

О.Н. ВОЛЫНЕЦ, Г.Н. АНОШИН, Ю.М. ПУЗАНКОВ, В.С. ПАРХОМЕНКО

**ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКИХ БАЗАЛЬТОВ  
КАМЧАТКИ (ПО ДАННЫМ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА)**

*(Представлено академиком Л.В. Таусоном 2 X 1985)*

Среди позднекайнозойских базальтов Камчатки на основе петрологических и геохимических исследований выделены разности, относящиеся к толеитовой (низкокалиевой), известково-щелочной (высокоглиноземистой и магнезиальной), шошонитовой, щелочно-оливин-базальтовой и калиевой щелочной сериям [1—3]. Наиболее распространенным типом пород являются высокоглиноземистые разности известково-щелочной серии, базальты толеитовой серии проявлены преимущественно во фронтальной зоне Восточного вулканического пояса, шошонитовый — в тыловой зоне этого пояса и вместе с щелочными оливиновыми базальтами в тыловой зоне вулканического пояса Срединного хребта. Магнезиальные известково-щелочные базальты достаточно широко развиты только в пределах Центральной Камчатской депрессии. Калиевые щелочные базальтоиды (наиболее редкий тип пород) установлены исключительно на территории Западной Камчатки, где они слагают субвулканические тела неоген-четвертичного возраста и ассоциируют с одновозрастными породами шошонитовой серии.

Представительная коллекция позднекайнозойских (в основном четвертичных) базальтов из разных тектонических зон Камчатки (40 образцов) исследована методом инструментального нейтронно-активационного анализа в отношении редкоземельных элементов (РЗЭ), Та, Нf, Th. Детальное описание методики и ее метрологические характеристики приведены в [4]. Кроме того, определены также концентрации Nb и Zr химико-спектральным и рентгенорадиометрическим методами. Средние химические составы проанализированных пород и содержания редких элементов в них приведены в табл. 1 и 2.

По особенностям нормированного распределения РЗЭ в базальтах выделяются три типа трендов (рис. 1) : толеитовой с дефицитом La и Ce (низкокалиевая серия), известково-щелочной с умеренным накоплением легких РЗЭ (известково-щелочная и шошонитовая серия) и щелочной с максимальной концентрацией легких лантаноидов (щелочно-оливин-базальтовая и калиевая щелочная серии). По уровню концентрации РЗЭ и характеру их распределения низкокалиевые базальты Камчатки соответствуют островодужным толеитам Японии [5], однако заметно обеднены легкими РЗЭ по сравнению с аналогичными породами островных дуг юго-западной части Тихого океана [6]. Сходная картина наблюдается и в отношении известково-щелочных и шошонитовых базальтов Камчатки. С другой стороны, щелочные оливиновые базальты вулканической зоны Срединного хребта близки лавам щелочно-базальтовых серий некоторых континентальных рифтов (например, Рис-Гранде [7]), а калиевые щелочные базальты Западной Камчатки - щелочным лавам Северо-Американской активной окраины [8].

По соотношению величины La/Yb с K (рис. 2) среди камчатских базальтов выделяются две группы пород. Первая — с низкими отношениями La/Yb включает толеиты, известково-щелочные базальты Восточной Камчатки и шошониты Средин-

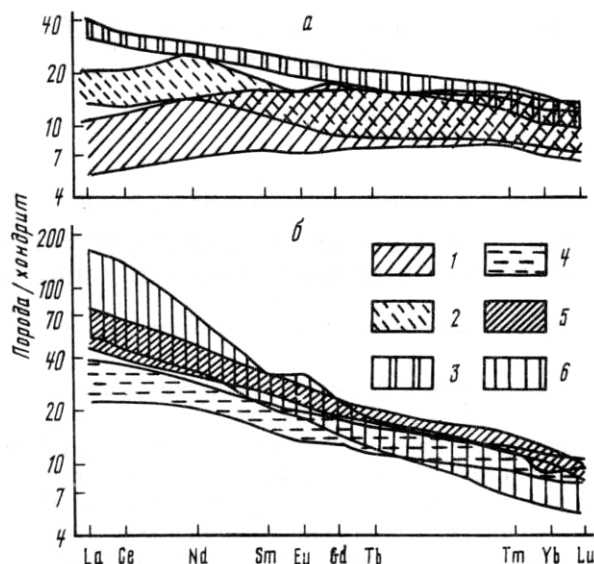


Рис. 1. Графики распределения РЗЭ в позднекайнозойских базальтах Камчатки, *а* - ассоциации собственно островодужной стадии: толеиты (1), известково-щелочные базальты (2), шошониты (3); *б* — ассоциации, связанные с периодами консолидации и растяжения фундамента островной дуги: известково-щелочные (4) и щелочно-оливиновые базальты (5), калиевые базальтоиды (6)

ного хребта, вторая - с повышенными значениями этой величины - известково-щелочные и щелочные оливиновые базальты Срединного хребта и калиевые щелочные базальтоиды Западной Камчатки. Для пород первой группы характерен слабо выраженный Се-минимум, обычный в лавах внутриокеанических островных дуг [9]. Эти группы пород различаются и по содержаниям таких индикаторных элементов, как Zr, Nb, Hf, Ta, Th, концентрации которых существенно выше в лавах второй группы. При этом щелочные оливиновые базальты резко выделяются среди всех пород высокими концентрациями Nb, Ta и низкими значениями Zr/Nb-отношений.

Возможно, что наличие указанных дискретных ассоциаций пород соответствует существованию двух различных по обогащенности редкими элементами источников базальтовых магм Камчатки. В этой связи обращают на себя внимание два обстоятельства. Во-первых, ассоциация толеитовых, известково-щелочных и шошонитовых базальтов типична для островных дуг, тогда как щелочно-оливиновые и калиевые щелочные базальты в островных дугах редки, но широко проявлены в континентальных рифтах. Во-вторых, в одну группу с щелочными оливиновыми и калиевыми щелочными базальтами попадают и известково-щелочные базальты Срединного хребта, тогда как шошониты этого вулканического пояса - в одну группу с лавами Восточного пояса. Таким образом, можно полагать, что шошониты Срединного хребта завершают собственно островодужный этап развития этого региона, а все остальные типы базальтов, проявленные здесь, связаны уже с иной геодинамической обстановкой, характеризующейся консолидацией фундамента вулканической дуги и растяжением в глубинных зонах, что обусловило формирование магмы на более низких горизонтах литосферы, чем в собственно островодужный этап.

Эта точка зрения находит подтверждение при анализе наших данных с помощью известной классификационной диаграммы Дж. Пирса [10] (рис. 3), на которой щелочные оливиновые базальты Камчатки попадают на тренд внутриплитных

Т а б л и ц а 1

Средние химические составы изученных позднекайнозойских базальтов Камчатки, мас.%

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	49,96	51,72	49,96	50,78	51,14	49,45	46,02	51,34
TiO <sub>2</sub>	0,89	0,93	0,89	1,10	1,10	1,85	1,31	1,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,83	17,62	13,83	17,90	17,20	17,64	15,02	15,58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,91	2,88	3,92	3,69	3,37	3,86	4,25	3,65
FeO	7,37	6,33	5,49	5,81	6,40	6,47	4,31	3,90
MnO	0,20	0,18	0,19	0,18	0,18	0,16	0,14	0,31
MgO	5,14	5,35	10,93	4,85	6,28	5,34	10,34	5,60
CaO	10,84	9,48	10,39	9,00	9,00	8,10	6,30	6,04
Na <sub>2</sub> O	2,37	3,07	2,70	3,16	3,42	4,15	2,10	2,19
K <sub>2</sub> O	0,40	0,91	1,04	2,06	1,14	1,87	3,40	6,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18	0,23	0,19	0,31	0,33	0,57	0,59	0,73
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,32	0,48	0,18	0,34	0,11	0,29	3,76	1,38
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,19	0,19	0,33	0,81	0,04	0,08	2,10	1,31
С у м м а	99,60	99,37	100,04	99,99	99,74	99,83	99,64	99,55
<i>n</i>	5	5	3	7	4	8	4	2

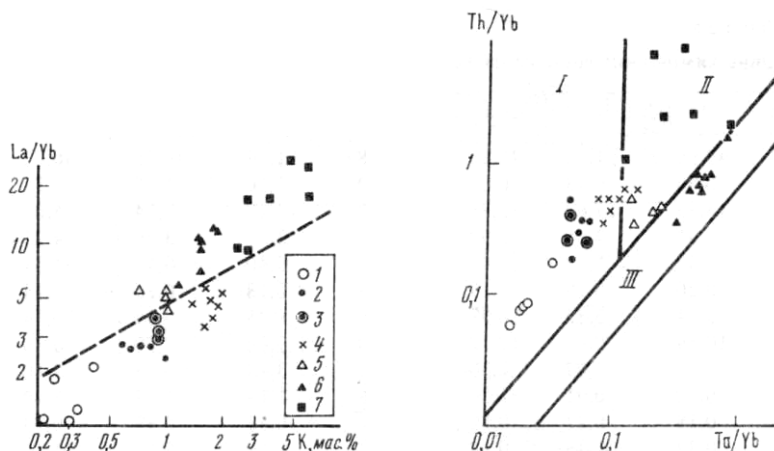
**П р и м е ч а н и е .** Типы базальтов: 1 — 3 — Восточно-Камчатский вулканический пояс: 1 - толеиты, 2 — известково-щелочные глиноземистые, 3 — известково-щелочные магнезиальные; 4—6 — вулканический пояс Средиземного хребта: 4 — шонкиты, 5 — известково-щелочные глиноземистые, 6 — щелочно-оливиновые; 7, 8 - Западная Камчатка (тыловой прогиб неогеновой островной дуги): 7 — абсарокиты, микрошонкиниты, 8 — слюдяные трахизабальты, шонкиниты. *n* — число проб.

Т а б л и ц а 2

Содержание микроэлементов в позднекайнозойских базальтах Камчатки, г/т

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
La	2,6	6,0	5,8	11,7	11,1	22,0	23,9	54,9
Ce	6,7	14,1	13,1	25,0	24,5	45,2	52,0	112,5
Nd	5,3	11,0	9,5	15,9	14,6	24,2	22,8	41,0
Sm	1,88	3,00	2,67	4,34	3,68	5,43	4,72	5,95
Eu	0,68	0,89	0,87	1,40	1,19	1,74	1,77	1,84
Gd	2,5	3,6	2,9	4,9	4,2	5,5	5,0	5,05
Tb	0,46	0,61	0,53	0,81	0,68	0,88	0,73	0,75
Tm	0,31	0,34	0,26	0,43	0,32	0,40	0,28	0,35
Yb	2,04	2,29	1,71	2,66	2,22	2,43	1,70	2,13
Lu	0,29	0,31	0,23	0,34	0,30	0,31	0,26	0,28
La/Yb	1,27	2,62	3,39	4,40	5,00	9,05	14,0	25,8
Hf	1,1	2,4	1,9	3,1	2,9	4,0	9,6	14,5
Ta	0,044	0,124	0,088	0,26	0,43	1,19	0,71	0,52
Th	0,19	0,77	0,51	1,35	0,97	1,82	3,21	16,1
U	0,14	0,54	0,39	1,10	0,55	0,75	2,21	6,15
Th/U	1,36	1,42	1,31	1,23	1,76	2,43	1,45	2,62
Zr	18	134	88	192	—	251	360	580
Nb	0,6	2,1	2,2	3,8	—	18,7	7,5	8,0
Zr/Nb	30	64	40	50	—	13	48	72
<i>n</i>	5(9)	5(8)	3(17)	7(7)	4(-)	8(11)	4(4)	2(4)

**П р и м е ч а н и е .** 1—8 см. табл. 1. Содержания элементов, кроме Zr и Nb, определены инструментальным нейтронно-активационным методом в Институте геологии и геофизики СО АН СССР; концентрация Zr и Nb - химико-спектральным методом в Институте геохимии СО АН СССР, *n* - число анализов при подсчете средних, в скобках - для Zr и Nb.



**Рис. 2.** Соотношение легких и тяжелых РЗЭ в зависимости от содержания калия в базальтах Камчатки. 1-3 - Восточно-Камчатский вулканический пояс: 1 - толентовый, 2 - известково-щелочной глиноземистый, 3 - известково-щелочной магнезиальный базальты; 4-6 - Срединный хребет Камчатки: 4 - шоссонитовый, 5 - известково-щелочной глиноземистый, 6 - щелочно-оливиновый базальты; 7 - Западная Камчатка: калиевый щелочной базальт

**Рис. 3.** График зависимости Th/Yb- и Ta/Yb-отношений в базальтах различных геодинамических обстановок по [10]. I - поле океанических островных дуг, II - поле активных континентальных окраин и "щелочных" океанических дуг, III - поле базальтов срединно-океанических хребтов и внутриплитных. Обозначения те же, что и на рис. 2

базальтов, а известково-щелочные базальты Срединного хребта и калиевые базальтоиды Западной Камчатки — в поле базальтов активных континентальных окраин. Все остальные типы базальтов лежат в поле базальтов океанических островных дуг.

Подобная смена геодинамических обстановок наблюдается и в ряде других островных дуг, где описаны проявления щелочно-оливин-базальтового и калиевого щелочного вулканизма, например в Западной Японии [11], на Фиджи [12], в Индонезии [13].

Таким образом, типизация базальтов на основе геохимических данных позволяет проводить реконструкцию геодинамических обстановок их образования, что может быть успешно использовано при анализе палеовулканических систем.

Институт вулканологии  
Дальневосточного научного центра  
Академии наук СССР,  
Петропавловск-Камчатский  
Институт геологии и геофизики им. 60-летия Союза ССР  
Сибирского отделения Академии наук СССР,  
Новосибирск

Поступило  
28 XI 1985

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вольнец О.Н., Ермаков В.А., Кирсанов И.Т., Дубик Ю.М. - Бюл. вулканол., 1976, № 52, с. 115-126.
2. Пополитов Э.И., Вольнец О.Н. Геохимические особенности четвертичного вулканизма Курило-Камчатской островной дуги и некоторые вопросы петрогенезиса. Новосибирск: Наука, 1981. 182 с.
3. Вольнец О.Н., Пополитов Э.И., Патока М.Г., Аношин Г.Н. - ДАН, 1984, т. 274, № 5, с. 1185-1188.
4. Пархоменко В.С. В кн.: Спектрометрические методы анализа в геохимии. Новосибирск, 1980, с. 18-30.
5. Masuda Y., Aoki K. - Earth and Planet. Sci. Lett., 1978, vol. 39, p. 298-302.
6. Whitford D.J. - Contrib. Mineral. Petrol., 1979, vol. 70, p. 341-356.
7. Basaltic volcanism on the terrestrial planets. N.Y.: Pergamon Press, 1981. 1286 p.
8. Van Kooten G.K. - J. Petrol., 1980, vol. 21, p. 651-654.
9. White W.M., Patchett J. - Earth Planet. Sci. Lett., 1984, vol. 67, p. 167-185.
10. Pearce J.A. In: Continental basalts and xenoliths. Amsterdam: Shiva Pub., 1983, p. 230-272.
11. Nagasawa H. - Contrib. Mineral. Petrol., 1973, vol. 39, p. 301-308.
12. Gill J.B. - Earth Planet. Sci. Lett., 1984, vol. 68, p. 443-458.
13. Nicholls I. A., Whitford D.J. - J. Volcanol. Geotherm. Res., 1983, vol. 18, p. 337-359.