

**Геохимия пород и возраст главных импульсов активности в вулканических массивах Большой Чекчебонай и Большая Кетепана (Срединный хребет Камчатки)**

**А.О. Волынец<sup>1</sup>, М.М. Певзнер<sup>2</sup>, В.А. Лебедев<sup>3</sup>, М.Л. Толстых<sup>4</sup>, А.Д. Бабанский<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006, e-mail: [a.volynets@gmail.com](mailto:a.volynets@gmail.com)

<sup>2</sup>Геологический институт РАН, Москва

<sup>3</sup>Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва

<sup>4</sup>Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва

Изучен геохимический состав пород вулканических массивов Большой Чекчебонай и Переваловый («центральная» ветвь Срединного хребта) и Большая Кетепана («западная» ветвь Срединного хребта) и получена серия К-Аг изотопных дат, позволяющих впервые оценить возраст главных импульсов вулканизма в данных районах.

Вулканы Большой Чекчебонай и Большая Кетепана, расположенные в Срединном хребте Камчатки, приурочены к северному окончанию «центральной» и «западной» ветвей его южной части [1], соответственно (рис. 1). Ввиду своей удаленности, эти вулканические массивы остаются на настоящий момент крайне малоизученными. Общие сведения о морфологии построек и составе изверженных продуктов содержатся в работе [6] и объяснительной записке к Государственной геологической карте [2, 3]. Петролого-геохимические работы в районе вулкана Бол. Кетепана ранее проводились О.Н. Волынцом и А.Б. Перепеловым (1982 г.), однако геохимические данные доступны только в разрозненном виде. Петролого-геохимическое изучение вулкана Бол. Чекчебонай ранее не проводилось. Мы провели изучение и К-Аг датирование разновозрастных порций лав стратовулканов и наложенных моногенных конусов этих двух массивов. Датирование выполнено по основной массе пород в ИГЕМ РАН по стандартной методике [8].



Рис. 1. Схема расположения объектов исследования (незалитые символы с белой каймой) и близлежащих крупных вулканических массивов (символы с серой заливкой).

Вулкан Бол. Чекчебонай (56.811681° с.ш., 159.110256° в.д., 1391 м, рис. 1) расположен на правом берегу р. Тигиль и представляет собой сильно разрушенный

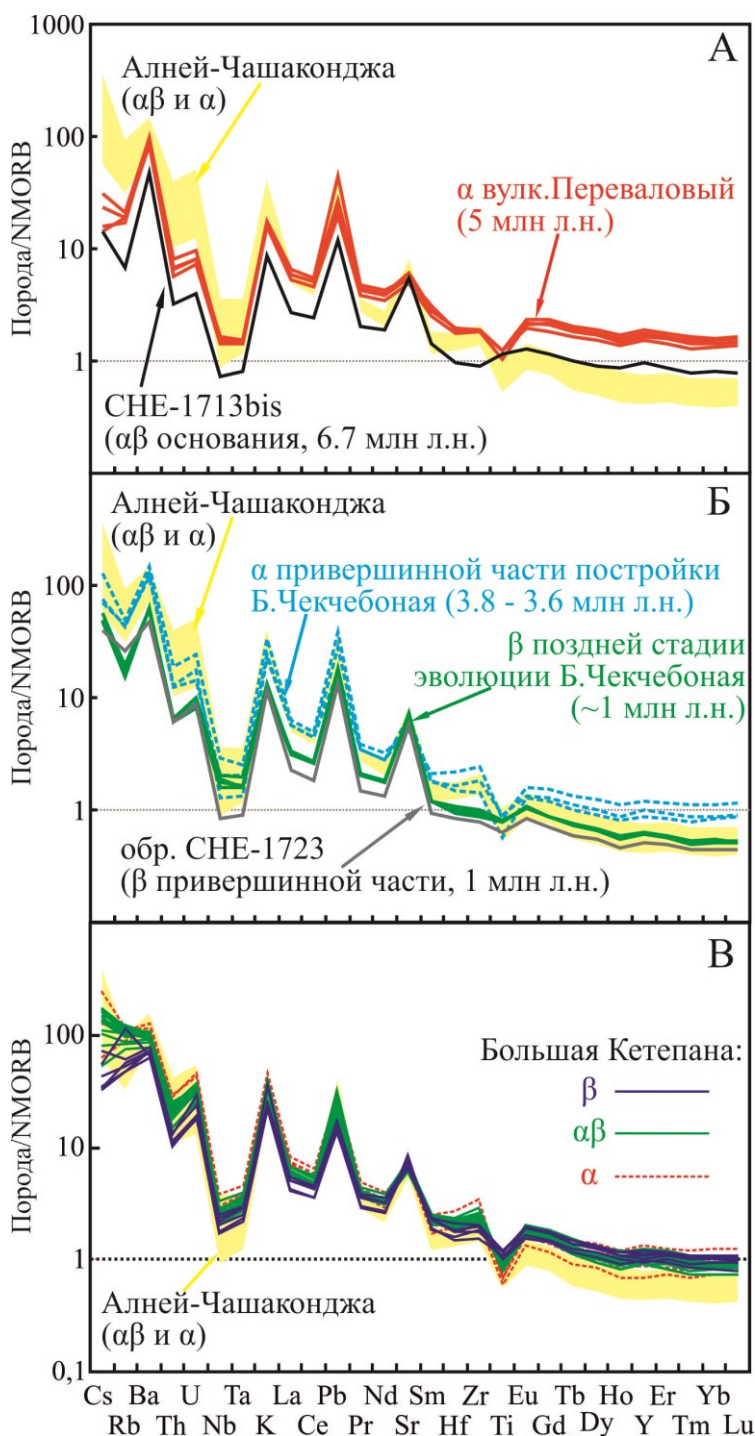
стратовулкан. Основание постройки подстилается лавовыми потоками вулкана Переваловый, расположенного в верховьях реки Переваловой (правый приток р. Тигиль), восточнее Бол. Чекчебоная. Нами были опробованы лавовые потоки привершинной части Бол. Чекчебоная, экструзивные купола и лавы шлакового конуса поздней стадии эволюции этого центра, а также подстилающие потоки основания постройки, в основном представленные лавами западного сектора вулкана Переваловый.

Изученные породы относятся к умеренно-калиевой известково-щелочной серии и представлены рядом от базальтов до риолитов (последние встречаются в виде экструзий в южном секторе Бол. Чекчебоная). В целом, породы этого вулкана и ранее изученные породы расположенного восточнее массива Алней-Чашаконджа образуют на диаграммах Харкера единые тренды. Лавы западного сектора вулкана Переваловый представлены андезибазальтами до андезитов, относятся к толеитовой серии и отличаются от пород Бол. Чекчебоная и Алнея по содержанию главных петрогенных оксидов, имея более высокие концентрации  $TiO_2$ ,  $FeO_{tot}$ ,  $MnO$ ,  $Na_2O$ ,  $P_2O_5$  и пониженные –  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ . Все изученные породы имеют островодужные спектры распределения микроэлементов с повышенными отношениями LILE/HFSE. По содержанию микроэлементов проанализированные образцы можно разделить на несколько групп. Лавы вулкана Переваловый на диаграммах распределения микроэлементов образуют компактную группу с повышенными концентрациями LILE и всех REE, причем наиболее ярко выражено обогащение тяжелыми редкими землями ( $Yb_{образец}/Yb_{N-MORB} \sim 1.5$ ). Вторая столь же компактная группа представлена базальтами поздней стадии эволюции массива Бол. Чекчебоная (лавы и бомбы шлаковых конусов в привершинной и южной частях вулкана). Эти породы характеризуются сильно обедненными концентрациями всех REE и HFSE ( $Yb_{образец}/Yb_{N-MORB} \sim 0.5$ ). Лавы привершинной части постройки вулкана Бол. Чекчебоная, представленные андезибазальтами и андезитами, несут явные следы фракционирования, выраженные в повышении концентраций несовместимых элементов, ярком минимуме по титану, большем отношении  $La/Sm$ , появлении небольшого минимума по  $Eu$  на графиках распределения редкоземельных элементов. Все изученные породы имеют спектры распределения несовместимых элементов, резко отличающиеся от таковых ранее изученного массива Алней-Чашаконджа, для которых характерны более высокие концентрации LILE (рис. 2 А, Б). Установлено, что оба вулкана подстилаются позднемиоценовыми ( $6.7 \pm 0.3$  млн лет) лавами, для которых характерны очень низкие концентрации  $Nb$  и  $Ta$ , пониженные, в сравнении с остальными изученными породами, содержания  $Cs$ ,  $Rb$ ,  $Th$ ,  $U$ ,  $Pb$ , легких REE, тогда как концентрации тяжелых REE близки к N-MORB. Согласно полученным нами изотопным данным, плиоцен-четвертичный вулканизм в изученном районе проявлялся в три этапа: около 5 млн л.н. изливались лавы вулкана Переваловый, затем, в промежутке 3.8-3.6 млн л.н. была сформирована постройка стратовулкана Большой Чекчебоная. Завершающий этап вулканизма зафиксирован около 1 млн л.н. в виде зоны наложенного моногенного вулканизма.

Вулканический массив Большая Кетепана ( $57.042431^\circ$  с.ш.,  $158.378415^\circ$  в.д., 1501.9 м) расположен на междуречье среднего течения рек Тихая и Тигиль (рис. 1). Основание массива представлено сильно разрушенными лавовыми покровами, на них расположены стратовулканы гор Бол. Кетепана и Хлебная, а также моногенные конусы. В процессе полевых работ нами были опробованы породы разновозрастных комплексов в южном и юго-западном секторах массива.

Породы массива относятся к известково-щелочной серии и представлены базальтами, андезитами, высоко-К базальтами, андезибазальтами и андезитами до дацитов с преобладанием основных разностей субщелочного ряда. В постройках стратовулканов Бол. Кетепана и горы Хлебная представлены лавы от высоко-К

андезибазальт- до андезитового состава; такие же характеристики присущи породам даек, в изобилии секущим постройки вулканов. Наиболее основные лавы встречены среди пород комплекса моногенных конусов южной части массива и в породах основания массива. Во всех лавах ярко выражена калиевая специфика: отношение  $Na_2O/K_2O$  в них существенно меньше, чем во всех ранее изученных вулканитах Срединного хребта [1, 5, 7, 9, 11], за исключением пород массива Уксичан стадии страто- и щитового вулкана [4]. Спектры распределения микроэлементов во всех изученных породах достаточно близки между собой; можно выделить две группы. Породы наиболее основного состава с концентрациями  $SiO_2$  50-51 мас.% (первая группа) имеют наименьшие концентрации LILE, LREE, Nb, Ta, Hf и Zr и низкие отношения La/Yb (около 4), при этом концентрации Ti, MREE и HREE в них, напротив, в целом выше, чем в андезибазальтах и андезитах (вторая группа), которые



характеризуются большей степенью фракционирования редких земель ( $La/Yb \sim 5-8$ ) и существенно более переменными величинами концентраций LILE (рис. 2, B). Все породы характеризуются гибридным типом распределения микроэлементов с небольшой степенью обогащения HFSE, близкой к таковым массива Алней-Чашаконджа, отличаясь от последнего меньшей степенью фракционирования REE при более высоких их концентрациях. К-Ar определения возраста лав свидетельствуют о том, что основной всплеск магматической активности в данном районе произошел в позднем плиоцене (3.26-3.04 млн л.н.), когда образовалось плато основания, на котором без существенного перерыва были сформированы постройки стратовулканов г. Хлебная и Большая Кетепана. Завершающий импульс вулканизма зафиксирован здесь в раннем плейстоцене (Гелазий) –  $2.39 \pm 0.07$  млн л.н.

Рис. 2. Распределение несовместимых микроэлементов в изученных породах массивов Бол. Чекчебоная (А, Б) и Бол. Кетепана (В) в сравнении с ранее изученными породами массива Алней-Чашаконджа [11]. Состав N-MORB по [10].

Работа выполнена в соответствии с Госзаданиями по темам ИВиС ДВО РАН № 0282-2019-0004 (полевые работы, анализ данных) и ГИН РАН № 0135-2019-0059 (геохронологические исследования), а также при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00112 (полевые работы, геохимические исследования). Авторы благодарят Г.Н. Овсянникова, А.С. Красильникова, К.В. Тарасова, А.А. Зеленцова за помощь в проведении полевых работ.

### Список литературы

1. *Волынец А.О., Певзнер М.М., Толстых М.Л. и др.* Вулканизм южной части Срединного Хребта Камчатки в неоген-четвертичное время // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 12. С. 1979-1996. DOI: 10.15372/GiG20181204
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание первое. Лист О-57-XXVIII. СПб: ВСЕГЕИ, 1976.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание первое. Лист О-57-XXVII. СПб: ВСЕГЕИ, 1976.
4. *Давыдова М.Ю.* Происхождение и эволюция магм вулканического центра Уксичан (Срединный хребет Камчатки). Диссертация на соискание степени канд. геол.-мин. наук, Владивосток, 2014. 195 с.
5. *Колосков А.В., Флеров Г.Б., Перепелов А.Б. и др.* Этапы эволюции и петрология Кекукнайского вулканического массива как отражение магматизма тыловой зоны Курило-Камчатской островодужной системы. Часть 1. Геологическое положение и геохимический состав вулканических пород // Вулканонология и сейсмология. 2011. № 5. С. 17-41.
6. *Огородов Н.В., Кожемяка Н.Н., Важеевская А.А. и др.* Вулканы и четвертичный вулканизм Срединного хребта. М.: Наука, 1972. 192 с.
7. *Флеров Г.Б., Перепелов А.Б., Пузанков М.Ю. и др.* Пространственно-временные соотношения вулканических ассоциаций разной щелочности Белоголовского массива (Срединный хребет Камчатки). Часть I. Геология, минералогия и петрология вулканических пород // Вулканонология и сейсмология. 2014. № 3. С. 3-23.
8. *Чернышов И.В., Лебедев В.А., Аракеяни М.М.* К-Аг датирование четвертичных вулкаников: методология и интерпретация результатов // Петрология. 2006. Т. 14. № 1. С. 69-89.
9. *Churikova T., Dorendorf F., Wörner G.* Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation // J. Petrol. 2001. Vol. 42. № 8. P. 1567-1593.
10. *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.
11. *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 // Contrib. Mineral. Petrol. 2010. № 159. P. 659-687. DOI: 10.1007/s00410-009-0447-9