

**Периоды покоя и активизации вулканизма в массивах гор Костина и Ахтанг, Срединный хребет, Камчатка**

**А.О. Волынец<sup>1</sup>, М.М. Певзнер<sup>2</sup>, В.А. Лебедев<sup>3</sup>, Ю.В. Кущева<sup>2</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*

<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 химический состав продуктов извержений вулканических массивов гор Ахтанг и Костина, расположенных на юго-восточном фланге южной части Срединного хребта Камчатки. По результатам К-Аг изотопного датирования для двух массивов впервые выявлены три этапа активизации вулканизма, разделенные продолжительными (1.4 и 2.4 млн лет) периодами покоя. В массиве г. Ахтанг эруптивная активность зафиксирована 4.9 – 4.0, 1.9 – 1.7 и 0.3 – 0.2 млн л.н. В массиве г. Костиной – около 8, 5.6 – 4.9 и около 3.5 млн л.н. Установлен эффект хронологического «запаздывания» активизации в более северном массиве.

В структурном плане Срединный хребет Камчатки (СХ) отчетливо разделяется на две части: северную и южную. Северная часть СХ представляет собой узкий хребет СВ простирания. Южная часть имеет значительно более сложное строение. В ее пределах можно выделить два или даже три элемента: (1) «восточную» ветвь СВ простирания (Козыревский и Быстринский хребты), которая является структурным продолжением северной части хребта; и (2) «западную» ветвь, которая веерообразно расходится от Срединно-метаморфического массива в ССВ направлении и маркируется крупными вулканическими массивами – Хангар, Ичинский, Кекукнайский, Кетепана. Между «восточной» и «западной» ветвями расположены Анаунский дол, вулканические массивы Уксичан и Бол. Чекчебонай, которые, возможно, трассируют промежуточную, «центральную» (3), ветвь южной части СХ. Правомочность выделения этих ареалов подтверждается геохимическими исследованиями [1]. В северной части СХ в мио-плиоцене извергались породы с типично островодужным распределением микроэлементов, которые в четвертичное время сменились вулканитами гибридного типа с высокой долей обогащения [10] (гибридными мы называем породы, сочетающие признаки островодужного и внутриплитного происхождения (одновременно повышенные концентрации HFSE и LILE); степень обогащения относительно MORB определяется концентрациями HFSE [5, 10]). В «восточной» ветви южной части СХ редкие пока находки пород с подтвержденным миоценовым возрастом также характеризуются островодужным типом распределения микроэлементов, а в плиоцен-четвертичное время наблюдаются близкие в пространстве и времени извержения пород как островодужного, так и гибридного типа с невысокой долей обогащения [1]. В «западной» же ветви южной части СХ, начиная с позднего миоцена обнаружены только гибридные породы [1, 3]. Плиоцен-четвертичные вулканиты «центральной» ветви (Анаунский дол, Уксичан и Бол. Чекчебонай) по геохимическим признакам тяготеют к породам «восточной» ветви южной части СХ [1]. По данным [7], под вулканами «восточной» ветви южной части СХ вплоть до широты р. Быстрая кровля погружающейся Тихоокеанской плиты располагается на глубине около 300 км; в «западной» ветви зона Беньофа фиксируется под вулканом Хангар на глубине 400 км и не прослеживается далее на север.

Цель нашего исследования состояла в изучении эволюции магматизма и определении возраста формирования различных объектов, входящих в состав двух

вулканических массивов «восточной» ветви СХ – Ахтанга и Костиной. Для достижения поставленной цели было выполнено геолого-геоморфологическое картирование с дешифрированием крупномасштабных АФС, что позволило наметить несколько структурных элементов, предположительно сформировавшихся в разное время. В процессе полевых работ было проведено опробование вулканитов, что позволило впоследствии получить представительные данные, как по вещественному составу, так и по изотопному К-Аг возрасту пород двух вулканических массивов юго-восточного фланга Срединного хребта Камчатки.

Проведенные нами работы по изотопному датированию пород позволили установить, что в пределах вулканического массива Ахтанг на протяжении последних 5 млн лет было как минимум три всплеска вулканической активности, разделявшихся продолжительными периодами покоя. Первый этап активизации (этап I,  $N_2$ , 4.9 – 4.0 млн л.н.), вероятно, состоял из двух стадий. Ранняя и, по-видимому, главная для этого этапа стадия, ознаменовалась излиянием обширных лавовых покровов платообразного облика, а в позднюю стадию была сформирована постройка стратовулкана; состав пород варьирует от андезитов и андезибазальтов (плато) до базальтов (стратовулкан) островодужного типа. В течение второго этапа активность была сосредоточена в СЗ секторе массива, где сначала образовался крупный лавовый вулкан с достаточно кислым составом пород, а затем был сформирован небольшой лавовый центр на ЮЗ подножии стратовулкана Ахтанг. Андезиты ранней стадии этапа II ( $Q_1$ , 1.9 – 1.7 млн л.н.) несут следы длительного фракционирования в открытой системе, что выражается в увеличении концентраций несовместимых элементов, коррелирующем с ростом кремнезема; повышенные содержания HFSE в этих породах, вероятно, не связаны с особенностями мантийного источника. При этом, геохимические особенности базальтов поздней стадии этого же этапа сходны с таковыми для вулканитов I этапа. Всем породам присущи субдукционные характеристики. Третий, среднеплейстоценовый этап (этап III,  $Q_2$ , 0.3 – 0.2 млн л.н.), знаменуется развитием моногенного вулканизма, связанного с разломами преимущественно СВ простирания. В течение этого этапа извергаются как типично-островодужные, так и гибридные породы с невысокой степенью обогащения.

На примере массива Ахтанг нами впервые показано, что периоды покоя могут достигать 1.5 – 2 млн лет, а возобновление вулканической активности сопровождается сменой не только состава продуктов, но и характера активности (платоэффузивы – стратовулкан – лавовый вулкан – моногенные центры). Выделенные нами этапы активизации массива коррелируют с региональными эпизодами усиления вулканической активности СЗ Пацифики [9], а среднеплейстоценовый этап оказался синхронен эпизоду активизации, приведшему к образованию Ключевской группы вулканов [4, 6], а также образованию многочисленных моногенных центров на восточной Камчатке [8].

Схожий ход эволюции процессов магмогенеза наблюдается и в пределах массива г. Костиной, расположенного южнее Ахтанга. Здесь также установлено три этапа активизации вулканизма (этап А (8 млн л.н.), этап В (5.6 – 4.9 млн л.н.) и этап С (около 3.5 млн л.н.), разделенные длительными (1.4 и 2.4 млн лет) периодами покоя. Причем, два ранних этапа (А и В) характеризуются излиянием лав исключительно островодужного геохимического типа. На позднем же этапе (С) появляются андезибазальты гибридного типа, сходные с гибридными породами со слабой степенью обогащения, выделенными ранее в массивах Ичинский и Алней [5, 10]. Примечательно, что в пределах обсуждаемого массива центры излияний более молодых гибридных вулканитов (г. Костина и г. Кубинская) смещены на несколько километров к западу по сравнению с эруптивным центром г. Загадка, с которым связаны более древние лавы островодужного типа (т.е. дальше от предполагаемого положения фронта миоценовой островной дуги).

Таким образом, для обоих массивов выделено по три этапа активизации, причем, два ранних этапа и в том, и в другом случае, характеризуются излиянием лав с островодужным типом распределения микроэлементов. Ранние этапы как массива Ахтанг (ранняя стадия этапа I (плато)), так и массива Костиной (этапы А и В) разделены сходным по продолжительности периодом покоя в 2.4 млн лет. Третий, завершающий этап активизации в обоих массивах зафиксирован после периода покоя в 1.4 млн лет. На третьем этапе в двух массивах впервые проявляются породы гибридного геохимического типа.

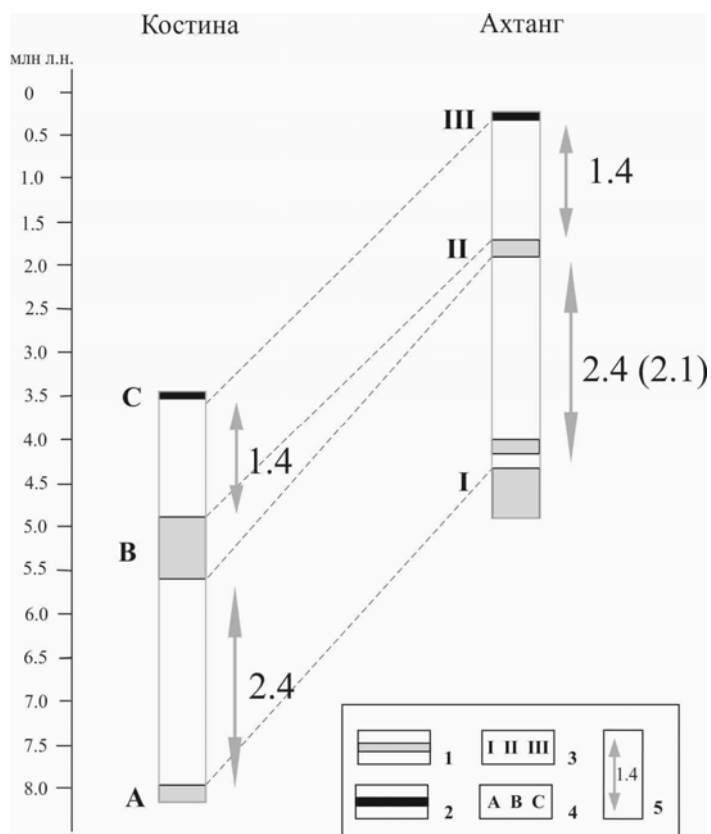


Рис. 1. Этапы покоя и активизации вулканизма на юго-восточном фланге южной части Срединного хребта Камчатки. 1-2 – этапы активизации: 1 – породы островодужного, 2 – породы гибридного геохимического типа; 3-4 – индексы этапов активизации: 3 – для массива Ахтанг, 4 – для массива г. Костиной (см. в тексте); 5 – периоды покоя, справа указана их продолжительность в млн лет.

На рис. 1 хорошо видно, что при исключительном сходстве этапности событий, сначала они происходили в более южном районе (массив г. Костиной), а только потом в более северном (массив г. Ахтанг). Подобный эффект «запаздывания» вулканической активности, но в более мелком масштабе, ранее был выделен для голоценовых извержений СХ [2]. В массиве Ахтанг были установлены и некоторые другие аналогии, характерные для голоценовой истории хребта. Так, например, для самых крупных цепочек субодновременных моногенных центров III этапа установлено последовательное увеличение кремнекислотности от более южных к более северным эруптивным центрам.

Имеющиеся изотопно-геохимические данные позволяют предполагать единые причины регионального уровня, провоцировавшие вспышки вулканизма на ЮВ фланге южной части СХ Камчатки.

Работа выполнена в соответствии с Госзаданиями по темам ИВиС ДВО РАН № 0282-2016-0004 (анализ данных) и ГИН РАН № 0135-2019-0059 (геохронологические

исследования), а также при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00112 (аналитические работы). Авторы благодарят Владимира Родина и Бориса Тагирова за помощь при проведении полевых работ, Георгия Овсянникова за помощь в пробоподготовке, Василия Карандашева и Антона Якушева за аналитические работы.

### Список литературы

1. *Вольнец 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. *Певзнер М.М.* Голоценовый вулканизм Срединного хребта Камчатки // Ред. М.А. Федонкин. М.: ГЕОС. 2015. 252 с. (Тр. ГИН РАН, вып. 608).
3. *Певзнер М.М., Вольнец А.О., Лебедев В.А., и др.* Начало вулканической активности в пределах Срединного метаморфического массива (Срединный хребет, Камчатка) // ДАН. 2017. Т. 475. № 5. С. 546–550. DOI: 10.7868/S0869565217230153
4. *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>
5. *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.
6. *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.
7. *Gorbatov A., Kostoglodov V., Suárez G., et al.* Seismicity and structure of the Kamchatka subduction zone // J. Geophys. Res. B Solid Earth. 1997. Vol. 102. P. 17883–17898.
8. *Nishizawa T., Nakamura H., Churikova T., et al.* Genesis of ultra-high-Ni olivine in high-Mg andesite lava triggered by seamount subduction // Sci. Rep. 2017. Vol. 7 (11515). P. 1-11.
9. *Prueher L.M., Rea D.K.* Tephrochronology of the Kamchatka-Kurile and Aleutian arcs: evidence for volcanic episodicity // J. Volcanol. Geotherm. Res. 2001. Vol. 106. P. 67–84.
10. *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