

УДК 551.212+552.3

## ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ ПРОДУКТОВ ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ им. 50-летия ИВиС (КАМЧАТКА)

© 2013 г. А. О. Вольнец, Д. В. Мельников, А. И. Якушев

Представлено академиком Е.И. Гордеевым 15.04.2013 г.

Поступило 15.05.2013 г.

DOI: 10.7868/S0869565213280219

Толбачинский Дол – южная часть крупнейшей на Камчатке зоны моногенного вулканизма, пересекающей Ключевскую группу вулканов – активно формировался в голоцене [1, 2]. Последний эпизод активизации Дола зафиксирован в 1975–1976 гг. Это извержение известно под названием Большого Трещинного Толбачинского извержения (БТТИ) и хорошо изучено [1, 2]. Спустя 37 лет, 27 ноября 2012 г. на Толбачинском Долу началось новое извержение трещинного типа, получившее название Трещинного Толбачинского извержения имени 50-летия ИВиС (ТТИ-50). В нашей статье представлены первые данные, характеризующие состав пород нового извержения, и предпринята попытка рассмотреть эволюцию состава вулканистов за первые два месяца работы ТТИ-50.

Извержение началось с раскрытия трещины, фонтанирования и излияния лавы в прорыве Игоря Меняйлова (прорыв М) ( $55^{\circ}47'9''$  с.ш.,  $160^{\circ}19'39''$  в.д., высота 1900 м) (рис. 1). Несколько позже ниже по склону образовалась трещина прорыва Софьи Набоко (прорыв Н) ( $55^{\circ}46'6''$  с.ш.,  $160^{\circ}18'59''$  в.д., высота 1650 м).

Породы прорыва М представлены субафировыми черными трахиандезибазальтами (табл. 1, рис. 2) с редкими суб- и фенокристаллами Pl, Ol, Crx, а также их гломеропорфировыми сростками. Микролиты основной массы, обладающей пилотакситовой и гиалопилитовой структурой, представлены главным образом Pl, часто имеющим форму “ласточкин хвост”, и в подчиненном количестве – изометричными кристаллами Ol, Px, TiMt. В целом особенности микроструктур и тек-

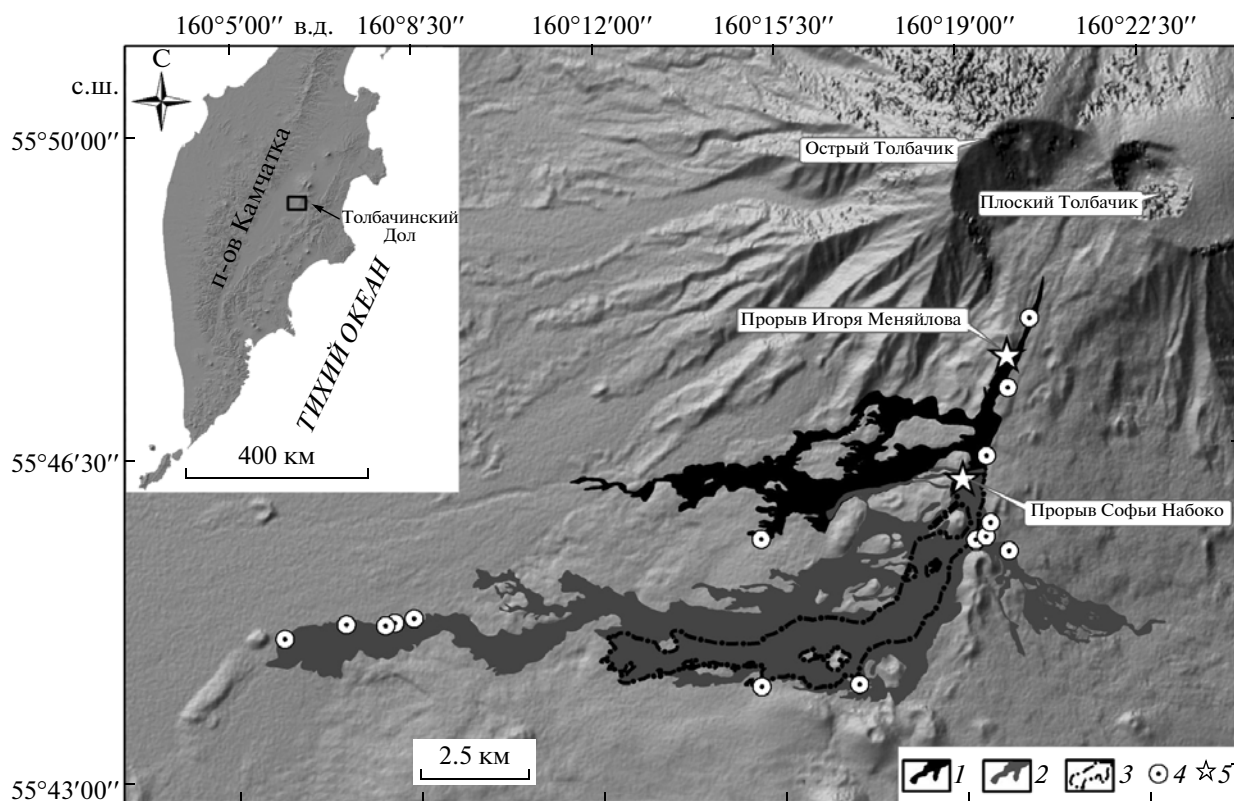
стур лав начала извержения свидетельствуют об очень быстром поступлении магмы на поверхность. Породы прорыва Н также представлены трахиандезибазальтами, но более основного состава (табл. 1, рис. 2). В них увеличивается количество вкрапленников, появляются более крупные вкрапленники Pl (до 1 см в поперечнике при толщине 1–2 мм) и Ol (до 3 мм в поперечнике). При этом общий облик породы остается субафировым.

Химический состав продуктов извержения приведен в табл. 1 и на рис. 2, 3. Наиболее богаты SiO<sub>2</sub> первые порции лав прорыва М. С декабря, когда активность полностью сосредоточилось в прорыве Н, произошло довольно резкое изменение состава продуктов извержения: содержание SiO<sub>2</sub> упало практически на 2% и оставалось на этом уровне до конца января; при этом выросли значения MgO, TiO<sub>2</sub>, Mg# и уменьшились – K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O и отношение K<sub>2</sub>O/MgO. Первые порции лав прорыва Н от 2–7 декабря по Mg#, содержанию SiO<sub>2</sub>, MgO и щелочей, отношению K<sub>2</sub>O/MgO могут рассматриваться как промежуточные между лавами прорыва М и более поздними лавами прорыва Н. Состав пород прорыва Н в течение декабря и января оставался практически неизменным; исключение – шлак от 31 декабря, отличающийся пониженными концентрациями SiO<sub>2</sub>, CaO, K<sub>2</sub>O и повышенными – FeO.

Содержание микроэлементов закономерно изменяется в зависимости от валового состава пород. Так, Rb, Ba, Zr, Y коррелируются с содержанием кремнезема положительно, а Cr, Ni, Co – отрицательно. Породы прорыва М имеют несколько более высокие концентрации РЗЭ и других несовместимых микроэлементов, чем породы прорыва Н, при одинаковых межэлементных отношениях (рис. 3). Такие особенности вещественного состава могут говорить о связи пород двух прорывов нового извержения с процессами фракционирования единого исходного расплава. Заметный ев-

*Институт вулканологии и сейсмологии  
Дальневосточного отделения  
Российской Академии наук,  
Петропавловск-Камчатский*

*Институт геологии рудных месторождений,  
петрографии, минералогии и геохимии  
Российской Академии наук, Москва*



**Рис. 1.** Схема распространения лавовых потоков ТТИ-50 по состоянию на конец марта 2013 г. 1 – лавовые потоки прорыва Меняйлова; 2 – лавовые потоки прорыва Набоко; 3 – лавовые потоки прорыва Меняйлова, впоследствии в своем большинстве перекрыты лавами прорыва Набоко; 4 – места отбора проб; 5 – центры текущего извержения. Схема составлена на основе дешифрирования космических снимков TERRA ASTER (NASA, JPL), EO-1 ALI (NASA) и по результатам проведения полевых работ. Топографическая основа – ЦМР SRTM X-band (DLR).

ропиевый минимум на диаграмме распределения РЗЭ (не показано) указывает на существенную роль фракционирования плагиоклаза в процессе формирования магм нового извержения.

На рис. 2 видно, что породы ТТИ-50, извергшиеся в ноябре 2012–январе 2013 г., заметно отличаются от ранее изученных вулканических пород Толбачинского Дола. Все породы нового извержения имеют повышенную щелочность и концентрации  $TiO_2$ , при этом лавы прорыва М являются самыми кислыми разностями из всех ранее извергнутых здесь пород, а лавы прорыва Н, имея кремнекислотность, близкую к продуктам Южного прорыва БТТИ и другим глиноземистым андезибазальтам Дола, отличаются несколько более низкими концентрациями  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ . Особенности характеристики пород нового извержения вынудили нас искать сходные по типу породы в пределах всей Ключевской группы вулканов, на которую, собственно, и наложена региональная зона Толбачинского Дола. Оказалось, что продукты ТТИ-50 обнаруживают некоторое сходство с высоко-К породами массива Плоские Сопки и попадают в их эволюционные тренды, отличаясь, однако, по ряду элементов, наиболее ярко –

по содержанию титана (рис. 2). Андезибазальты ТТИ-50 имеют более высокие концентрации РЗЭ, Y, Nb, Hf, Zr, Ta, Ti, чем породы БТТИ; Nb, Ti, Ta в них также больше, чем в высоко-К породах массива Плоских Сопок (рис. 3).

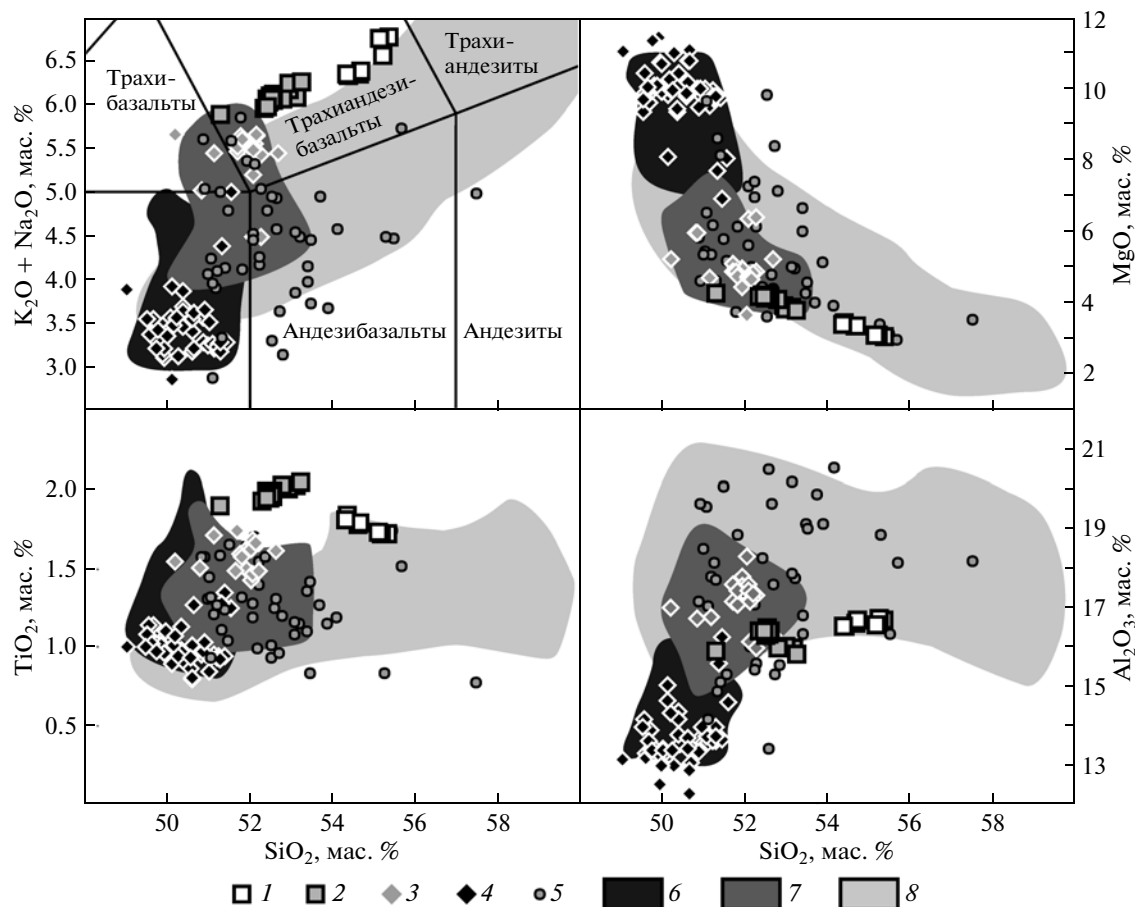
Резюмируя изложенное, можно утверждать, что по своим геохимическим характеристикам породы ТТИ-50 являются уникальными для Толбачинского Дола. При этом особенности их состава позволяют предполагать генетическую связь изученных пород с источниками базальтов Южного прорыва БТТИ и глиноземистых базальтов Дола. Различия пород верхнего (М) и нижнего (Н) прорывов нового трещинного извержения могут быть связаны с тем, что изливающиеся из них магмы принадлежат разным уровням единой магматической камеры. В прорыве М извергалась прикровельная порция магмы, претерпевшая заметную дифференциацию и, возможно, ассимиляцию вмещающих пород; в прорыве Н, расположенном гипсометрически ниже, начали дренироваться менее фракционированные части магматического очага.

Авторы благодарят Н.В. Горбач, Н.А. Малик, Б. Эдвардса (Benjamin Edwards), А.Б. Белоусова за предоставленные образцы, А.Д. Бабанского – за

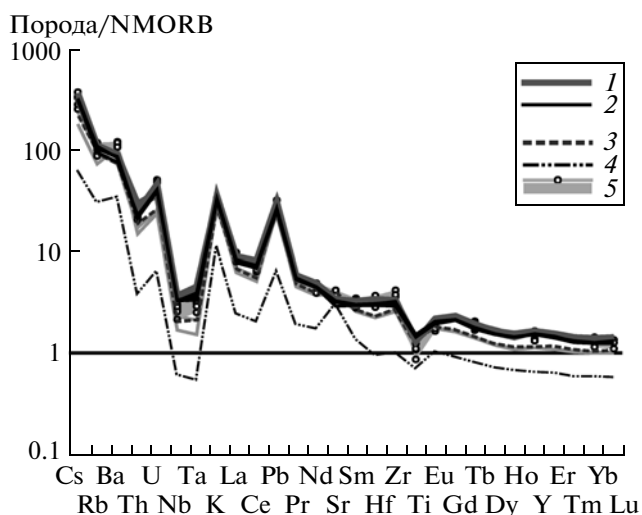
**Таблица 1.** Представительные анализы пород ТТИ-50, изверженных 27.11.2012–25.01.2013 г.

Компонент	Номер образца							
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	53.76	54.68	52.41	52.06	51.74	50.45	51.75	51.76
TiO <sub>2</sub>	1.82	1.70	2.00	2.00	1.92	1.87	1.96	1.93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.32	16.5	15.76	15.74	16.07	15.63	16.2	16.19
FeO*	9.20	8.65	10.32	10.51	10.56	12.57	10.49	10.55
MnO	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17
MgO	3.37	2.98	3.81	4.02	4.1	4.18	4.13	4.15
CaO	7.26	6.67	7.56	7.48	7.37	7.02	7.32	7.31
Na <sub>2</sub> O	3.81	4.04	3.52	3.56	3.58	3.48	3.61	3.58
K <sub>2</sub> O	2.45	2.64	2.48	2.41	2.37	2.31	2.38	2.36
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.69	0.77	0.6	0.66	0.7	0.68	0.7	0.7
Сумма	98.84	98.79	98.63	98.61	98.59	98.37	98.71	98.70
Li	21.7	20.9	18.5	17.9	18.2	19.6	18.4	18.9
Be	2.0	2.1	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0
Sc	27.3	25.8	30.3	29.3	28.3	27.5	26.9	27.4
V	264	214	260	306	302	286	286	299
Cr	15	8	20	20	30	79	33	42
Co	26	24	20	27	31	41	33	40
Ni	11	11	30	40	36	71	32	38
Ga	19.83	21.3	21.07	21.1	20.9	21.1	20.5	20.5
Rb	64	65	62	64	60	56	62	60
Sr	312	322	312	307	311	274	304	310
Y	52	50	39	43	48	44	50	46
Zr	257	262	227	245	252	226	252	257
Nb	9	9	8	8	8	8	8	8
Cs	2.3	2.7	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2
Ba	571	604	557	553	566	504	554	574
La	22.3	23.7	21.7	21.5	21.2	21.2	20.6	21.4
Ce	56.5	63.6	57.7	55.0	55.2	54.3	54.2	55.7
Pr	7.8	8.2	7.6	7.6	7.4	7.5	7.3	7.5
Nd	35.7	37.7	34.4	34.8	34.5	33.7	33.8	34.8
Sm	8.4	9.0	8.3	8.4	8.2	8.1	8.2	8.2
Eu	2.2	2.4	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.2
Gd	8.6	9.0	8.1	8.3	8.2	8.1	8.2	8.2
Tb	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
Dy	7.8	7.9	7.3	7.4	7.3	7.2	7.2	7.4
Ho	1.6	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Er	4.6	4.8	4.5	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4
Tm	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Yb	4.4	4.5	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.1
Lu	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Hf	7.3	7.3	6.7	6.7	6.7	6.4	6.5	6.6
Ta	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tl	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3
Pb	8.4	9.7	8.4	8.4	8.2	8.2	7.9	8.0
Th	3.7	3.2	2.7	2.8	2.7	2.9	2.7	2.8
U	1.8	2.3	2.0	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0

Примечание. Концентрации главных петрогенных оксидов (мас. %), микроэлементов (г/т). Обр. 1, 2 – прорыв Меняйлова, остальные – прорыв Набоко: 1 – TOLB-1201 (лава, 27.11.2012 г.), 2 – ТМ-08 (лава, 27.11.2012 г.), 3 – ТМ-1 (лава, 02.12.2012 г.), 4 – ТМ-6 (лава, 10.12.2012 г.), 5 – ТМ-10 (лава, 22.12.2012 г.), 6 – TOLB-1204 (шлак, 31.12.2012 г.), 7 – Тм-14 (лава, 21.01.2013 г.), 8 – TOLB-1307 (бомба, январь 2013 г.). Анализы главных петрогенных оксидов, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Pb выполнены в ИГЕМ РАН методом XRF, остальные микроэлементы проанализированы в ИПТМ РАН методом ICP-MS. Все Fe в форме FeO.



**Рис. 2.** Вариационные диаграммы пород ТТИ-50. 1, 2 – ТТИ-50: 1 – прорыв М, 2 – прорыв Н; 3, 4 – БТТИ: 3 – Южный прорыв, 4 – Северный прорыв; 5 – вулканы Плоский, Острый Толбачики; 6, 7 – Толбачинский Дол, породы: 6 – высоко-Mg, 7 – высоко-Al; 8 – породы вулканического массива Плоских Сопок. Составы пород Толбачинского Дола [1, 3–5], Острога, Плоского Толбачиков [5, 6], Плоских Сопок [7, 8]. Дискриминационные линии на диаграмме  $K_2O + Na_2O - SiO_2$  [9].



**Рис. 3.** Распределение РЗЭ и микроэлементов в породах ТТИ-50. 1, 2 – ТТИ-50: 1 – прорыв М, 2 – прорыв Н; 3, 4 – БТТИ: 3 – Южный прорыв, 4 – Северный прорыв; 5 – высоко-K породы вулканического массива Плоских Сопок. Концентрации элементов в NMORB [10].

содействие в аналитических работах, М.М. Певзнер, А.Д. Бабанского – за ценные критические замечания, В.С. Родина – за помощь в пробоподготовке.

Работа выполнена при финансовой поддержке ИВиС ДВО РАН, Программы 9 фундаментальных исследований ОНЗ РАН, грантов ДВО РАН 12–III–А–08–165 (А. Волынец), NSF RAPID 1321648 (Б. Эдвардс).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большое трещинное Толбачинское извержение (1975–1976 гг. Камчатка) / Под ред. С.А. Федотова, Г.Б. Флерова, А.М. Чиркова. М.: Наука, 1984. 637 с.
2. Федотов С.А., Балеста С.Т., Двигало В.Н. и др. // Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука, 1991. С. 214–274.
3. Волынец О.Н., Флеров Г.Б., Пополитов Э.И., Абрамов В.А., Петров Л.Л., Щека С.А. // ДАН. 1978. Т. 238. № 4. С. 940–943.

4. *Churikova T., Dorendorf F., Woerner G.* // *J. Petrol.* 2001. V. 42. P. 1567–1593.
5. *Portnyagin M., Bindeman I., Hoernle K., Hauff F.* // *Volcanism and Subduction: The Kamchatka Region.* Wash. (D.C.): AGU, 2007. V. 172. P. 203–244.
6. *Ермаков В.А., Важеевская А.А.* // Бюл. вулканол. станций АН СССР. 1973. № 49. С. 36–43.
7. *Чурикова Т.Г., Соколов С.Ю.* // *Геохимия.* 1993. № 10. С. 1439–1448.
8. *Чурикова Т.Г.* Геохимия и моделирование магматического процесса вулканов Ключевской группы / Дис. канд. геол.-минерал. наук. М.: МГУ. 1993. 155 с.
9. *A Classification of the Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences on the Systematics of Igneous Rocks / R.W. Le Maitre Ed.* Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1989. 193 p.
10. *Sun S.S., McDonough W.F.* // *Geol. Soc. London Spec. Publ.* 1989. V. 42. P. 313–345.