

Лекция 5

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЛЕТОСЧИСЛЕНИЕ:

относительный и абсолютный возраст геологических тел

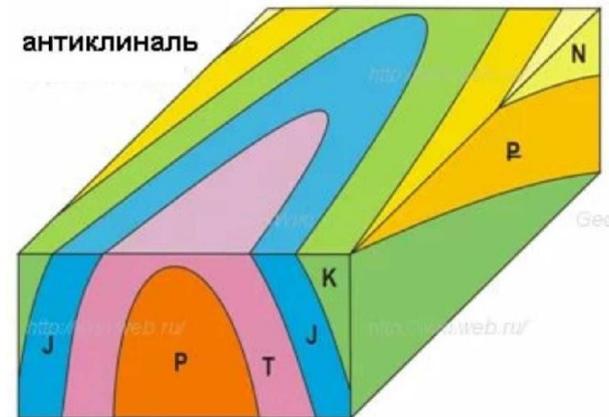
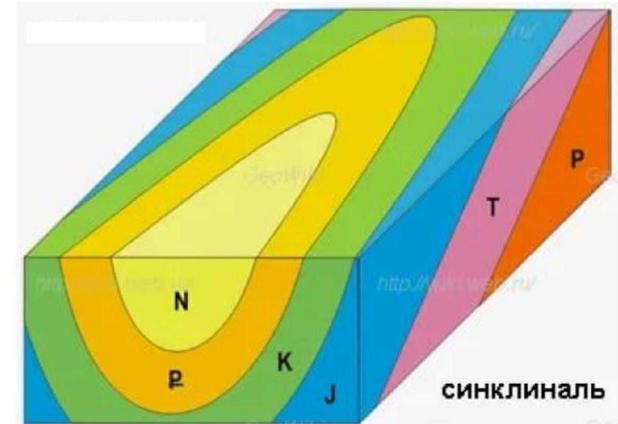
Возраст геологических тел и процессов - основа науки «*историческая геология*».

Как геологи узнают о возрасте объектов, которые они изучают?

Восстановить основные этапы эволюции Земли геологам удалось с помощью различных геологических и физических методов.

Воссоздание относительной истории развития Земли возможно, если известна последовательность геологических событий или последовательность накопления слоев осадочных отложений или последовательность внедрения интрузивных тел и их соотношение с вмещающими горными породами любого происхождения.

Воссоздание истории развития Земли в абсолютных значениях возраста стало возможно, когда открыли методы, основанные на естественной радиоактивности горных пород.



ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ХРОНОЛОГИЯ

Геологи обосновали принципы, на которых основывается интерпретация всех наблюдений. **Принципы анализа взаимоотношений** слоистых толщ и изверженных пород дают возможность правильно выявить **относительную последовательность** геологических событий.

1. **Каждый слой отделяется от соседнего ясно выраженной поверхностью.**

В современных палеогеографических обстановках, в океанах, морях, озерах слои накапливаются горизонтально и параллельно. Этот принцип первичной горизонтальности *следствие принципа актуализма* оказался важным для следующего принципа.

2. Николо Стено (1669 г.) выдвинул **принцип суперпозиции** - каждый вышележащий в разрезе слой моложе нижележащего. Значит, что у каждого слоя есть **кровля** и есть **подошва** независимо от того, как эти слои залегают в настоящее время. Они могут быть смяты в складки и даже перевернуты последующими движениями.



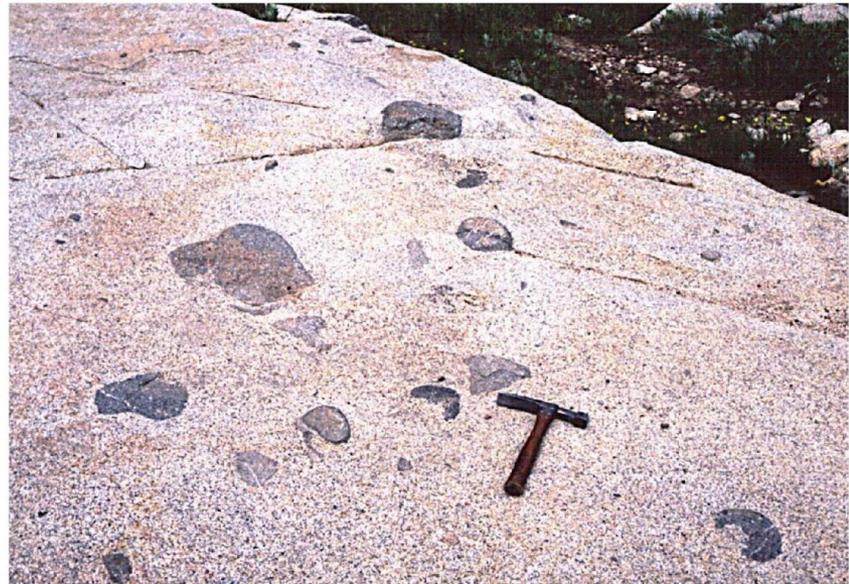
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ХРОНОЛОГИЯ

3. Все **обломки**, валуны, глыбы какой-то другой породы, которая находится в каком-нибудь осадочном слое **древнее, чем вмещающий слой**. Это относится и к включениям в интрузивных образованиях и в лавовых потоках (**ксенолит**). Все они - более древние. Это - **принцип включений**.



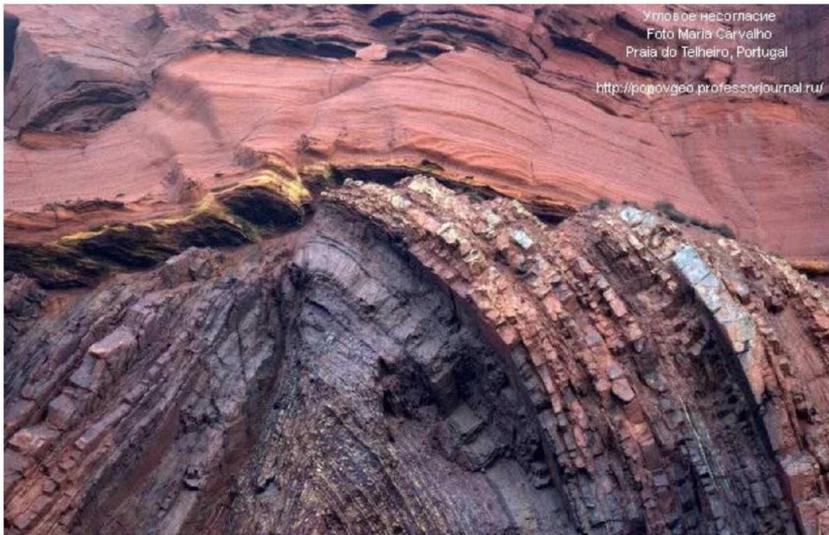
конгломерат - включения гальки в глинистом цементе

ксенолиты диоритов в граните



ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ХРОНОЛОГИЯ

4. Английский геолог Джеймс Хаттон установил **принцип пересечения** - любое тело как изверженных, так и осадочных пород, пересекающее (секущее или срезающее) толщу слоев, моложе этих слоев.



Горизонтальный слой срезает складку

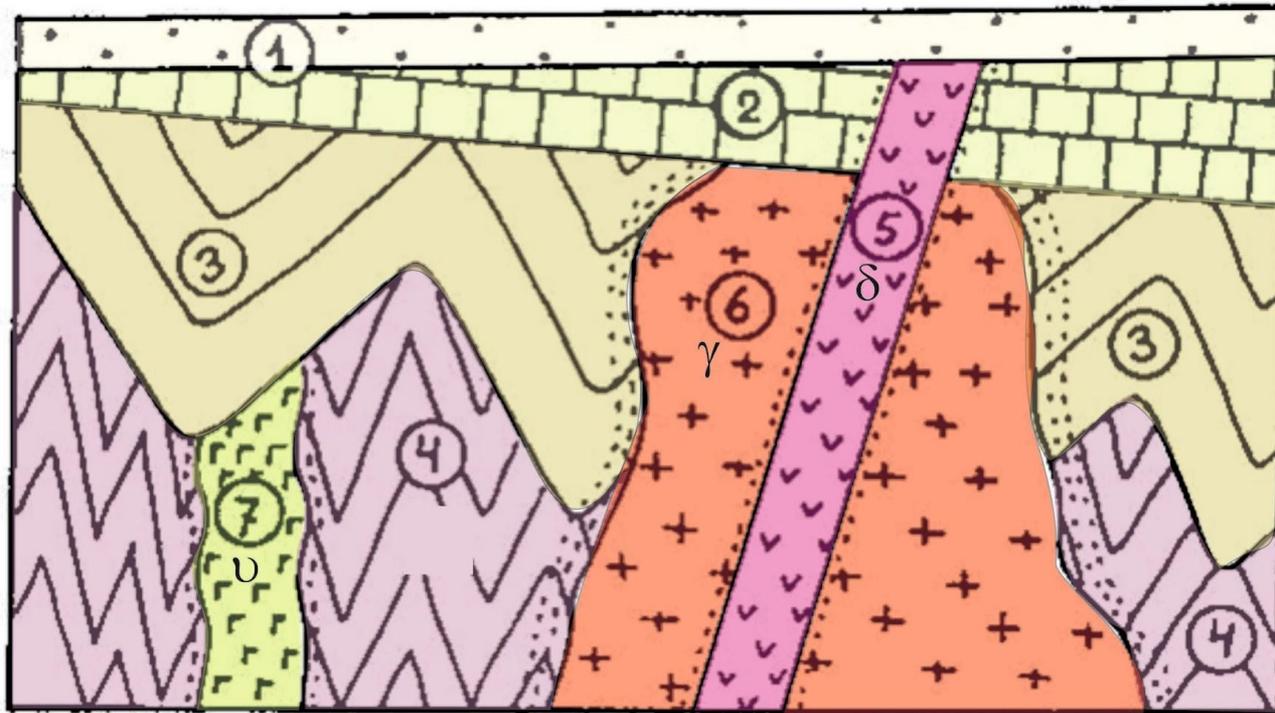


Два поколения базальтовых даек пересекают вулканическую брекчию

5. Логическое следствие - какие-либо **метаморфические события**, т.е. **наложенные воздействия**, всегда **моложе тех толщ, в которых они проявляются**.
Точно также **складчатость или разлом моложе**, чем слои на которые они наложены

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ХРОНОЛОГИЯ

Рассмотрим эти принципы на примере воображаемого обнажения



Самыми молодыми породами являются пески **слоя 1**. Они срезают известняки **слоя 2** и дайку **диоритов 5** (δ). Известняки срезают **толщу 3** и тело **гранитов 6** (γ). Толща 3 срезает породы **толщи 4** и дайку **габброс 7** (ν).

Порядок событий: **1 - накопление** толщи 4; **2 - смятие** толщи 4 в складки; **3 - внедрение** дайки 7 в толщу 4; **4 - срезание** толщи 4 и дайки 7; **5 - накопление** толщи 3; **6 - смятие** толщи 3 в пологие складки; **7 - внедрение** гранитов 6; **8 - срезание** 3 и 6; **9 - накопление** известняков; **10 - внедрение** дайки диоритов 5, секущей все более ранние породы; **11 - срезание** 2 и 5; **12 - накопление** песков 1.

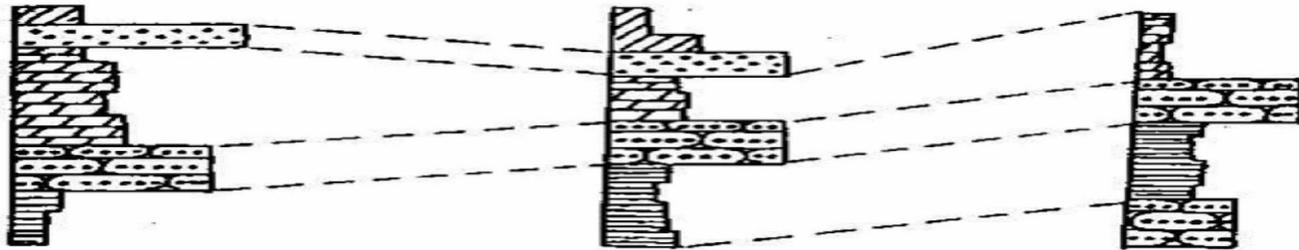
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ХРОНОЛОГИЯ

Сопоставление (корреляция) разрезов

Рано или поздно возникает необходимость выделения одновозрастных слоев в разных (удаленных друг от друга) геологических обнажениях или скважинах.

Методы:

- **прослеживание** слоя на местности от одного обнажения до другого. Хорошо, если местность обнажена или если слой отличается от других, например, составом, цветом, характером слоистости, гранулометрией и др.
- **предположение**, что породы одного и того же типа (состава, цвета и т.д.), сформировались в одно и то же время. Например, белые кварцевые песчаники с косой слоистостью в удаленных обнажениях, предположительно, имеют один и тот же возраст.



- **сравнение фауны**, распространенной в слоях. Существуют формы ископаемых организмов, которые имеют широкое площадное распространение и очень узкий вертикальный интервал существования, т.е. они жили краткое время. Такие формы организмов называют **руководящими**. При этом, слои могут различаться и по составу, и по мощности, но однозначно имеют один и тот же возраст.

Можно сравнивать очень удаленные объекты, даже на разных континентах.

Ископаемые организмы и последовательность жизни изучает **ПАЛЕОНТОЛОГИЯ**.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ХРОНОЛОГИЯ

В настоящее время для корреляции осадочных **морских** отложений широко используется микрофауна – **фораминиферы**, имеющие известковый скелет и **радиолярии** с кремневым скелетом.

Для сопоставления **континентальных** и реже морских отложений используются **споры и пыльца растений**.



радиолярия

фораминифера

Другие методы корреляции:

- **сейсмостратиграфия**, позволяет получать геологический профиль на расстоянии десятков километров по рисунку отражений сейсмических волн от кровли и подошвы различных слоев.
- **палеомагнитный** метод основан на регистрации остаточной намагниченности как магматических, так и осадочных пород, которую они приобрели в момент своего образования. Разработана подробная шкала смены полярности для всего мезозоя и менее точные для фанерозоя и архея.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ХРОНОЛОГИЯ

стратиграфическая шкала

Стратиграфия (лат. «стратум» — слой, греч. «графо» — пишу) — наука, изучающая последовательность формирования горных пород и периодизацию геологической истории, методов определения относительного возраста горных пород.

Сначала была создана стратиграфическая шкала, в которой были показаны слоистые осадочные отложения от древних к молодым для Саксонии (немецкий геолог Вернер).

Палеонтология (греч. “палайос” — древний, “онтос” — сущее, “логос” — учение) — наука о населявших некогда Землю животных и растениях.

В большинстве осадочных пород содержатся «законсервированные» остатки животных и растительных организмов соответствующего времени, превратившиеся в **окаменелости**.

В 1799 г. англичанин У.Смит обратил внимание на то, что в некоторых далеко отстоящих друг от друга пластах горных пород содержатся одинаковые окаменелости. Это натолкнуло Смита на мысль, что слои с одинаковыми окаменелостями являются **одновозрастными**.

Так возник **биостратиграфический метод** установления относительного возраста.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ХРОНОЛОГИЯ

Стратиграфическая шкала — это графическое изображение последовательности напластования геологических образований в конкретном районе или в целом по земному шару.

Геологи подразделили всю толщу осадочных слоев земной коры на ряд естественных серий. Каждой из них соответствует свой определенный комплекс ископаемых окаменелостей.

Стратиграфическая шкала разрабатывалась как шкала относительной последовательности геологических событий. Их продолжительность во времени различна и неопределенна.

Существуют **общая шкала** для всего земного шара, **региональные и локальные** (местные) стратиграфические шкалы.

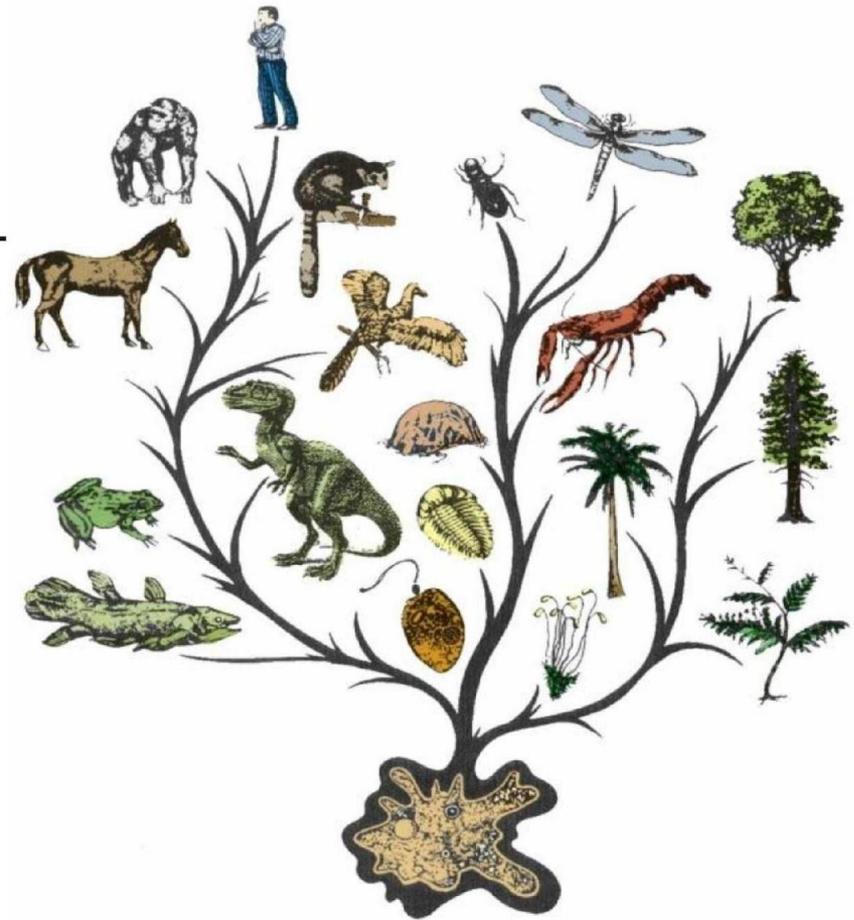
Общая для всего земного шара стратиграфическая **шкала** была разработана в 1881 г. и принята на 2-м Международном геологическом конгрессе в г. Болонья (Италия). Она **совместила стратиграфическую и геохронологическую** шкалы.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ХРОНОЛОГИЯ

Геохронологическая шкала (греч. гео – земля, хронос — время) — шкала геологического времени.

Она создавалась параллельно со стратиграфической шкалой.

Первоначально она указывала лишь относительную последовательность и соподчиненность во времени геологических событий, выделенных **по данным эволюции органического мира**.



Относительная хронология

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА

Первоначально геохронологическая шкала и история Земли подразделялись на **4 эры**, названия которых отражают состояние развития органического мира на Земле во время формирования отложений соответствующей группы:

- 1) **архейская** (или археозойская) (греч. «архэос» — изначальный, «зоэ» — жизнь),
- 2) **палеозойская** (греч. «палайос» — древний),
- 3) **мезозойская** (греч. «мезос» — средний)
- 4) **кайнозойская** (греч. «кайнос»-новый) эры.

В 1887 г. из состава архейской эры была выделена **протерозойская** (греч. «протерос» — первичный) – эра первичной жизни.

В настоящее время в разрезе земной коры выделяются **пять эр**: архейская (археозойская), протерозойская, палеозойская, мезозойская и кайнозойская группы.

Относительная хронология

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА

Подразделения геохронологической шкалы соответствуют определенным подразделениям стратиграфической шкалы.

Следует различать названия подразделений в стратиграфической шкале, которая имеет дело с отложениями, от терминов геохронологической шкалы, в которой речь идет о времени.

Поэтому мы говорим «в **каменноугольный период** формировались залежи каменного угля», но «**каменноугольная система** характеризуется распространением угленосных отложений».

Шкала стратиграфических и геохронологических подразделений	
<i>Стратиграфические подразделения</i>	<i>Геохронологические подразделения</i>
Эонотема	Эон
Группа (Эратема)	Эра
Система	Период
Серия (Отдел)	Эпоха
Ярус	Век
Зона	Фаза

АБСОЛЮТНЫЙ ВОЗРАСТ

Подозрения о значительной длительности геологической истории Земли появились у геологов давно (* данные никак не укладывались в 6000 библейских лет).

Ученые не сразу научились определять астрономический (в годах, столетиях и т.д.) возраст горных пород и длительность подразделений стратиграфической шкалы. Здесь на помощь геологам пришли **радиологические методы**. Они позволяют устанавливать возраст горных пород в абсолютных единицах времени — тысячах и миллионах лет.

После появления радиологического исчисления возраста стало известно, что геологические периоды обладают разной длительностью от 20 до 100 млн. лет. Что касается четвертичного периода или антропогена (греч. «антропос» — человек), то он по длительности не превышает 1,8-2,0 млн. лет, но он еще не окончен.

АБСОЛЮТНЫЙ ВОЗРАСТ

Радиологические методы

Радиологические методы основаны на использовании явления **самопроизвольного распада** природных (содержащихся в земной коре изначально или образующихся естественным путем) радиоактивных элементов — **урана, тория, рубидия, углерода, калия и др.**

Радиоактивные изотопы распадаются сами, и, следовательно, их содержание в геологических телах уменьшается во времени, но они порождают ядра дочерних элементов, количество которых во времени растет. **Константы распада** (λ) за время (t) известны и **постоянны**. Часто пользуются величиной «**период полураспада**».

Период полураспада ($T_{1/2}$) – время, за которое число радиоактивных ядер данного изотопа убывает на половину. Распад изотопа до практически полного исчезновения = 10 п/п.

Если известны количества **материнского (M)** и **дочернего (D)** нуклидов и **константа распада**, то можно вычислить то время, за которое накопились эти дочерние продукты.

Для этого необходимы два основных условия:

1. Анализируемый минерал в течение всей своей истории должен быть **закрытой системой** для D и M, в нем не должно происходить ни выноса, ни привноса как дочерних так и материнских атомов.
2. В момент кристаллизации минерал **не содержал атомов дочернего нуклида**.

АБСОЛЮТНЫЙ ВОЗРАСТ

Радиологические методы

В настоящее время для определения геологического возраста используются следующие пары материнских и дочерних элементов:

$^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ (п\п 4,5 млрд. лет)	$^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$ (п\п 5×10^{10} лет)
$^{238}\text{U} \rightarrow ^{230}\text{Th} = ^{230}\text{Th}$ (равновесие 5×10^5 лет)	^{14}N $^{14}\text{C} \rightarrow ^{13}\text{C}$ (п\п 5730 лет)
$^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ (п\п 0,7 млрд. лет)	$^{147}\text{Sm} \rightarrow ^{144}\text{Nd}$
$^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$ (п\п 14 млрд. лет)	$^{187}\text{Re} \rightarrow ^{187}\text{Os}$
$^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$ (п\п 1.3×10^9 лет)	$^{176}\text{Lu} \rightarrow ^{176}\text{Hf}$ (п\п $3,5 \times 10^{10}$ лет)

Каждый метод имеет определенные рамки точности и область применения, определяемую периодом полураспада материнского радионуклида (изотопа).

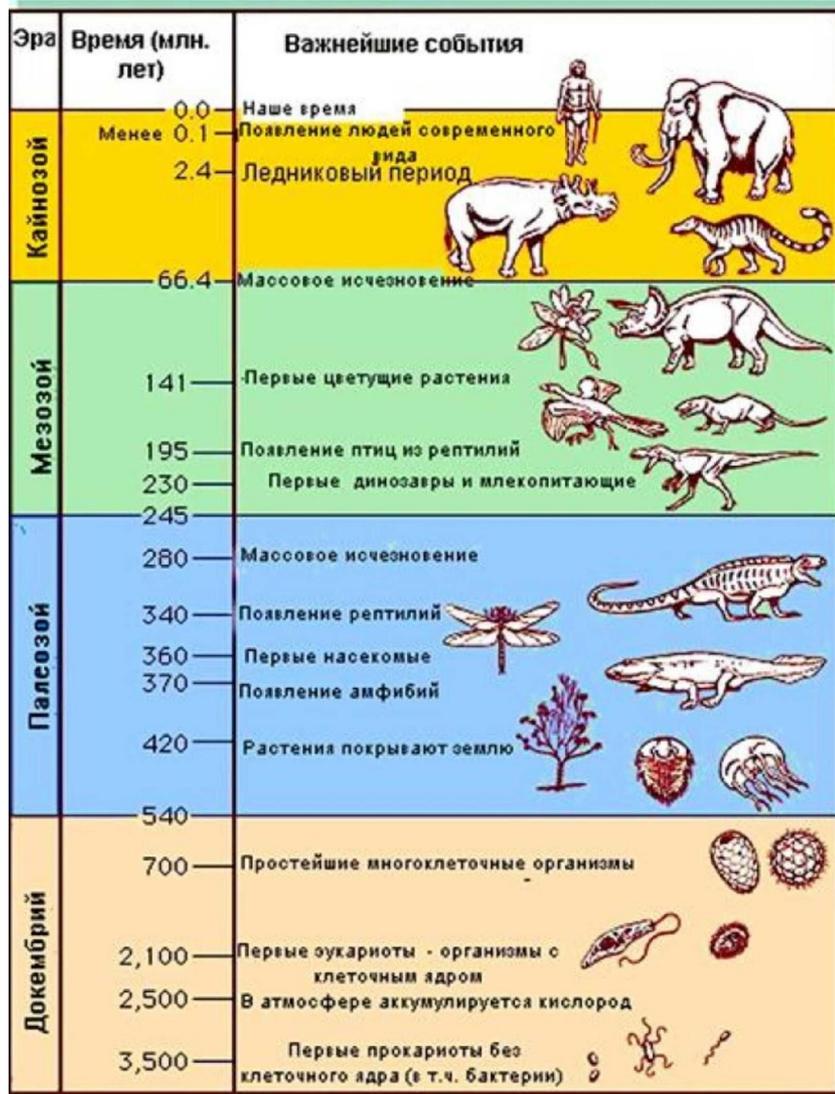
Методы, основанные на распаде долгоживущих радионуклидов ориентированы на определение возраста древних геологических тел миллиарды и миллионы лет.

Так возраст Луны — естественного спутника Земли — по данным изучения циркона (Lu-Hf метод) составляет около 4,51 млрд лет.

Радиоуглеродный метод широко применяется в геологии, гидрогеологии, океанологии, археологии для датирования событий позднечетвертичного времени. Верхний предел возможности радиоуглеродного датирования не превышает 60 тыс. лет (5730×10).

Тритиевый метод нашел применение при изучении и датировании молодых природных вод, связанных с атмосферными осадками, возраст которых не превышает 60—70 лет.

АБСОЛЮТНЫЙ ВОЗРАСТ



После появления радиологического исчисления возраста конкретных геологических образований в геохронологическую шкалу было введено время в годах (астрономическое время). Теперь геологическая летопись позволяет установить **абсолютное время** образования геологических тел и появления на Земле различных групп растений и животных.

Эволюция живого тоже получила абсолютные цифры возраста.

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА

сейчас геохронологическая шкала выглядит следующим образом

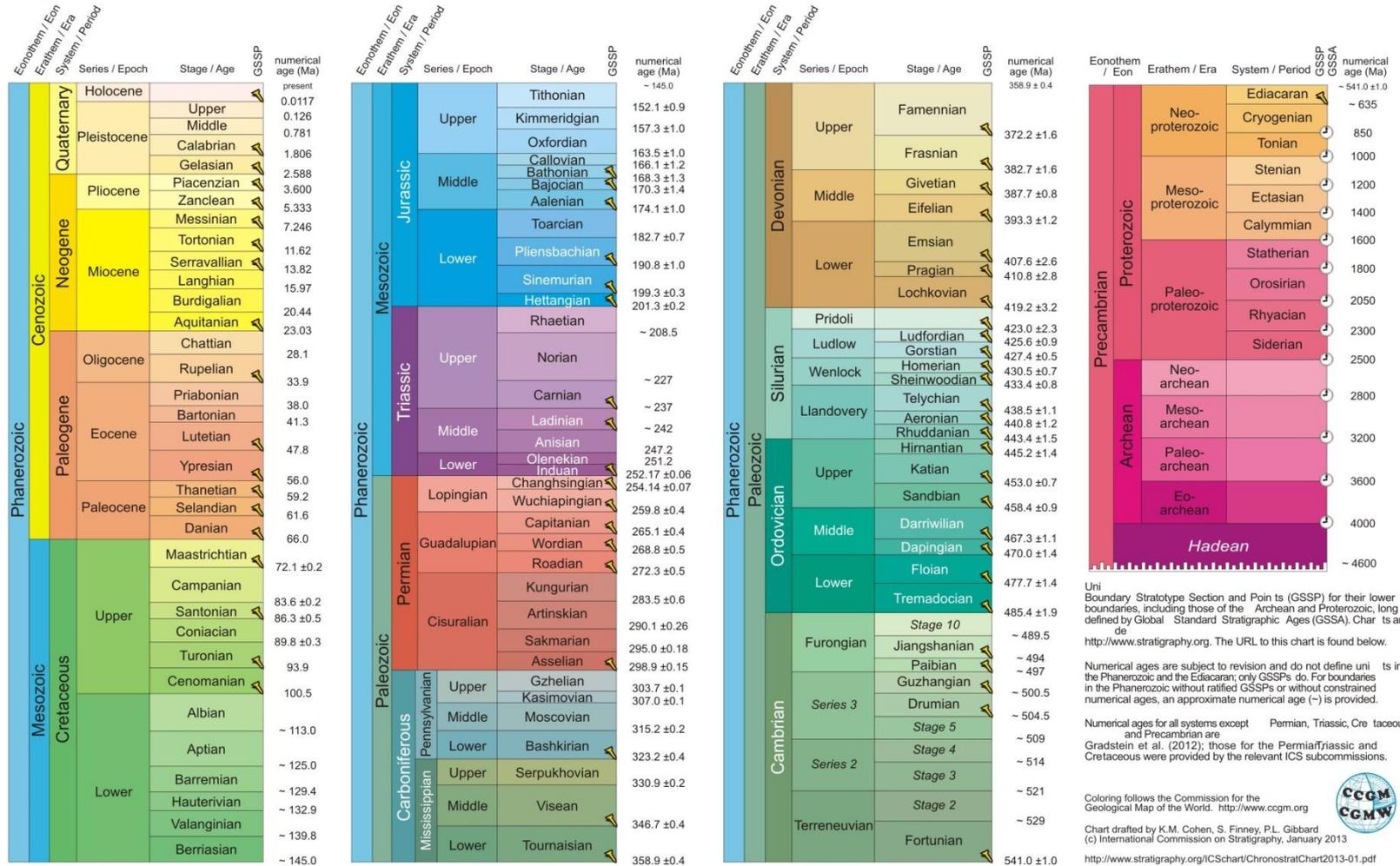
INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART



www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2013/01



Uni Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA) Charts and the International Chronostratigraphic Chart (ICS). The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define unit boundaries in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.

Numerical ages for all systems except Permian, Triassic, Cretaceous and Precambrian are provided by the relevant ICS subcommissions.

Coloring follows the Commission for the Geological Map of the World. <http://www.ccgw.org>

Chart drafted by K.M. Cohen, S. Finney, P.L. Gibbard (c) International Commission on Stratigraphy, January 2013

<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2013-01.pdf>



ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА

В современной геохронологической шкале

Наиболее крупным подразделением является **эон**, которых выделяется **3**:

- 1) **архейский** (греч. «археос» – древнейший) – более 3,5-2,6 млрд. лет;
- 2) **протерозойский** (греч. «протерос» – первичный) – 2,6 млрд. лет - - 570 млн. лет;
- 3) **фанерозойский** (греч. «фанерос» – явный) – 570 – 0 млн. лет.

Эоны подразделяются на **эры**, а **эры** подразделяются **периоды** и **эпохи**.

(**Фанерозойский эон** подразделяется на **палеозойскую** (6 периодов);

мезозойскую (3 периода) и **кайнозойскую** (3 периода) эры

12 периодов названы по той местности, где они были впервые выделены

и описаны – **кембрий** – древнее название полуострова Уэльс в Англии;

ордовик и силур – по названию древних племен, живших также в Англии;

девон – по графству Девоншир опять-таки в Англии; **карбон** – по

каменным углям; **пермь** – по Пермской губернии в России и т.д.

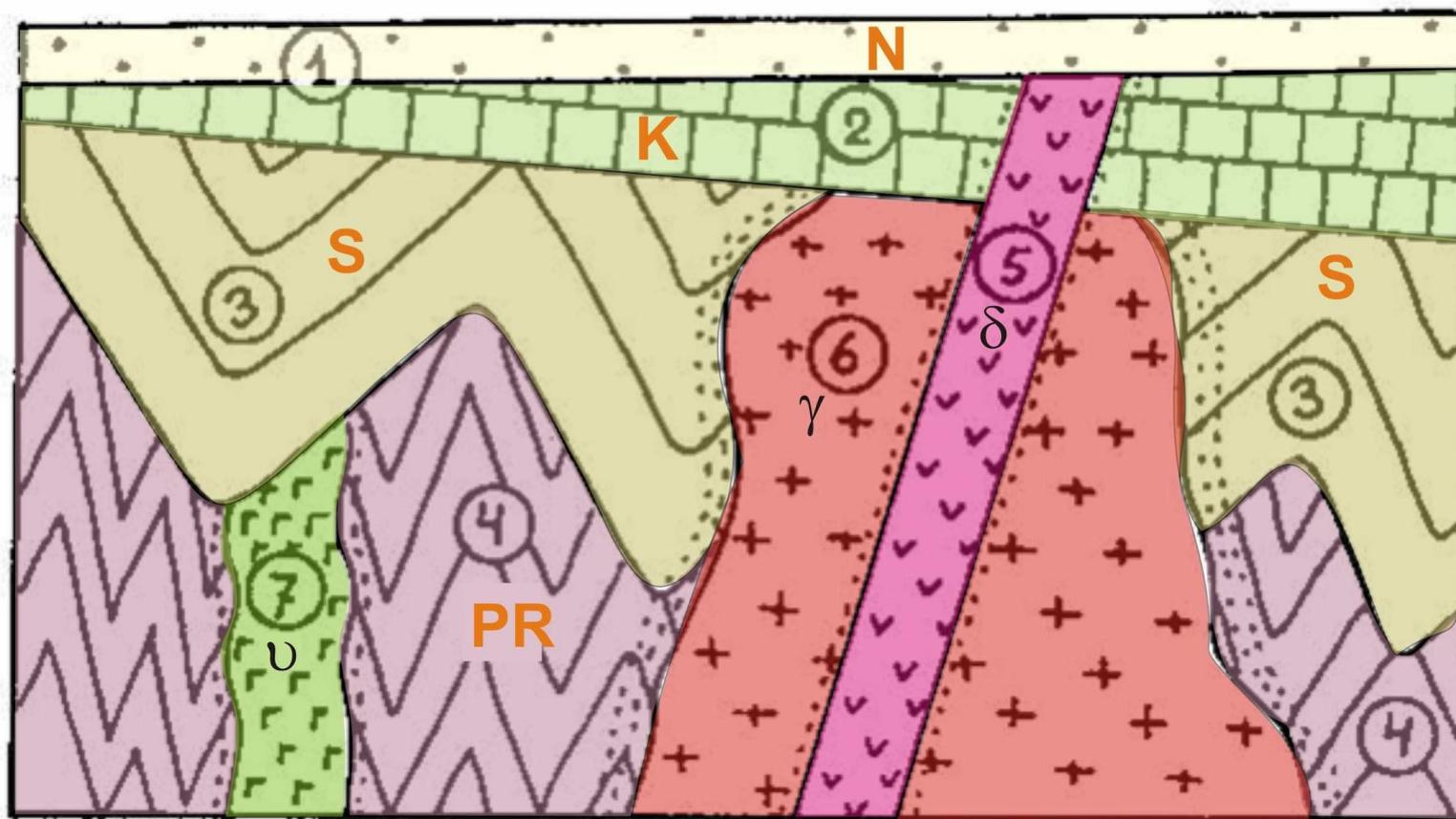
ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА

Все подразделения геохронологической и стратиграфической шкал ранга **периода-системы** обозначаются по первой букве латинского наименования, например кембрий **Є**, ордовик – **О**, силур – **S**, девон - **D**, карбон - **С**, пермь - **P**, триас - **T**, юра - **J**, мел - **K**, палеоген - **P**, неоген - **N** и антропоген - **Q**, а **эпохи (отделы)** – цифрами – ^{1,2,3}, которые ставятся справа от индекса внизу: нижняя юра **J₁**, верхний мел – **K₂** и т.д.

Каждый период (система) обозначаются на картах своим цветом. Эти **цвета общепринятые и замене не подлежат**.

Геохронологическая шкала является важнейшим документом, удовлетворяющим последовательность и время геологических событий в истории Земли. Ее надо знать обязательно (как таблицу Менделеева химику) и поэтому шкалу необходимо выучить с первых же шагов изучения геологии.

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА



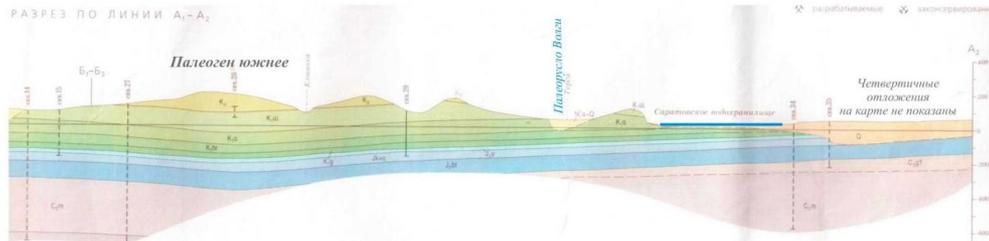
Возраст толщ на примере воображаемого обнажения

РАСКРАСКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ В СООТВЕТСТВИИ С ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОЙ ШКАЛОЙ



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Система	Обозначение	Содержимое	
ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА	Q	Пески, глины (только на разрезе)	
	N ₂ +Q	Неогеновая и четвертичная системы. Плиоценовые и четвертичные отложения. Глины, пески (только на разрезе)	
ПАЛЕОГЕННАЯ СИСТЕМА	N ₁ a	Плиоцен. Акачевский ярус. Пески, глины	
	P ₂ ²⁻³	Глины, алевроиты, пески	
	P ₁ ki	Кальчанские слои. Глины, пески, песчаники	
	P ₁ kl	Камышинская свита. Опилки, глины, пески, песчаники	
	P ₁ sr	Сызранская серия. Саратовская свита. Пески, песчаники	
	P ₁ sz ₁	Сызранская серия. Верхнесызранская свита. Опилки, песчаники, ополочковидные, алевролиты	
	P ₁ sz ₂	Молотский ярус. Сызранская серия. Нижнесызранская свита. Опилки, пески, песчаники	
	K ₃	Верхний отдел. Мел, мерзели	
	K ₂ m	Мастрихтский ярус. Мел	
	K ₂ km	Кампанский ярус. Мел	
МЕЛОВАЯ СИСТЕМА	K ₂ st	Сантонский ярус. Мел, опилки	
	K ₂ tk	Туронский и коньякский ярусы объединенные. Мел	
	K ₁ al	Альбский ярус. Глины, пески, песчаники	
	K ₁ a	Аптский ярус. Глины, сланцы, алевроиты, пески	
	K ₁ br	Барремский ярус. Глины, алевроиты	
	K ₁ g	Горриковский ярус. Глины	
	ЮРСКАЯ СИСТЕМА	J ₃ v	Волжский ярус. Глины, мерзели, песчаники, сланцы
		J ₃ k-o	Хелловейский и оксфордский ярусы объединенные. Глины
		J ₂ bt	Батский ярус. Глины, алевроиты
		C ₂ g ⁷	Гивьский ярус. Известняки
МЭЛЮЮЩАЯ СИСТЕМА	C ₂ m	Московский ярус. Глины, известняки, доломиты	
	C ₂ b	Башкирский ярус. Известняки, глины, аргиллиты	
	C ₂ s	Серпуховский ярус. Известняки	
	C ₂ v	Витякский ярус. Песчаники, алевроиты, глины, известняки, сланцы	

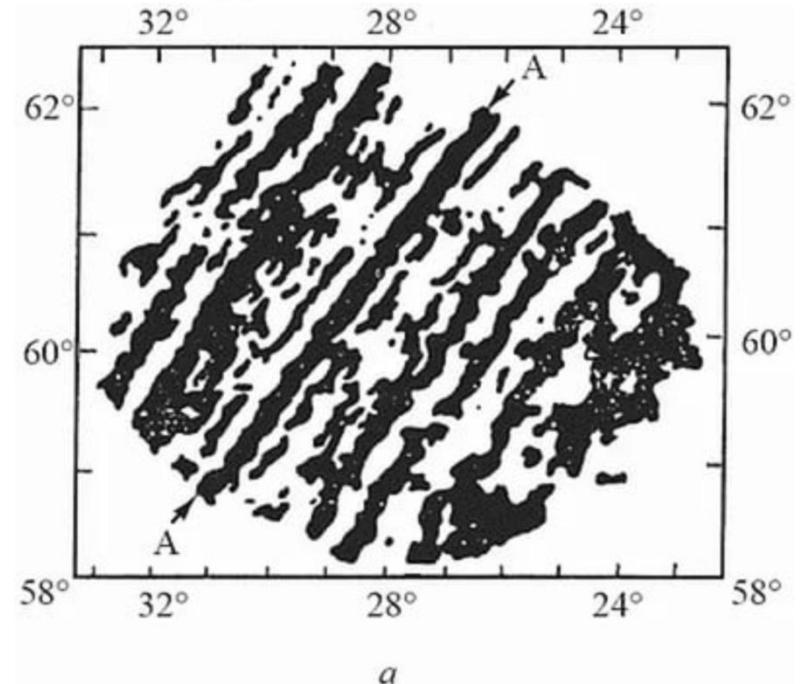


МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА

- является, по существу глобальной **шкалой геомагнитной полярности** за наблюдаемую часть геологической истории.

В настоящее время **данные определений прямой и обратной полярности** в образцах горных пород из разных точек Земли с континентов и со дна океана **сопоставлены с их датировкой изотопными радиологическими методами и с данными палеонтологических методов.**

Временные интервалы преобладания какой-либо одной полярности получили название **геомагнитных эпох** (некоторым присвоены имена выдающихся геомагнитологов Брюнесса, Матуямы, Гаусса и др.). В пределах эпох выделяются меньшие по длительности интервалы, называемые **геомагнитными эпизодами.**



МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА

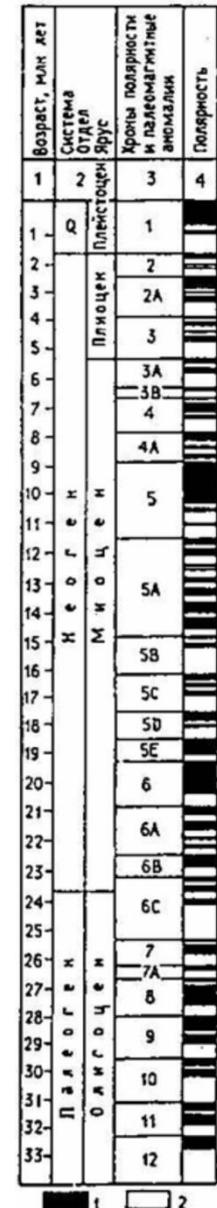
Анализ магнитных свойств образцов из пород океанского дна позволил составить детальную шкалу инверсий поля вплоть до поздней эпохи юрского периода включительно, т.е. интервала времени в 170 млн. лет (с начала распада Пангеи).

Хуже по качеству шкала до рубежа в 570 млн. лет, т.е. для всего фанерозоя.

Для рифея – венда (1,7-0,57 млрд. лет) она еще менее удовлетворительна.

Остаточная намагниченность обнаруживается даже у архейских пород с возрастом 3,4 млрд. лет.

Пример
геохронологической
шкалы
палеомагнитных
инверсий



ЧТО ДАЛИ МЕТОДЫ ГЕОСТРАТИГРАФИИ ДЛЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ?

Ретроспективное рассмотрение эволюции Земли позволяет выделить три основных типа закономерностей: **направленность** (необратимость), **цикличность** и **нелинейность** (неравномерность) развития.

Направленность в развитии выражается в необратимом изменении структуры и перераспределения вещества Земли и ее оболочек, в эволюции процессов, меняющих облик Земли. Правда, необратимые изменения геологических процессов протекают очень медленно.

Можно указать, по крайней мере, три события в истории Земли, когда условия в земной коре изменялись кардинальным образом:

Разделение внешней оболочки Земли на сушу (континенты) и акваторию океанов (более 3 млрд. лет назад) предопределило возникновение современного механизма эрозии суши атмосферными осадками и водными потоками, что резко активизировало процессы дифференциации вещества по удельным массам и растворимости.

Рождение и развитие жизни (около 2,2-1,8 млрд. лет) определило появление кислородной атмосферы и появление органических остатков в океанах.

Развитие наземной растительности (около 0,4-0,35 млрд. лет) привело к накоплению органических остатков в континентальных осадках.

Только с этого последнего момента условия в геологической среде становятся близкими к современным.

ЧТО ДАЛИ МЕТОДЫ ГЕОСТРАТИГРАФИИ ДЛЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ?

Цикличность понимается как "... квазипериодическое повторение определенной последовательности событий или стадий развития, плавно переходящих одни в другие или выраженные скачками в этом развитии ..." (Хаин В.Е., 2001).

В развитии Земли цикличность присуща практически всем процессам, и ее масштабы варьируют от сотен миллионов лет до часов]. Например, длительность платформенного режима, отличающегося тектонической стабильностью, измеряется сотнями миллионов лет. К циклическим процессам относятся медленные колебания земной коры, периодическое изменение климата, изменчивость сейсмотектонической и вулканической активности и др. Циклические закономерности, по мнению В.Е. Хаина, являются лишь осложнением главной закономерности в эволюции Земли ее общей направленности.

Нелинейность третий тип закономерностей в развитии Земли, которые выражаются в неравномерности протекания необратимых процессов. Понятие нелинейности геологических процессов – результат новых представлений о Земле, как об открытой системе, где происходит сложный обмен веществом и энергией, сопровождающийся диссипативными явлениями.

Необратимость, цикличность и нелинейность геологических процессов ограничивают применение метода актуализма в отношении адекватной реконструкции прошлого.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Геологи узнают о возрасте объектов, которые они изучают, опираясь на взаимное расположение объектов (стратиграфическая шкала), сравнение ископаемых остатков (геохронологическая шкала) и данные физических измерений.

Возраст может быть относительным (старше - моложе) или абсолютным (астрономическое время в годах).

Сегодня все шкалы объединены. Для каждого пласта и каждого вида ископаемого организма возможно определить время формирования или время их распространения на земле в годах.

Возраст самых древних пород и ископаемых бактерий измеряется миллиардами лет. Растения распространились на суше около 400 млн. лет назад, современный человек появился всего около 50 тыс. лет назад.

ДО СВИДАНИЯ

в следующий раз - контрольная