

# 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 магматические 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



Трилобиты – вымерли на  
границе триасского  
периода

Границы стратиграфической определяют доминирующих биологические маркеры тщательно отбираются: они жестко привязаны ко времени, когда были наиболее распространены и быстро эволюционировали.

периодов шкалы сменой видов.



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  $^4\text{He}$  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.

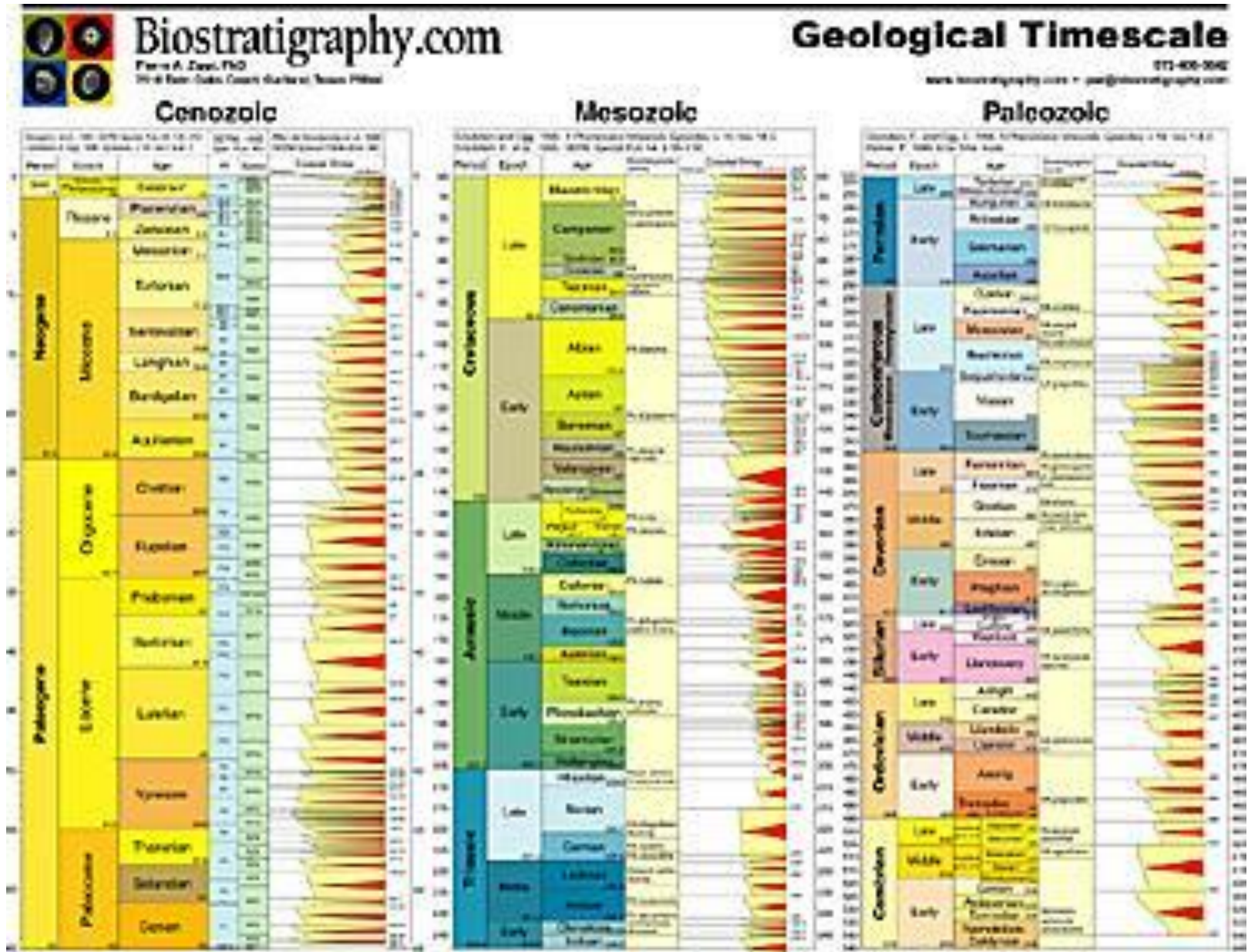
# Геохроностратиграфия

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



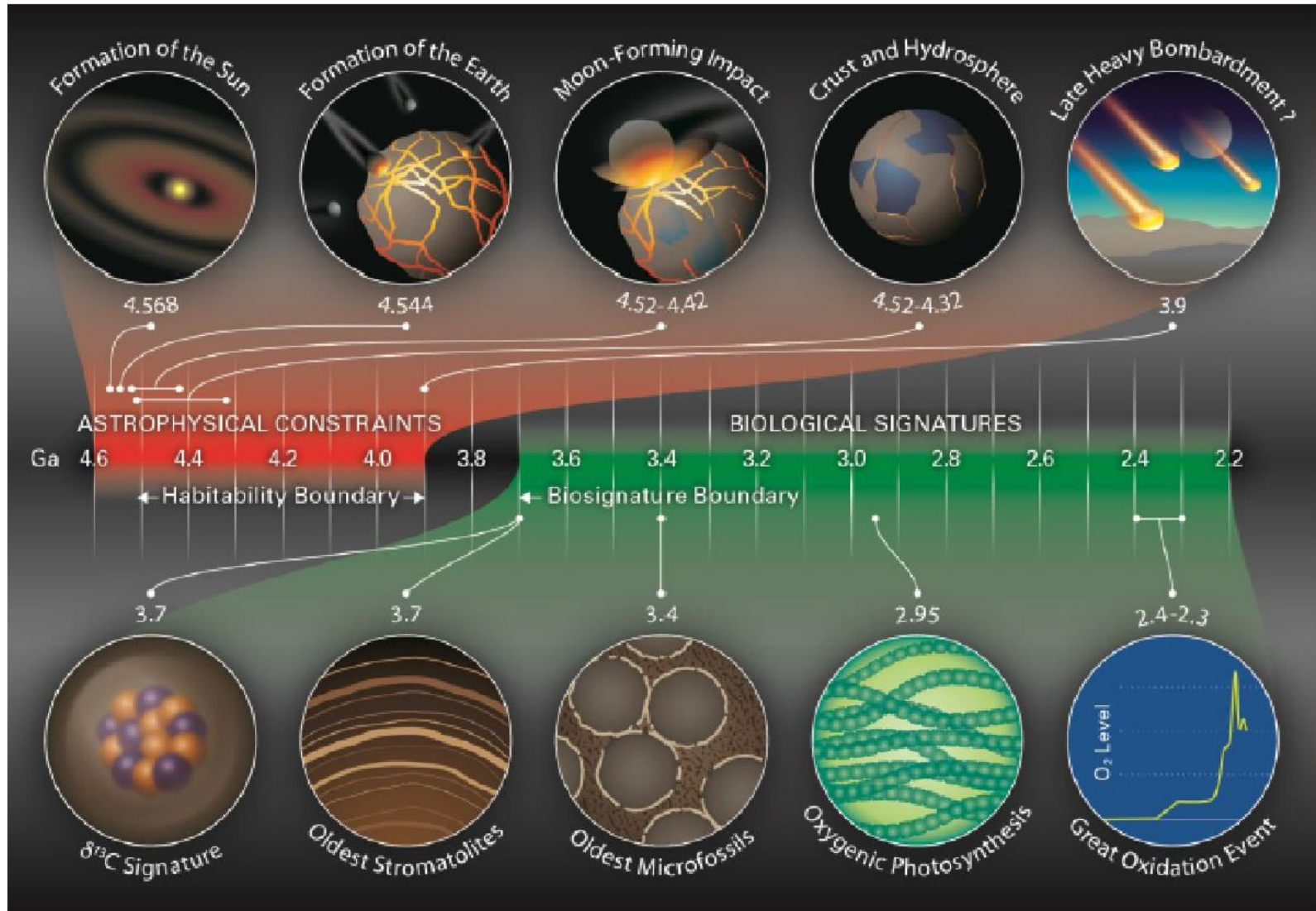
# Шкала эонов

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
Криптозой (докембрий)	Протерозой PR	1 650	Рифейская R
		2 500	Карельская
		3 500	Архейская
4 600	Катархейская		



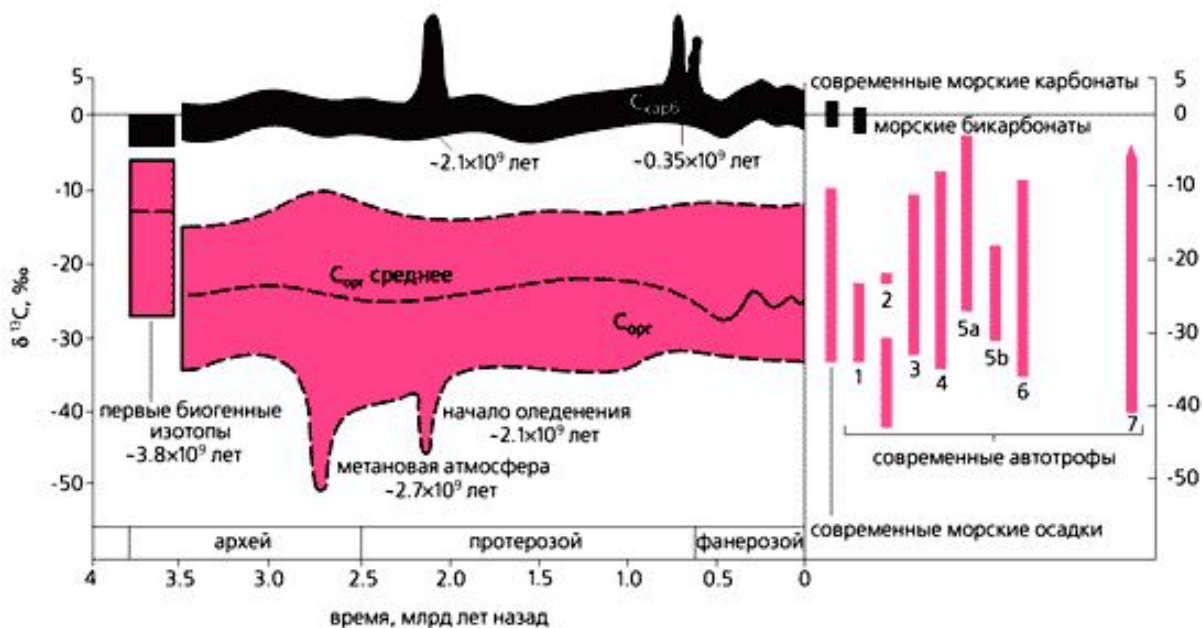
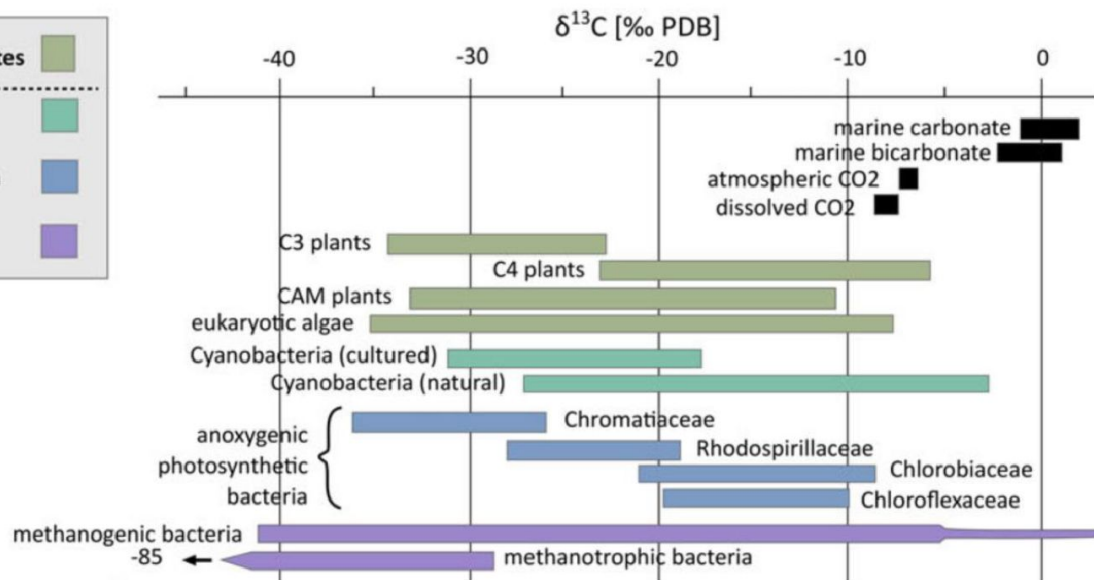
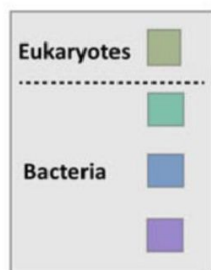
# Границы появления жизни на Земле



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

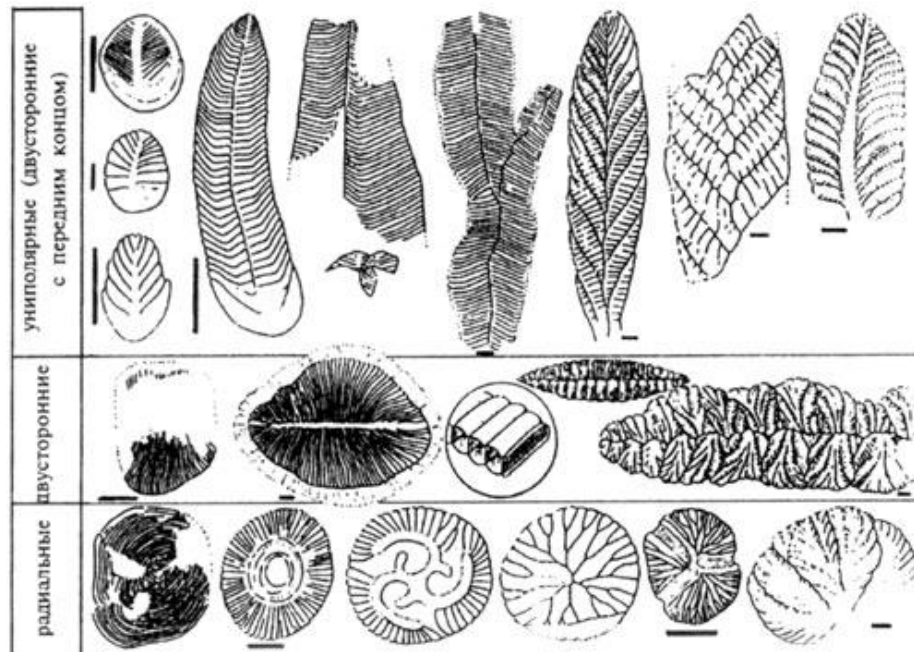
# Изотопные сдвиги углерода

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



# 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.

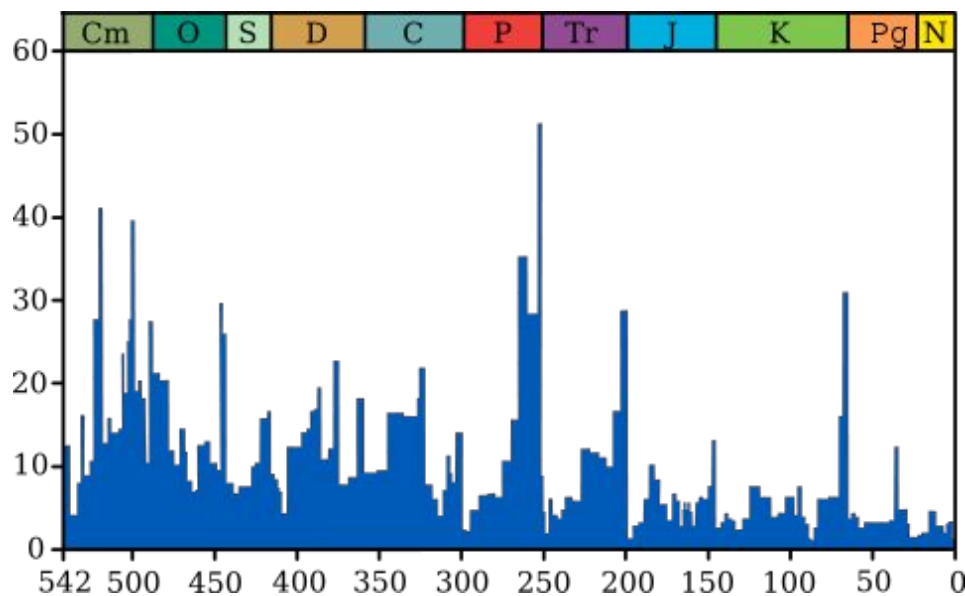
Гипотеза планктонных ракообразных.



# Шкала Фанерозоя

ЭОН	ЭРА	ПЕРИОД (интервал существования, млн лет)
Фанерозойский	Кайнозойская KZ	Четвертичный (антропогенный) Q (1,8–0)
		Неогеновый N (23–1,8)
		Палеогеновый P (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 E (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  $6,3 \cdot 10^{-8} \text{ г} \cdot \text{см}^{-2}$  может обеспечить глобальное выпадение массой 320 тыс. тонн  $Ir$ . Астероидная гипотеза требует тело диаметром около

10 км и массой  $10^{10}$  т. Воронка от падения на сушу имела бы диаметром 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
Четвертич ный период	Голоцен	0,0117—0
	Плейстоц ен	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.