

ГОЛОЦЕНОВЫЙ ВУЛКАНИЗМ СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ**М. М. Певзнер¹, А. О. Волынец²**¹*Геологический институт РАН, Москва, 119017;*²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006,
e-mail: suler@ginras.ru*

Четвертичный вулканизм на Камчатке проявлен в четырех зонах, параллельных глубоководному Курило-Камчатскому желобу. Это Южная Камчатка, Восточный вулканический фронт, Центральная Камчатская депрессия (ЦКД) и Срединный хребет (рис. 1, врезка). Вулканизм первых трех зон общепризнанно считается непосредственно связанным с современной зоной субдукции Тихоокеанской плиты [14, 17 и др.]. Причина проявления вулканической активности в Срединном хребте до сих пор остается дискуссионной: хребет может представлять собой третий тыловой вулканический пояс Курило-Камчатской островодужной системы, либо быть самостоятельной вулканической дугой с иным источником питания и своей историей развития. В настоящей статье рассматриваются пространственно-временные аспекты и закономерности проявления голоценового вулканизма в пределах Срединного хребта Камчатки.

Срединный хребет Камчатки удален от современного глубоководного желоба приблизительно на 400 км. В южной части хребта, вплоть до вулкана Хангар, сейсмофокальная зона трассируется на глубине около 400 км, далее на север не прослеживается [18, 19]. Северная часть хребта протягивается более чем на 200 км к северу от Берингской зоны трансформных разломов, по которой принято проводить северную границу Тихоокеанской плиты [18]. Берингская же часть Северо-Американской плиты, расположенная к северу от Алеутского глубоководного жёлоба, рассматривается как тектонически-стабильная, начиная с миоцена [1, 15, 18]. До недавнего времени единственным действующим вулканом Срединного хребта считался Ичинский [5].

В результате проведения комплексных геологических (тефрохронологических и радиоуглеродных) работ в Срединном хребте Камчатки установлены и продатированы многочисленные проявления голоценового вулканизма. В том числе изучено 5 статовулканов и 12 моногенных центров (рис. 1, таблица 1). В разрезах северной части хребта фиксируется еще как минимум 10 горизонтов шлаков, что свидетельствует о наличии неизвестных нам моногенных центров голоценового возраста. По-видимому, они расположены в гляциально-нивальном поясе, что затрудняет их идентификацию.

Методика работ

Почвенно-пирокластические чехлы (ППЧ), представляющие собой непрерывную «летопись» геологических и палеогеографических событий голоцена, содержат большое количество погребенных вулканических пеплов. В пределах Срединного хребта (СХ) изучено более 400 разрезов голоценовых ППЧ, содержащих как «местные» вулканогенные отложения, так и транзитные маркирующие пеплы удаленных источников – вулканов Южной Камчатки, Восточного фронта и ЦКД [12, 13]. Последние использовались в качестве геохронологических реперов [16] при корреляции единичных и составлении сводных разрезов голоценовых отложений. В ППЧ отложения вулканических центров СХ представлены главным образом тефрой: разнотельными, с включением гравия и лапилли, вулканическими песками (для моногенных центров характерны преимущественно черные шлаки; для стратовулканов – белые, палевые, желтые, розоватые и светло-серые пемзовые и минеральные пески). Принадлежность выявленных в ППЧ пеплов к вулканическим центрам СХ доказывается закономерным увеличением количества прослоев, их мощности и крупности материала по мере приближения к отдельному эруптивному центру. Кроме того, проводилось сравнительное изучение вещественного состава пеплов с массивными

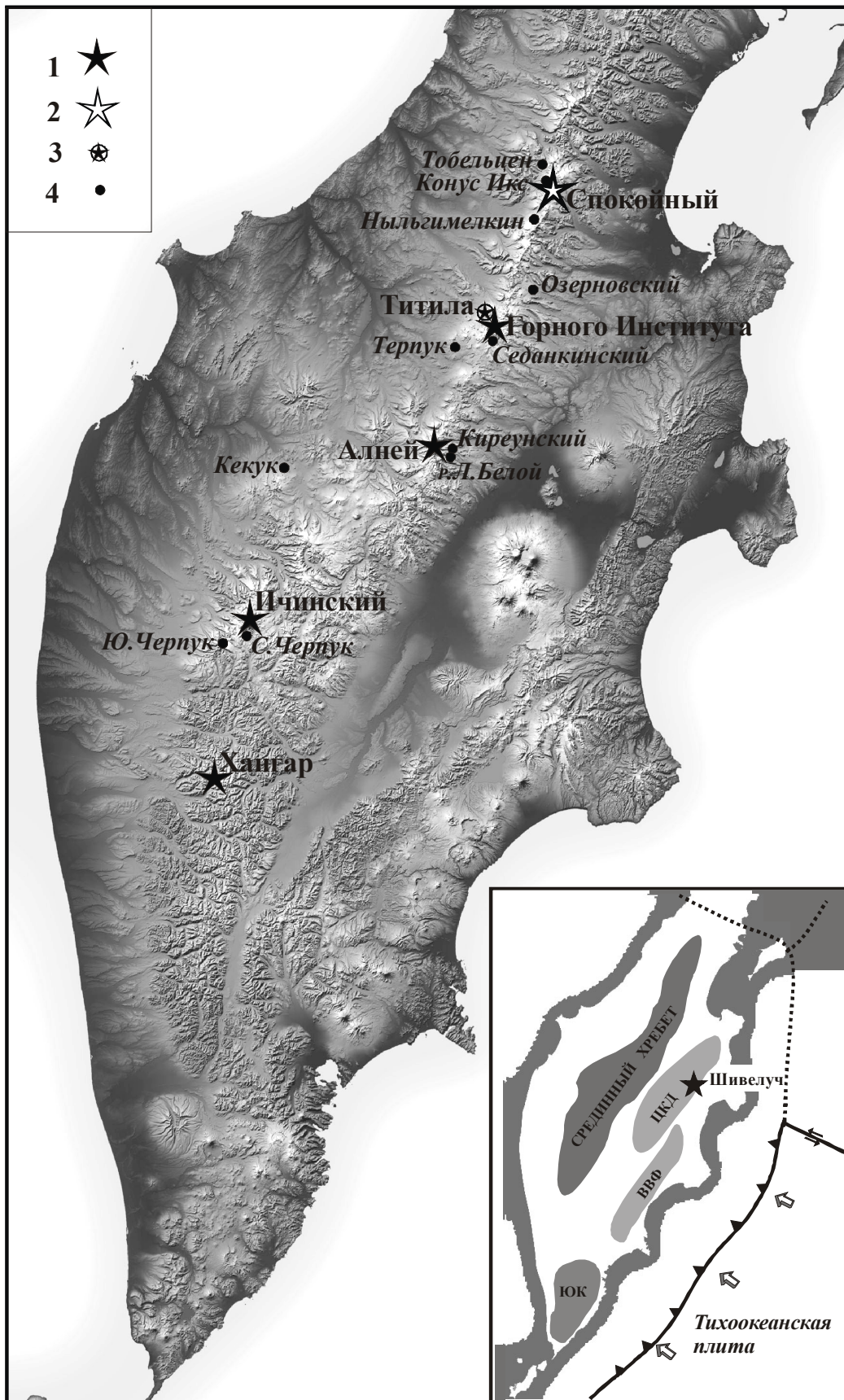


Рис. 1. Голоценовый вулканизм Срединного хребта Камчатки. Условные обозначения: 1-2 – стратовулканы: 1 – действующие; 2 – потухший; 3 – действующий щитовой вулкан по [6]; 4 – моногенные вулканические центры. На врезке вулканические зоны: ЦКД – Центральная Камчатская депрессия, ВВФ – Восточный вулканический фронт, ЮК – Южная Камчатка.

Таблица 1. Голоценовый вулканизм Срединного хребта Камчатки

Название	Координаты (N, E)	Тип постройки	Последнее извержение	Характеристика пород	Статус
Тобельцен	58° 15' 160° 44'	Шлаковый конус и лавовый поток	~ 3500	Умеренно-К базальт	М
Конус Икс	58° 10' 160° 48'	Лавовый купол, шлаковый конус, лавовый поток	~ 4000	Умеренно-К базальт (?)	М
Спокойный (Кутина)	58° 08' 160° 49'	Позднеплейстоцен-голоценовый стратовулкан	~5400	Умеренно-высоко-К дацит	П
Ныльгимелкин (Атласова)	57° 58' 160° 39'	Шлаковые конуса, бокки, обширное лавовое поле	~5500	Умеренно-К базальт	М
Озерновский	57° 35' 160° 38'	Шлаковый конус, бокки, обширное лавовое поле	9000-10.000	Умеренно-К базальт	М
Титила	57° 24' 160° 07'	Щитовой вулкан	2500	Умеренно-К базальт	Д (?)
Горного Института	57° 20' 160° 11'	Позднеплейстоцен-голоценовый стратовулкан	<700	Умеренно-высоко-К андезитобазальт-дацит	Д
Седанкинский	57° 19' 160° 12'	Лавовый поток с маленьким шлаковым конусом	~6200	Умеренно-К андезитобазальт	М
Терпук	57° 12' 159° 50'	Шлаковые конуса и обширное лавовое поле	2500-3000	Умеренно-К базальт	М
Алней	56° 41' 159° 38'	Позднеплейстоцен-голоценовый стратовулкан	<350	Умеренно-высоко-К андезиодацит	Д
Киреунский	56° 41' 159° 44'	Шлаковый конус и лавовый поток	2600	Умеренно-К андезит	М
Поток реки Л. Белой	56° 38' 159° 43'	Шлаковый конус и лавовый поток	2600	Умеренно-К андезитобазальт - андезит	М
Кратер Кекук	56° 34' 158° 02'	Туфовое кольцо (Tuff ring)	7200-7300	Умеренно-К дацит	М
Ичинский	55° 41' 157° 44'	Позднеплейстоцен-голоценовый стратовулкан	1740 г. н.э.	Умеренно-К андезит - дацит	Д
Северный Черпук	55° 36' 157° 38'	Шлаковый конус и лавовый поток	6500	Умеренно-К андезитобазальт - андезит	М
Южный Черпук	55° 33' 157° 28'	Шлаковый конус и лавовое поле	6500	Умеренно-К базальт - андезитобазальт	М
Хангар	54° 45' 157° 23'	Позднеплейстоцен-голоценовый стратовулкан	400	Умеренно-К дацит - риодацит	Д

Примечания. В графе 1 в скобках название по [9]. В графе 4 указан радиоуглеродный возраст (кроме в. Ичинского). Возраст извержений для Титилы и Терпука по [6]. В графе 6: Д – действующий, П – потухший, М – моногенный.

отложениями (лавовыми и пирокластическими потоками) предполагаемых источников извержений. Определение возраста извержений стратовулканов проводилось по соотношению горизонтов «новых» пеплов с маркирующими прослоями транзитных пеплов, а также в результате детального радиоуглеродного датирования органического вещества из подстилающих и (или) перекрывающих вулканиты отложений. Возраст моногенных вулканических центров определялся по положению ассоциированной пирокластики в сводном тефростратиграфическом разрезе и анализу времени начала формирования ППЧ на молодых лавовых потоках. Настоящая статья базируется на результатах более 150 радиоуглеродных анализов, выполненных в ГИН РАН.

Стратовулканы

Изучение ППЧ на склонах и подножии стратовулканов позволило реконструировать эруптивную историю последних на протяжении голоцена. Для каждого из пяти центров были выделены и продатированы связанные с ними извержения. Так, на протяжении голоцена для вулкана Хангар зарегистрировано 10 извержений [2]; Ичинского – 14 [11];

Алней – более 30; Горного Института – более 20; Спокойного – не более пяти (Певзнер, в печати). Возраст последнего извержения для каждого стратовулкана указан в таблице 1. Исходя из наших данных и с учетом того, что к действующим вулканам принято относить те, для которых выявлено и датировано хотя бы одно извержение за последние 3000-3500 лет [8], вулканы Хангар, Ичинский, Алней и Горного Института мы относим к разряду действующих и потенциально опасных. Вулкан Спокойный – согласно классификации – потух, но проявлял активность в первой половине голоцена. Наиболее активные (по количеству извержений) стратовулканы Алней и Горного Института расположены в северной части хребта. Вулканы же, для которых характерны наиболее мощные (крупнообъемные) извержения – Ичинский и Хангар – в южной.

Для эруптивной деятельности стратовулканов характерны субсинхронные периоды активизации (ранне- и позднеголоценовый), разделенные периодом покоя продолжительностью около 2500-3000 лет (рис. 2). Крупнейшее извержение отдельного стратовулкана обычно приурочено к окончанию его раннеголоценового периода активизации. Возраст этих событий (крупнейшее извержение и завершение раннеголоценовой активности) последовательно «молодеет» с юга на север (ЮЮЗ-ССВ). Похожий тренд «омоложения» можно выделить и для начала позднеголоценового периода активизации действующих стратовулканов. Полученные данные с выделенными геохронологическими трендами представлены на рис. 2 в календарном возрасте, рассчитанном по программе CALIB 4.4.2. (version 2004) [22, 23].

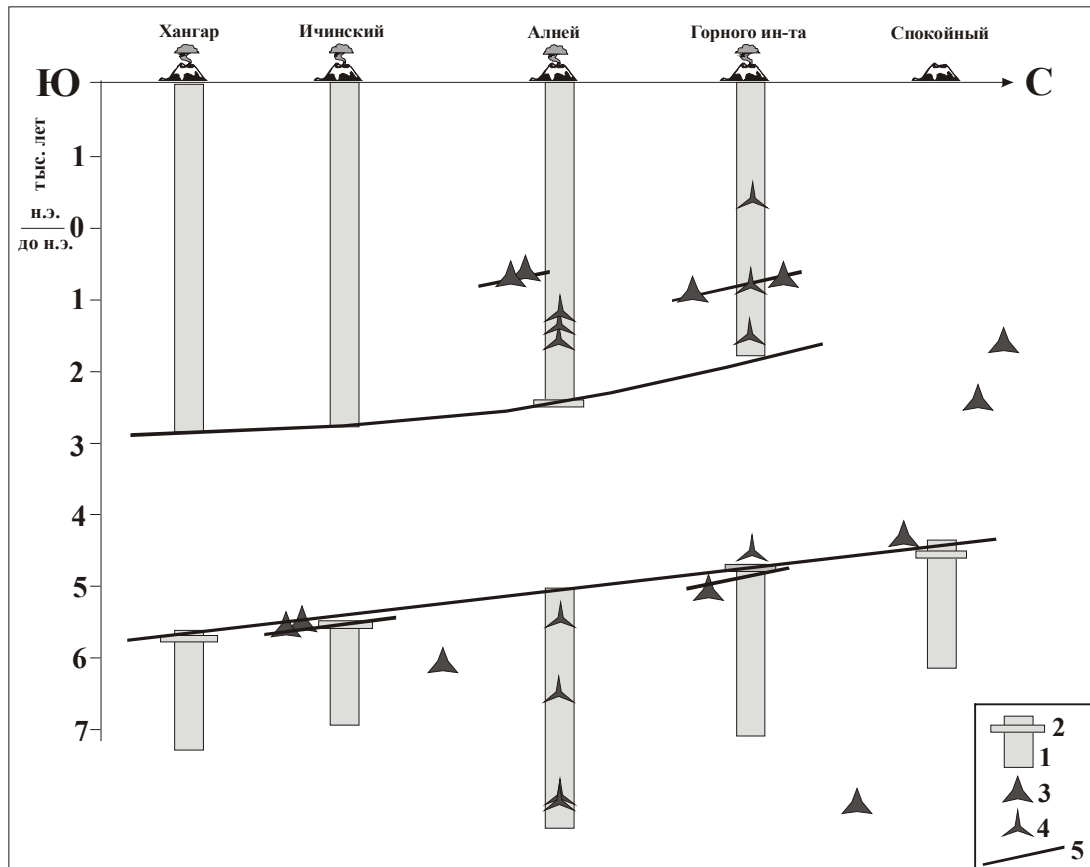


Рис. 2. Хронология и синхронизация голоценовой вулканической деятельности в Срединном хребте Камчатки. Условные обозначения: 1-2 – стратовулканы: 1 – периоды активизации; 3-4 – моногенные вулканические центры: 3 – установленные; 4 – шлаки близрасположенных центров; 5 – геохронологические тренды.

Моногенный вулканизм

На протяжении голоцена моногенные вулканические сооружения образовывались практически по всему профилю хребта [6, 10, 11, 21]. Однако они более распространены в

северной его части (вулканические районы Алней, Горного Института, Спокойный) (рис. 1, 2). При том, что стратовулканы Срединного хребта удалены друг от друга на расстояние около 100 км, большинство моногенных объектов расположены в радиусе до 20-25 км от голоценового вулкана (рис. 3), в результате чего сформировались крупные вулканические узлы, приуроченные к пересечениям основных разломов района. Вероятно, подобное пространственное положение свидетельствует о связи голоценового вулканизма Срединного хребта с крупными вулкано-тектоническими структурами.

Для одноактных вулканических центров прослеживается тенденция хронологического группирования (сдвоенные, строенные извержения в одном вулканическом узле); при этом наблюдается последовательная активизация их эруптивных каналов с юга на север. Крупнейшее извержение стратовулкана часто предваряется мощным извержением моногенного центра, расположенного на южном подножии конуса (рис. 2, 3), что можно рассматривать и как элемент группирования, и как возможную взаимосвязь вулканизма двух типов.

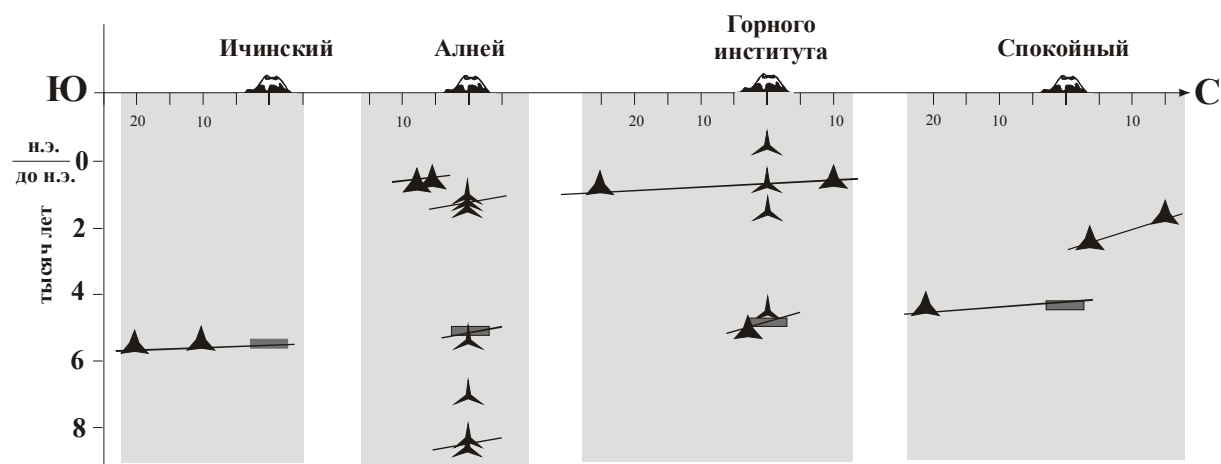


Рис. 3. Вулканические узлы и группирование моногенных центров. Условные обозначения см. на рис. 2.

Обсуждение результатов

По геохимическим данным [3, 4, 25] вулканизм Срединного хребта разделяется на два типа. Первый характеризуется типично островодужными породами; извержения этого этапа происходили в неогене [25] и видимо были связаны с олигоцен-раннемиоценовой [7] субдукцией под континентальную окраину Камчатки.

Второй тип (начиная с эоплейстоцена [25]) характеризуется извержениями пород «гибридного» состава, в котором сочетаются признаки островодужного и внутриплитного происхождения и отражает «постсубдукционный» период геологического развития Срединного хребта. Заметно большая молодая вулканическая активность северной части хребта (между вулканами Алней и Спокойный), в том числе обилие моногенных проявлений, может быть связана с более поздним закрытием на северной Камчатке олигоцен-раннемиоценовой зоны субдукции в результате последовательного (с юга на север) причленения восточных полуостровов и образования современной системы тройного сочленения Тихоокеанской, Североамериканской и Евразийской плит [14].

Существенных вариаций в геохимическом составе четвертичных вулканитов вдоль простирания хребта не обнаружено: породы имеют сходный состав вне зависимости от их положения к северу или югу от Берингийской зоны трансформных разломов [25]. Это позволяет считать, что вулканизм Срединного хребта в четвертичное время имеет общую геологическую историю и причины активизации. Отсутствие сейсмофокальной зоны под молодыми вулканами Срединного хребта и наличие в источнике магм островодужного и обогащенного компонентов требуют принципиально нового объяснения вулканической активности четвертичного времени в пределах Срединного хребта Камчатки. Вероятно,

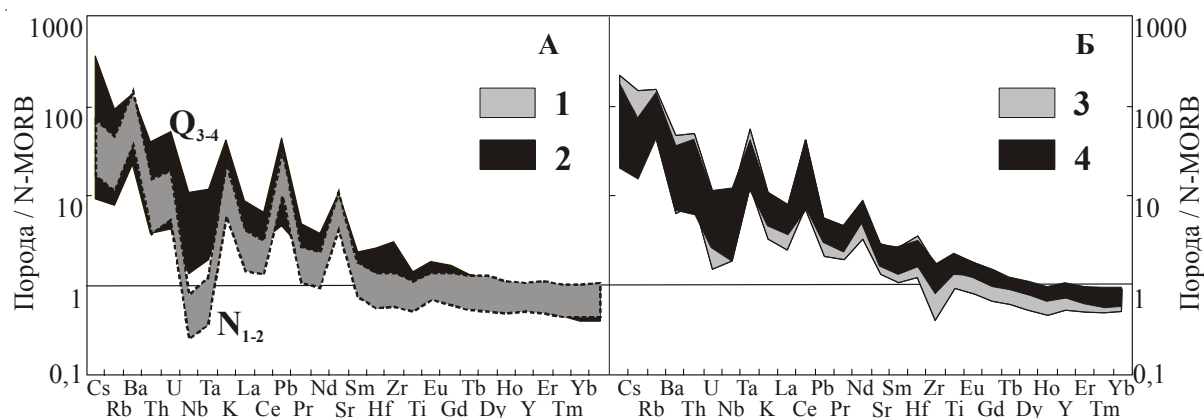


Рис. 4. Характеристики вещественного состава вулканических пород Срединного хребта. А: Распределение микроэлементов в неогеновых лавах плато и позднеплейстоцен-голоценовых вулканических породах стратовулканов и моногенных центров. Б: Распределение микроэлементов в плейстоцен-голоценовых вулканических породах Ичинской (южная часть хребта) и Седанкинской (северная часть хребта) зон моногенного вулканизма. Концентрации микроэлементов нормализованы на N-MORB [23], порядок элементов по [19], добавлены Cs и все REE. Условные обозначения: 1 – неогеновые породы; 2 – позднеплейстоцен-голоценовые; 3 – Ичинская зона; 4 – Седанкинская зона.

четвертичный вулканизм частично «наследует» магматическую историю неогена, однако проявляется он в иной геодинамической обстановке.

При этом, принципиальное сходство вещественного состава плейстоценовых и голоценовых вулкаников [25] позволяет предположить, что закономерности голоценовой вулканической активности и современная геодинамическая обстановка в равной степени могут относиться и к плейстоценовому этапу, т.е. характеризовать весь «постсубдукционный» период развития вулканизма Срединного хребта Камчатки.

Выводы

В пределах Срединного хребта Камчатки выявлены и датированы многочисленные проявления голоценового вулканизма; в том числе 5 стратовулканов (4 из них действующие и потенциально опасные) и 12 моногенных центров. Отсутствие сейсмофокальной зоны под хребтом, а также молодая вулканическая активность северной части хребта не позволяют предполагать прямого участия современной субдукции Тихоокеанской плиты в процессе образования молодых магм в Срединном хребте.

Выявленные геохронологические особенности и последовательности извержений вулканических центров, а также вещественный состав изверженных пород свидетельствуют о единых механизмах активизации голоценовой вулканической деятельности в пределах Срединного хребта Камчатки от вулкана Хангар на юге до конуса Тобельцен на севере. Сходство и особенности вещественного состава, а также общие закономерности пространственного распространения плейстоценовых и голоценовых вулкаников позволяют считать, что природа вулканической активизации этих периодов идентична и отражает «постсубдукционную» геодинамическую обстановку.

При этом субмеридианальные хронологические тренды и элементы группирования, выявленные нами для голоценовой вулканической активности Срединного хребта Камчатки, заставляют нас предполагать, что молодая вулканическая активность вызвана адвекцией, спровоцированной сейсмогеодинамическими причинами. Особенности этого явления будут рассмотрены в наших дальнейших работах. Пока же полученные данные о молодом вулканизме Срединного хребта позволяют говорить о времени «запаздывания» вулканизма в потухшей островной дуге, т.е. оценивать длительность существования древней островодужной системы. Выявленные особенности вещественного состава «неогенового» и «четвертичного» периодов вулканической активности хребта дают представления об изменении геодинамического режима исследуемой территории.

Авторы выражают глубокую признательность всем своим коллегам: единомышленникам и оппонентам, оказывающим помощь и поддержку в этой работе.

Работа выполнена при финансировании РФФИ (в т.ч. текущий грант № 05-05-64776), Программ № 13 и 16 Президиума РАН, а также DAAD A/04/00138.

Список литературы

1. *Авдейко Г.П., Попруженко С.В., Палуева А.А.* Тектоническое развитие и вулканотектоническое районирование Курило-Камчатской островодужной системы // Геотектоника. 2002. № 4. С. 64-80.
2. *Базанова Л.И., Певзнер М.М.* Хангар – еще один действующий вулкан на Камчатке // Доклады Академии наук. 2001. Том 377. № 6. С. 800-802.
3. *Вольнец А.О.* Плейстоцен-голоценовый вулканизм Срединного хребта Камчатки: вещественный состав и геодинамическая модель: Автореф. канд. дис. Москва, 2006. 23 с.
4. *Вольнец А.О., Чурикова Т.Г., Вернер Г.* Геохимия вулканических пород Срединного хребта Камчатки // Вестник КРАУНЦ. 2005. № 2. выпуск № 6. С. 21-33.
5. *Действующие вулканы Камчатки* // Под ред. Федотова С.А. и др. Москва: Наука, 1991. Т. 1. 302 с. Т. 2. 415 с.
6. *Дирксен О.В., Базанова Л.И., Портнягин М.В.* Хронология вулканической активности северной части Срединного хребта Камчатки (Седанкинский Дол) в голоцене // Материалы II Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии «Вулканизм и геодинамика». Екатеринбург. 2003. С. 871-874.
7. *Леглер В.А.* Развитие Камчатки в кайнозой с точки зрения теории тектоники литосферных плит // Тектоника литосферных плит (источники энергии тектонических процессов и динамика плит). Москва: Институт Океанологии АН СССР. 1977. С. 137-169.
8. *Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В.* Новый подход к определению понятия «действующий вулкан» // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы / Сб. татей. Петропавловск-Камчатский. 2001. С.191-203.
9. *Огородов Н.В., Кожемяка Н.Н., Важеевская А.А. и др.* Вулканы и четвертичный вулканизм Срединного хребта Камчатки. Москва: Наука. 1972. 191 с.
10. *Певзнер М.М.* Новые данные о пространственно-временном распространении голоценового моногенного вулканизма Северной Камчатки // Взаимосвязь между тектоникой, сейсмичностью, магмообразованием и извержениями в вулканических дугах / 4-ое международное совещание по Курило-Камчатской-Алеутской вулканическим дугам, Петропавловск-Камчатский. 2004. С. 72-76.
11. *Певзнер М.М.* Первые геологические данные о хронологии голоценовой эруптивной активности вулкана Ичинского (Срединный хребет, Камчатка) // Доклады Академии наук. 2004. Том 395. № 4. С. 507-510.
12. *Певзнер М.М.* Тефростратиграфические реперы в голоценовых разрезах южной части Срединного хребта Камчатки и некоторые особенности радиоуглеродного датирования торфяников // Вулканология и сейсмология. 2003. № 4. С. 1-15.
13. *Певзнер М.М., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д.* Голоценовые почвенно-пирокластические чехлы в Центральной Камчатской депрессии: возраст, строение, особенности осадконакопления // Вулканология и сейсмология. 2006. № 1. С. 24-38.
14. *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. Москва: ОИФЗ РАН, 2003. С. 338-344.
15. *Baranov B.V., Seliverstov N.I., Muravev A.V., Muzurov E.L.* The Komandorsky Basin as a product of spreading behind a transform plate boundary. In: Zonenshain, L. P. (ed.) The achievements of plate tectonics in the USSR // Tectonophysics. Amsterdam: Elsevier, 1991. P. 237-269.

16. *Braitseva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D., Melekestsev I.V., Bailey J.* Holocene key-marker tephra layers in Kamchatka, Russia // *Quaternary Research*. 1997. Vol. 47. № 2. P. 125-139.
17. *Churikova T., Dorendorf F., Woerner G.* Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation // *Journal of Petrology*. 2001. Vol. 42. № 8. P. 1567-1593.
18. *Davaille A., Lees J.M.* Thermal modeling of subducted plates: tear and hotspot at the Kamchatka corener // *Earth and Planetary Science Letters*/ 2001. Vol. 226. P. 293-304.
19. *Gorbatov, A., Kostoglodov, V., Suarez, G., Gordeev, E.* Seismicity and structure of the Kamchatka subduction zone // *J. Geophys. Res.* 1997. № 102, P. 17883-7898.
20. *Hofmann, A.W.* Chemical differentiation of the Earth; the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust // *Earth and Planetary Science Letters*. 1988. Vol. 90. P. 297-314.
21. *Pevzner M.M., Ponomareva V.V., Bazanova L.I.* New data on the Kamchatka back-arc volcanism during the Holocene time // 3rd Biennial Workshop on Subduction Processes emphasizing the Kurile-Kamchatkan-Aleutian Arcs, Fairbanks, Alaska, June 2002.
22. *Reimer, P. J. et al.* IntCal04 Terrestrial radiocarbon age calibration, 26 - 0 ka BP // *Radiocarbon*. 2004. Vol. 46. P. 1029-1058.
23. *Stuiver, M., Reimer, P.J. et al.* CALIB 4.4.2. / INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24,000–0 ca. B.P. // *Radiocarbon*. 1998. Vol. 40. P. 1041-1085.
24. *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 Special Publications, 1989. London: Geological Society of London. P. 313-345.
25. *Volynets A., Woerner G., Churikova T., Layer P.* Pleistocene-Holocene evolution of volcanism in Sredinny Ridge, Kamchatka: constraints from trace elements and isotopic composition of rocks // 5th Biennial Workshop on Subduction Processes emphasizing the Japan-Kurile-Kamchatka-Aleutian Arcs (JKASP-5). P. 40-42.

HOLOCENE VOLCANISM OF SREDINNY RANGE, KAMCHATKA

Maria M. Pevzner¹, Anna O. Volynets²

¹*Geological Institute, Moscow, Russia*

²*Institute of Volcanology and Seismology FED RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

Numerous Holocene volcanic centres (5 stratovolcanoes, including 4 active and potentially dangerous, and 12 monogenetic centres) are discovered within Sredinny Range of Kamchatka. Their exact ages are determined. Spatial and temporal characteristics, as well as composition of Holocene volcanic rocks witness against direct connection of magma genesis with contemporary Pacific plate subduction. Sub-meridional chronological trends and elements of grouping, identified for Holocene volcanic activity of Sredinny Range of Kamchatka, may indicate seismo-geodynamical nature of young volcanic activity and associated with it advection in the extinct island arc system.