

Возраст и геохимия пород вулканического массива Ахтанг, Срединный хребет Камчатки**А.О. Вольнец¹, М.М. Певзнер², В.А. Лебедев³, М.Л. Толстых⁴, А.Д. Бабанский³**¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский 683006, e-mail: a.volynets@gmail.com*² *Геологический институт РАН, Москва*³ *Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва*⁴ *Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва*

Срединный хребет – один из наименее изученных вулканических районов Камчатки. Большинство исследователей склоняются к тому, что в позднем миоцене-плиоцене в результате аккреции Кроноцкой дуги субдукция под СХ была заблокирована [4, 6 и др.]. У восточных берегов Камчатки образовалась новая зона погружения Тихоокеанской плиты, с которой связана современная вулканическая активность в Восточном вулканическом поясе и Центральной Камчатской депрессии. Причины проявления плиоцен-четвертичной активности в СХ до сих пор остаются дискуссионными. Вулкан Ахтанг (55° 25.643' с.ш., 158 ° 39.210' в.д., h 1954.6 м) – крупнейшая вершина восточного фланга южной части СХ – расположен на водоразделе рек Сухарики и Караковая. Зона моногенного вулканизма пересекает склоны и подножие вулкана в северо-восточном направлении. Единичные данные о составе пород этого вулканического центра были опубликованы в работе [8] и в объяснительной записке к Государственной геологической карте [2]. Возраст пород, слагающих постройку вулкана, на геологической карте показан как позднечетвертичный, а зона наложенного моногенного вулканизма отнесена к голоцену [2].

Нами проведено К-Аг изотопное датирование лав разных структурно-геоморфологических объектов (Табл.). Полученные результаты позволили выделить несколько этапов вулканической активизации массива Ахтанг, а также впервые документально подтвердить наличие периодов покоя. Зафиксированное начало активности (этап I) датируется плиоценом (4.9 – 4.0 млн л.н., табл.). На этом этапе были сформированы платообразные эффузивы, широко представленные на южном и, в меньшей степени, на западном подножии массива. На завершающей стадии был сформирован главный конус вулкана Ахтанг (h 1954.6 м). После перерыва длительностью около 2 млн лет начался II этап активизации, раннеплейстоценовый (1.9 – 1.7 млн л.н., табл.). На этом этапе в ЗСЗ секторе массива в крупном обвальном цирке плиоценовой постройки образовался лавовый вулкан (h ~ 1500 м), а на завершающей стадии – относительно небольшой лавовый центр на ЮЗ подножии главной вершины Ахтанга (h 1751.3 м). Третий этап активизации (III), среднеплейстоценовый (0.3 – 0.2 млн л.н., табл.), начался после перерыва продолжительностью около 1.5 млн лет. Этот этап характеризуется формированием многочисленных моногенных центров, секущих массив в СВ направлении. Предположительно, этап может состоять из двух или даже трех последовательных эпизодов, когда образовывались существенно лавовые (щитовой вулкан) или существенно пирокластические образования (шлаковые конусы). К этому этапу относится и формирование третьей ЮЗ вершины массива (h 1655.9 м), которую мы называем Молодым Ахтангом.

По результатам тефрохронологических исследований вулканизм голоценового времени в массиве Ахтанг не зафиксирован [5].

Таблица. Результаты К-Аг датирования лав вулканического массива Ахтанг и сопряженной зоны моногенного вулканизма, Срединный хребет Камчатки

| № авт. | Привязка | Описание породы | Возраст, млн лет $\pm 2\sigma$ | Этап вулк. акт-ти |
|----------|--|---------------------------|--------------------------------|-------------------|
| АХ-1302 | Шлаковый конус финальной стадии образования Молодого Ахтанга | О1-Рх-Р1 базальт | 0.24 \pm 0.055 | III |
| АХ-1353 | Щитовой вулкан на правом берегу р. Караковой | О1-Рх-Р1 андезибазальт | 0.25 \pm 0.07 | |
| АХ-1343 | Шлако-лавовый конус на ЮЗ подножии Ахтанга | О1 базальт | 0.295 \pm 0.035 | |
| КАР-1301 | Шлаковый конус на правом берегу р. Караковой | Крупно-О1 базальт | 0.31 \pm 0.08 | |
| АХ-1337 | Лава начальной фазы формирования Молодого Ахтанга | О1-Рх-Р1 андезибазальт | 0.32 \pm 0.12 | |
| АХ-1326 | Лава, бронирующая перевал на ЮЗ склоне Ахтанга | Субафировый андезибазальт | 1.7 \pm 0.1 | II |
| АХ-1329 | Лавовый вулкан в обвальном цирке Ахтанга | О1-Рх-Р1 андезит | 1.93 \pm 0.06 | |
| АХ-1322 | Главная вершина вулк. Ахтанг | О1-Рх-Р1 базальт | 4.0 \pm 0.2 | I |
| АХ-1304 | Платоэффузивы в 6 км к ЮЮЗ от главной вершины | О1-Рх-Р1 андезибазальт | 4.4 \pm 0.2 | |
| АХ-1340 | Платоэффузивы в 6 км к ЮЗ от главной вершины | Крупно-Рх андезибазальт | 4.9 \pm 0.2 | |

Примечания: Определение содержания радиогенного аргона проводилось в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН на масс-спектрометре МИ-1201 ИГ методом изотопного разбавления с применением в качестве трасера ^{38}Ar ; определение калия – методом пламенной спектрофотометрии [3]. При расчете возраста использовались константы: $\lambda_e=0.581 \times 10^{-10} \text{ год}^{-1}$; $\lambda_\beta=4.962 \times 10^{-10} \text{ год}^{-1}$; $^{40}\text{K}=0.01167 \text{ (ат.%)}$ [13]. Для анализов использованы основные массы пород, выделенные из лав.

Изученные вулканические породы принадлежат к умеренно-калиевой известково-щелочной серии и представлены рядом от базальтов до андезитов. Для них характерны умеренные содержания TiO_2 , Al_2O_3 , CaO и P_2O_5 , слегка повышенные, в сравнении с другими породами Срединного хребта, значения Mg\# . В целом же породы Ахтанга отвечают по составу изученным ранее породам восточной ветви Срединного хребта [1].

В серии представительных образцов были измерены содержания микроэлементов. Все изученные образцы имеют типично-островодужный характер распределения микроэлементов с повышенными содержаниями крупноионных литофильных элементов и в различной степени пониженными – высокозарядных элементов (рис. 1). Для пород I этапа активности (рис. 1А) характерны сильно обедненные содержания Nb, Ta, Hf, Zr и P3Э и повышенные отношения LILE/HFSE. По характеру распределения микроэлементов эти породы сходны с платобазальтами, извергавшимися в Срединном хребте в неогеновое время [15]. Таким образом, согласно полученным изотопным датировкам возраста и геохимии пород, постройка вулкана Ахтанг может являться центром, из которого происходили излияния платообразных лавовых потоков в период 4.9 – 4.0 млн лет назад. Следующий этап (II) характеризуется проявлениями наиболее кислых для Ахтанга пород андезитового состава с обогащенными спектрами несовместимых микроэлементов, с концентрациями Nb до 8.5 г/т, Ta – 0.53 г/т, однако в породах базальтового состава II этапа распределение

микроэлементов имеет островодужный характер (рис. 1А). Для пород III этапа (рис. 1Б) характерны разнообразные спектры распределения микроэлементов. Эпизоды активизации, происходившие 0.31 и 0.24 млн л.н. и представленные породами с наименее фракционированным составом (базальты с содержаниями SiO_2 около 51 % и MgO 7,29-7,86 %) характеризуются типично-островодужными спектрами с низкими концентрациями HFSE и высокими – LILE; их состав наиболее близок к составу пород I этапа. Субодновременно с ними были образованы моногенные центры с несколько более эволюционировавшим составом пород (до 54 % SiO_2) и более высокими концентрациями высокозарядных элементов; наиболее «продвинутыми» являются лавы щитового вулкана, содержащие 56.56 % кремнезема и 7.9 г/т Nb. При этом, для пород II и III этапов активизации характерны положительные корреляции Nb, Ta, Hf, Zr с содержанием кремнезема, калия, отрицательные – с Ni (тогда как для лав I этапа таких зависимостей не наблюдается). Это дает нам основания полагать, что повышенные концентрации HFSE в андезитах II этапа (1.9 млн л.н.) и лавах щитового вулкана последней стадии активизации, скорее всего, не унаследованы из первичных магм, а приобретены в процессе эволюции магм в открытой системе [10]. Вместе с тем, характер распределения микроэлементов не позволяет ограничить причины вариаций химического состава пород вулкана только процессами фракционирования, даже в открытой системе, предполагая некоторую гетерогенность мантийных и флюидных источников, вовлеченных в магмогенезис на протяжении почти 5 млн лет.

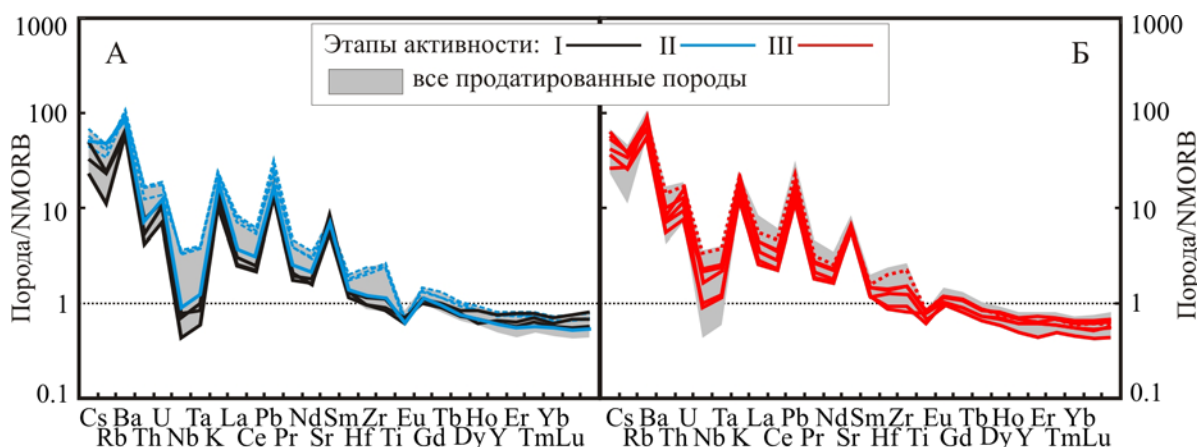


Рис. 1. Диаграммы распределения несовместимых элементов, нормированных к N-MORB [14], для датированных пород вулканического массива Ахтанг. Пунктир – породы андезитового состава.

Выводы.

1. Впервые получены геохимические данные, характеризующие эволюцию массива Ахтанг на протяжении плиоцен-четвертичного времени. Показано, что в составе пород массива преобладают базальтовые и андезибазальтовые разности с островодужным типом распределения микроэлементов.

2. По результатам впервые проведенного К-Аг датирования выделено три этапа активизации: 4.9 – 4.0, 1.9 – 1.7 и 0.3 – 0.2 млн лет назад.

3. Для платоэффузивов плиоценового времени впервые установлен центр излияний. Доказаны одновозрастность и принципиальное геохимическое сходство пород, слагающих вершинную часть постройки вулкана Ахтанг и платоэффузивов его подножия.

4. На примере массива Ахтанг впервые документально подтверждено наличие длительных (1.5 – 2 млн лет) перерывов в вулканической активности, после которых менялся характер эруптивной активности (от извержений стратовулкана к моногенному вулканизму). Выделенные нами этапы активизации массива Ахтанг коррелируют с региональными эпизодами усиления вулканической активности СЗ Пацифики [12], а

среднеплейстоценовый этап оказался синхронен эпизоду активизации, приведшему к образованию Ключевской группы вулканов [7, 9], а также образованию многочисленных моногенных центров на восточной Камчатке [11].

Работа выполнена в соответствии с Госзаданиями по темам ИВиС ДВО РАН № 0282-2016-0004 (анализ данных) и ГИН РАН № 0135-2018-0037 (геохронологические исследования), а также при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00112 (аналитические работы). Авторы благодарят Бориса Тагирова за помощь при проведении полевых работ.

Список литературы

1. *Вольнец А.О., Певзнер М.М., Толстых М.Л., и др.* Вулканизм южной части Срединного хребта Камчатки в неоген-четвертичное время // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 9. Материалы IX Всероссийской петрографической конференции с международным участием. – Томск: Изд-во Томского ЦНТИ. 2017. С. 92 – 97.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Западно-Камчатская. Лист N-57-III (Эссо). Хасанов Ш.Г., Сидоренко В.И., Боровцов А.К., и др. ВСЕГЕИ. 2008.
3. *Лебедев В.А., Чернышев И.В., Чугаев А.В. и др.* Геохронология извержений и источники вещества материнских магм вулкана Эльбрус (Большой Кавказ): результаты К Ar и Sr Nd Pb изотопных исследований // Геохимия. 2010. № 1. С. 45-73.
4. *Леглер В.А.* Развитие Камчатки в кайнозой с точки зрения теории тектоники литосферных плит // Тектоника литосферных плит (источники энергии тектонических процессов и динамика плит). М.: Ин-т Океанологии АН СССР. 1977. С. 137 – 169.
5. *Певзнер М.М.* Голоценовый вулканизм Срединного хребта Камчатки / Труды Геологического института. Вып. 608. – М.: ГЕОС. 2015. – 252 с.
6. *Шаниро М.Н., Ландер А.В.* Формирование современной зоны субдукции на Камчатке // Очерки геофизических исследований: к 75-летию Объединенного института физики Земли им. О.Ю.Шмидта. 2003. М.: ОИФЗ РАН. С. 338 – 344.
7. *Calkins J.* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of Khapitsa Plateau and Studyonaya River basalts and basaltic andesites in Central Kamchatka Depression, Kamchatka, Russia. Abstr. IV JKASP Int. workshop. 2004. <http://kiska.giseis.alaska.edu/kasp/kasp04/abstracts/abstracts.htm>
8. *Churikova T., Dorendorf F., Wörner G.* Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation // J. of Petrology. 2001. Vol. 42. № 8. P. 1567 – 1593.
9. *Churikova T.G., Gordeychik B.N., Iwamori H. et al.* Petrological and geochemical evolution of the Tolbachik volcanic massif, Kamchatka, Russia // J. Volcanol. Geotherm. Res. 2015. Vol. 307. P. 156–181.
10. *Lee C.-T.A., Lee T.C., Wu C.-T.* Modeling the compositional evolution of recharging, evacuating, and fractionating (REFC) magma chambers: Implications for differentiation of arc magmas // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2014. Vol. 143. P. 8 – 22.
11. *Nishizawa T., Nakamura H., Churikova T. et al.* Genesis of ultra-high-Ni olivine in high-Mg andesite lava triggered by seamount subduction // Scientific Reports. 2017. Vol. 7 (11515). P. 1-11.
12. *Prueher L.M., Rea D.K.* Tephrochronology of the Kamchatka-Kurile and Aleutian arcs: evidence for volcanic episodicity // J. Volcanol. Geotherm. Res. 2001. V. 106. P. 67-84.
13. *Staiger R.H., Jager H.* Subcommittee on Geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology // Earth and Planet. Sci. Lett. 1977. V. 36. № 3. P. 359-362.
14. *Sun S.S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes // Saunders, A.D., Norry, M.J. (eds), Magmatism in the ocean basins. Geological Society of London Special Publications. 1989. P. 313-345
15. *Volynets A., Churikova T., Wörner G., et al.* Mafic Late Miocene - Quaternary volcanic rocks in the Kamchatka back arc region: implications for subduction geometry and slab history at the Pacific-Aleutian junction // Contributions to mineralogy and petrology. 2010. № 159. P. 659 – 687.