

Возраст предмета можно определить, если он содержит продукты радиоактивного распада.

Ученым необходимо знать точный возраст объекта исследования. Археолога, например, интересует время изготовления найденного глиняного горшка, а палеонтолог хочет определить возраст какой-нибудь окаменелости. При стандартном методе определения возраста (этот процесс называется датированием) исследуют содержащиеся в объекте радиоактивные изотопы (см. Радиоактивный распад). Этот метод применим к объектам, содержащим изотопы с известным периодом полураспада. В таком случае, определив, сколько этого изотопа присутствовало в предмете в момент его изготовления (или в организме в момент гибели), и сравнив это количество с количеством, не подвергшимся радиоактивному распаду, можно определить, сколько периодов полураспада изотопа прошло со времени изготовления предмета и, следовательно, узнать возраст данного предмета. Например, если сейчас от исходного количества изотопов осталась лишь половина, значит, возраст предмета равен одному периоду полураспада.

Трудность состоит в вычислении исходного количества изотопа (периоды полураспадов измерить несложно). Когда метод радиометрического датирования, разработанный в середине XX века в Чикагском университете, был впервые применен на практике, в качестве изотопа использовался углерод-14. На этом примере можно понять, как вообще устроено радиометрическое датирование. Углерод-14 — это изотоп углерода, в ядре которого находится 6 протонов и 8 нейтронов. Этот изотоп немного тяжелее нормального углерода (углерода-12, в ядре которого 6 нейтронов) и участвует в таких же химических реакциях, что и углерод-12. Углерод-14 образуется высоко в атмосфере при столкновении космических лучей с ядрами азота. Когда он достигает поверхности, его поглощают растения, а затем — животные, поедающие эти растения. Таким образом углерод-14 попадает в ткани растений и животных. В живых организмах содержатся миллионы атомов углерода, и примерно каждый миллионный — это атом углерода-14.

Этот изотоп нестабилен, период его полураспада — 5700 лет. Пока организм жив, любой распавшийся атом углерода-14 замещается таким же атомом углерода-14 из окружающей среды. Однако после смерти живого существа круговорот углерода завершается (см. Круговорот углерода в природе), и начинается неотвратимый распад изотопа. Через 5700 лет в куске дерева останется только половина того количества углерода-14, какое было в дереве перед его гибелью. Если это дерево было спилено для изготовления мебели, измерение содержания углерода-14 позволит оценить возраст мебели. В большинстве случаев датирование органических материалов — папирусных свитков, частично сгоревшей древесины из древних кострищ, кожаных изделий — проводится таким методом.

Для углерода-14 исходное количество изотопа можно определить напрямую. Существуют виды деревьев — например, остистая сосна, — чей возраст достигает нескольких тысяч лет. Сравнивая образцы годовичных колец у живых и погибших деревьев, ученые могут создать «летопись» колец, которая начинается около 10 тысяч лет назад (этот метод называется *дендрохронологией*). Подсчет колец позволяет точно определить, когда то или иное кольцо появилось на дереве. Измерив оставшийся в этом слое уровень углерода-14, мы можем понять, сколько углерода-14 было в окружающей среде, когда появилось это кольцо.

Датирование с помощью анализа углерода-14 (известное как *радиоуглеродное датирование*) широко используется для объектов, чей возраст не превышает нескольких десятков тысяч лет; сюда относится большинство археологических находок. Предел современных методов — около 50 тысяч лет. В более древних объектах, таких как горные породы и метеориты, остается слишком мало углерода-14. Для определения их возраста необходимо найти другие «часы».

И такие «часы» есть. Это прежде всего *калий-аргоновый метод* (или просто *аргоновый метод*) радиометрического датирования. Калий — широко распространенный элемент, который входит в состав многих минералов, а при распаде изотопа калия-40 с периодом полураспада 1,25 миллиарда лет образуется аргон-40 (аргон — благородный газ, проявляющий крайне низкую химическую активность). (Аргон остается запертым в горной породе, как в ловушке, потому что его атомы слишком велики и не могут выскочить сквозь кристаллическую решетку минерала.) Содержание калия в минерале определяется структурой этого минерала, а доля калия-40 в каждом минерале — своя. При калий-аргоновом методе исследуемый образец измельчается и определяется содержание аргона-40. Каждое ядро аргона-40 образуется при распаде одного ядра калия-40, поэтому можно определить число распадов (и, следовательно, число периодов полураспада), прошедших со времени образования минерала. Помимо калий-аргонового, широко используются подобные методы, основанные на распаде урана-238 до свинца-206 (период полураспада урана-238 — 4,5 миллиарда лет) и рубидия-87 до стронция-87 (период полураспада рубидия-87 — 49 миллиардов лет). Именно благодаря использованию этих методов при датировании метеоритов и лунных пород ученым удалось оценить возраст Солнечной системы.

При определении возраста горных пород путем радиометрического датирования необходимо учитывать два фактора. Во-первых, если порода расплавляется, радиометрические часы сбрасываются на ноль — например, накопившийся аргон-40 исчезает из расплавленного минерала. А радиометрический анализ показывает время,

прошедшее с момента последнего перехода горной породы из жидкого состояния в твердое. (Одна и та же порода после первоначального образования может несколько раз расплавиться, а потом затвердеть.)

И во-вторых, радиометрический метод неприменим к осадочным породам, состоящим из частиц и кусочков различных пород (см. Цикл преобразования горной породы).

Радиометрическое датирование позволит определить время кристаллизации каждой отдельной частицы, но не время их объединения в породу. Поскольку окаменелости встречаются только в осадочных породах, для определения их возраста требуется особая осторожность. Обычно пласт осадочных пород неизвестного возраста, содержащий окаменелости, залегает между слоями лавы или вулканического пепла, возраст которых можно определить. Следовательно, возраст этих окаменелостей находится в интервале между возрастными выше- и нижележащих слоев (

*см*

. Закон последовательности напластования горных пород).