

О. Н. ВОЛЫНЕЦ, Г. Б. ФЛЕРОВ, В. Н. АНДРЕЕВ, Э. И. ПОПОЛИТОВ,
В. А. АБРАМОВ, Л. Л. ПЕТРОВ, С. А. ЩЕКА

**ПЕТРОХИМИЯ, ГЕОХИМИЯ И ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА ПОРОД
БОЛЬШОГО ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ
1975-1976 гг.**

(Представлено академиком В. И. Смирновым 11 VIII 1977)

Большое трещинное Толбачинское извержение 1975—1976 гг. является крупнейшим базальтовым извержением в пределах Курило-Камчатского вулканического пояса (1). В ходе этого извержения наблюдалось последовательное изменение составов пород от магнезиальных базальтов умеренной щелочности (Северный прорыв) до глиноземистых субщелочных базальтов (Южный прорыв) (2). При этом преобладающая и по объему и по времени поступления на поверхность доля базальтов каждого прорыва характеризовалась устойчиво однородным составом. Породы промежуточного между указанными типами базальтов состава пользовались ограниченным распространением (5—10% от общего объема продуктов извержения), а проявление их было приурочено к весьма узкому интервалу времени в конце Северного и начале Южного прорывов (рис. 1). Максимальный темп изменения концентраций охватывал период всего лишь в две недели (последняя неделя деятельности Северного прорыва и первая Южного) при общей продолжительности извержения 18 месяцев. В этот период на фоне в среднем монотонных изменений концентраций отдельных элементов наблюдались заметные колебания составов различных образцов базальтов, отобранных в течение одного дня извержения, особенно широкие для базальтов последнего дня Северного и первого дня Южного прорывов (рис. 1).

Различия петро- и геохимических особенностей преобладающих разновидностей пород каждого прорыва существенны настолько, что они соответствуют различным петро-геохимическим типам базальтов Камчатки (табл. 1, 2) (3-6). Базальты промежуточного состава не отвечают какому-либо из средних типов базальтов Камчатки, однако близки к соответствующему типу пород Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов. По величине относительного изменения (n) содержаний в базальтах Южного прорыва по сравнению с базальтами Северного выделяются следующие группы элементов: $n \geq 3$ — Hf, Rb, Zr, La; $n = 2-3$ — K, P, Ba, Pb, Be, Nd; $n = 1,5-2$ — Ti, V, Nb, Y, Yb; $n = 1,25-1,5$ — Al, Na, Li, Ga, F; $n = 1,10-1,25$ — Mn, Si; $n = 0,9-1,1$ — Si, Fe, Sn, Sr, Ta; $n = 0,7-0,9$ — Ca, V, Co, Zn; $n = 0,5-0,7$ — Mg; $n < 0,5$ — Ni, Cr.

Таким образом, из общего числа изученных элементов лишь Cr, Mg, Ni и в меньшей степени Ca, Co, V, Zn концентрируются преимущественно в базальтах Северного прорыва. Изотопный состав Sr в базальтах обоих прорывов сходен и близок к таковому для базальтов других островных дуг (7); Северный прорыв - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7041$, $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$; Южный прорыв - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7043$, $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1196$ *.

Вследствие существенной разницы составов базальтов Северного и Южного прорывов и весьма небольших вариаций в концентрациях отдельных элементов в преобладающей массе пород каждого прорыва фигуративные точки их на различных петро-геохимических диаграммах дают обособленные рои. Однако эти рои объединяются наличием базальтов про-

* Анализы выполнены в Институте геохимии СО АН СССР, аналитики Г. С. Плюсин и Г. А. Сандемирова.

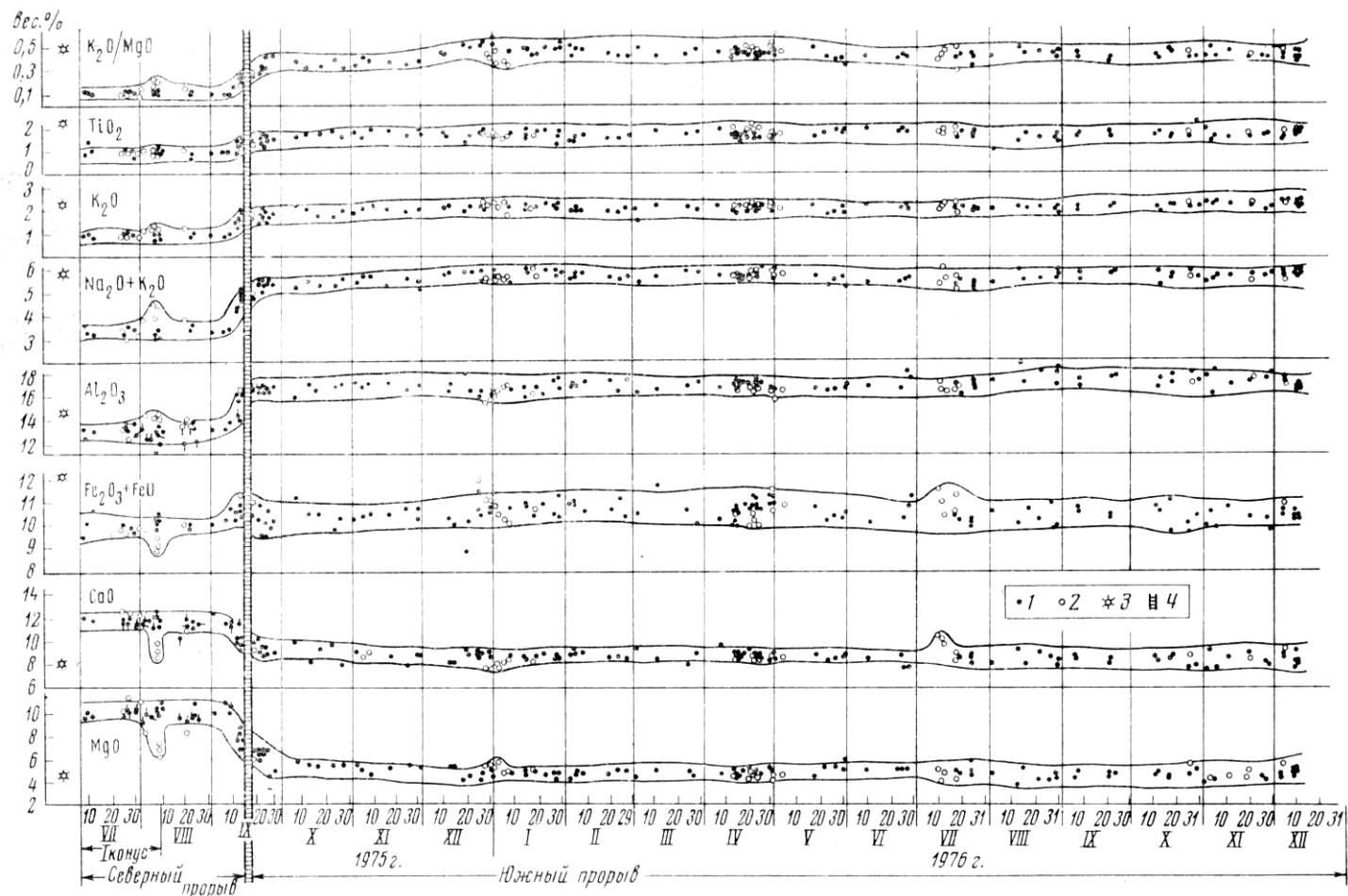


Рис. 1. Химический состав пород лав и бомб (1), пеллов (2) в ходе извержения и шлаков вершинного кратера вулкана Плоский Толбачик (3) (4 — перерыв во времени извержения Северного и Южного прорывов)

Таблица 1

**Химический состав базальтов Толбачинского извержения и средних типов
базальтов Камчатки (вес.%) ***

	1(21)	2(11)	3(8)	4(14)	5(85)	6(25)	7(38)	8(131)	9(59)
SiO ₂	49,76	50,02	50,30	50,78	50,69	49,75	50,99	51,92	50,67
TiO ₂	1,02	1,30	1,51	1,71	1,66	1,05	1,20	1,01	0,81
Al ₂ O ₃	13,48	15,32	16,62	16,83	17,10	14,31	18,15	17,72	18,99
Fe ₂ O ₃	3,06	3,47	3,14	3,42	3,55	4,64	3,68	3,79	3,41
FeO	6,99	6,88	6,95	7,05	6,99	4,63	5,91	5,66	6,41
MnO	0,16	0,17	0,18	0,17	0,17	9,20	0,16	0,18	0,18
MgO	9,88	7,69	6,44	5,39	4,87	9,95	4,78	5,71	5,30
CaO	11,60	9,83	9,20	8,74	8,65	10,34	8,58	9,10	10,35
Na ₂ O	2,44	3,14	3,30	3,36	3,60	2,68	3,31	2,99	2,53
K ₂ O	1,03	1,62	1,83	1,99	2,10	0,94	2,02	1,02	0,42
P ₂ O ₅	0,25	0,35	0,40	0,40	0,53	0,31	0,37	0,32	0,19
H ₂ O ⁺	0,13	0,09	0,02	0,06	0,06	—	—	—	—
H ₂ O ⁻	0,18	0,11	0,19	0,25	0,11	—	—	—	—

* Типы базальтов Толбачинского извержения. 1, 2 — Северный пролив: 1—преобладающий (время излияния 6 VII—10 IX 1975), 2 — промежуточный конца извержения (11 IX—15 IX 1975); 3—5 — Южный пролив: 3 — промежуточный первых дней извержения (18 IX — 24 IX 1975), 4 — промежуточный начала извержения (25 IX—30 XI 1975), 5 — преобладающий (1 XII 1975 — 9 XII 1976). Анализы выполнены в химической лаборатории Института вулканологии ДВНЦ АН СССР. Средние типы базальтов Камчатки (°). 6 — магнезиальный умеренной щелочности, 7 — глинозёмистый субщелочной, 8 — глинозёмистый умеренной щелочности, 9 — глинозёмистый низкокальциевый. В скобках — число анализов.

Таблица 2

**Содержание малых и редких элементов в базальтах Толбачинского
извержения и средних типах базальтов Камчатки**

	Базальты Толбачинского извержения					Средние типы базальтов Камчатки			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Na	1,87 (68)	2,27 (15)	2,54 (18)	2,67 (19)	2,71 (136)	2,13 (61)	2,60 (64)	2,39 (222)	1,91(106)
K	0,75 (68)	1,31 (17)	1,49(18)	1,60 (19)	1,75 (136)	0,79 (61)	1,70 (67)	0,89 (224)	0,36 (106)
Rb	11,6 (56)	23,7 (7)	31,4(11)	40,0 (15)	46,5 (94)	12,3(35)	40 (29)	14,9(117)	4,6(53)
Li	9,8(56)	12,4 (7)	13,7(11)	15,1 (14)	15,7 (81)	10,5 (35)	11,7 (29)	12,8(117)	5,7(53)
F	285 (65)	350 (19)	350 (22)	310 (27)	405 (147)	340 (16)	325 (21)	365 (95)	340 (28)
B	34 (72)	43 (19)	57 (22)	56 (27)	60 (167)	20 (13)	41 (3)	26 (6)	—
Be	0,67 (75)	1,1 (19)	1,4(23)	1,3(27)	1,5(167)	0,50(17)	1,25 (19)	0,55 (96)	0,45 (28)
Ba	330 (15)	440 (4)	535 (7)	535 (6)	870(11)	520 (25)	770 (9)	600 (93)	195 (17)
Sr	315 (16)	425 (5)	410 (8)	470 (6)	325 (11)	345 (26)	400 (11)	355 (95)	355 (18)
Ni	120 (28)	78 (10)	71 (11)	41 (10)	52 (50)	100 (21)	41 (6)	56 (75)	21(12)
Co	42 (28)	32 (10)	31 (11)	29(10)	31 (50)	50 (21)	26 (6)	41 (75)	30 (14)
Cr	265 (28)	195 (10)	145 (11)	120 (10)	102 (48)	260 (21)	75 (6)	104 (71)	—
V	250 (28)	220 (10)	225 (11)	170 (10)	210 (50)	330 (21)	340 (6)	350 (74)	340 (14)
Ga	12 (28)	11 (10)	12(11)	12(10)	16 (50)	—	—	—	—
Pb	2,7(28)	3,2 (10)	4,4(11)	3,5(10)	5,9 (50)	—	—	—	—
Zn	75 (27)	52 (10)	80 (11)	45 (10)	59 (50)	—	—	—	—
Cu	145 (28)	140 (10)	170(11)	155 (10)	175 (50)	—	—	—	—
Sn	3,3 (28)	2,2 (10)	3,1(11)	2,4(10)	3,3(50)	—	—	—	—
Ag	0,15 (51)	0,13 (7)	0,15 (9)	—	—	—	—	—	—
P	0,11 (29)	0,16 (15)	0,18(10)	0,18 (18)	0,24 (74)	—	—	—	—
Ti	0,61 (22)	0,78 (11)	0,90 (8)	1,02(11)	1,00 (72)	0,61 (39)	0,74 (38)	0,62 (191)	0,51 (48)
Nb	2,7(10)	2,9 (5)	4,8(3)	3,2 (4)	4,7 (20)	0,8 (6)	—	2,0 (5)	0,8 (5)
Ta	1,1(6)	0,5 (5)	1,2(3)	0,7(4)	1,0 (8)	0,3 (6)	—	0,3 (5)	0,5 (6)
Zr	70(10)	145 (5)	239 (4)	175 (4)	231 (20)	—	—	—	—
Hf	1,0(9)	3,6 (5)	3,3(4)	4,3(4)	5,5 (20)	—	—	—	—
La	<10 (3)	—	—	—	30 (8)	10 (9)	18 (4)	11 (17)	<10 (13)
Ce	<30 (3)	—	—	—	43(8)	23 (6)	33 (4)	29 (17)	≤25 (13)
Nd	<10 (3)	—	—	—	23 (8)	18 (9)	28 (4)	17(17)	8(13)
Y	24 (3)	—	—	—	43(8)	17 (9)	25(4)	23 (17)	16 (13)
Yb	2,6 (3)	—	—	—	4,6(8)	3,0(5)	2,8 (2)	3,2 (17)	2,8 (12)
K/Na	0,40	0,58	0,59	0,60	0,65	0,37	0,67	0,37	0,19
K/Rb	645	550	475	400	375	640	425	600	785
Ba/Sr	1,05	1,04	1,30	1,14	2,68	1,51	1,75	1,69	0,55
Nb/Ta	2,5	5,8	4,0	4,6	4,7	2,7	—	6,7	1,6
Zr/Hf	70	40	72	41	42	—	—	—	—
Ni/Co	2,85	2,4	2,3	1,4	1,7	2,0	1,6	1,4	0,7
V/Ni	2,1	2,8	3,2	4,1	4,0	3,3	8,3	6,2	16,2
La/Yb	3,8	—	—	—	6,5	3,3	6,4	3,4	4

Примечание. Типы базальтов те же, что в табл. 1. Содержание Na, K, R, Ti — вес.%, остальных элементов — г/т. В скобках — число анализов. Содержание микроэлементов в средних типах базальтов даны по (°) с учетом новых данных авторов, а для Nb и Ta — по (°). Анализы Na, K, Rb, Li, F, B, Be, Ba, Sr, Ag, Nb, Ta, Zr, Hf, La, Ce, Nd, Y, Yb выполнены в Институте геохимии СО АН СССР; Ni, Co, Cr, V, Ga, Pb, Zn, Cu, Sn в Геологическом институте ДВНЦ АН СССР; P, Ti — в Институте вулканологии ДВНЦ АН СССР.

межуточного состава. Тем не менее в большинстве случаев корреляционные связи между отдельными элементами не линейны (рис. 2).

Порядок поступления на поверхность базальтов разного состава (сначала магниево-умеренной щелочности, потом промежуточные и, наконец, глиноземистые субщелочные) ставит под сомнение возможность образования всей этой гаммы пород за счет дифференциации магмы в единой

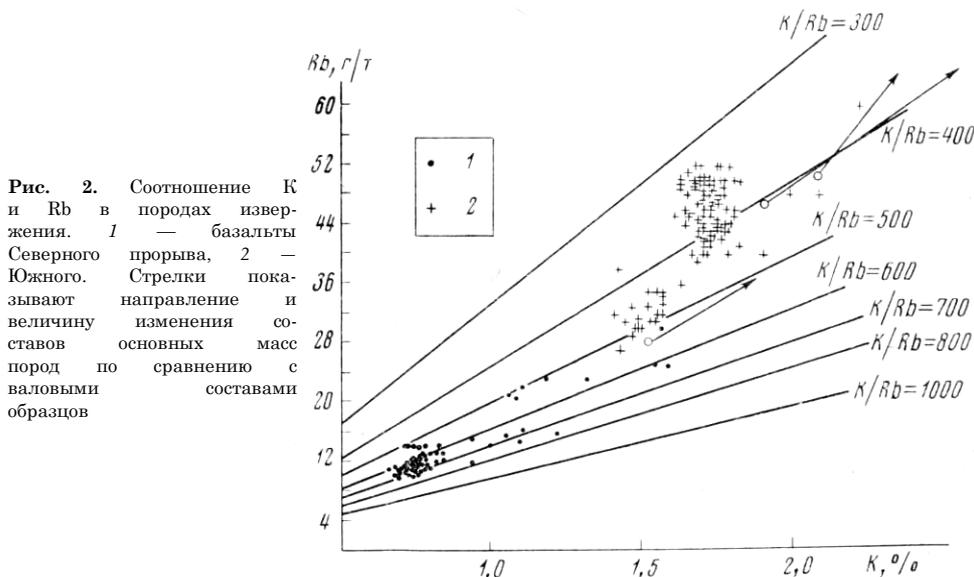


Рис. 2. Соотношение К и Rb в породах извержения. 1 — базальты Северного прорыва, 2 — Южного. Стрелки показывают направление и величину изменения составов основных масс пород по сравнению с валовыми составами образцов

магматической колонне. Предположение об изменении составов расплавов в ходе извержения вследствие выноса существенных количеств ряда петрогенных и редких элементов магматическими газами (2) не подтверждается при анализе металлической нагрузки последних (8). Исключено, по-видимому, и заметное влияние ассимиляции на образование разных типов базальтов, на что указывают данные изотопного состава Sr, а также отсутствие сколько-либо заметного усвоения ксенолитов базальтовым расплавом.

Изложенные данные свидетельствуют об известной самостоятельности магматических расплавов, за счет которых были сформированы вулканические продукты Северного и Южного прорывов. Это, в свою очередь, позволяет предположить, что расплавы поступали на поверхность из независимых (разноглубинных) очагов. Появление же пород промежуточного состава может быть связано со смешением расплавов разного состава. В пользу последнего свидетельствует ограниченный объем и время проявления базальтов промежуточного состава, приуроченность их к моменту смены в ходе извержения одного типа базальтов другим, наличие на фоне монотонного изменения составов базальтов переходного типа заметных неоднородностей содержаний различных элементов даже в образцах одного дня извержения, а также ряд рассмотренных ранее (2) особенностей минерального состава пород.

Поступило
8 VII 1977

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. А. Федотов и др., ДАН, т. 228, № 5, 1193 (1976). ² О. Н. Волюнец и др., ДАН, т. 228, № 6, 1419 (1976). ³ Л. Л. Леонова, И. Т. Кирсанов, Геохимия, № 6, 875 (1974). ⁴ Э. И. Пополитов и др., Геохимия, № 1, 29 (1976). ⁵ Э. И. Пополитов и др., Ежегодник по работам за 1974 г., Новосибирск, Ин-т геохим. СО АН СССР, 1976, стр. 92. ⁶ О. Н. Волюнец и др., Бюлл. вулканол. станций, № 52, 115 (1976). ⁷ Г. Фор, Дж. Пауэлл, Изотопы стронция в геологии, М., «Мир», 1974. ⁸ И. А. Мейнелов и др., ДАН, т. 230, № 2, 440 (1976).