

Г. Р. РИК и Ю. А. ШУКОЛЮКОВ

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ КАЛИЯ ИЗ МЕТЕОРИТОВ

(Представлено академиком П. И. Лукирским 10 XII 1953)

Первые попытки сравнения изотопного состава элементов Земли и метеоритов (Fe, Ni, Cl, Co, Si) состояли в определении атомных весов соответствующих элементов. Хотя величины атомных весов во всех случаях совпали для образцов метеоритного и земного происхождения, это не может служить доказательством идентичности изотопного состава (1), ибо изотопный состав может сильно меняться, в то время как атомный вес остается практически неизменным. Масс-спектроскопическим методом исследовался изотопный состав O, Cu, Fe, Ga, S и C в метеоритах (2). Во всех случаях изотопный состав метеоритных образцов не выходил за пределы земных вариаций.

Нами было предпринято изучение изотопного состава калия, выделенного из трех метеоритов, а также калия земного происхождения.

Исследование изотопного состава калия представляет особый интерес прежде всего как часть общего вопроса о вариациях изотопного состава элементов в природных условиях. Масс-спектроскопическое исследование калия земного происхождения проводилось многими авторами (3), причем выбор образцов носил большей частью случайный характер. Расхождения между данными различных авторов могли быть частично объяснены недостаточной тщательностью поставленной методикой измерения, не учитывающей ряда вторичных процессов, протекающих в масс-спектрометре во времени. Калий из метеоритов вообще до сих пор не изучался масс-спектроскопическим методом. Имеются лишь данные об одинаковой радиоактивности калия из метеорита Pultusk и из земных образцов (4).

Кроме того, изучение изотопного состава калия представляет важную задачу, поскольку в расчетах возраста по аргоновому методу принимается, что изотопный состав калия во всех образцах, независимо от их происхождения, одинаков (5).

В качестве объекта для исследования нами был избран метеорит Падварникяй падения 1929 г., относящийся к типу эвкритов и носящий явные следы перекристаллизации (6). Возраст этого метеорита, определенный по аргоновому методу, исчисляется в $1000 \cdot 10^6$ лет. Изучался также изотопный состав калия, выделенного из смеси двух однотипных метеоритов: Оханск падения 1887 г. и Еленовка падения 1951 г. Оба метеорита — хондриты; возраст каждого из них, вычисленный по аргоновому методу, составляет приблизительно $4000 \cdot 10^6$ лет. В качестве эталона для сравнения был взят образец мусковита из Карелии. Выбор именно этого образца вызван тем, что для него очень хорошо совпадают значения возраста, полученные по аргоновому и свинцовому методам и на основании геологических данных: соответственно, $1770 \cdot 10^6$ лет, $1720 \cdot 10^6$ лет и верхний архей*.

* Все названные образцы, а также относящиеся к ним данные были любезно предоставлены нам проф. Э. К. Герлингом.

Измерение изотопного состава калия проводилось на двухлучевом масс-спектрометре с секторным 90-градусным магнитным полем и фокусировкой второго порядка (7). Ширина щелей коллекторного устройства была увеличена в соответствии с линейной дисперсией прибора на исследуемом участке спектра масс. Для получения ионов калия использовался механизм поверхностной ионизации. Употреблялись вольфрамовые спирали с нанесенными солями калия (КСI). Перед нанесением образца спирали прокаливались в течение 1—2 час. в вакууме при температуре 1900° и проверялись на отсутствие изотопов калия в масс-спектрометре. Для исключения систематических ошибок употреблялся как однолучевой, так и двухлучевой метод измерения.

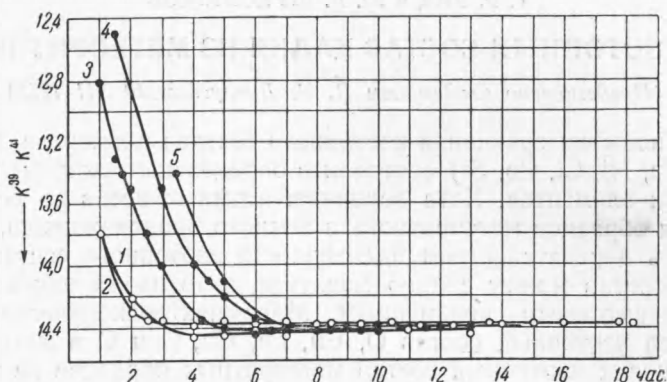


Рис. 1. 1 и 2 — слюда; 3, 4 и 5 — хлористый калий

Были выяснены некоторые особенности методики исследования изотопного состава калия. Прежде всего было обнаружено, что в первые часы опыта наблюдаемое соотношение изотопов $K^{39} : K^{41}$ резко увеличивается, а затем остается практически постоянным в течение всего последующего времени. При этом установление постоянного значения для хлористого калия происходило спустя 5—6 час. после включения накала вольфрамовой спирали, а в случае нанесения на спираль порошка слюды — спустя 2—3 часа. Начальные величины отношения $K^{39} : K^{41}$ для хлористого калия были значительно меньше, чем для слюды; соответственно, 12,5 и 13,8. Было замечено, что постоянное значение соотношения $K^{39} : K^{41}$ быстрее достигается при более высоких температурах спирали.

Эти результаты могут быть объяснены тем, что имеют место еще не вполне ясные процессы изотопного разделения в расплаве соли на эмиттере, а также вблизи от него. Возможно, что в первые часы опыта происходит диффузия калия внутрь вольфрама до насыщения последнего калием. Этот процесс может сопровождаться изменением изотопного состава калия в расплаве. Вероятны также и иные явления, ведущие к фракционированию изотопов, например разделение изотопов за счет разной подвижности их в расплаве, за счет различного действия электрического поля на ионы, вылетевшие с поверхности расплава и находящиеся в непосредственной близости от нее. Разрешение этих вопросов требует специальных исследований.

Противоречие между нашими данными и результатами Брюера, не обнаружившего (8) изотопного эффекта при испарении, объясняется различием в использовавшихся источниках ионов. Брюер употреблял платину, предварительно насыщенную калием, мы же изучали эмиссию непосредственно из расплава.

Несмотря на различие в начальных значениях измеряемого отношения, после нескольких часов всегда устанавливалось постоянное отношение

$K^{39} : K^{41}$, что позволяет сравнивать между собою разные образцы калия (см. рис. 1). В пределах ошибки измерений данные разных опытов, разделенных промежутком времени до 3 недель, систематически совпадали. Температурный режим источника ионов не сказывался на установившемся значении изотопного отношения.

Далее была установлена необходимость термостатирования входных высокоомных сопротивлений электрометрической схемы, измеряющей непосредственно отношение ионных токов K^{39} и K^{41} . При этом получались хорошо воспроизводимые результаты в опытах, проведенных в различные дни.

Очень вероятно, что недостаточным вниманием к указанным особенностям методики измерений объясняются разногласия в данных по изотопному составу, имеющиеся в литературе.

Полученные нами результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Объект	Число измерений	$K^{39} : K^{41}$	Ошибка, %
Эталон мусковит	75	$14,4 \pm 0,1$	0,07
Хондриты Оханск + Еленовка	70	$14,3 \pm 0,1$	0,07
Эвкрит Падварнинкяй	100	$14,4 \pm 0,1$	0,07

На основании этих данных можно сделать заключение о том, что изотопный состав калия в метеоритах Падварнинкяй, Оханск и Еленовка в пределах ошибки опыта совпадает с изотопным составом калия из мусковита.

Мы измерили также содержание изотопа K^{40} в калии из метеорита Падварнинкяй и получили величину $0,011 \pm 0,001\%$, что совпадает с данными для земных образцов⁽⁹⁾. Основная трудность при этом состоит в устранении фона в приборе от изотопов Ar^{40} и Ca^{40} , а также случайных загрязнений, дающих массу 40. В специальных опытах ионов аргона в рабочем режиме источника найдено не было. Ионы изотопа Ca^{40} не мешали измерениям, поскольку ионизация кальция начинается при более высоких температурах спирали. Это подтверждалось также отсутствием ионов Ca^{44} в спектре масс.

Таким образом, масс-спектроскопическим путем показана одинаковость изотопного состава калия земных и метеоритных образцов. Полученные данные являются дополнительным подтверждением представления об общности происхождения и эволюции вещества метеоритов и Земли.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
29 IX 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. Е. Старик, Радиоактивные методы определения геологического времени, 1938. ² А. В. Трофимов, ДАН, 66, № 2, 181 (1949); Метеоритика, 8, 127 (1950); A. Nier, J. Gulbransen, J. Am. Chem. Soc., 61, 697 (1939); B. Murphy, A. Nier, Phys. Rev., 59, 771 (1941); W. Bleakney, J. Hipple, *ibid.*, 47, 800 (1935); K. Rankama, Bull. Geol. Soc. Am., 59, 389 (1948); T. Valbey, E. Anderson, Phys. Rev., 59, 113 (1941); M. Inghram, D. Hess, R. Brown, J. Goldberg, *ibid.*, 74, 343 (1948); R. Brown, *ibid.*, 72, 347 (1947). ³ A. Brewer, J. Am. Chem. Soc., 61, 1597 (1939); W. Paul, Zs. f. Phys., 124, 244 (1948); K. Coon, Phys. Rev., 64, 278 (1943); J. White, A. Cameron, *ibid.*, 74, 991 (1948); C. Reuterswärd, Ark. f. Fys., 4, 203 (1952). ⁴ W. Schumb, R. Evans, W. Leaders, J. Am. Chem. Soc., 63, 1203 (1941). ⁵ Э. К. Герлинг, Т. Г. Павлова, ДАН, 77, № 1 (1951); Э. К. Герлинг, К. Г. Рик, Метеоритика, 10, 37 (1952); Э. К. Герлинг, М. Л. Яценко, ДАН, 83, № 6 (1952). ⁶ А. П. Заварицкий, Л. Г. Кваша, Метеориты СССР, изд. АН СССР, 1952. ⁷ Г. Р. Рик, Масс-спектроскопия, 1953. ⁸ A. Brewer, Phys. Rev., 53, 835 (1938). ⁹ A. Nier, *ibid.*, 77, 789 (1950).