

А. Н. КОМАРОВ, И. П. ИЛУПИН

КАЛИЙ-УРАНОВОЕ ОТНОШЕНИЕ В КИМБЕРЛИТАХ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 30 I 1975)

Содержание радиоактивных элементов в различных геосферах Земли представляет большой интерес для познания геохимической эволюции, а также для интерпретации теплового режима планеты. Если количество радиоактивных элементов в земной коре определяется на основе прямого анализа горных пород, то оценка концентрации этих элементов в глубинных зонах Земли в значительной степени проблематична. Можно ожидать получения существенной информации об этих зонах, изучая вынесенные оттуда на поверхность Земли ксенолиты и глубинные дифференциаты, какими, по мнению большинства исследователей, являются кимберлиты.

Количество тепла, теряемого поверхностью Земли, примерно равно теплу, образующемуся в ней в результате радиоактивного распада калия, урана и тория, если первоначальный состав Земли был аналогичен хондритовым метеоритам. Это обстоятельство явилось одним из главных аргументов в пользу хондритовой модели Земли ⁽¹⁾. Тем не менее отношение калия к урану в хондритах ($7,7 \cdot 10^3$) сильно отличается от такового земной коры ($1 \cdot 10^4$). Несоответствие объясняется либо потерей калия, как более летучего элемента, при разогреве первичного вещества в результате аккреции ⁽²⁾, либо процессами дифференциации земного вещества. В последнем случае, судя по оценке содержания обоих элементов в земной коре, большая часть первоначального количества калия, в отличие от урана, находится сейчас в мантии Земли ⁽³⁾, где должно наблюдаться высокое калий-урановое отношение.

В этом аспекте было предпринято изучение кимберлитов и генетически близких им пикритовых порфиритов. Исследованы образцы ряда полей Якутской провинции, характеризующихся различной алмазоносностью. Определение обоих элементов производили в одних и тех же пробах. При подготовке проб кимберлиты были очищены от ксенолитов чуждых пород. Калий определяли методом фотометрии пламени в ходе полного силикатного анализа. Кроме того, для большинства проб, в том числе с низким содержанием калия, был выполнен дополнительный анализ на щелочи в разных лабораториях. Сходимость по калию хорошая. Измерение концентрации урана производили методом осколкорadiографии путем подсчета плотности треков осколков индуцированного деления на детекторах от одновременно облучаемых в ядерном реакторе эталона и проб ⁽⁴⁾. Детектором служил синтетический фторфлогопит. В качестве эталона использован геохимический стандарт базальт ВСР-1 (содержание урана $1,73$ г/т). Погрешность результатов анализа составляет 8% с надежностью 0,95 и зависит от достигнутой степени измельчения и гомогенизации проб, которая определяет представительность просчитываемой площади радиографии.

Найденное содержание урана в кимберлитах (табл. 1) близко к приводимым в работах ^(5, 6). Пикритовые порфириты заметно богаче ураном, чем кимберлиты.

Примечательно весьма низкое калий-урановое отношение как в кимберлитах, так и пикритовых порфиритах. В среднем для кимберлитов эта величина равна $0,11 \cdot 10^4$, для пикритовых порфиритов $0,18 \cdot 10^4$. Если даже

исключить кимберлиты с особенно низким содержанием калия ($<0,1\%$), то калий-урановое отношение составит $0,15 \cdot 10^4$, что значительно ниже, чем в земной коре. Из данных по содержанию урана и калия, приводимых в работе (6), также следует, что для алмазоносных кимберлитов эта величина составляет $0,08 \cdot 10^4$, для неалмазоносных $0,26 \cdot 10^4$.

Колебание калий-уранового отношения в пределах $(0,5-2,0) \cdot 10^4$ нередко наблюдается по различным группам горных пород земной коры (2). Отмечалось закономерное изменение отношения в этих пределах в ходе магматической дифференциации (7). В щелочных породах, к которым кимберлиты приближаются как ультраосновные представители, калий-урановое отношение составляет $(1,8-0,6) \cdot 10^4$. Сюда относится Приазовский

Т а б л и ц а 1

Кимберлитовое поле	Место отбора *	К, %	U, 10^{-4} %	K/(U· 10^4)
К и м б е р л и т ы				
Мало-Ботуобинское	Жила Таежная, обр. Т-3/1	0,15	1,8	0,08
Алакитское	Сытыканская, скв. 26, гл. 84 м	0,10	1,4	0,07
	Коллективная, ш. 1	0,15	3,6	0,04
	Моркока, обр. МВ-62	0,05	2,1	0,02
	Мархинская, ш. 1	0,09	2,3	0,04
	Снежинка, ш. 38	0,28	2,4	0,12
	Маршрутная, ш. 1	0,13	2,7	0,05
Далдыньское	Якутская, ш. 23	0,08	1,6	0,05
	Удачная Западная, скв. 206, гл. 184 м	0,31	1,8	0,17
	То же (автолит)	0,41	1,8	0,23
	Молодежная, ш. 13	0,13	2,3	0,06
	Украинская, ш. 6	0,23	3,3	0,07
	Сибирская, ш. 7	0,02	4,3	$<0,01$
Верхне-Мунское	Заполярная, л. 2, ш. 11	0,07	1,4	0,05
	» л. 2, ш. 4	0,03	1,7	0,02
	Поисковая, л. 6, ш. 2	0,20	2,0	0,10
Чомурдахское	Чомур, ш. 2	1,67	2,8	0,60
Куойское	Муза, обр. 802	0,20	1,0	0,20
	Русовая, обр. ОЛ-52	0,12	1,4	0,09
П и к р и т о в ы е п о р ф и р и т ы				
Лучаканское	Аномалия № 89, ш. 14093	0,28	4,4	0,06
Куонапское	» № 141 н, ш. 11710	0,69	4,0	0,17
	» № 22 а, ш. 9959	1,21	4,2	0,29
	» № 90 н, ш. 2227	1,06	5,7	0,19

* ш — шурф, л — линия.

комплекс щелочноультраосновных пород (8), щелочные габброиды Карелии (9), Хибинский щелочной массив (10), щелочные породы Африканской рифтовой системы (11). Однако в кимберлитах это отношение значительно отличается от «корового». Можно предположить, что малая величина такого отношения в какой-то степени характеризует и глубинный субстрат, породивший эти породы. Подтверждением тому может служить пониженное калий-урановое отношение перидотитовых ксенолитов в базальтах и кимберлитах: $(0,24-0,32) \cdot 10^4$ (12-14), — которые обычно рассматриваются как тугоплавкий остаток после удаления более кислого компонента из вещества мантии. Правда, значение для ксенолитов не намного отклоняется от среднего для земной коры. Кроме того, некоторые породы, чье происхождение связывается с мантией, как, например, океанические толеитовые базальты, имеют «коровое» калий-урановое отношение. Тем не менее, возможно, что самая верхняя часть мантии, откуда происходят ксенолиты и базальты, близка по этому параметру к коре. Кимберлиты же являются наиболее

глубинным веществом, доступным нам на поверхности Земли; глубина их образования оценивается в 150–200 км ⁽¹⁵⁾.

Если увеличение калий-уранового отношения от мантии к коре имеет место, то это означает большую миграционную способность калия по сравнению с ураном в вертикальной дифференциации земного вещества и примерно равное их поведение в условиях эволюции земной коры. Однако не исключено, что аномальное калий-урановое отношение в кимберлитах не характерно для мантии и вызвано специфическими условиями их образования. Но во всяком случае результаты изучения глубинного вещества Земли не дают основания полагать, что, в противоположность урану, большая часть первичного калия находится в мантии, если исходить из хондритовой модели Земли.

Интересна и другая независимая оценка количества калия в Земле, сделанная по аргону, образовавшемуся из этого элемента в результате радиоактивного распада. Содержание радиогенного аргона, выделившегося в атмосферу и находящегося в земной коре, поддается прямым определениям. Есть убедительные доказательства, что в сумме это составляет не менее половины всего радиогенного аргона. Рассчитанное отсюда среднее содержание калия в Земле в несколько раз ниже хондритового ⁽¹⁶⁾.

Институт геохронологии и геологии докембрия
Академии наук СССР
Ленинград

Поступило
28 I 1975

Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов
Москва

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ H. C. Urey, Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., v. 42, № 12, 889 (1956). ² G. J. Wasserburg, G. J. F. MacDonald et al., Science, v. 143, № 3605, 465 (1964). ³ S. P. Clark jr., A. E. Ringwood, Rev. Geophys., v. 2, № 1, 35 (1964). ⁴ А. Н. Комаров, Н. В. Сквородкин, Геохимия, № 2, 170 (1969). ⁵ Б. Г. Лурц, Н. Г. Минеева, Геохимия, № 11, 1721 (1973). ⁶ А. П. Акимов, Г. С. Семенов, ДАН, т. 190, № 4, 947 (1970). ⁷ K. S. Heier, J. J. W. Rogers, Geochim. et cosmochim. acta, v. 27, № 2, 137 (1963). ⁸ В. И. Гоньшакова и др., Изв. АН СССР, сер. геол., № 12, 3 (1971). ⁹ А. А. Кухаренко и др., Щелочные габброиды Карелии, Л., Изд-во ЛГУ, 1969. ¹⁰ А. А. Кухаренко и др., Зап. Всесоюз. минералогич. об-ва, т. 97, в. 2, 133 (1968). ¹¹ В. В. Белоусов, В. И. Герасимовский и др., Восточно-Африканская рифтовая система, т. 3, М., 1974. ¹² H. Wakita et al., Geochem. J., v. 1, 183 (1967). ¹³ D. H. Green, J. W. Morgan, K. S. Heier, Earth Plan. Sci. Let., v. 4, № 2 (1968). ¹⁴ D. E. Fisher, Geochim. et cosmochim. acta, v. 34, № 5 (1970). ¹⁵ И. П. Илунин, Б. Г. Лурц, Сов. геол., № 6 (1971). ¹⁶ R. M. Hurley, Geochim. et cosmochim. acta, v. 32, № 9, 1025 (1968).