Доклады Академии наук СССР
1955. Том 101, № 3

АСТРОНОМИЯ

Э. К. ГЕРЛИНГ и К. Г. РИК

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА КАМЕННЫХ МЕТЕОРИТОВ АРГОНОВЫМ МЕТОДОМ

(Представлено академиком А. Г. Бетехтиным 20 XII 1954)

В 1951 г. одним из авторов настоящей статьи ([1]) было предложено использовать аргоновый метод для определения возраста каменных метеоритов. В данной работе приводятся результаты определения возраста 18 образцов каменных метеоритов, в число которых входили кристаллические и неизмененные хондриты и один образец ахондрита. Кроме того, два определения было произведено непосредственно на хондрах, извлеченных из метеоритов Еленовка и Саратов. Описание этих метеоритов и их структурные особенности даны в книге А. Н. Заварицкого и Л. Г. Кваша ([2]).

В табл. 1 приведены значения по содержанию калия и аргона во всех исследованных образцах как средние результаты из нескольких определений. Точность определения калия составляла примерно $\pm 0{,}01\%$, что, однако, в связи с очень незначительным общим содержанием калия в метеоритах давало относительную ошибку для большинства образцов около 10%, в некоторых же образцах, где содержание калия составляло 0,05%, ошибка достигала 20%. Эта ошибка в определении калия учтена при подсчете общей погрешности определения возраста.

Таблица 1

Название метеорита	Содерж. K в %	Содерж. K_{40} в г/г	Содерж. Ar в г/г	$\frac{m\,Ar}{n\,K_{40}}$	Возраст метеорита в 10^6 лет
Кристаллические хондриты					
Кунашак (серая разновидность)	0,065	$7{,}8\cdot10^{-8}$	$4{,}3\cdot10^{-9}$	0,054	700 ± 250
Кунашак (черная разновидность)	0,090	$10{,}8\cdot10^{-8}$	$4{,}9\cdot10^{-9}$	0,110	1200 ± 250
Первомайский Поселок (серая разновидность)	0,08	$9{,}6\cdot10^{-8}$	$4{,}5\cdot10^{-9}$	0,047	650 ± 250
Первомайский Поселок (черная разновидность)	0,125	$15{,}0\cdot10^{-8}$	$27{,}2\cdot10^{-9}$	0,181	1800 ± 200
Кашин	0,13	$15{,}6\cdot10^{-8}$	$81{,}6\cdot10^{-9}$	0,523	3100 ± 100
Жовтневый Хутор	0,18	$21{,}6\cdot10^{-8}$	$102{,}0\cdot10^{-9}$	0,474	3000 ± 100
Подварнинкяй	0,10	$12{,}0\cdot10^{-8}$	$10{,}3\cdot10^{-9}$	0,085	1000 ± 250
Севрюково	0,09	$11{,}4\cdot10^{-8}$	$30{,}3\cdot10^{-9}$	0,265	2300 ± 250
Еленовка	0,10	$12{,}0\cdot10^{-8}$	$100{,}2\cdot10^{-9}$	0,826	4000 ± 200
Оханск	0,065	$7{,}8\cdot10^{-8}$	$92{,}9\cdot10^{-9}$	1,191	4500 ± 200
Неизмененные хондриты					
Саратов	0,105	$12{,}6\cdot10^{-8}$	$95{,}0\cdot10^{-9}$	0,753	3700 ± 150
Саратов I слой	0,11	$13{,}2\cdot10^{-8}$	$96{,}6\cdot10^{-9}$	0,732	3700 ± 150
Саратов II слой	0,12	$14{,}4\cdot10^{-8}$	$112{,}6\cdot10^{-9}$	0,782	3800 ± 150
Мигеи	0,04	$4{,}8\cdot10^{-8}$	$51{,}2\cdot10^{-9}$	1,062	4300 ± 300
Бюрболле	0,10	$12{,}4\cdot10^{-8}$	$87{,}9\cdot10^{-9}$	0,709	3600 ± 200
Каинсаз	0,05	$6{,}0\cdot10^{-8}$	$48{,}2\cdot10^{-9}$	0,803	3900 ± 300
Хондры метеорита Саратов	0,21	$25{,}5\cdot10^{-8}$	$141{,}0\cdot10^{-9}$	0,553	3200 ± 250
Хондры метеорита Еленовка	0,20	$24{,}0\cdot10^{-8}$	$130{,}1\cdot10^{-9}$	0,542	3200 ± 250

Согласно данным табл. 1, содержание калия в каменных метеоритах колеблется от 0,05 до 0,13%, составляя в среднем 0,09%, что хорошо согласуется, в частности, с последними данными Аренса ([3]), полученными спектральным путем.

Ошибка в определении содержания аргона составляла примерно 1% при общем количестве аргона в метеоритах $5 \cdot 10^{-4}$ см^3 и при более низких значениях аргона могла достигать 10%. Эта погрешность также учитывалась при окончательном подсчете ошибки определения возраста.

Обратимся к данным, которые были получены для кристаллических хондритов с явными признаками перекристаллизации и переплавления. Для этих метеоритов мы имеем в основном более низкие значения для возраста, колеблющиеся в интервале от $640 \cdot 10^6$ до $3 \cdot 10^9$ лет, за исключением метеоритов Оханск и Еленовка, для которых были получены значения в $4 \cdot 10^9$ и более лет. К перекристаллизованным образцам, на которых были получены более низкие значения возраста, относятся метеориты Кунашак, Первомайский Поселок, Подварнинкяй, а также до некоторой степени Кашин и Жовтневый Хутор и по последним данным И. А. Юдина, возможно, хондрит Севрюково. Так как эти метеориты после своего отвердевания в результате перекристаллизации в космическом пространстве претерпели существенные изменения, при которых, безусловно, имела место потеря аргона, то естественно, что значения возраста, вычисленные по содержанию аргона и калия в них, являются минимальными и характеризуют только тот промежуток времени, который прошел с момента окончания последних изменений.

В отношении метеоритов Кунашак и Первомайский Поселок интересно отметить, что они состоят из серой и черной разновидностей и, повидимому, являются представителями полимиктовых брекчий. Мы определили раздельно возраст этих разновидностей для обоих метеоритов и в обоих случаях получили различные значения. Однако разница в возрастах, полученная между серой и черной разновидностями метеорита Кунашак, лежит в пределах точности наших измерений и не дает оснований для утверждения о неодновременности их отвердевания. Что же касается метеорита Первомайский Поселок, то здесь полученное расхождение в возрастах двух его разновидностей выходит далеко за пределы ошибки измерений и, возможно, говорит о различии условий существования этих частей до их объединения. Химический анализ серой и черной разновидностей показал, что содержание калия в черной разновидности выше, чем в серой, в обоих случаях.

Как уже указывалось, на основании петрографических исследований метеориты Оханск и Еленовка относятся к перекристаллизованным хондритам ([2, 5]). С этим заключением петрографов мы не согласны, исходя из следующих данных. Установлено, что метеорит Оханск содержит хорошо сохранившиеся, в основном состоящие из стекла хондры. Промежуточное же вещество полностью представлено кристаллами и их обломками. Кроме того, по данным Вааля ([4]), в этом метеорите найдены обломки мелкокристаллической породы типа базальта. Как известно, стекло неустойчиво при всех температурных условиях, причем его кристаллизация сопровождается выделением тепла. Учитывая эту особенность стекла, трудно предположить, чтобы промежуточное вещество метеоритов полностью перекристаллизовывалось, в то время как стекло хондр оставалось неизменным.

Исходя из этого, следует считать, что метеорит Оханск не подвергался перекристаллизации и является неизмененным хондритом. Такой точки зрения на данный метеорит придерживается и Вааль ([4]).

Обратимся теперь к метеориту Еленовка. Этот метеорит содержит хорошо очерченные кристаллические хондры. По этому признаку хондрит Еленовка следует отнести к перекристаллизованным метеоритам. Однако ряд других особенностей этого метеорита позволяет выразить сомнение

относительно того, что он является перекристаллизованным. Дело заключается в том, что этот метеорит уже при легком нагревании до 600—800° теряет до 80% включенного аргона. Этот аргон мы назвали легковыделяемым. Наличие в метеорите Еленовка таких больших количеств легковыделяемого аргона и большой возраст этого метеорита могут служить указанием на то, что он не подвергался сильному нагреванию за время своего существования. Здесь следует указать также, что в метеорите Оханск и в некоторых других неизмененных хондритах были также обнаружены большие количества легковыделяемого аргона.

Другая особенность заключается в том, что возраст хондр, извлеченных из этого образца, почти на $1 \cdot 10^9$ лет меньше возраста метеорита в целом. Такая разница в возрасте хондр и метеорита в целом не могла иметь место, если метеорит подвергся перекристаллизации при высоких температурах. В этом случае числовые значения, относящиеся к хондрам и к метеориту в целом, совпадали бы в пределах точности опыта. Так как этого нет, то нужно думать, что этот метеорит не подвергался существенным изменениям с момента своего образования. Изменения в метеоритном веществе имели место, повидимому, до его объединения с хондрами и образования метеорита как самостоятельного космического тела.

Таким образом, метеорит Оханск и, повидимому, и Еленовка следует считать неперекристаллизованными неизмененными хондритами. Возраст этих метеоритов, как уже указывалось, оказался равным $4{,}5 \cdot 10^9$ и $4 \cdot 10^9$ лет соответственно. Остальные исследованные нами метеориты относятся к неизмененным хондритам. Для них были получены возрастные значения, колеблющиеся около $4 \cdot 10^9$ лет. Наиболее надежными мы считаем данные, полученные для метеоритов Каинсаз и Мигеи, так как в них было обнаружено очень большое количество химически деятельных газов, указывающих на то, что за время своего существования они не подвергались заметному прогреванию.

Особенного внимания заслуживает тот факт, что возраст хондр, извлеченных из метеоритов Еленовка и Саратов, оказался значительно ниже возраста, определенного для метеорита в целом. В обоих случаях он был определен равным $3{,}2 \cdot 10^9$ лет. Это дает основание считать, что метеоритное вещество к моменту объединения с хондрами уже находилось в твердом состоянии и поэтому содержало некоторое количество ранее накопленного радиогенного аргона.

Таким образом, числовые значения возраста, полученные нами для неизмененных метеоритов в целом, указывают лишь на минимальное время, в течение которого метеоритное вещество существует в твердом состоянии. Это нужно иметь в виду при использовании данных, полученных аргоновым методом.

Таким образом, из изложенного можно сделать следующие выводы:

1) Числовые значения, полученные для всех измененных метеоритов, не определяют их возраста, а характеризуют лишь время, прошедшее с момента последних изменений, имевших место за время существования метеоритов в межпланетном пространстве.

2) По данным аргонового метода вещество метеоритов существует в твердом состоянии по крайней мере 4—4,5 млрд. лет, а потому возраст всей солнечной системы не может быть ниже этого предельного значения.

Лаборатория геологии докембрия
Академии наук СССР

Поступило
30 X 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Э. К. Герлинг, Т. Г. Павлова, ДАН, **77**, № 1 (1951). [2] А. Н. Заварицкий, Л. Г. Кваша, Метеориты СССР, 1953. [3] L. N. Ahrens, W. H. Pinson, M. M. Kearns, Geochimica et Cosmochimica Acta, **2**, No. 3 (1952). [4] W. Wahl, ibid., **2**, No. 4, 229 (1952). [5] Л. Г. Кваша, Метеоритика, в. 11 (1954).