Физическая экология

Занятие 7

Геохронология.

Геохроностратиграфическая шкала.

Геологическая стратиграфия

Экспериментальную основу сравнения возрастов в геологии предоставляет стратиграфия. Стратиграфия – это определение относительного возраста по послойному отложению пород, она применима к осадочным породам и не распространяется на [illegible]ческие породы.

Сэр (1848), **Чарлз Лайель** (*Sir Charles Lyell*; 1797 - 1875), основоположник современной геологии и, по определению словаря Брокгауза и Ефрона, «один из самых выдающихся учёных XIX столетия».

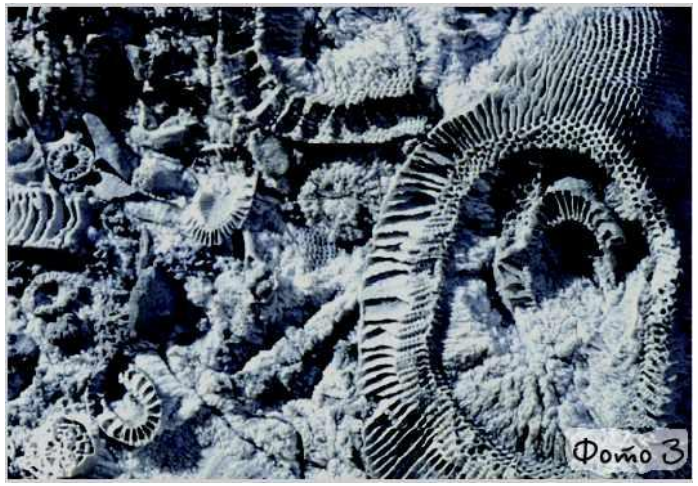
Современная стратиграфия построена на основе совмещения слоев со сходными биологическими останками (закон соответствия Гексли). Границы периодов определяются сменой глобально доминирующих видов.

Стратиграфия - закон суперпозиции

Стратиграфия – это определение относительного возраста. Стратиграфический принцип в простейшей формулировке звучит так: **глубже, значит древнее** (закон Стено).

Пример: стратиграфия берегового разреза северного берега Изфьорда, Норвегия. По закону суперпозиции, в отсутствии сдвигов и перемешивания, нижележащие слои старше, чем расположенные выше.

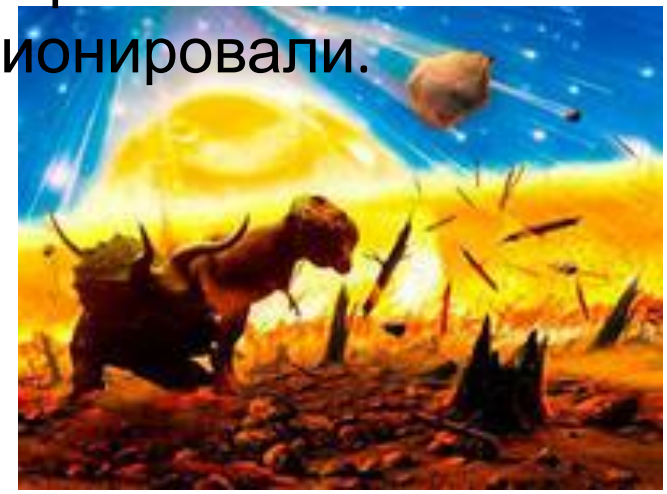
Биостратиграфия



Археоциаты – маркеры нижнекембрийских слоев

Границы периодов стратиграфической шкалы определяются сменой доминирующих видов. Биологические маркеры тщательно отбираются: они жестко привязаны ко времени, когда были наиболее распространены и быстро эволюционировали.

Трилобиты – вымерли на границе триасского периода



Динозавры – вымерли на границе третичного периода

Геохронология до радиохронологии

1899 г. Дж. Джоли. Определил возраста океана по скорости растворения соли из подстилающих литосферных пород - 90,0 млн. лет. В 1963 г. расчеты с учетом гидрологического цикла дали диапазон от 1300 до 2500 млн. лет.

1899 г. Лорд Кельвин. Возраст Земли по остыванию проводящей сферы от температуры затвердевания до современного потока тепла. Результат - 20,0 млн. лет.

1904 г. Э. Резерфорд. Первый после открытия радиоактивности метод, основанный на накоплении ^{4}He после альфа-распада в радиоактивных минералах. Метод практически не реализован из-за быстрой капиллярной диффузии гелия.

1911 г. Артур Холмс впервые выполнил датирование горных пород на основе содержания в них урана и свинца.

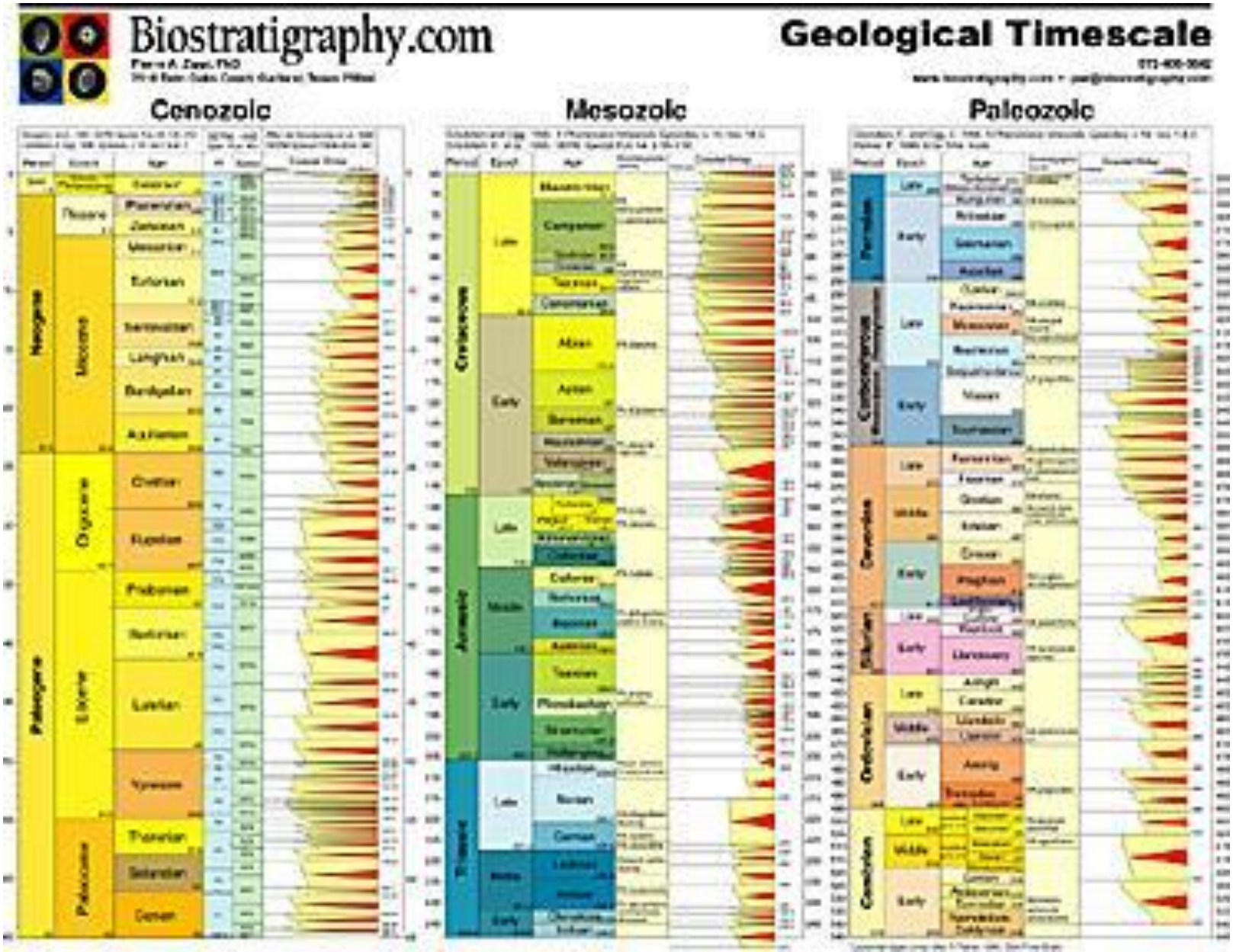
Геохроностратиграфия

Разработка и применение методов радиоактивного датирования позволили дать определения абсолютного возраста стратиграфических границ и перейти к хроностратиграфической шкале. При этом, термин «абсолютный возраст» не означает, что он известен с абсолютной точностью: он постоянно уточняется. Последний этап обобщен в хроностратиграфической шкале 2010 г. Она обсуждается ниже без детализации, более подробно ее можно найти на геологическом сайте

http://stratigraphy.org

Геология – стратон, хронология – период.

Биостратиграфическая шкала

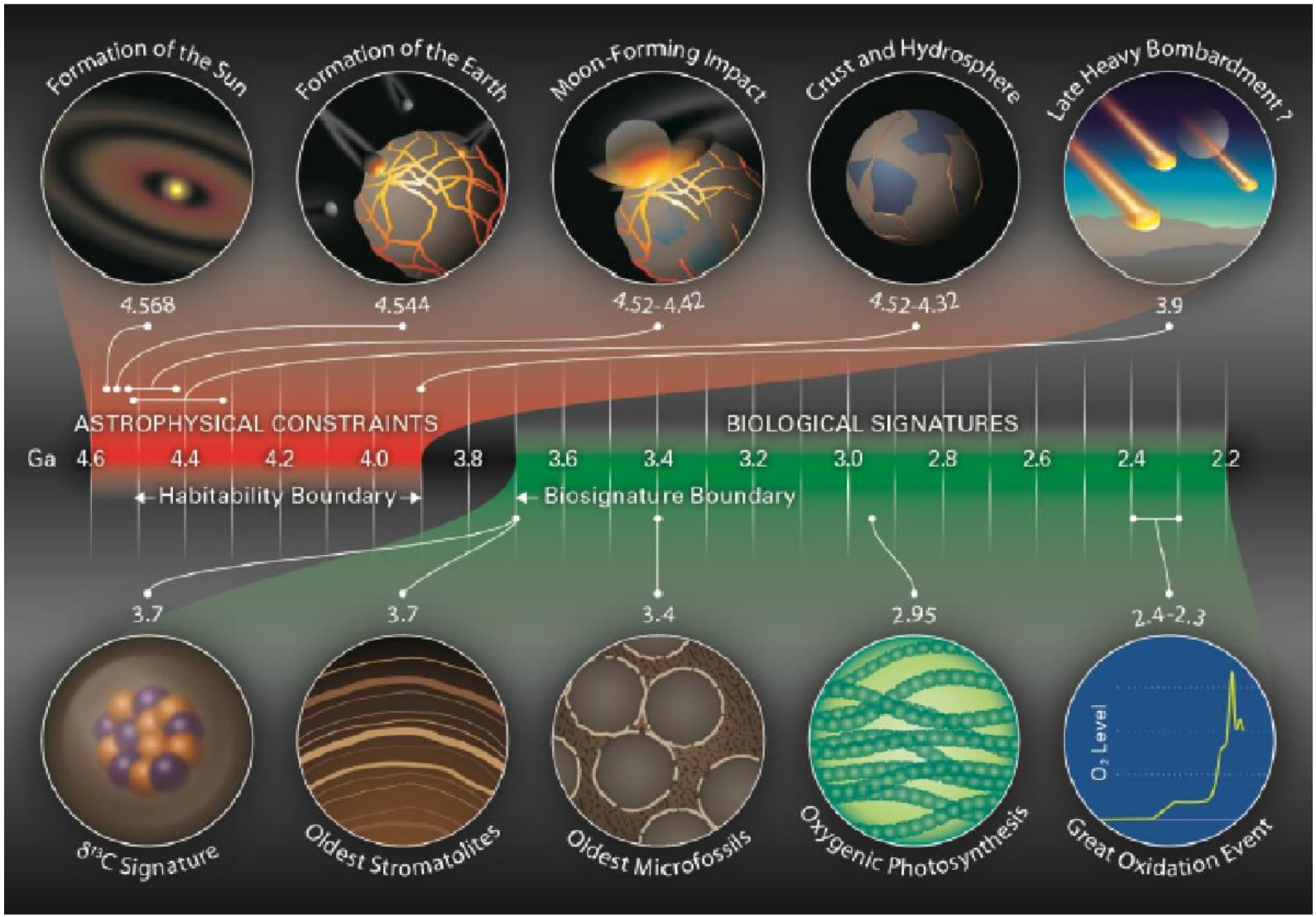


Шкала эонов

Эон, (греч. век, эпоха) самым крупный геологический промежуток. Криптозой, т.е. эра скрытой жизни, этап эволюции земной коры до 540 млн. лет в прошлое. Время от этого момента до нынешнего момента входит в фанерозой, т.е. время явной жизни.

Эон (эонотема)		Эра (эратема)	
Фанерозой Продолжительность 540–575 млн лет			Кайнозойская KZ
			Мезозойская MZ
			Палеозойская PZ
540			
Криптозой (докембрий)	Протерозой PR	1 650	Рифейская R
			Карельская
	2 500		
	Архей AR	3 500	Архейская
			Катархейская
4 600			

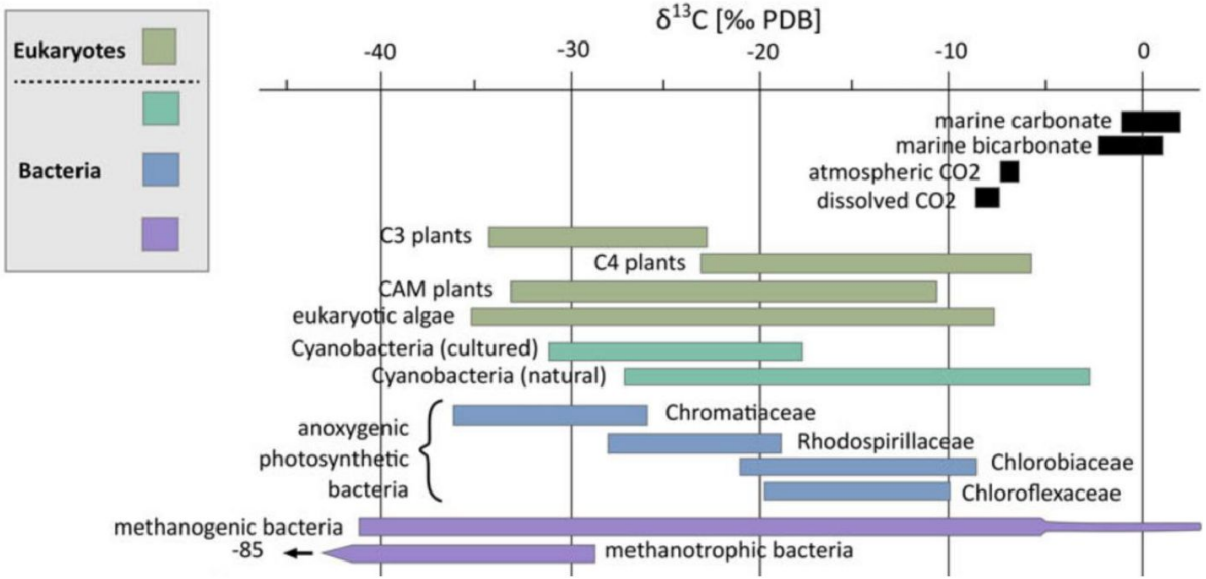
Границы появления жизни на Земле

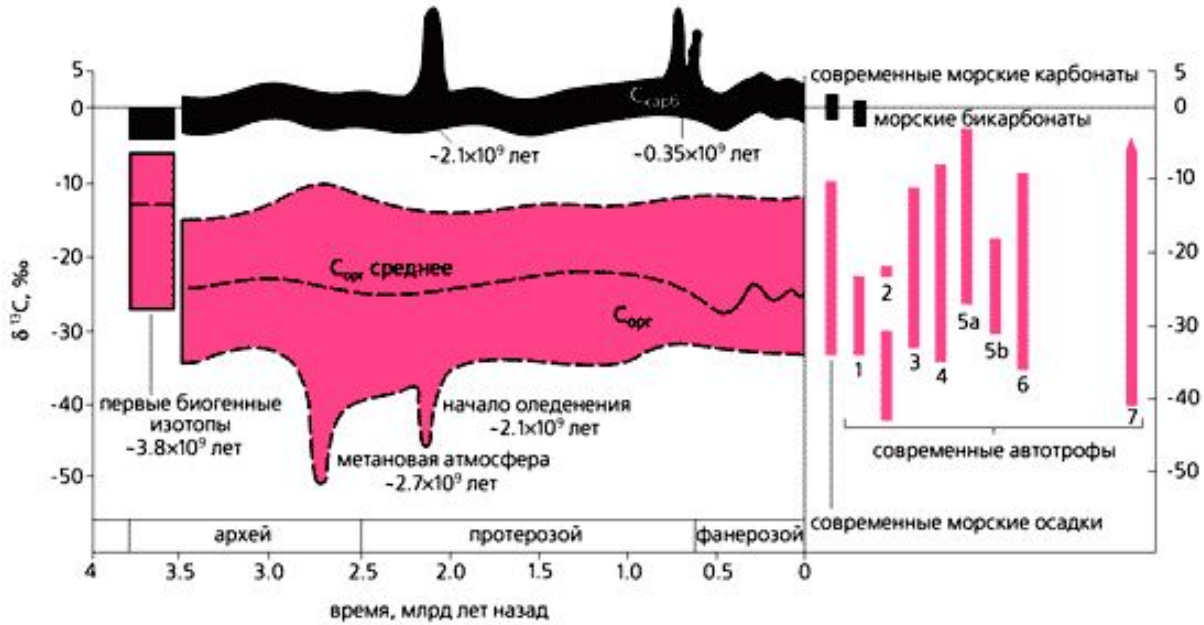


http://dx.doi.org/10.1089/ast.2017.1674

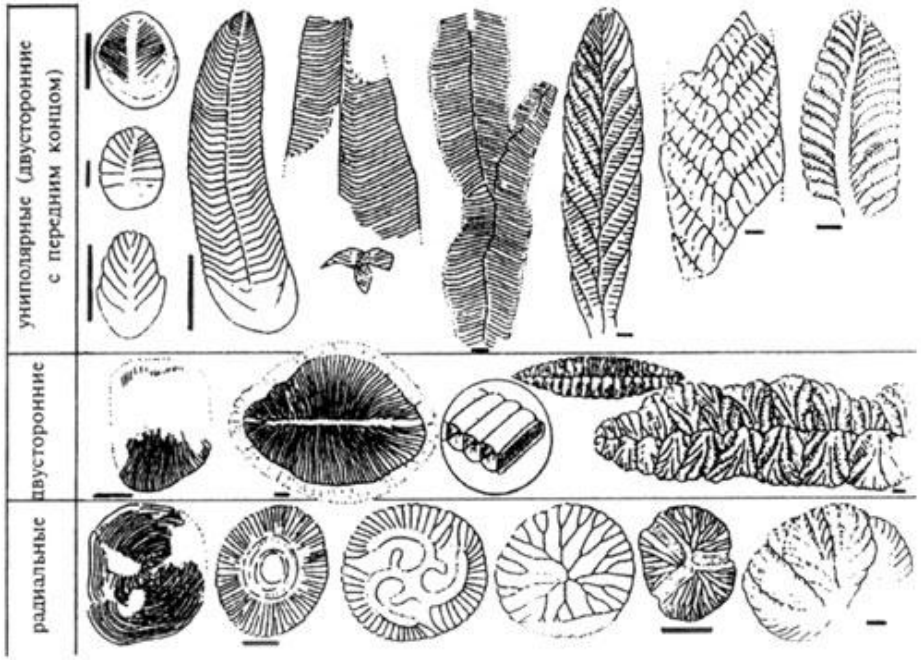
Изотопные сдвиги углерода

$$\delta^{13}C = \left(\frac{\left(\frac{^{13}C}{^{12}C}\right)_{sample}}{\left(\frac{^{13}C}{^{12}C}\right)_{standard}} - 1 \right) \times 1000\%$$



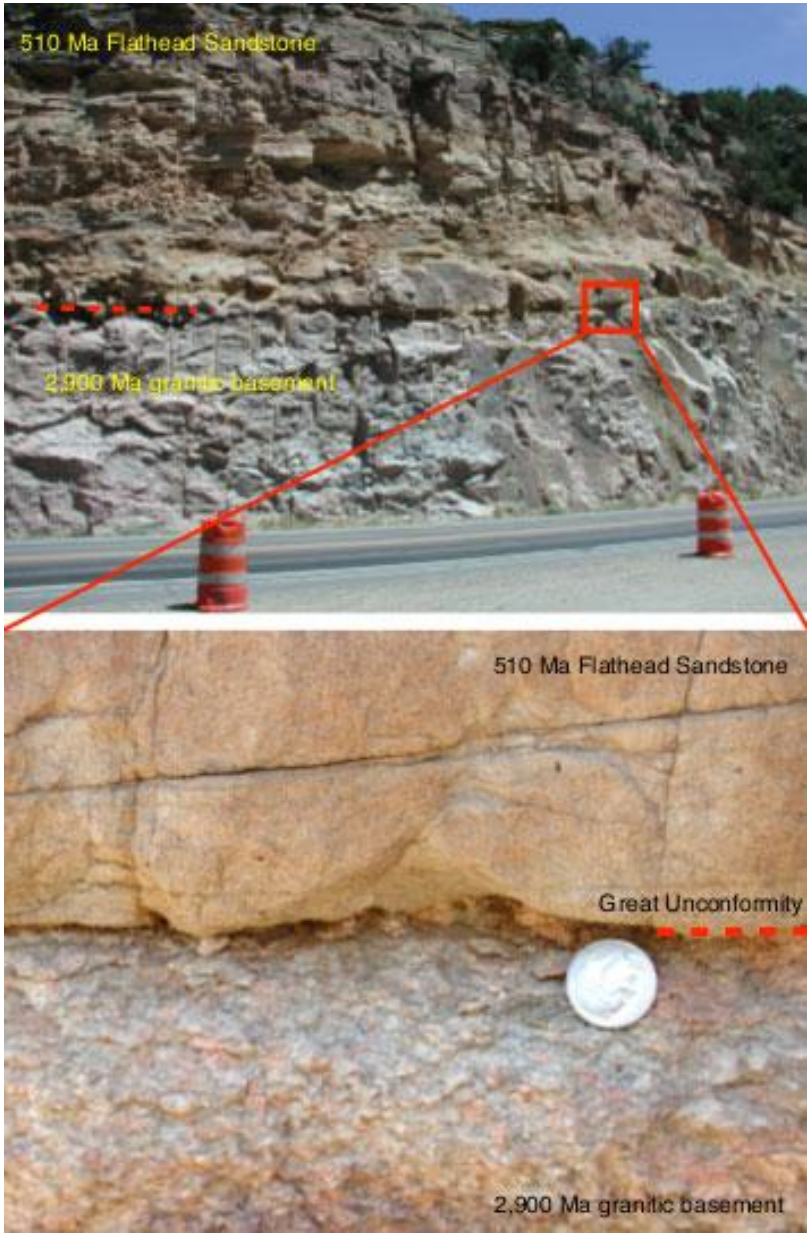


Эдиакарская фауна



В 1947 в местечке Эдиакара в Южной Австралии была найдена и описана богатая фауна бесскелетных организмов, получившая название эдиакарской с датировкой 620–600 млн. лет назад . Позднее ее нашли еще в нескольких районах мира (Намибия, Ньюфаундленд, Китай). Самое же богатое (многие тысячи особей, несколько десятков видов) известно в России, на Белом море и называется Вендским.

Кембрийский «взрыв»



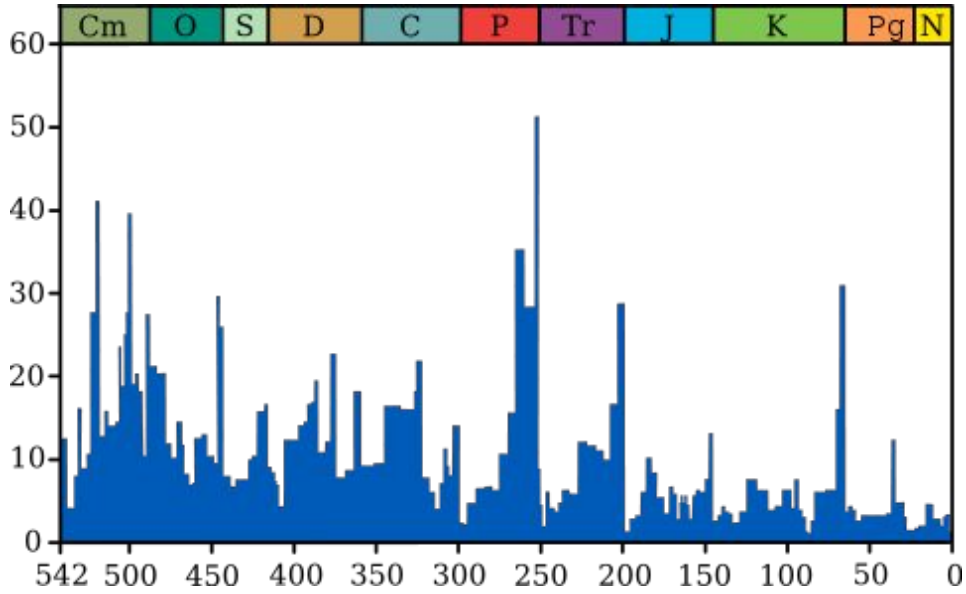
Кембрийская биологическая революция или радиация живого характеризовалась массовым появлением скелетных форм жизни. В геологии она проявляется мощными кальциевыми отложениями (сланцы Беджес, Канада). При этом, число бесскелетных видов Кембрия даже больше, чем в предшествующем Венде, но их относительное число уже очень мало.

Гипотеза планктонных ракообразных.

Шкала Фанерозоя

ЭОН	ЭРА	ПЕРИОД (интервал существования, млн лет)
Фанерозойский	Кайнозойская KZ	Четвертичный (антропогеновый) Q (1,8–0)
		Неогеновый N (23–1,8)
		Палеогеновый Ꝑ (65–23)
	Мезозойская MZ	Меловой K (145–65)
		Юрский J (200–145)
		Триасовый T (251–200)
	Палеозойская PZ	Пермский P (295–251)
		Каменноугольный C (360–295)
		Девонский D (418–360)
		Силурийский S (443–418)
		Ордовикский O (490–443)
		Кембрийский Є (535–490)

Фанерозойский эон состоит из трех эр (или эпох): палеозойской (древней жизни), мезозойской (промежуточной жизни) и кайнозойской (молодой жизни).



Экологические катастрофы фанерозоя

Граница Палеозой – Мезозой

Граница Палеозой – Мезозой, иначе называемая Пермь–Триасс (P – Tr), датируется 225 – 250 млн. лет назад. Крупнейшая катастрофа биосферы. Характеризуется вымиранием 90% морских и 70% наземных семейств древней фауны. Исчезло 96 % морских и 73 % наземных видов позвоночных. Катастрофа стала единственным известным массовым вымиранием насекомых, вымерло около 57 % родов и 83 % видов этого класса.

Возраст вымирания совпадает с геологическим возрастом сибирского траппа (вулканического разлива), результата величайшего извержения в истории Земли. Объем вулканических базальтов составил от 2-х до 5-и млн. кубических км, их толщина в районе Норильска

Плато Путарана

Граница Мезозой – Кайнозой

Разделяет Меловой (Cretaceous) и Третичный (Tertiary) периоды (К – Т граница). Датируется 67 млн. лет назад. Знаменита вымиранием динозавров, но кроме них исчезло большинство аммонитов, гастропод, форамонифера, кораллов. Не испытали заметного воздействия насекомые, змеи и млекопитающие. Схема иллюстрирует смену доминирующих видов на К – Т границе.

Кайнозой

Цветковые и Плацентарные сосудистые растения — Опылители + общественные насекомые — позвоночные + птицы

---------- К – Т граница

Голосеменные растения — Тараканы, цикады, скорпионы — Археозавры

Гипотеза катастрофического удара (импакта)

В 1960-х в пограничных мел-кайнозой отложениях Губбио (Италия) в слое глины с возрастом 67 млн. лет обнаружена концентрация иридия (*Ir*) в 20 раз превышающая его среднее содержание в земной коре. Впоследствии иридиевые аномалии на К-Т границе были найдены по всему миру. Протяженность периода накопления этих осадков невелика - не более 10 тыс. лет. В земной коре иридий редок, однако, в железных метеоритах его в 10^4 раз больше.

Уолтер Альварец (W. Alvarez, 1980) предположил, что иридиевая аномалия есть следствие падения крупного астероида. Наблюдаемую среднюю глобальную концентрацию иридия 6,3 $\cdot 10^{-8}$ г·см$^{-2}$ может обеспечить глобальное выпадение массой 320 тыс. тонн *Ir*. Астероидная гипотеза требуется тело диаметром около

10 км и массой 10^{10} т. Воронка от падения на сушу имела бы диметром около 100 км (претендентом на эту роль считают

Биологи против импакта

1. На рубеже мезозоя и кайнозоя действительно происходило вымирание отдельных таксонов высокого ранга, в большинстве же случаев вымиранием были охвачены родовая и видовая группы и значительно в меньшей степени — семейственная.
2. В большинстве случаев вымирание не было внезапным, в разных группах процесс шел с разной скоростью. Весь процесс перестройки мезозойской биосферы на кайнозойскую растянулся от 80 до 60 млн. лет в прошлое. Считать этот процесс катастрофическим нет никаких оснований. Такие события в ряде групп происходили в течение фанерозоя неоднократно.

Все явления на К-Т границе нельзя объяснить какой-либо одной причиной. Судя по всему на каждую биологическую группу действовал комплекс абиотических и биотических факторов, огромную роль играло единство всей биосферы.

Четвертичный период – современный этап геологической истории Земли

Система	Отдел	Возраст, млн лет назад
Четвертичный период	Голоцен	0,0117—0
	Плейстоцен	0,126—0,0117
		0,781—0,126
		1,80—0,781
		2,58—1,80

Четвертичный или антропоген?

Четвертичный период, самый короткий из геологических периодов, разделен на две неравные эпохи.

1. Плейстоцен – время наступления ледников.

2. Голоцен – период межледникового климата, геологическая система включает следы антропосферы.