

# Стратиграфическая и геохронологическая шкалы

ПЛАН:

1. Стратиграфическая и геохронологическая шкалы.
2. Методы определения абсолютного возраста горных пород
3. Геологическая история развития земной коры

# Стратиграфическая и геохронологическая шкалы

- \* В процессе изучения земной коры геологами была разработана периодизация ее истории, созданы единая для всего земного шара стратиграфическая и соответствующая ей геохронологическая шкала
- \* Наименование их единиц являются международными.
- \* Утверждены они были на 3ей сессии международного геологического конгресса в 1900 году.

# Стратиграфическая и геохронологическая шкалы

Стратиграфические	Геохронологические
Эонотема	Эон
Эратема	Эра
Система	Период
Отдел	Эпоха
Ярус	Век

# Стратиграфическая и геохронологическая шкалы

- \* Стратиграфические подразделения применяют для обозначения комплексов слоев горных пород.
- \* Соответствующие им геохронологические подразделения – для обозначения времени, в течение которого эти комплексы накопились

# Стратиграфическая и геохронологическая шкалы

- \* Эонотемы – наиболее крупные стратиграфические подразделения, образование которых происходило в течение нескольких геологических эр. В настоящее время выделяют три эонотемы: фанерозойскую, протерозойскую и архейскую

# Стратиграфическая и геохронологическая шкалы

- \* Эратемы – крупные подразделения стратиграф. шкалы, комплексы отложений, сформировавшиеся в течение одной эры. Охватывают крупные этапы развития земной коры. Границы эратем соответствуют переломным рубежам в истории органического мира. Это нашло отражение в их названиях: палеозойская, мезозойская, кайнозойская.

# Стратиграфическая и геохронологическая шкалы

- \* Эратемы делятся на системы, объединяющие отложения, образовавшиеся в течение одного периода и различающиеся семействами и отрядами органических форм. Названия систем связаны с названиями мест, где соответствующие отложения впервые были установлены и описаны

# Стратиграфическая и геохронологическая шкалы

- \* Девонская система получила название по графству Девоншир (Англия);
- \* Пермская – название Пермской области, где эти отложения широко развиты;
- \* Каменноугольная – по широкому распространению в ее отложениях каменного угля;
- \* Меловая – по обилию в ней образований мела



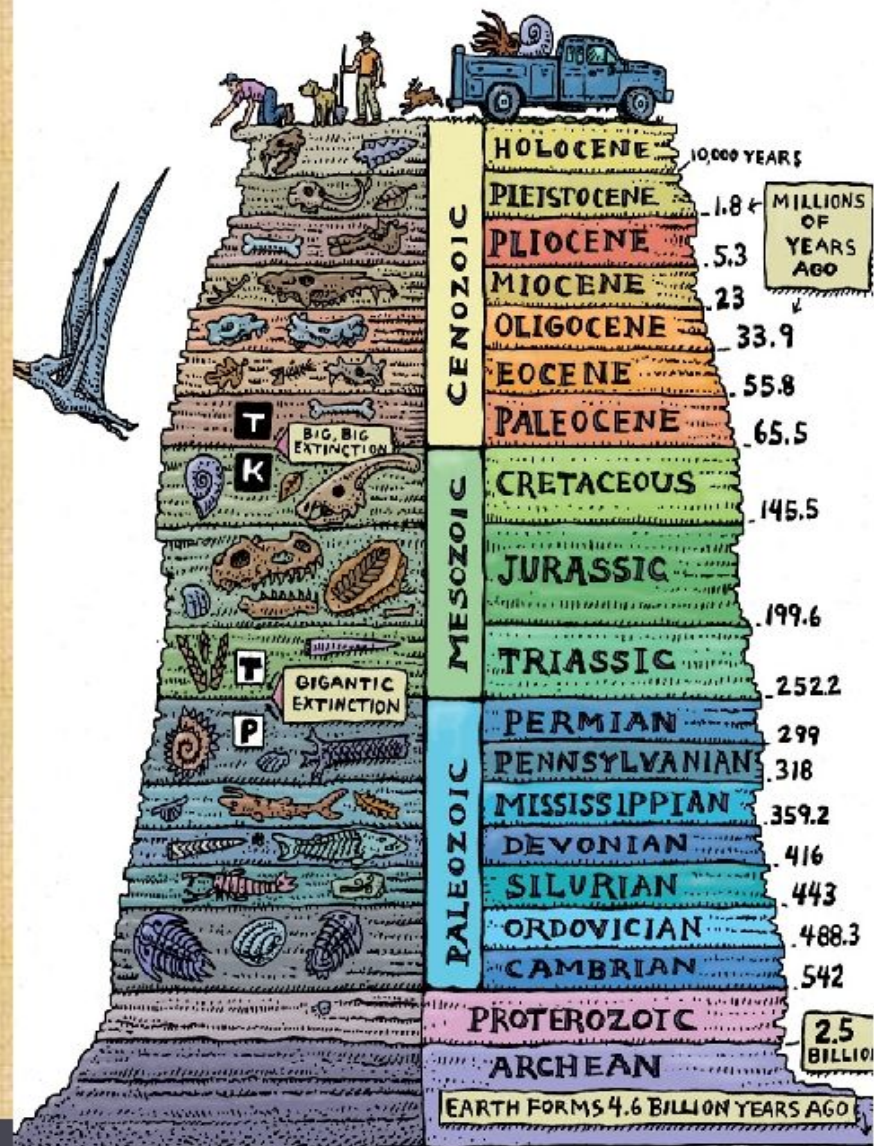
# Стратиграфическая и геохронологическая шкалы

- \* Более дробными подразделениями являются отделы и ярусы. Наряду с международной шкалой, широко используются вспомогательные, местные стратиграфические подразделения – серии, свиты, пачки

# Стратиграфическая и геохронологическая шкалы

- \* Для удобства пользования геохронологической шкалой каждому подразделению присвоены свой цвет и оттенок.
- \* Это облегчает составление и чтение геологических карт, разрезов.
- \* Например: Юрские отложения окрашиваются в синий цвет; Меловые – в зеленый.

Геохронология- изучает последовательность геологических событий, происходивших в прошлом, путем установления временных взаимоотношений между накопившимися слоями горных пород, в которых эти события оказались запечатленными.



# Геохронологическая (стратиграфическая) шкала

Зоны (зоно-темы)	Эры (эратемы)	Периоды (системы)	Начало млн. лет назад	Горообразование
ФАНЕРОЗОЙ (570 млн. лет)	Кайнозой (66 млн. лет)	Антропоген	0,7	
		Неоген (25 млн. лет)	25 ± 2	
		Палеоген (41млн.лет)	66 ± 3	
	Мезозой (169 млн. лет)	Мел (66 млн. лет)	132 ± 5	
		Юра (53 млн. лет)	185 ± 5	
		Триас (50 млн. лет)	235 ± 5	
		Пермь (45 млн. лет)	280 ± 10	
		Карбон (65 млн. лет)	345 ± 10	
	Палеозой (340 млн. лет)	Девон (55 млн. лет)	400 ± 10	
		Силур (30 млн. лет)	435 ± 10	
		Ордовик (65млн.лет)	490 ± 10	
		Кембрий (80млн.лет)	570 ± 20	
		Протерозой (св. 2000млн.лет)	650 ± 10	
КРИТТОЗОЙ (св. 3000 млн. лет)	Архей (св. 1000млн.лет)	св. 3500		

**Геохронологическая (стратиграфическая) шкала**

Эон (зонотема)	Эра (группа)	Период (система)	Эпоха (отдел)	Цвет на карте
Фанерозой	Кайнозойская Kz	Четвертичный Q	Голоценовая (соврем.) Q <sub>IV</sub>	Серовато-желтый
			Позднечетвертичная (в) Q <sub>III</sub>	
			Среднечетвертичная (с) Q <sub>II</sub>	
		Неогеновый N	Плиоценовая (в) N <sub>2</sub>	Лимонно-желтый
			Миоценовая (н) N <sub>1</sub>	
			Палеогеновый P	
	Мезозойская Mz	Меловой K	Позднемеловая (н) K <sub>2</sub>	Салатно-зеленый
			Раннемеловая (н) K <sub>1</sub>	
		Юрский J	Позднеюрская (в) J <sub>2</sub>	Синеваголубой
			Среднеюрская (с) J <sub>1</sub>	
		Триасовый T	Позднетриасовая (в) T <sub>3</sub>	Сиреневый
			Среднетриасовая (с) T <sub>2</sub>	
	Палеозойская Pz	Пермский P	Позднепермский (в) P <sub>3</sub>	Оранжево-коричневый
			Раннепермский (н) P <sub>1</sub>	
		Каменноугольный C	Позднкаменноугольная (в) C <sub>3</sub>	Серый
			Среднекаменноугольная (с) C <sub>2</sub>	
		Девонский D	Поздндевонская (в) D <sub>3</sub>	Коричневый
			Среднедевонская (с) D <sub>2</sub>	
Силурийский S		Позднесилурийская (в) S <sub>2</sub>	Коричневатозеленый	
		Раннесилурийская (н) S <sub>1</sub>		
Ордовикский O	Позднеордовикский (в) O <sub>3</sub>	Темно-зеленый		
	Среднеордовикский (с) O <sub>2</sub>			
Кембрийский C	Позднекембрийский (н) C <sub>3</sub>	Толубоватозеленый		
	Среднекембрийский (с) C <sub>2</sub>			
Протерозой PR	Вендский V	Рифейский R	Розовый	
		Архей AR	Малиново-розовый	

# Геохронологическая (стратиграфическая) шкала



## INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP		
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene	Upper	0.0117	▶		
				"Ionian"	0.126			
			Pleistocene	Calabrian	0.781			
				Gelasian	2.588			
				Piacenzian	3.600	▶		
				Zanclean	5.332	▶		
		Neogene	Pliocene	Messinian	7.246	▶		
				Tortonian	11.608	▶		
				Serravalian	13.82	▶		
			Miocene	Langhian	15.97	▶		
				Burdigalian	20.43	▶		
				Aquitanian	23.03	▶		
		Paleogene	Oligocene	Chattian	28.4 ± 0.1	▶		
				Rupelian	33.9 ± 0.1	▶		
			Eocene	Priabonian	37.2 ± 0.1	▶		
				Bartonian	40.4 ± 0.2	▶		
	Lutetian			48.6 ± 0.2	▶			
	Ypresian			55.8 ± 0.2	▶			
	Paleocene		Thanetian	58.7 ± 0.2	▶			
			Selandian	~ 61.1	▶			
			Danian	65.5 ± 0.3	▶			
			Maastrichtian	70.6 ± 0.6	▶			
			Mesozoic	Cretaceous	Upper	Campanian	83.5 ± 0.7	▶
						Santonian	85.8 ± 0.7	▶
	Coniacian				~ 88.6	▶		
	Turonian				93.6 ± 0.8	▶		
	Lower			Cenomanian	99.6 ± 0.9	▶		
				Albian	112.0 ± 1.0	▶		
		Aptian		125.0 ± 1.0	▶			
		Barremian		130.0 ± 1.5	▶			
	Triassic	Hauterivian	~ 133.9	▶				
		Valanginian	140.2 ± 3.0	▶				
Berriasian	145.5 ± 4.0	▶						

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian	145.5 ± 4.0	
				Kimmeridgian	150.8 ± 4.0	
				Oxfordian	~ 155.6	
			Middle	Callovian	161.2 ± 4.0	
				Bathonian	164.7 ± 4.0	
				Bajocian	167.7 ± 3.5	▶
		Lower	Toarcian	175.6 ± 2.0	▶	
			Pliensbachian	183.0 ± 1.5	▶	
			Sinemurian	189.6 ± 1.5	▶	
			Sinemurian	196.5 ± 1.0	▶	
			Hettangian	199.6 ± 0.6	▶	
			Rhaetian	203.6 ± 1.5	▶	
	Triassic	Upper	Norian	216.5 ± 2.0	▶	
			Carnian	~ 228.7	▶	
		Middle	Ladinian	237.0 ± 2.0	▶	
			Anisian	~ 245.9	▶	
		Lower	Olenekian	~ 249.5	▶	
			Induan	251.0 ± 0.4	▶	
	Paleozoic	Permian	Lopingian	253.8 ± 0.7	▶	
			Wuchiapingian	260.4 ± 0.7	▶	
			Capitanian	265.8 ± 0.7	▶	
			Wordian	268.0 ± 0.7	▶	
			Roadian	270.6 ± 0.7	▶	
			Kungurian	275.6 ± 0.7	▶	
Carboniferous		Upper	Artinskian	284.4 ± 0.7	▶	
			Sakmarian	294.6 ± 0.8	▶	
			Asselian	299.0 ± 0.8	▶	
		Lower	Gzhelian	303.4 ± 0.9	▶	
			Kasimovian	307.2 ± 1.0	▶	
			Moscovian	311.7 ± 1.1	▶	
Paleoproterozoic	Upper	Bashkirian	318.1 ± 1.3	▶		
		Serpukhovian	328.3 ± 1.6	▶		
	Middle	Visean	345.3 ± 2.1	▶		
		Tournaisian	359.2 ± 2.5	▶		
	Lower					

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian	359.2 ± 2.5	▶
				Frasnian	374.5 ± 2.6	▶
			Middle	Givetian	385.3 ± 2.6	▶
				Eifelian	391.8 ± 2.7	▶
				Emsian	397.5 ± 2.7	▶
				Pragian	407.0 ± 2.8	▶
		Lower	Lochkovian	411.2 ± 2.8	▶	
				416.0 ± 2.8	▶	
			Pridoli	418.7 ± 2.7	▶	
			Ludlow	421.3 ± 2.6	▶	
			Gorstian	422.9 ± 2.5	▶	
			Wenlock	426.2 ± 2.4	▶	
	Silurian	Upper	Sheinwoodian	428.2 ± 2.3	▶	
			Telychian	436.0 ± 1.9	▶	
		Lower	Aeronian	439.0 ± 1.8	▶	
			Rhuddanian	443.7 ± 1.5	▶	
			Himantian	445.6 ± 1.5	▶	
			Katian	455.8 ± 1.6	▶	
	Ordovician	Upper	Sandbian	460.9 ± 1.6	▶	
			Dartmouthian	468.1 ± 1.6	▶	
		Middle	Dapingian	471.8 ± 1.6	▶	
			Floian	478.6 ± 1.7	▶	
		Lower	Tremadocian	488.3 ± 1.7	▶	
			Stage 10	~ 492 *		
Cambrian	Furongian	Stage 9	~ 496 *			
		Paibian	~ 499	▶		
	Series 3	Guzhangian	~ 503	▶		
		Drumian	~ 506.5	▶		
	Series 2	Stage 5	~ 510 *			
		Stage 4	~ 515 *			
Terreneuvian	Stage 3	~ 521 *				
	Stage 2	~ 528 *				
Fortunian	542.0 ± 1.0	▶				

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra Cambrian unit ages with \* are informal, and awaiting ratified definitions.  
Copyright © 2010 International Commission on Stratigraphy

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Age Ma	GSSP GSSA	
Precambrian	Proterozoic	Eoarchean	4000		
			3600	▶	
		Mesoproterozoic	Siderian	2500	▶
			Rhyacian	2300	▶
		Paleoproterozoic	Orosirian	2050	▶
			Statherian	1800	▶
	Archean	Eoarchean	1600	▶	
			1400	▶	
		Mesoproterozoic	1200	▶	
			1000	▶	
	Neoproterozoic	Tonian	850	▶	
		Cryogenian	635	▶	
	Ediacaran	542	▶		
	Hadean (informal)		~ 4600		

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~542 Ma to Present) and the base of Ediacaran are defined by a basal Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website ([www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World ([www.cgmw.org](http://www.cgmw.org)).  
The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004, Cambridge University Press) and 'The Concise Geologic Time Scale' by J.G. Ogg, G. Ogg and F.M. Gradstein (2008).

# Геохронологическая шкала

Эоны (млн.лет)	Эры	Периоды
Фанерозой 580 млн. лет	Кайнозой -65 млн.лет	Четвертичный- 0,7млн. лет
		Неоген- 22,3
		Палеоген -42
	Мезозой- 180	
	Палеозой-335	
Протерозой-2т.	Докембрий	
Архей- более 1500		

# Методы определения абсолютного возраста горных пород

- \* В основу абсолют. методов были положены различные астрономические данные: проводились определения времени образования земной коры на основе подсчета количества солей, содержащихся в водах океана; определялись длительность в абсолютных цифрах четвертичного периода путем подсчета количества годичных слоев в ленточных глинах-отложения, образовавшиеся в ледниковых озерах и характеризующиеся чередованием крупности частиц, отлагавшихся в озере зимой. Эти попытки не дали хороших результатов.

# Методы определения абсолютного возраста горных пород

- \* С открытием процесса естественной радиоактивности появилась возможность разработки методов изотопной геохронологии, которые и используются в настоящее время для определения возраста горных пород и минералов и датировки возраста вмещающих пластов.



# Методы определения абсолютного возраста горных пород

\* Сущность геохронологических методов заключается в определении в минералах радиоактивных элементов и конечных продуктов их распада. Скорость распада этих элементов известна (это доказано экспериментально) остается постоянной при любых условиях, и располагая данными о количестве в минерале продуктов распада, можно подсчитать, сколько времени существует минерал. Так датируется время образования всей горной породы, из состава которой выделен минерал с радиоактивными элементами.

# Методы определения абсолютного возраста горных пород

- \* Для определения изотопного возраста используются различные типы радиоактивного распада: распад урана и тория дающие в виде конечных продуктов гелий и свинец; распад калия-дает аргон и кальций; распад рубидия- дает образование стронция; распад рения- дает образование осмия; распад углерода – дает его модификацию.

# Методы определения абсолютного возраста горных пород

\* 1. Уран-свинцовый метод – основан на радиоактивном распаде урана и тория. Он применим для определения возраста магматических горных пород, содержащих уран, торий и свинец.

\* **Радиоактивный распад** - явление самопроизвольного превращения атомного ядра в другое ядро или ядра

\*

# Методы определения абсолютного возраста горных пород

- \* Аргоновый метод – основан на учете радиоактивного распада изотопа калия, присутствующего в незначительном количестве в природном калии.
- \* Калиевые минералы широко распространены в земной коре и входят в состав многих осадочных пород. При распаде калия около 12% его превращается в аргон, количество которого в минералах определяется путем газового объемного анализа.

## Методы определения абсолютного возраста горных пород

- \* **Калий – аргоновый метод (аргоновый метод)** – радиометрический физический метод датирования палеонтологических остатков, предметов и материалов биологического происхождения путём измерения содержания в материале радиоактивного изотопа калия  $^{40}\text{K}$  и изотопа аргона  $^{40}\text{Ar}$ .
- \* Предложен в 1948 году Эрихом Карловичем Герлинггом (СССР) и Альфредом Ниром (США)
- \* Период полураспада изотопа калия  $^{40}\text{K}$ :
- \*  $T = 300$  млн лет

# Методы определения абсолютного возраста горных пород

- \* Углеродный метод – используется для определения возраста наиболее молодых отложений. Период полураспада радиоактивного изотопа углерода на превращение которого основан метод, составляет 5,5 – 6 тыс. лет, что позволяет определять только возраст пород, время образования которых не превышает 50 – 70 тыс. лет

# Методы определения абсолютного возраста горных пород

- \* **Радиоуглеродный метод** – физический метод датирования палеонтологических остатков, предметов и материалов биологического происхождения путём измерения содержания в материале радиоактивного изотопа углерода  $^{14}\text{C}$  относительно содержания его в атмосфере. Предложен Уиллардом Либби в 1946 – 1949 годах
- \* **Период полураспада изотопа углерода  $^{14}\text{C}$ :**
- \*  $T = 5360$  лет.

# Методы определения абсолютного возраста горных пород

- \* Радиоактивный изотоп углерода образуется в атмосфере под действием космических лучей, хорошо усваивается растениями и после их отмирания переходит в состав горных пород. Допускаемые погрешности 5-10% измеряемой величины.



# Методы определения абсолютного возраста горных пород

- \* Применение геохронологических методов позволило определить изотопный возраст многих древних пород земной коры, и можно сделать вывод, что формирование земной коры началось 3,6-4,5 млрд.лет назад.
- \* На континентах возраст пород варьирует от 3,8 – 3,6 млрд. лет.
- \* Возраст древних пород Луны достигает 4,5 млрд. лет. Возраст Земли как планеты оценивается в 6,5- 7 млрд.лет

# Геологическая история развития земной коры

- \* Докембрий – древнейшие толщи земной коры; там зародилась жизнь, возникла кислородная атмосфера, но отсутствует скелетная фауна (только водоросли). На уровне 2-2,5 млрд. лет появляются следы жизнедеятельности животных, а в позднем докембрии – первые их остатки.

# Геологическая история развития земной коры

- \* Палеозойская эра – сложена осадочными горными породами, меньше метаморфическими и магматическими. В осадочных породах сохранились остатки органических форма: растений (водоросли, папоротники, хвоци), из животных – останки панцирных рыб, амфибий и звероподобных рептилий.

# Геологическая история развития земной коры

- \* Мезозойская эра – представлена осадочными породами. Встречаются остатки рептилий (плавающие, летающие, звероподобные), в конце эры появились млекопитающие (сумчатые). В растительном мире господствовали голосемянные (пальмы, хвойные, табак). Из беспозвоночных характерны – моллюски.

# Геологическая история развития земной коры

- \* Кайнозойская эра сложена слабоизмененными осадочными породами с сохранившимися отпечатками и окаменелостями органических форм. Господствуют млекопитающие; животные и растения близки к современным. В начале антропогена появляются первые примитивные люди. Эра характеризуется интенсивными горообразовательными процессами, обусловленными возникновением высочайших цепей по периферии Тихого океана, на юге Европы и в Азии

# Относительная шкала жизни

		Эры, млн. лет	Архейская	Археозойская	Протерозойская	Палеозойская, или древняя (палеозой)					Мезозойская, или средняя (мезозой)			Кайнозойская, или новая (кайнозой)			
		Периоды, млн. лет			Кембрийский	Ордовикский	Силурийский	Девонский	Каменноугольный	Пермский	Триасовый	Юрский	Меловой	Третичный		Антропоген (четвертичный)	
														Палеоген	Неоген		
ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР	суша	ФЛОРА		Время бактерий и водорослей		Время псилофитовых		Время плауновых папоротников голосеменных		хвощовых первичных древних и др.		Время голосеменных		Время покрытосеменных			
	море	ФАУНА		Время беспозвоночных		Время рыб		Время земноводных		Время архаических групп пресмыкающихся		Время новых групп — пресмыкающихся		Время млекопитающих и птиц			

# Древние растения:

\* Окаменевшая древесина  
голосеменных



Окаменевшая древесина папоротника



Отпечаток ствола голосеменного



Остатки листьев папоротника

# Обитатели суши



Трехпалый вид лошади



Кость древней лошади



Кость мамонта



Кость позвоночного



Кость древнего оленя



Кость древнего быка



# Обитатели моря (1):



Трилобит



Белемнит



Раковины моллюсков



Морской ёж

# Обитатели моря (2):



Морская лилия



Коралл



ИЗВЕСТНЯК



ИЗВЕСТНЯК

# ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ:

Радиоуглеродный метод:

Образец кости мамонта

содержит 0,20 изотопа  $^{14}\text{C}$  от  
исходного количества.

Определить возраст данного  
образца.

Решение:

$$t = -\ln p(t) \cdot 7734,5$$

$$t = -\ln 0,20 \cdot 7734,5 = 1,609 \cdot 7734,5 = 12448 \text{ лет}$$

Калий-аргоновый метод:

Палеонтологические отпечатки  
листьев древовидного

папоротника содержат 0,50

изотопа калия  $^{40}\text{K}$  от исходного  
количества. Определить возраст  
данного образца.

Решение:

$$t = -\ln p(t) \cdot 432,9 \text{ млн лет}$$

$$t = -\ln 0,50 \cdot 432,9 \text{ млн лет} = 0,6931 \cdot 432,9 \text{ млн лет} = 300 \text{ млн лет}$$