

Порфировые и афировые высокомагнезиальные базальты конуса 1004 в контексте представлений о механизмах формирования магматической серии пород Толбачинского дола (Камчатка)

Черкашин Р.И., Озеров А.Ю.

Porphyric and aphyric high-magnesian basalts of the 1004 Cone in the context of ideas about formation mechanisms of the magmatic series of the Tolbachinsky Dol rocks (Kamchatka)

Cherkashin R.I., Ozerov A.Yu.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;
e-mail: romache@kscnet.ru*

Порфировые и афировые высокомагнезиальные базальты конуса 1004 (Толбачинский дол) сходны по содержаниям MgO, SiO₂, Al₂O₃, но отличаются по содержаниям K₂O, P₂O₅, TiO₂, CaO и всего ряда микроэлементов. Эти наблюдения не согласуются с представлениями о различном глубинном генезисе этих двух типов высокомагнезиальных пород Толбачинского дола.

Введение

Вулкан Толбачик привлекает внимание петрологов по всему миру со времен двух последних крупных трещинных извержений: Большое трещинное Толбачинское извержение 1975-1976 гг. (БТТИ) [3 и ссылки в ней] и Трещинное Толбачинское извержение 2012-2013 гг. имени 50-летия Института вулканологии (ТТИ-50) [1 и ссылки в ней]. Среди вулканов Камчатки Толбачик отличается довольно редкими лавами высоко-калиевых серий [4]. Состав пород Толбачинского дола имеет широкий разброс от высокомагнезиальных базальтов к высокоглиноземистым базальтам-андезибазальтам, с преобладанием по объему глиноземистых разновидностей пород [1, 3].

Несмотря на многолетние исследования вулкана Толбачик в XX-XXI вв., на сегодняшний день при изучении этого объекта остается ряд важных нераскрытых или дискуссионных вулканологических и петрологических вопросов. Один из них – вопрос о наличии единого либо различных источников магм, формирующих магматическую серию пород Толбачинского дола. Проблемы эволюции пород вулкана Толбачик ранее пытались решить геохимическими и изотопными методами с точки зрения валовых составов вулканических пород [1, 3, 4, 6]. При этом недостаточно внимания уделялось изучению состава породообразующих минералов и структур пород, которые должны отражать предложенные эволюционные механизмы формирования серии пород Толбачика.

Высокомагнезиальные (ВМ) вулканические породы (MgO ≥ 10 вес. %) считаются наиболее примитивными членами в ряду широких по составу серий магматических пород, из которых формируются все последующие члены петрохимического эволюционного ряда [2]. В данной работе представлены петрографическая, петрохимическая, геохимическая характеристика порфировых и афировых высокомагнезиальных базальтов (ВМ-Б) доисторического извержения конуса (к.) 1004 как одного из ключевых объектов в понимании эволюции серии пород Толбачинского дола.

Методы исследования

Исследования валового вещественного состава пород проводились в Центре коллективного пользования (ЦКП) «Геодинамика и геохронология» Института земной коры СО РАН (г. Иркутск). Содержания петрогенных оксидов определялись на рентгенофлуоресцентном спектрометре S8 Tiger (Bruker AXS, Германия). Состав микроэлементов анализировали методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7900 (Agilent Technologies Inc., США). Для градуировки прибора и контроля измерений использовали

стандартные образцы Геологических служб США основного состава – базальты BCR-2, BHVO-2.

Результаты и обсуждение

Извержение к.1004, согласно тефрохронологическим датировкам [3, 5], произошло около ~1600 лет назад. Постройка конуса образовалась в результате двух фаз извержения, согласно [3], она несимметрична и вытянута в меридиональном направлении. В разных частях постройки конуса встречаются как порфиоровые разности ВМ-базальтов с крупными оливинами (Ol) и клинопироксенами (Cpx) (от 1-3 до 5-7 мм), слагающими до 10 % объема породы, так и афировые ВМ-лавы, не содержащие крупных вкрапленников минералов (рис. 1). При рассмотрении микроструктуры пород в шлифах обнаруживается более высокая степень раскристаллизованности основной массы афировых базальтов по сравнению с порфиоровыми (рис. 1в, г). Эта разница выражается в обилии мелких микролитов оливина и клинопироксена размером ~0.1 мм в афировых лавах (фельзитовая структура) и в относительно редких микролитах в основной массе порфиоровой лавы, наряду с более высокой долей свежего вулканического стекла в ней (витрофировая структура).

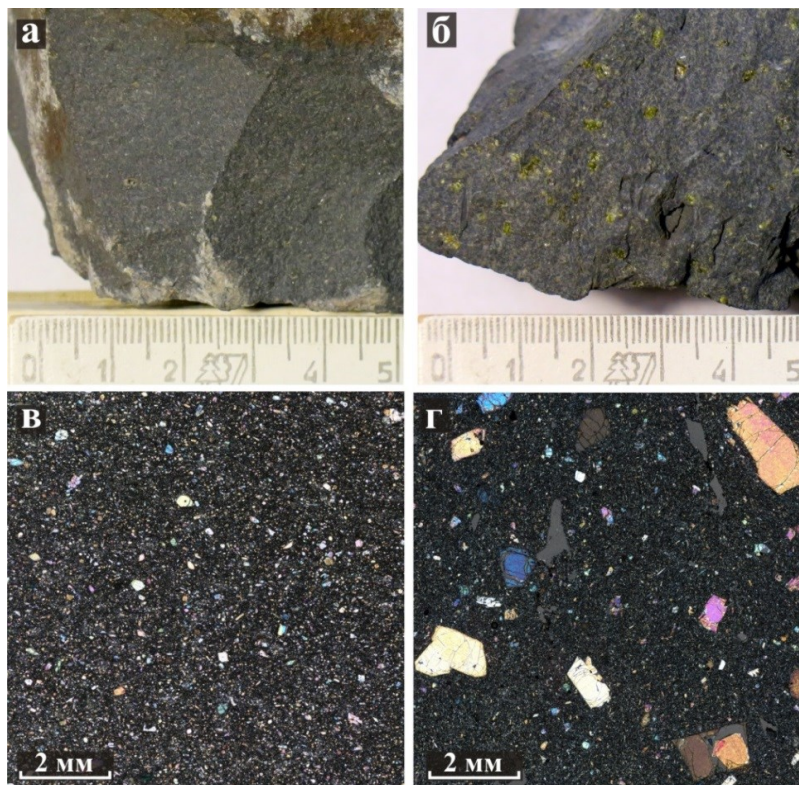


Рис. 1. Фотографии образцов ВМ-базальтов конуса 1004 и изображения их шлифов (в скрещенных николях): породы с афировой (а, в) и порфиоровой (б, г) структурами. а, в – плотный афировый ВМ-базальт с многочисленными микролитами Ol и Cpx (размер 0.1-0.3 мм); б, г – плотный порфиоровый ВМ-базальт с крупными (2-5 мм) вкрапленниками Ol и Cpx.

Содержания главных элементов идентичны в порфиоровых и афировых ВМ-базальтах к.1004: SiO₂ 50.01-50.41 и 50.16-50.42 вес. %, MgO 9.59-10.74 и 9.89-10.11 вес. %, Al₂O₃ 13.39-13.76 и 13.04-13.68 вес. %, соответственно. При этом концентрации K₂O, P₂O₅, TiO₂, и целого ряда несовместимых микроэлементов (Cs, Rb, Ba, Th, U, Nb, Ta, Zr, все легкие РЗЭ) в 1.5-2.0 раза выше в порфиоровых разностях пород конуса в сравнении с афировыми (рис. 2, 3). В свою очередь, концентрации CaO на 2-3 вес. % выше в афировых базальтах, чем в порфиоровых (рис. 2).

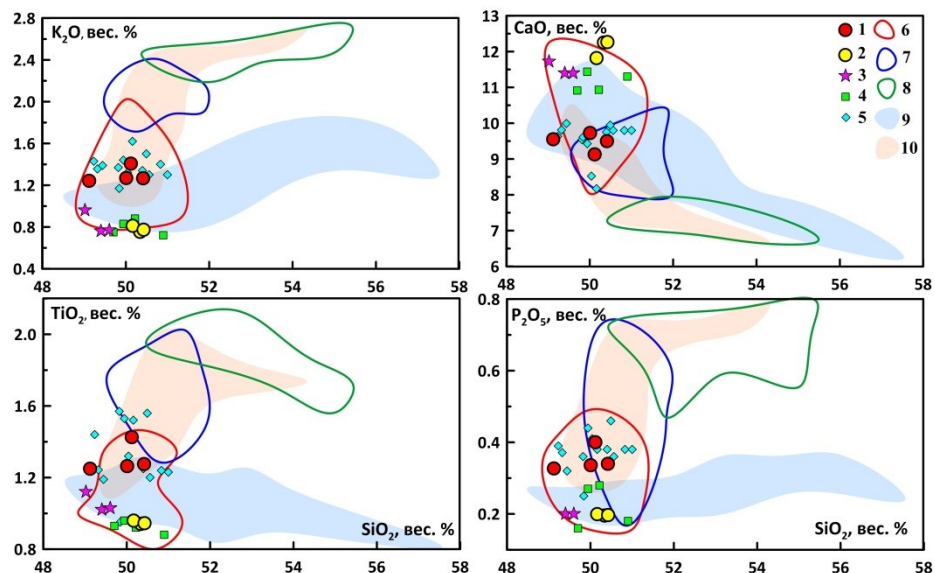


Рис. 2. Диаграммы Харкера для порфировых и афировых ВМ-базальтов к. 1004 и других пород Толбачинского дола. 1 – порфировые ВМ-базальты к. 1004; 2 – афировые ВМ-базальты к. 1004 (эта работа); 3 – афировые ВМ-базальты к. Красный; 4 – афировые ВМ-базальты к. Песчаные горки; 5 – базальты к. 1941 г.; 6 – базальты Северного прорыва БТТИ; 7 – базальты Южного прорыва БТТИ; 8 – базальты и андезибазальты извержения ТТИ-50; 9, 10 – породы Толбачинского вулканического массива тренда 1 (умеренно-калиевые) и тренда 2 (высоко-калиевые), соответственно, по [4]. Опубликованные данные по [1 и ссылки в ней, 3 и ссылки в ней, 4, 6].

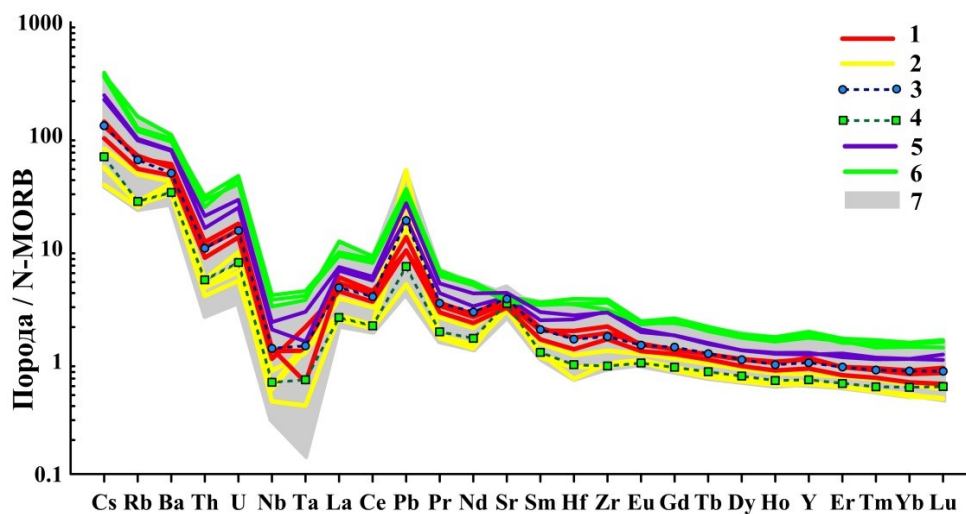


Рис. 3. Распределение микроэлементов в базальтах Толбачинского дола: 1 – порфировые ВМ-базальты к. 1004; 2 – афировые ВМ-базальты к. 1004; 3 – высоко-калиевые ВМ-базальты к. 1004 (типа К-НМВ); 4 – умеренно-калиевые ВМ-базальты к. Песчаные горки (типа НМВ) по [6]; 5 – высокоглиноземистые (ВГ) базальты Южного прорыва БТТИ; 6 – ВГ-базальты-андезибазальты извержения ТТИ-50, по нашим данным и по [6]; 7 – поле составов пород Толбачинского дола (эта работа и по [1]).

Различия в концентрациях K_2O , P_2O_5 , TiO_2 и целого ряда микроэлементов, вероятно, отражены в большей доле свежего К-содержащего вулканического стекла в основной массе порфировых базальтов по сравнению с афировыми. Повышенные содержания СаО в афировых ВМ-базальтах к. 1004 связаны с большой массой микролитов и субфенокристаллов Са-содержащего клинопироксена по сравнению с порфировыми породами.

Афировые разности ВМ-базальтов к. 1004 ранее не были описаны, между тем, по своим петрохимическим и геохимическим характеристикам они аналогичны

афировым ВМ-базальтам других конусов Толбачинского дола, например, конусов Красный и Песчаные горки и ВМ-базальтам Северного прорыва БТТИ (рис. 2). Порфиоровым ВМ-базальтам к. 1004 по химическим характеристикам соответствуют ВМ-базальты к. 1941 г. (рис. 2), также порфиоровые по своему облику и содержащие крупные вкрапленники оливина [3 и ссылки в ней].

По содержаниям K_2O , P_2O_5 , TiO_2 и всего спектра микроэлементов порфиоровые и афировые ВМ-базальты к. 1004 соответствуют ранее выделенным [1, 6] геохимически контрастным типам НМВ и К-НМВ высокомагнезиальных базальтов Толбачинского дола. Данные типы примитивных базальтов Толбачика ранее предлагались в качестве родоначальных магм с различным мантийным генезисом, дающих начало двум разным химическим трендам лав Толбачика по содержанию K_2O и несовместимых элементов [4, 6].

Степень различия концентраций K_2O и широкого спектра микроэлементов между ВГ-базальтами Южного прорыва БТТИ и ВГ-базальтами-андезибазальтами извержения ТТИ-50 такая же или даже ниже, чем в порфиоровых и афировых ВМ-базальтах к. 1004 (рис. 3). В свою очередь, эти геохимические различия ранее у исследователей [1 и ссылки в ней] служили аргументом против того, что составы пород ТТИ-50 были унаследованы от магм, питавших Южный прорыв БТТИ. Подобную разницу в концентрациях калия и микроэлементов в петрохимически сходных лавах обычно связывают с участием различных источников магм в их формировании [1, 4, 6].

Выводы

Тесное взаимонахождение двух геохимически контрастных типов ВМ-базальтов в теле постройки конуса 1004 исключает их различное глубинное происхождение, как предполагалось ранее. Новые данные о ВМ-базальтах к. 1004 дают основание предполагать существование альтернативных, неглубинных механизмов дифференциации K_2O и ряда микроэлементов в серии пород Толбачинского дола и Толбачинского вулканического массива в целом. Планируется дальнейшее детальное изучение ВМ-базальтов Толбачинского дола комплексом петрологических методов с целью установить механизмы и физико-химические условия, приводящие к формированию петрохимически сходных, но геохимически и петрографически контрастных лав и их одновременному извержению в пределах одного конуса.

Список литературы

1. Гордеев Е.И., Добрецов Л.Н. Толбачинское трещинное извержение 2012-2013 гг. (ТТИ-50). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017. 421 с.
2. Озеров А.Ю., Аriskин А.А., Бармина Г.С. К проблеме генетических взаимоотношений высокоглиноземистых и высокомагнезиальных базальтов Ключевского вулкана (Камчатка) // Доклады Академии наук. 1996. Т. 350. № 1. С. 104-107.
3. Федотов С.А. Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка. 1975-1976. / Отв. ред. С.А. Федотов, Г.Б. Флеров, А.М. Чирков. М.: Наука, 1984. 637 с.
4. Churikova T.G., Gordeychik B.N., Iwamori H. et al. Petrological and geochemical evolution of the Tolbachik volcanic massif, Kamchatka, Russia // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2015. V. 307. P. 156-181. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.10.026>
5. Ponomareva V., Portnyagin M., Pevzner M. et al. Tephra from andesitic Shiveluch volcano, Kamchatka, NW Pacific: chronology of explosive eruptions and geochemical fingerprinting of volcanic glass // International Journal of Earth Sciences. 2015. V. 104. № 5. P. 1459-1482. <https://doi.org/10.1007/s00531-015-1156-4>
6. Portnyagin M., Duggen S., Hauff F. et al. Geochemistry of the late Holocene rocks from the Tolbachik volcanic field, Kamchatka: quantitative modelling of subduction-related open magmatic systems // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2015. V. 307. P. 133-155. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.08.015>