



**Геохронология  
(геологическое  
летоисчисление)**



# Геохронология

```
graph TD; A[Геохронология] --> B[Относительная геохронология]; A --> C[Абсолютная геохронология];
```

Относительная  
геохронология

Абсолютная геохронология

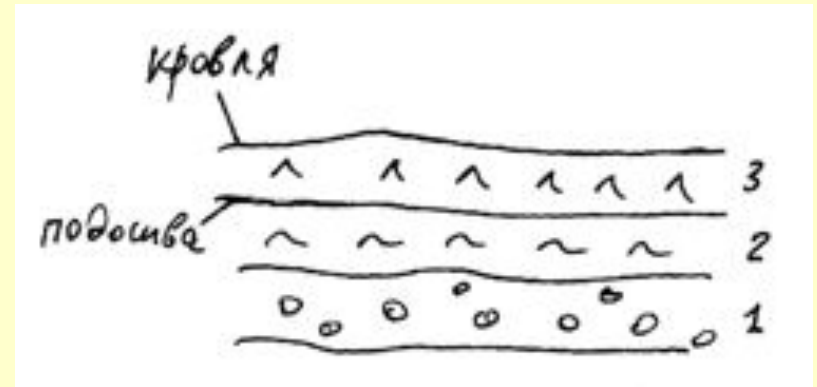
# Относительная геохронология:

## Методы определения относительного возраста:

1. Во первых, было установлено, что 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* оказался важным для следующего вывода.

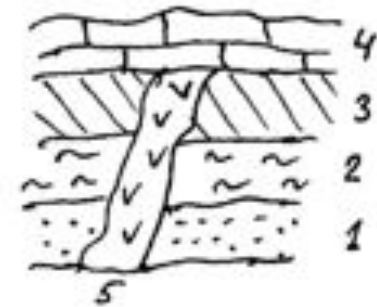
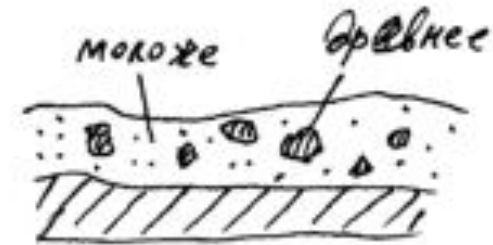
2. В 1669 г. Николо Стено выдвинул *принцип суперпозиции*, заключающийся в признании того факта, что каждый вышележащий в разрезе слой моложе нижележащего. Т.о., у каждого слоя есть *кровля* и есть *подошва* независимо от того, как эти слои залегают в настоящее время. Они могут быть смяты в складки тектоническими движениями, они могут быть даже перевернуты. Все равно кровля слоя остается кровлей, а подошва – подошвой. Принцип суперпозиции Н. Стено позволил описывать толщи пород, состоящие из множества слоев и устанавливать изменения в них, происходящие во времени.



3. Если в каком-нибудь слое находится обломок, валун, глыба какой-то другой породы, то она древнее, чем этот слой. Точно также и в интрузивных образованиях и в лавовых потоках любое включение – ксенолит является более древним. Это положение можно назвать **принципом включений**.

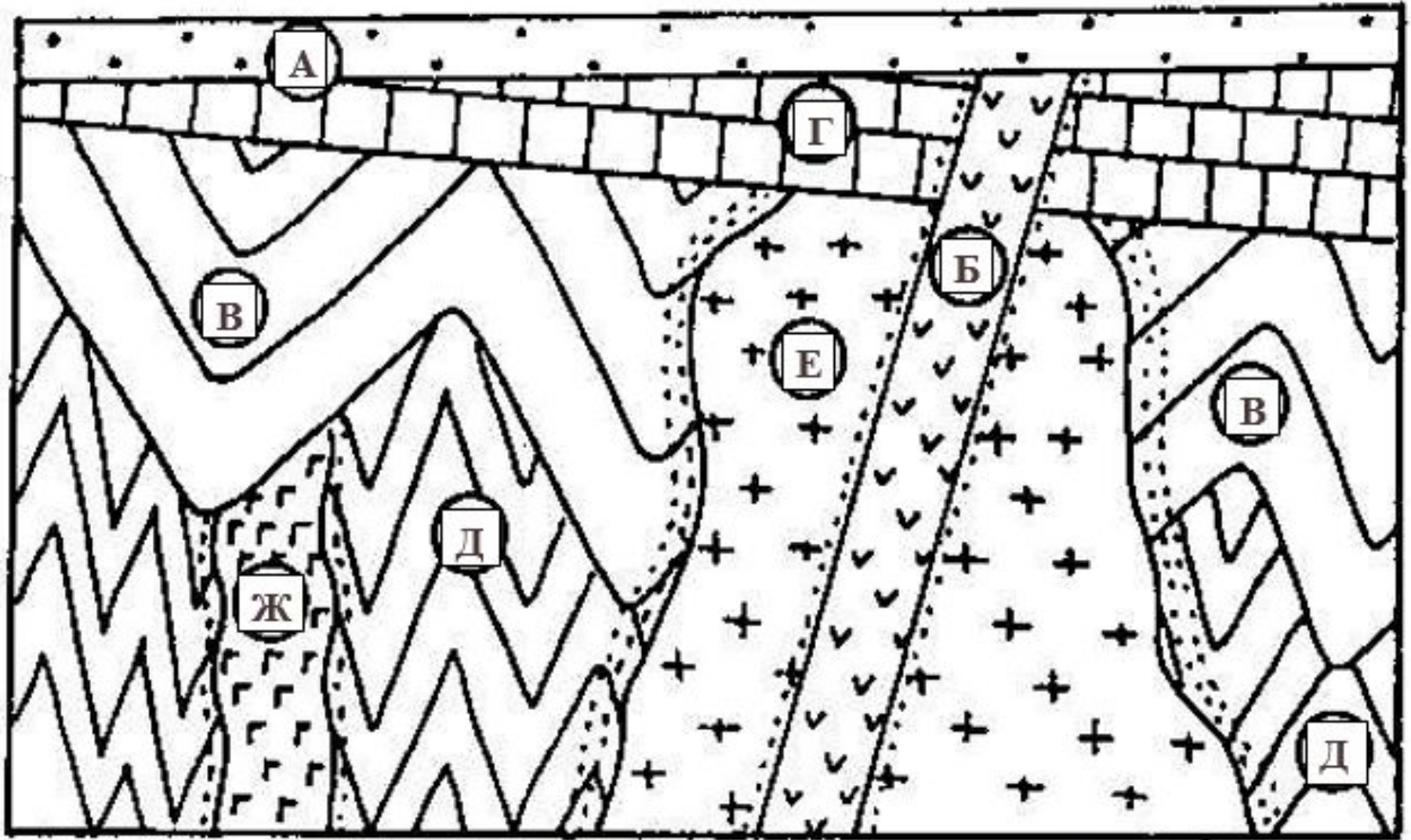
4. Знаменитый английский геолог Джеймс Хаттон установил **принцип пересечения**, заключающийся в том, что любое тело как изверженных, так и осадочных пород, пересекающее толщу слоев, моложе этих слоев.

Перечисленные выше принципы анализа взаимоотношений слоистых толщ и изверженных пород дают возможность правильно выявить относительную последовательность геологических событий. Из них становится очевидным, что какие-либо метаморфические события, т.е. нагревание, воздействие давлением, флюидами, всегда моложе тех толщ, в которых они проявляются. Точно также и складчатость моложе, чем слои на которые она воздействует.



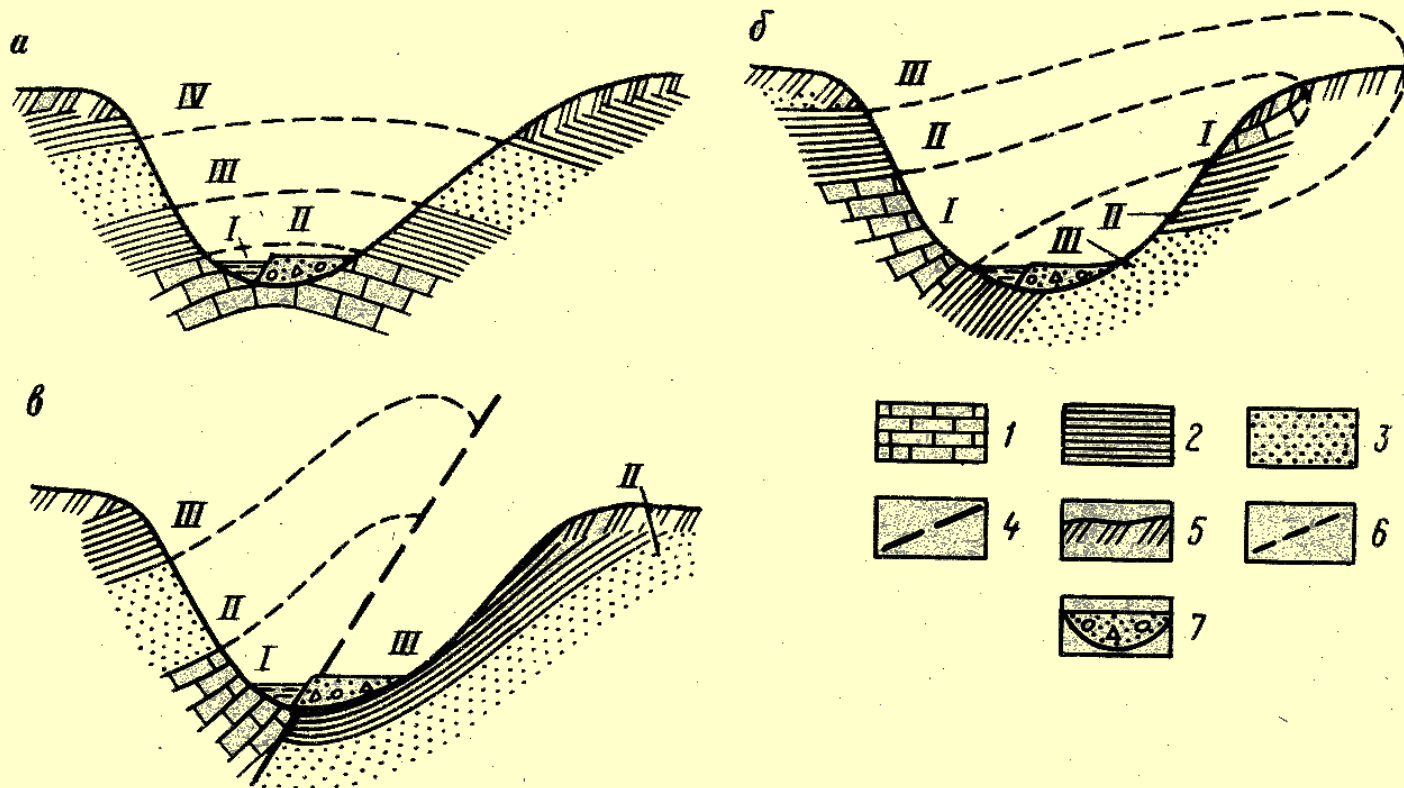
$1 > 2 > 3 > 5 > 4$   
по возрасту

Пример взаимоотношений геологических тел разного возраста



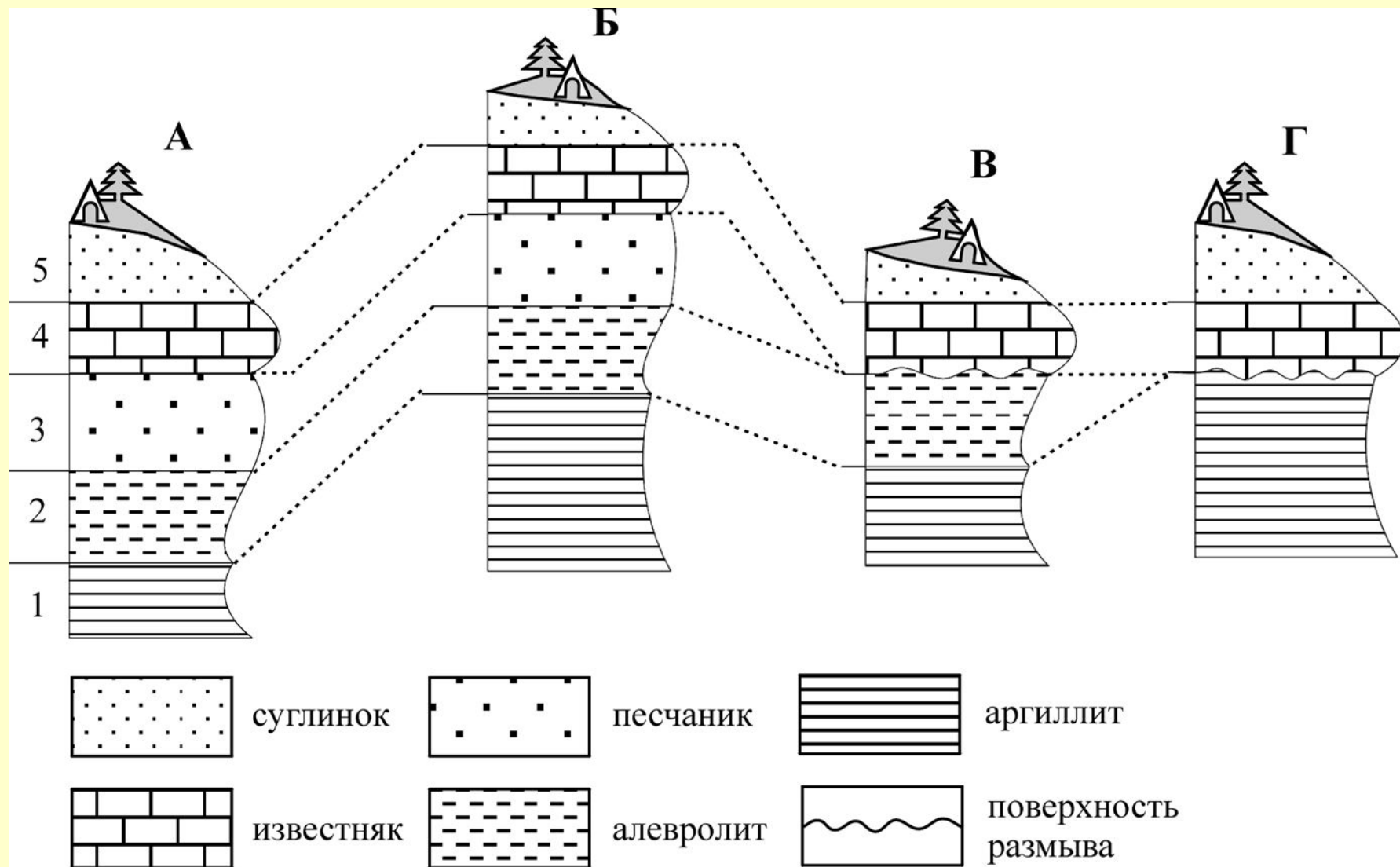
Д-ж-в-е-г-б-а

# Стратиграфия – наука, изучающая последовательность образования слоев осадочных горных пород



**Пример использования стратиграфического метода определения относительного возраста пластов горных пород.** Реконструкция пластов в пределах речной долины в условиях: а – пологого залегания пластов; б – интенсивной складчатости; в – дизъюнктивной тектоники. 1 - известняки; 2 – глины; 3 – пески; 4 – разлом; 5 – поверхность земли; 6 – границы пластов I – IV; 7 – современные аллювиальные осадки

# Геологические методы корреляции разрезов



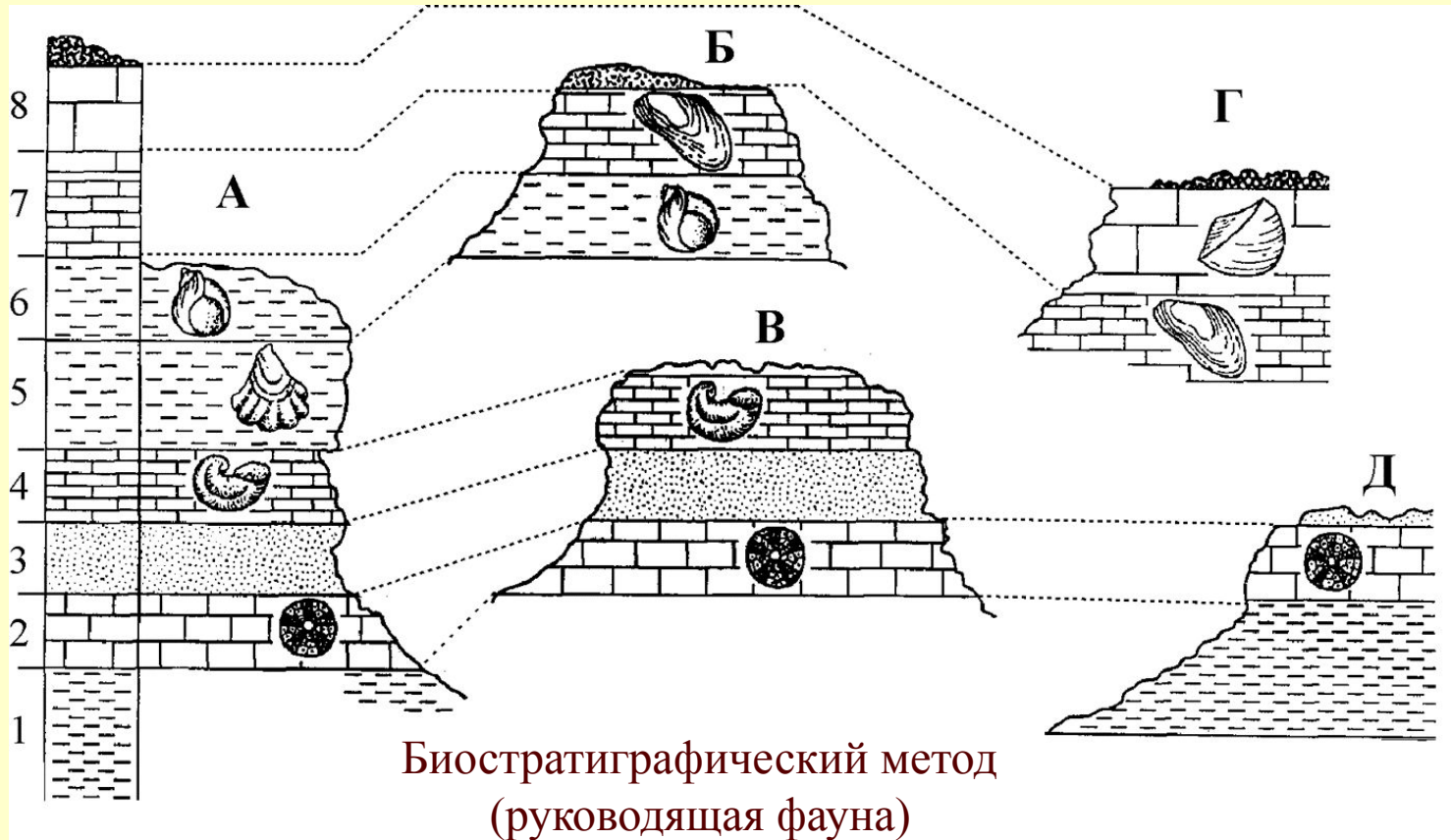
Литостратиграфический метод  
(маркирующие горизонты)



# Палеонтологический метод

(по остаткам ранее живших организмов)

Палеонтология – наука о биологии прошлого

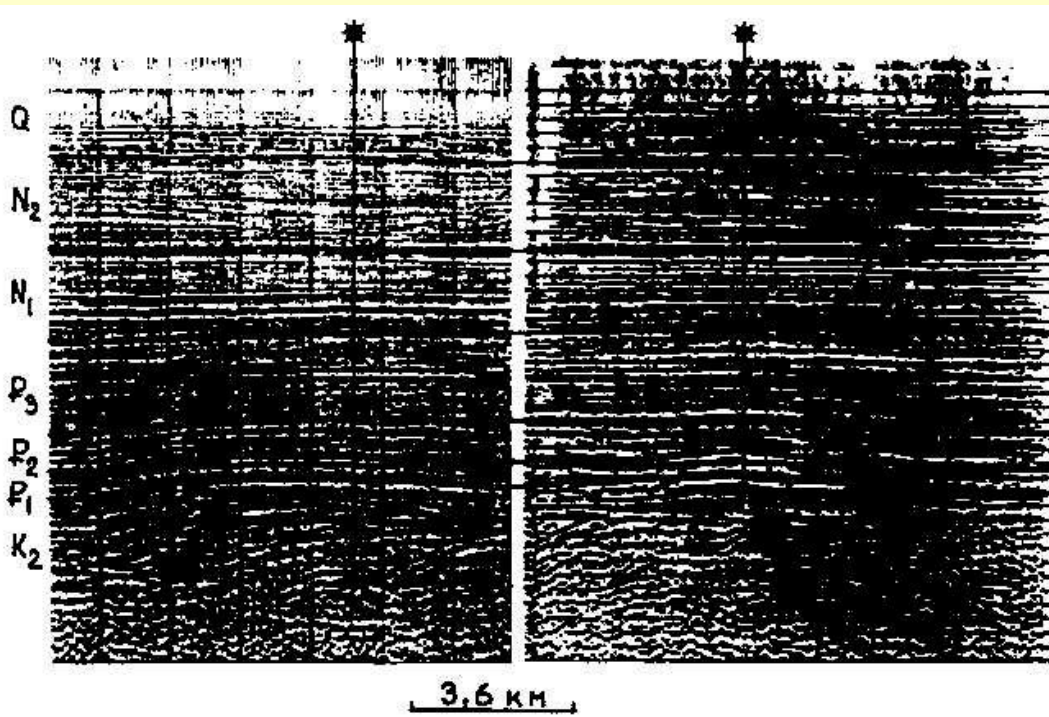
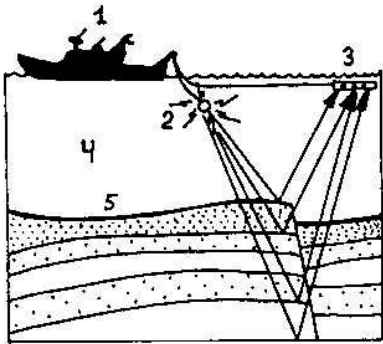


Сопоставление слоев по руководящим ископаемым и составление сводного разреза.

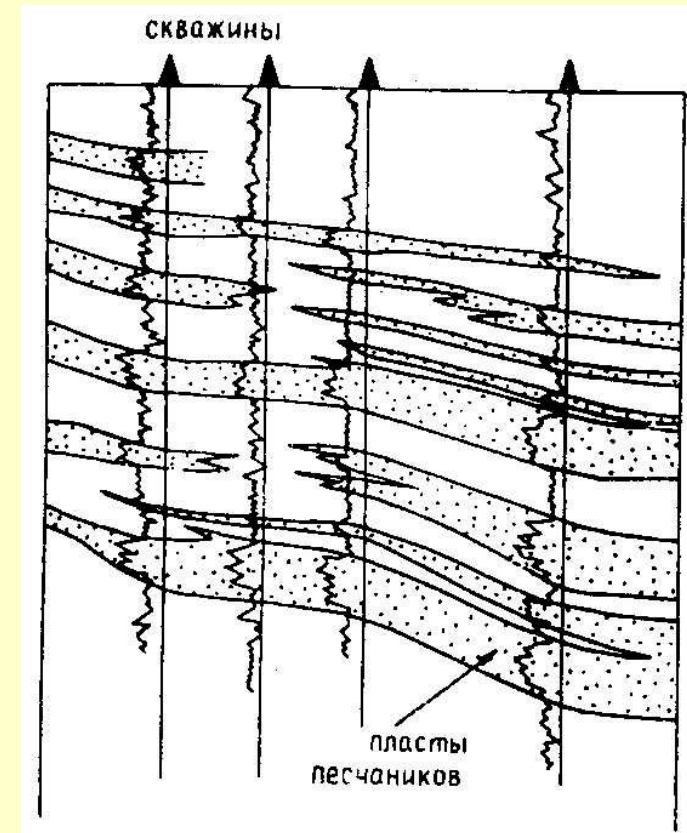
А-Д – обнажения, 1-8 – номера слоев в сводной литологической колонке



# Геофизические методы



Пример сопоставления сеймостратиграфических разрезов по двум районам, в которых пробурены 2 скважины (черные звездочки)



Электрокаротажные кривые в скважинах, помогающие выявить пласты песчаников в толще пород с относительно высоким сопротивлением. На кривых хорошо видны «пики», соответствующие песчаникам

# Международная стратиграфическая шкала (МСШ)

– это шкала

относительного  
летоисчисления.

Все породы литосферы от  
самых древних до самых  
молодых выстроены в единую  
колонку:

внизу – самые древние,  
а выше - молодые

ЗОНА ТЕМА	ОБЩАЯ		СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ		ШКАЛА	
	ЭРАТЕМА	СИСТЕМА (длительность в млн. лет)	ВОЗРАСТ (млн. лет)	ОТДЕЛ	ЯРУС	ИНДЕКС
И О З О О	КАИНОЗОЙСКАЯ KZ	ЧЕТВЕРТИЧНАЯ Q (2.45)	1,64	ПЛИОЦЕН N		
		НЕОГЕНОВАЯ N (22)	24	МИОЦЕН N	общепринятого расчленения нет	
		ПАЛЕОГЕНОВАЯ P (42)	ОЛИГОЦЕН P		ХАТТСКИЙ РУПЕЛЬСКИЙ	R h P r
			ЭОЦЕН P		ПРИАБОНСКИЙ БАРТОНСКИЙ ЛЮПЕТСКИЙ ИПРСКИЙ	P p P b P i P l
	МЕЗОЗОЙСКАЯ MZ	МЕЛОВАЯ K (61)	ПАЛЕОЦЕН P	55	ТАНЕТСКИЙ МОНСКИЙ ДАТСКИЙ	P t P m P d
			ВЕРХНИЙ K		МААСТРИХТСКИЙ КАМΠΑНСКИЙ САНТОНСКИЙ КОНЬЯКСКИЙ ТУРОНСКИЙ СЕНОМАНСКИЙ	K m K km K st K k K t K s
		ЮРСКАЯ J (62)	НИЖНИЙ K		АЛЬБСКИЙ АПТСКИЙ БАРРЕМСКИЙ ГОТЕРИВСКИЙ ВАЛЖИНСКИЙ БЕРРИАССКИЙ	K al K a K br K g K v K b
			ВЕРХНИЙ J	145,8	ТИТОНСКИЙ КИМЕРИДЖСКИЙ ОКСФОРДСКИЙ	J tl,v J km J o
			СРЕДНИЙ J		КЕПЛОВЕЙСКИЙ БАТСКИЙ БАЙОССКИЙ ААЛЕНСКИЙ	J t J dt J b J a
		ТРИАСОВАЯ T (37)	НИЖНИЙ J		ТОАРСКИЙ ПЛИНСБАХСКИЙ СИНЕМЮРСКИЙ ГЕТТАНСКИЙ	J t J p J s J g
ВЕРХНИЙ T	208		РЭТСКИЙ НОРИЙСКИЙ КАРНИЙСКИЙ	T r T n T k		
СРЕДНИЙ T			ЛАДСКИЙ АНИЗИЙСКИЙ	T l T a		
Р Е Н А	ПЕРМСКАЯ P (45)	НИЖНИЙ T	245	ОЛЕНЕКСКИЙ ИНДСКИЙ	T o T i	
		ВЕРХНИЙ P		ТАТАРСКИЙ КАЗАНСКИЙ УФИМСКИЙ	P t P kz P u	
	КАМЕННОУГОЛЬНАЯ C (73)	НИЖНИЙ P		КУНГУРСКИЙ АРТИНСКИЙ САКМАРСКИЙ АССЕЛЬСКИЙ	P k P ar P s P a	
		ВЕРХНИЙ C	290	ГЖЕЛЬСКИЙ КАСИМОВСКИЙ	C g C k	
		СРЕДНИЙ C		МОСКОВСКИЙ БАШКИРСКИЙ	C m C b	
	ДЕВОНСКАЯ D (46)	НИЖНИЙ C		СЕРПУХОВСКИЙ ВИЗЕЙСКИЙ ТУРНЕЙСКИЙ	C s C vt	
		ВЕРХНЯЯ D	362,5	ФАМЕНСКИЙ ФРАНКСКИЙ	D fm D f	
		СРЕДНИЙ D		ЖИВЕТСКИЙ ЗИФЕЛЬСКИЙ	D zv D ef	
	СИЛУРИЙСКАЯ S (31)	НИЖНИЙ D	408,5	ЭМСКИЙ ПРАЖСКИЙ ЛОХКОВСКИЙ	D p D l	
		ВЕРХНИЙ S		ПРЖИДОЛЬСКИЙ ЛУДЛОВСКИЙ	S p S ld	
НИЖНИЙ S		439	ВЕНЛОКСКИЙ ПЛАНДОВЕРИЙСКИЙ	S v S l		
ВЕРХНИЙ O			АШГИЛЛСКИЙ	O as		
ОРДОВИКСКАЯ O (60-70)	СРЕДНИЙ O		КАРАДОКСКИЙ ЛЛАНДЕЙЛОВСКИЙ ПЛАНВИРНСКИЙ	O k O ld O l		
	НИЖНИЙ O		АРЕНИГСКИЙ ТРЕМАДОКСКИЙ	O a O i		
КЕМБРИЙСКАЯ C (60)	ВЕРХНИЙ O	510	АКСАЙСКИЙ САКСКИЙ АЮСОККАНСКИЙ	O ak O s O as		
	СРЕДНИЙ C		МАЙСКИЙ АМГИНСКИЙ	C m C am		
	НИЖНИЙ C		ТОЙОНСКИЙ БОТОМСКИЙ АТДАБАНСКИЙ ТОММОТСКИЙ	C m C b C at C t		
			570			

Абсолютный возраст по Инструкции... масштаба 1:200 000, 1995г.

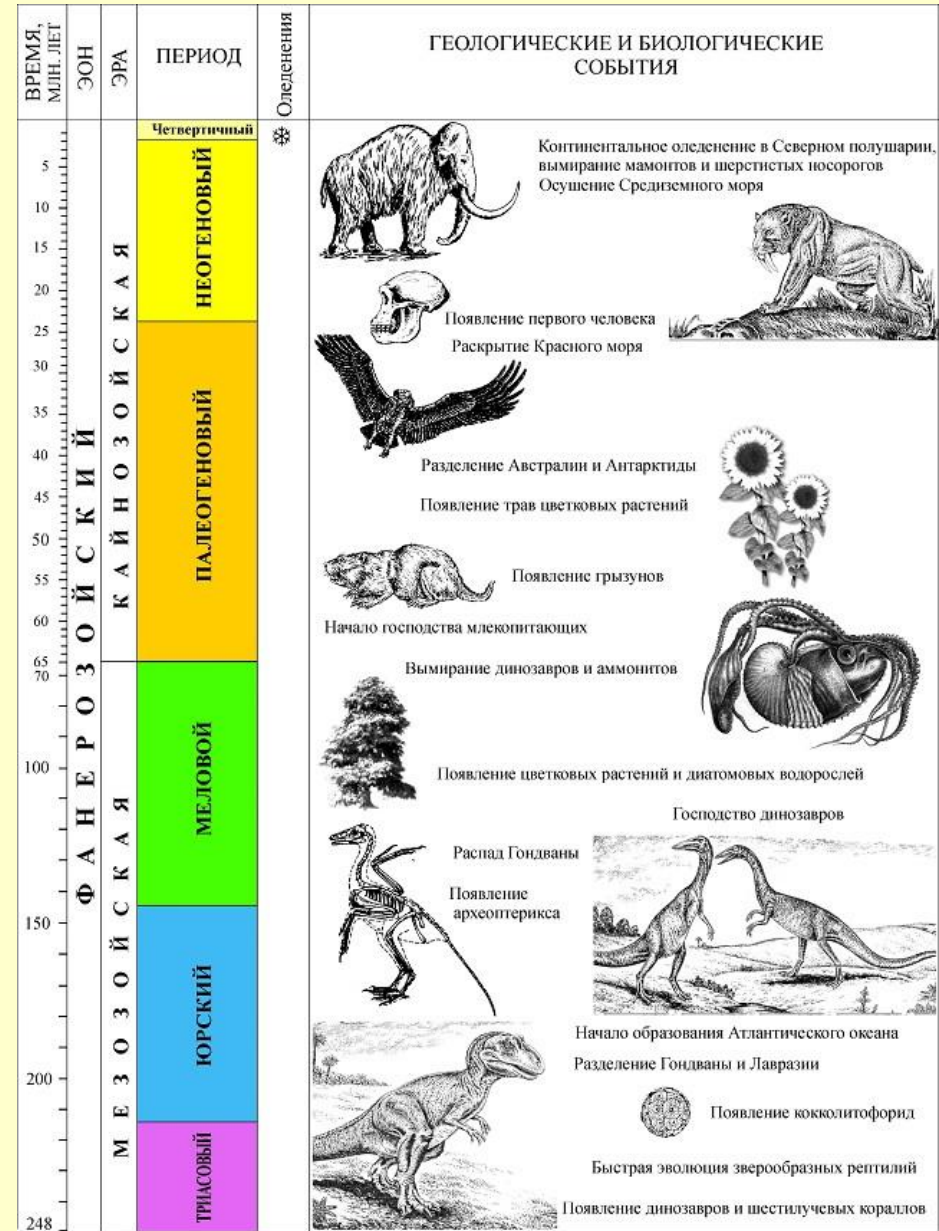
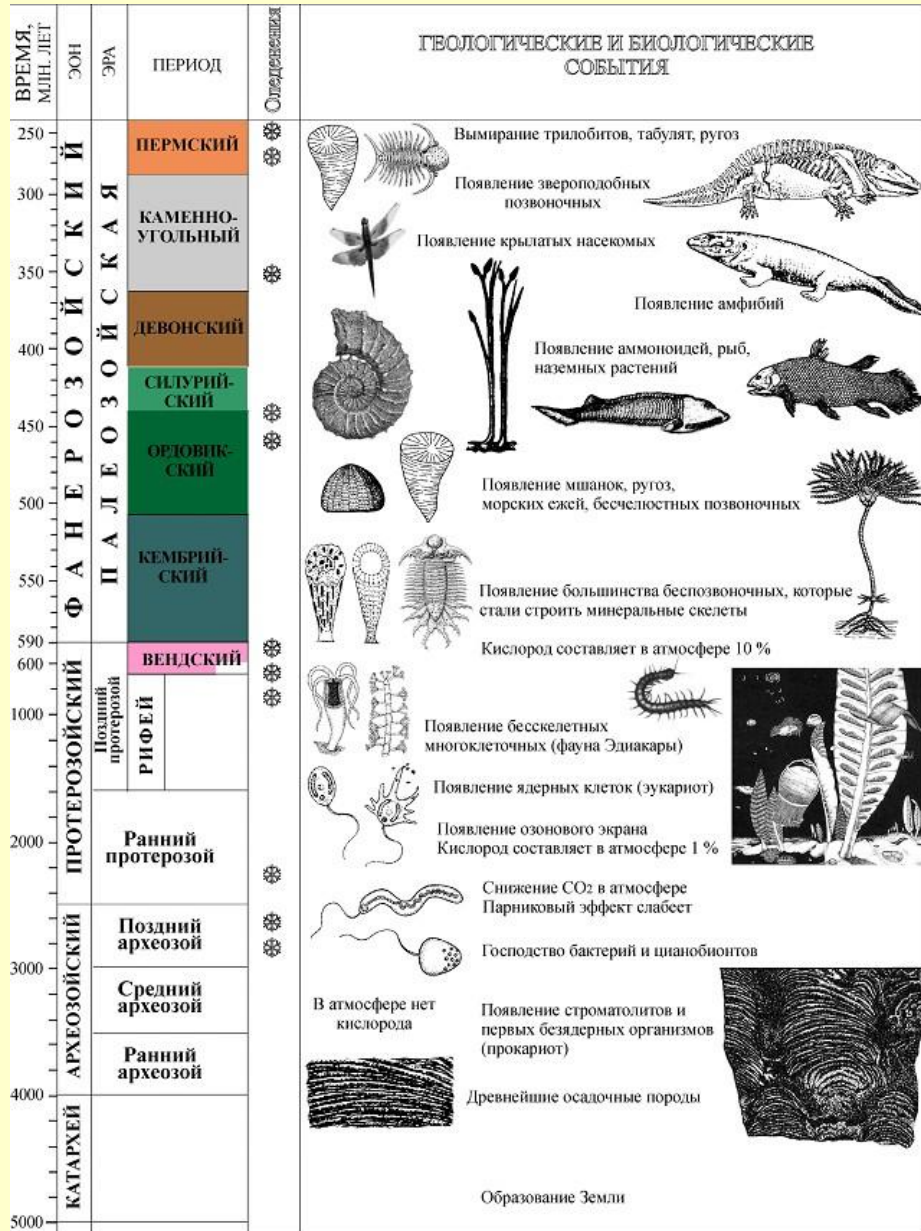
## ШКАЛА ДОКЕМБРИЯ

ЗОНА ТЕМА	ЭРАТЕМА (длительность в млн. лет)	ВОЗРАСТ (млн. лет)	ЭРАТЕМА	СИСТЕМА	ОТДЕЛ
ПРОТЕРОЗОЙ PR	ВЕРХНИЙ PR (1680)	650	КАРЕЛИЯ	ВЕНДСКАЯ V	ВЕРХНИЙ V, НИЖНИЙ V,
				ВЕРХНИЙ R	
	СРЕДНИЙ R				
	НИЖНИЙ R				
АРХЕЙ AR	НИЖНИЙ (КАРЕЛИЯ) PR (850)	1650		ВЕРХНИЙ PR НИЖНИЙ PR	
	ВЕРХНИЙ AR (650)	2500			
	НИЖНИЙ AR (400)				

Абсолютный возраст по Стратиграфическому кодексу, 1992г.



# Геохронологическая шкала с основными биологическими и геологическими событиями



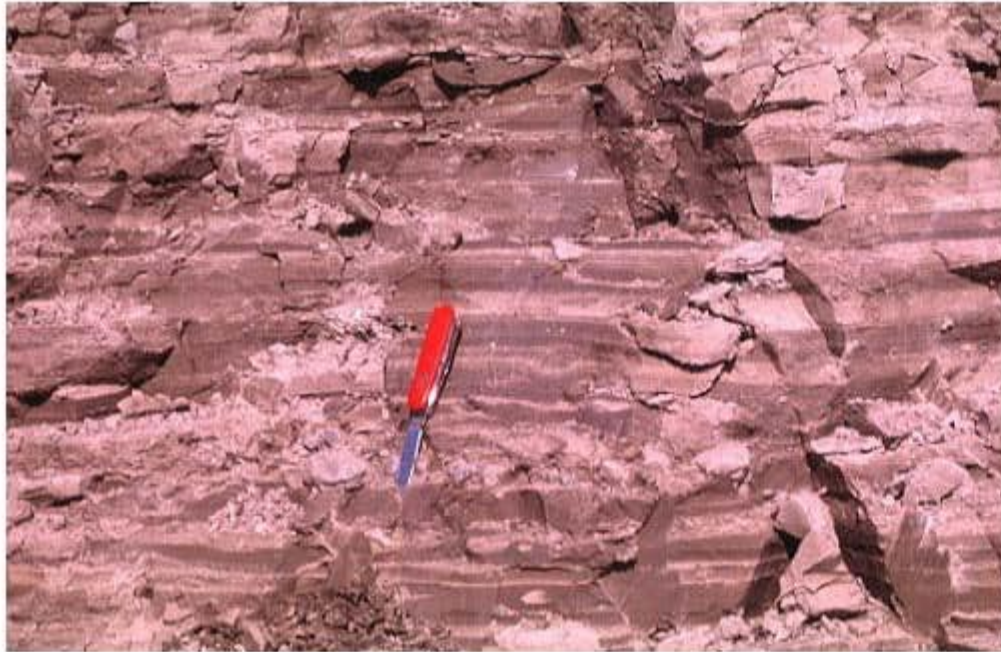


# Абсолютное летоисчисление

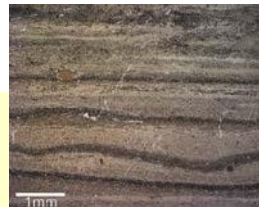
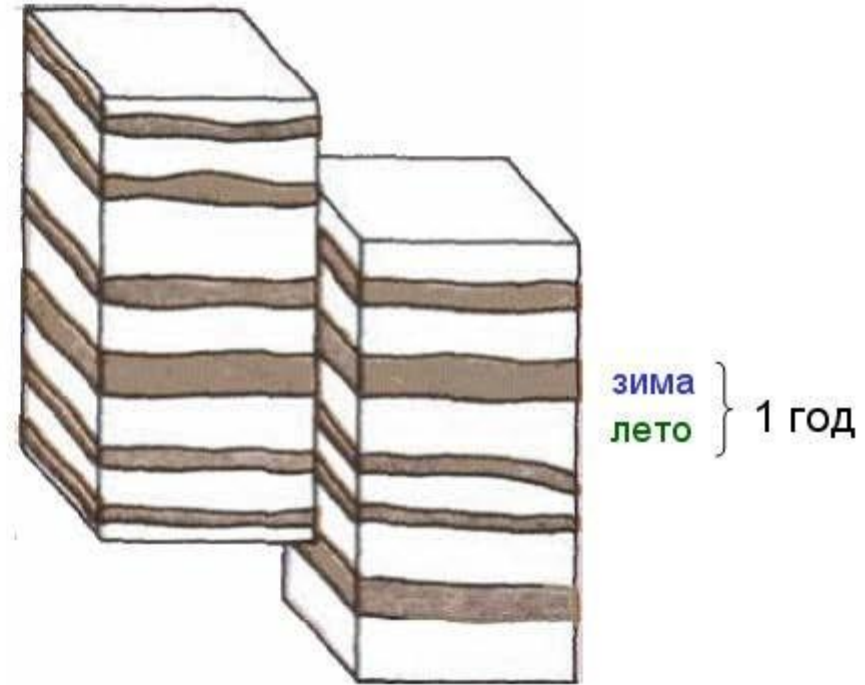
-**Сезонно-климатические методы** основаны на подсчете слоев, накапливающихся по сезонам года (аналогия с годовыми кольцами деревьев)

-**Изотопные методы** основаны на подсчете ядер радиоактивных элементов и продуктов их распада в горных породах и минералах.

# Ленточные глины (озерно-ледниковые отложения)



Обладают правильной сезонной слоистостью с чередованием *песчаных* (весенних и летних) и *глинистых, обогащённых органикой*, (осенних и зимних) прослоев



# Лагунные (озерные) соленосные отложения





# Абсолютное летоисчисление

## 1. По скорости осадконакопления

17 век = 170 тыс. лет возраст Земли

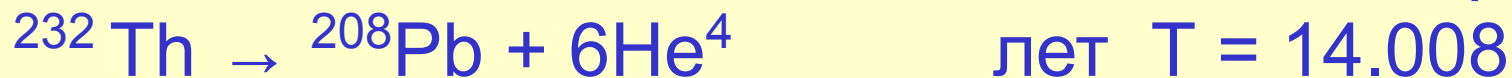
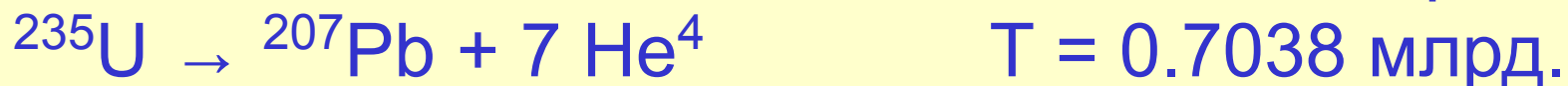
Все подсчеты базируются на принципе актуализма

Способ «ленточных глин» - пара слоев (зима-лето)

–1 год

## 2. По скорости радиоактивного распада

### а) Урано-свинцовый



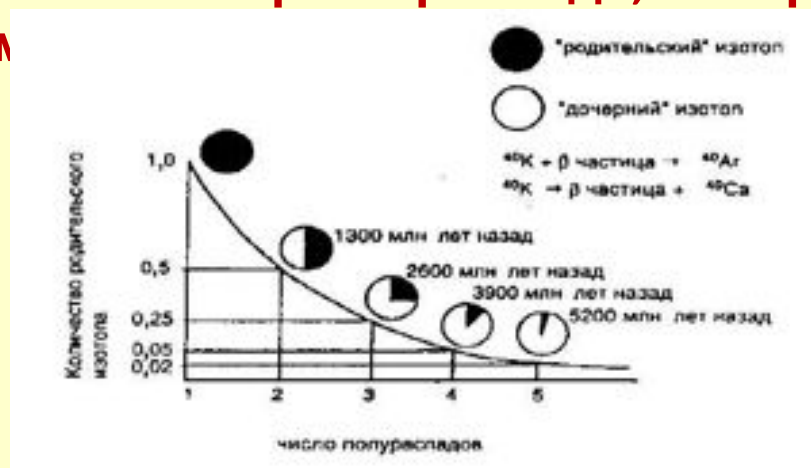
млрд.лет

# Изотопные методы

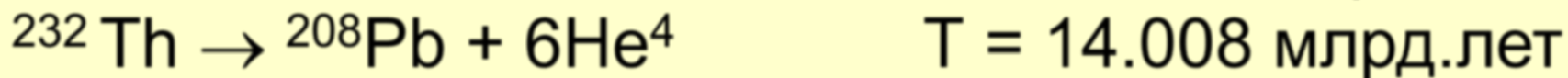
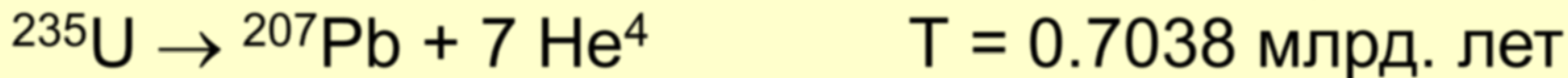
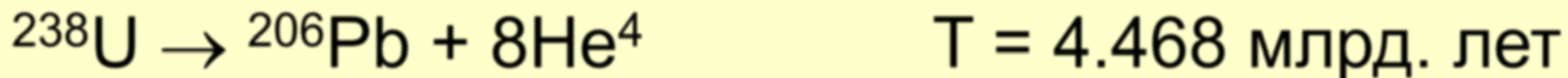
-Все горные породы содержат хотя бы малое количество радиоактивных элементов.

-Эти радиоактивные элементы распадаются с постоянной скоростью, не зависящей от внешних условий.

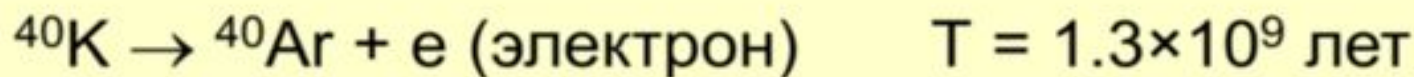
-Если известна скорость распада, количество продуктов распада и количество нераспавшихся ядер, можно вычислить время распада, которое и будет возрастом



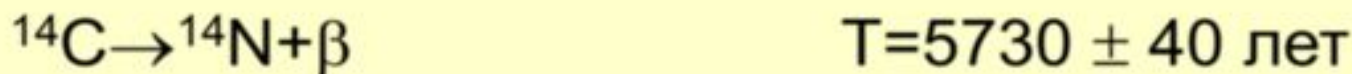
### а) Урано-свинцовый



### б) Калий – аргоновый



### в) Радиоуглеродный



Земля образовалась 4,5 – 5 млрд.лет

Граница архея 2900 млн. лет

палеозоя 585 ± 30 млн. лет

мезозоя 240 (235) млн.лет

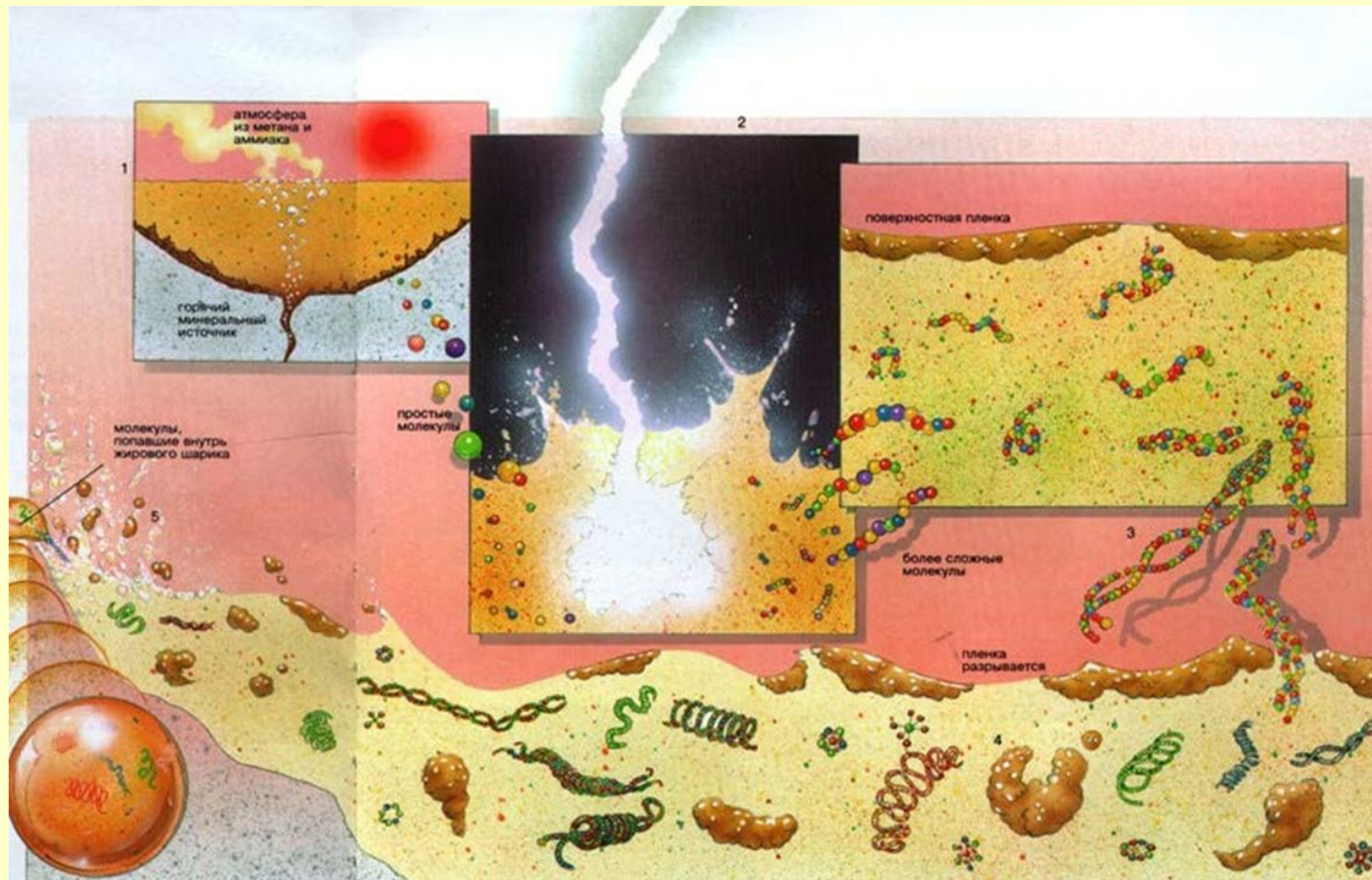
кайнозоя 67 млн.лет

четвертичного периода 1,7 млн.лет



**Главнейшие события  
в эволюции  
органического мира**

# Возможный механизм возникновения первичной жизни



Метан и прочие газы, содержащиеся в первобытной атмосфере Земли, растворялись в воде морей, озер и луж, образуя сложный химический "бульон" (1). Лабораторные опыты показали, что под воздействием разряда молнии в таком "бульоне" начинают происходить химические реакции и образуются более сложные химические соединения, очень сходные с теми, что встречаются в живых клетках (2). В конечном итоге некоторые из органических соединений приобрели способность к самовоспроизводству, то есть стали создавать копии самих себя (3). В том же "бульоне" содержались и жировые шарики (4). Когда ветер сильно перемешивал "бульон", некоторые сложные соединения могли попадать внутрь этих жировых шариков (5) и оставаться там "взаперти". Со временем эти гибридные структуры эволюционировали в живые клетки, окруженные жировой оболочкой.



1. Появление жизни – AR (архей)
2. Появление водорослей – PR (протерозой)





### 3. Появление скелетной фауны – Е (кембрий)



Реконструкция морского дна на мелководье позднего кембрия. Здесь присутствуют многочисленные трилобиты: парадоксид (1), баилиелла (2), соленоплевра (3), гиолит (4) и агностус (5). Морские перья (6), археоциаты (7) и плавучие граптолиты (8) {диктионемы} процеживают воду в поисках пищи, а древние брахиоподы (лингулелла) (9) и биллингселла (10) пропускают воду через свои раковины, используя их как фильтр.



## 4. Появление первых растений – D (девон)



Впервые растения выходят на сушу, они заселяют участки по берегам рек и озёр. Стебли большинства этих растений были кими и не имели (ринияли), евкуксония (2), зостерофиллум (3), у других (псилофитон, астероксилон) были филлоиды (шипички, чешуйки). Выходили на сушу и беспозвоночные – скорпионообразные, как палеофон (6). Бурно эволюционировали рыбы: акантоды (8), панцирные бесчелюстные, как птераспис (9) и цефаласпис (10), а также телодонты (11), последние были покрыты чешуей, а жесткого внутреннего скелета они не имели.



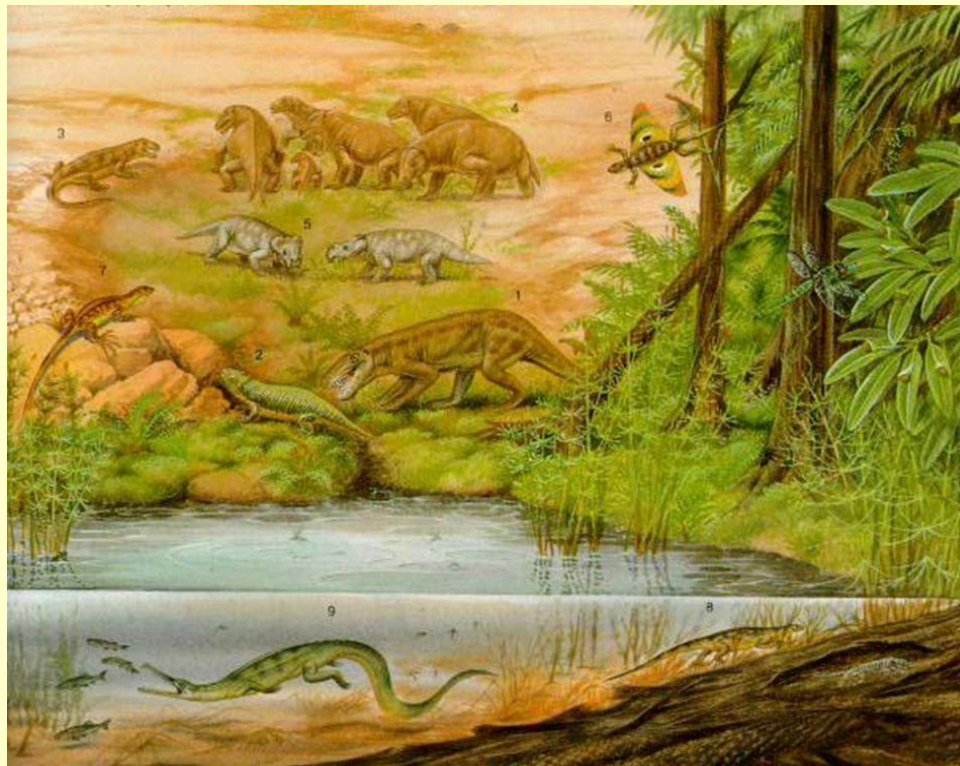
## 5. Расцвет папоротников – С (каменноугольный)



Реконструкция каменноугольного болота. Здесь произрастает (1) и гигантские плауны (2), а также густые заросли каламитов (3) и хвощей (4), идеальная среда обитания для ранних земноводных вроде ихтиостеги (5) и кринодона (6). Кругом кишат членистоногие: тараканы (7) и пауки (8) снуют в подлеске, а воздух над ними бороздят гигантские стрекозы меганевры (9) с почти метровым размахом крыльев. Из-за быстрого роста таких лесов накапливалось множество мертвых листьев и древесины, которые погружались на дно болот прежде, чем успевали разложиться, и со временем превращались в торф, а затем и в уголь. Т множество больших деревьев, в том числе сигиллярии



# Пермские обитатели

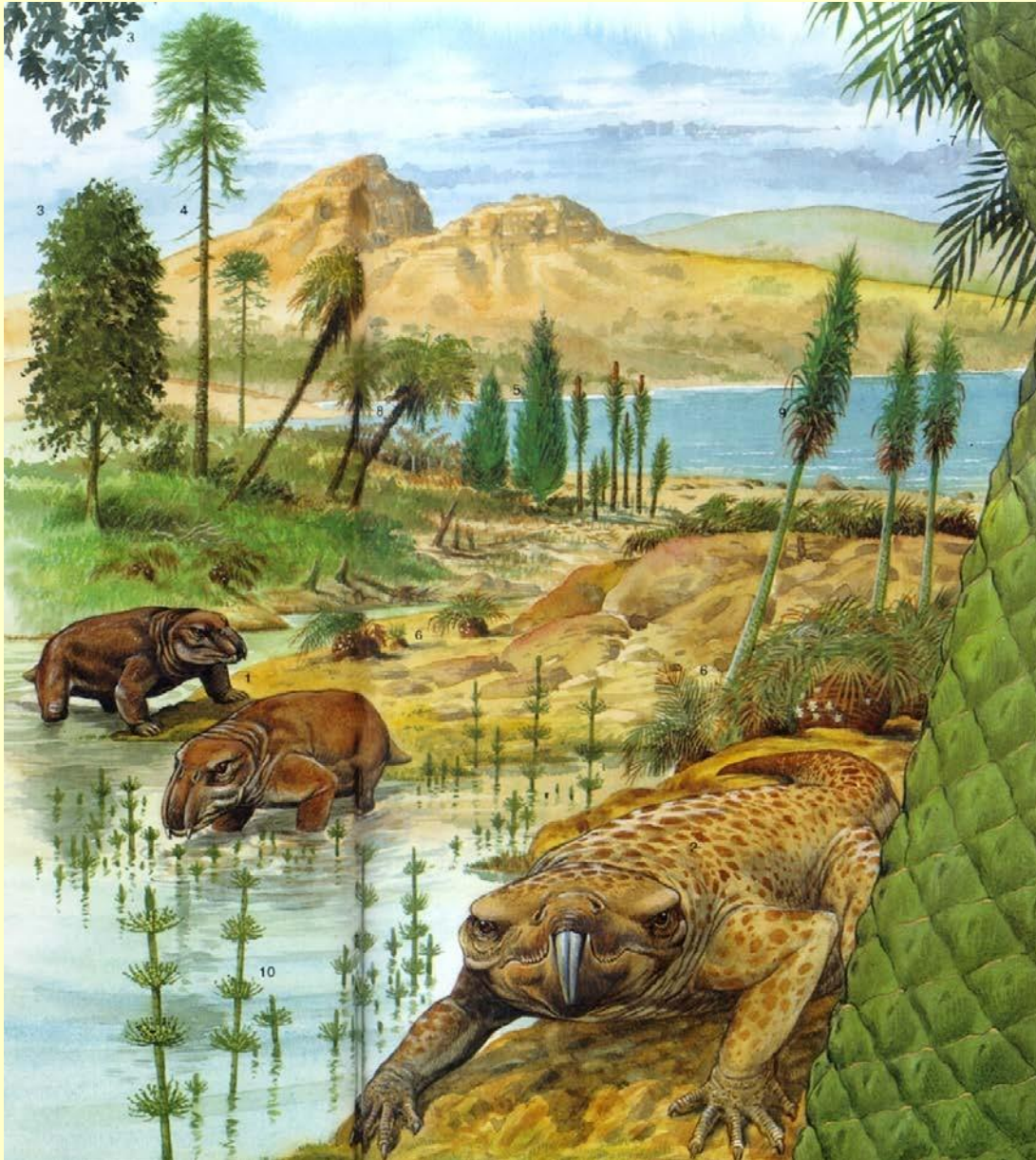


Засушливый пермский ландшафт юга Африки. Здесь господствовали самые разнообразные рептилии, в том числе зверообразные хищники. Вы видите, как лиценопс (1) нападает на медлительное земноводное пелтобатрахуса (2), невзирая на его прочный панцирь, в то время как титанозух (3) подкрадывается к зверообразным растительноядным рептилиям мосхопсам (4) и авлакоцефалам (5). Среди ящерицеобразных рептилий следует выделить целурозавравуса (6) — с крылоподобными реберными перепонками, размах которых достигает 30 см, и тадеозавра (7).

Клаудиозавр (8) был земноводной рептилией, а мезозавр (9) — , настоящим водным животным.



## 6. Появление млекопитающих – Т (триас)

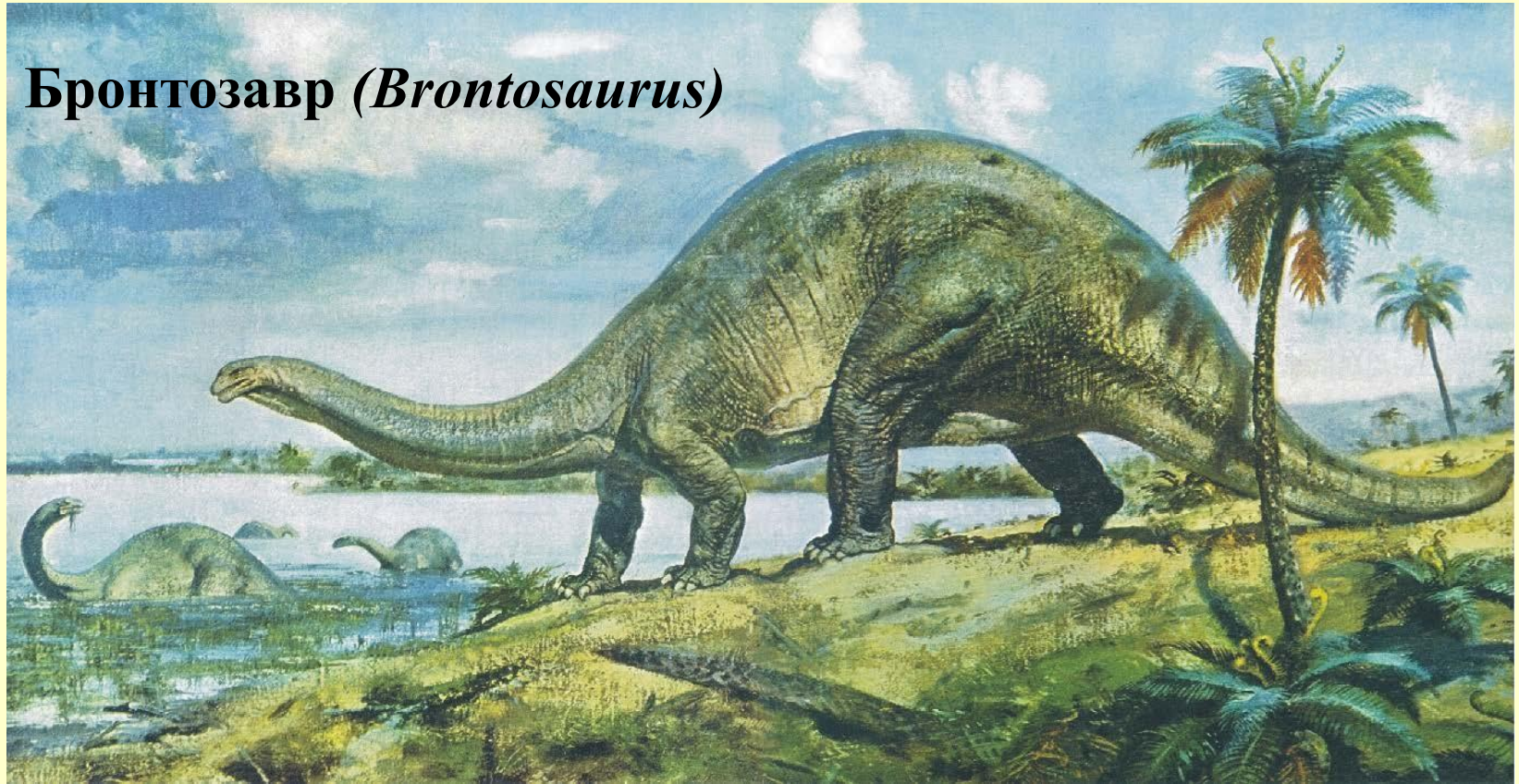


В триасе были обширные бесплодные пустыни, но у водоёмов обитали животные: 1 – листозавр, 2 – ринхозавр, и произрастала богатая растительность: 3 – гинкго, 4 - араукария, 5 - тис, 6 - саговики, 7 - древовидный папоротник, 8 – беннеттитовые, 9 - плауновидные (плевромейя), 10 – хвощевидные.



## 7. Расцвет рептилий (динозавры) – J (юра)

Бронтозавр (*Brontosaurus*)



Ящеротазовый динозавр из группы ящероногих (*Sauropoda*) – весил около 30 тонн и превышал 20 м в длину. Здесь изображен *Brontosaurus excelsu* из верхней юры Северной Америки. Ящероногие динозавры (зауроподы) были крупнейшими известными до сих пор наземными животными. Все они были растительноядными.



8. Вымирание динозавров – К (мел)

9. Появление всех современных видов –

N (неоген)

10. Появление человека – Q (четвертичный)

