

Ю. А. БАЛАШОВ, Л. В. ДМИТРИЕВ, А. Я. ШАРАСЬКИН, Н. М. СУЩЕВСКАЯ

РАЗДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПРИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ОКЕАНОВ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 19 V 1971)

Среди пород, участвующих в строении срединных океанических хребтов, преобладают три главные группы — толеитовые базальты, лерцолиты и гарцбургиты. При исследовании их петрохимического состава было высказано предположение, что лерцолиты представляют собой практически недифференцированное вещество верхней мантии океанических областей земли и что при выплавлении из него магмы состава океанических толеитов образуется остаток, соответствующий гарцбургитам⁽¹⁾. Для подтверждения этих представлений была предпринята попытка использовать индикаторное значение распределения редкоземельных элементов и иттрия (далее TR) в указанных типах пород⁽²⁾. Имевшиеся тогда в нашем распоряжении данные по распределению TR в океанических ультрабазитах были ограниченными, и поэтому удалось решить лишь часть поставленной задачи. В настоящее время получены новые результаты по распределению TR в этих породах, рассмотрению которых и посвящена данная работа.

Определение состава TR проводилось рентгено-спектральным методом после выделения суммы окислов TR из 40—60-граммовых навесок ультрабазитов по методу⁽³⁾. Результаты представлены в табл. 1, куда включены и три более ранних наших анализа⁽²⁾. Для последних уточнены содержание La и Pr и петрохимический тип пород, характеризующихся этими анализами.

Если отвлечься от некоторых колебаний в составах TR исследованных гипербазитов (см. табл. 1), которые могут быть обусловлены неоднородностью исходного материала, глубиной их формирования, а также ошибками анализа, то оказывается, что средние составы TR лерцолитов и гарцбургитов имеют совершенно разный характер (табл. 2). В пределах аналитической точности (5—10%) соотношение TR в лерцолитах тождественно соотношению этих элементов в хондритах (исключение составляют лишь La и в меньшей степени Eu) (см. рис. 1). Подобный характер распределения TR в лерцолитах служит достаточно сильным аргументом для отнесения их к типу ультраосновных пород, которые близки по составу к исходному веществу верхней мантии. Средний состав TR в гарцбургитах контрастен по отношению к лерцолитам

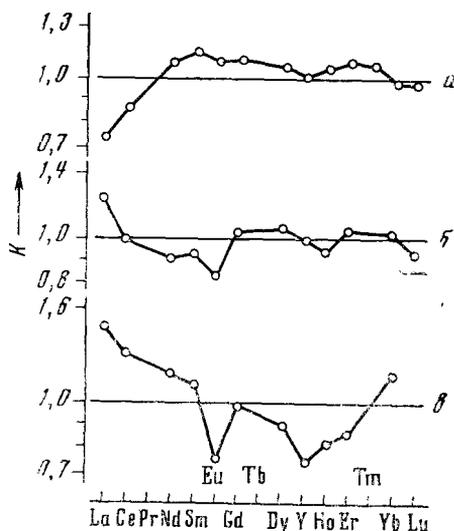


Рис. 1. Средние составы TR толеитовых базальтов (а), лерцолитов (б) и гарцбургитов (в) в сравнении со средним составом TR хондритов (см. табл. 2)

Распределение TR в ультрабазитах океанических рифтов (г/т)

Т а б л и ц а 1

№ пробы	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Y	Eu/Sm	ΣTR
Г а р ц б у р г и т ы																
6/1	1,0	2,9	0,66	2,6	0,90	0,22	1,07	0,21	1,13	0,25	70	0,83	—	4,9	0,24	17,6
5319/39	1,65	3,65	0,51	1,95	0,69	—	1,0	—	0,70	—	0,52	0,56	—	4,3	—	16,2
5319/25	1,40	2,75	0,41	1,40	0,39	0,10	0,56	—	0,42	—	0,36	0,57	—	3,0	0,26	11,7
441-Д-VIII *	0,89	2,90	0,33	1,62	0,46	0,08	0,52	0,10	0,44	0,10	0,28	0,28	0,06	2,5	0,17	10,7
5319/36	0,40	1,11	0,13	0,60	0,22	—	0,30	—	0,25	—	0,22	0,37	—	2,0	—	5,9
6/2	0,81	1,55	0,23	0,88	0,24	0,07	0,33	0,06	0,29	0,07	0,23	0,18	—	2,0	0,29	7,0
Среднее **	1,02	2,48	0,38	1,51	0,48	0,12	0,63	0,12	0,56	0,13	0,39	0,47	0,10	3,1	0,25	11,5
Л е р ц о л и т ы																
РГ-10 *	0,80	1,85	0,31	1,55	0,54	0,19	0,99	0,18	1,10	0,26	0,79	0,64	0,12	6,6	0,35	16,0
5324/60	1,0	2,65	0,32	1,25	0,42	0,10	0,81	0,14	0,81	0,18	0,55	0,49	0,06	5,0	0,24	14,0
5324/58	0,80	1,15	0,21	0,70	0,27	0,10	0,52	—	0,41	—	0,28	0,32	—	2,4	0,37	7,5
5324/55	0,54	1,70	0,19	0,89	0,36	0,14	0,36	—	0,37	—	0,36	0,30	—	2,7	0,39	8,0
30/1	0,80	1,35	0,26	1,00	0,25	0,07	0,36	—	0,40	—	0,23	0,21	—	2,1	0,28	7,2
Среднее **	0,70	1,73	0,26	1,08	0,37	0,12	0,61	0,11	0,62	0,14	0,44	0,39	0,06	3,8	0,34	10,6

* Пробы Срединно-Атлантического хребта, остальные — Индоокеанского хребта.

** Среднее содержание Eu, Tb, Ho, Lu рассчитано из отношений концентраций этих элементов к соседним четным лантаноидам.

Т а б л и ц а 2

Средний состав TR толеитовых базальтов и ультрабазитов океанического дна и хондритов (%)

Тип породы	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
Толейтовые базальты *	4,53	14,2	2,48	12,4	4,30	1,50	6,15	1,20	5,8	1,45	4,25	0,64	3,50	0,61	37,0
Лерцолиты	7,5	16,3	2,45	10,2	3,50	1,14	5,78	1,04	5,85	1,32	4,15	—	3,67	0,57	36,0
Хондриты	6,1	16,6	2,25	11,4	3,76	1,38	5,55	0,95	5,50	1,40	3,97	0,60	3,57	0,62	36,5
Гарцбургиты	8,9	21,6	3,30	13,2	4,18	1,04	5,50	1,04	4,88	1,13	3,40	—	4,10	0,87	27,0

* Среднее для базальтов по данным работ (3, 4-7).

там и хондритам. Для гарцбургитов типично относительное обогащение самыми легкими лантаноидами (La, Ce, Pr) при отчетливом дефиците средних TR (см. рис. 1), что с несомненностью свидетельствует о возможности образования ультраосновных пород этого типа в результате процессов дифференциации вещества мантии. Если сопоставить теперь средние составы TR оливиновых толеитовых базальтов и хондритов (рис. 1), то оказывается, что для базальтов характерен относительный дефицит самых легких TR (La, Ce, Pr) при небольшом избытке средних лантаноидов.

Таким образом, распределение TR в океанических толеитовых базальтах имеет зеркально противоположный характер по сравнению с составами TR в гарцбургитах срединных океанических хребтов. Отмеченная специфика средних составов TR в трех рассмотренных типах пород позволяет сделать вывод, что лерцолиты Индоокеанского и Срединно-Атлантического хребтов близки по составу к исходному веществу мантии, которое в процессе фракционного плавления делится на легкоплавкие толеитовые базальты и остаточные гарцбургиты, составы которых комплементарны друг другу.

К аналогичному заключению приводит и анализ распределения Eu в этих породах. Среди ультрабазитов океанического дна лерцолиты наиболее близки к хондритам по относительному содержанию Eu в сумме TR. В гарцбургитах отмечается резкий дефицит Eu (см. рис. 1), что следует связывать с возможностью избирательного фракционирования Eu в форме Eu^{2+} от остальных трехвалентных лантаноидов. В то же время в толеитовых базальтах во многих случаях обнаруживается избыток Eu по сравнению с его содержанием в хондритах (²). Отмеченная для гарцбургитов и лерцолитов диаметрально противоположность относительных концентраций такого элемента, как Eu, способного менять валентность в геохимических процессах, еще раз подтверждает мысль о комплементарности состава TR в этих породах и, следовательно, еще раз подтверждает предлагаемый механизм дифференциации вещества верхней мантии в областях океанических хребтов.

Институт геохимии и аналитической химии
им. В. И. Вернадского
Академии наук СССР
Москва

Поступило
12 II 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Л. В. Дмитриев, Геохимия, № 10 (1969). ² Ю. А. Балашов, Л. В. Дмитриев, А. Я. Шараськин, Геохимия, № 6 (1970). ³ Ю. А. Балашов, В сборн. Геохимия, петрология и минералогия щелочных пород, «Наука», 1970. ⁴ F. A. Frey, L. A. Haskin, J. Geophys. Res., 69, № 4 (1964). ⁵ F. A. Frey, M. A. Haskin et al., J. Geophys. Res., 73, № 8 (1968). ⁶ A. L. Graham, G. D. Nickolls, Geochim. et cosmochim. acta, 33, № 5 (1969). ⁷ L. A. Haskin, F. A. Frey et al., Phys. Chem. Earth, 7 (1966).