

УДК 551.217.24(571.66)

ИЗВЕРЖЕНИЕ КОНУСА ВЕЕР КАК ВУЛКАНИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ ПЕРИОДА АКТИВИЗАЦИИ ВУЛКАНИЗМА НАЧАЛА НАШЕЙ ЭРЫ НА КАМЧАТКЕ

© 2010 г. О. В. Дирксен, Л. И. Базанова

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
683006 Петропавловск-Камчатский, б-р Пуйна, 9,
e-mail: dirksen@kscnet.ru*

Поступила в редакцию 27.04.2009 г.

Тефрохронологические исследования, проведенные в долине р. Левая Авача, позволили установить истинный возраст шлакового конуса Веер, который образовался примерно в 470 г. н.э. (1600^{14}C л.н.). Эти данные опровергают существовавшие до настоящего времени представления о дате его формирования в 1856 г. Моногенный конус Веер необходимо исключить из каталогов исторических извержений и действующих вулканов Камчатки. Извержение конуса явилось проявлением общекамчатской активизации эндогенных процессов, происходившей в 0–650 гг. н.э.

При реконструкции истории эруптивной активности отдельных вулканов и крупных вулканических узлов вопрос о возрасте вулканических проявлений является одним из самых актуальных. При этом особую ценность для долгосрочного прогноза вулканической активности и оценки вулканической опасности представляют достоверные данные об исторических извержениях.

В ходе детальных тефрохронологических исследований, проведенных нами в зоне горстовых поднятий бассейна р. Авача, было выявлено и описано 19 голоценовых эруптивных центров (шлаковые конусы с лавовыми потоками и маары). Определено время возникновения большинства из них, установлены некоторые закономерности пространственно-временного распределения эруптивных событий, а для некоторых шлаковых конусов реконструирован ход извержений [6]. Настоящая работа дополняет эти исследования, и посвящена результатам изучения конуса Веер — одного из последних, не изученных, моногенных центров этого района.

Считается, что конус Веер образовался в 1856 г. [8, 9, 12 и др.]. После выхода в свет каталога *Volcanoes of the World* [12] конус Веер стал фигурировать в некоторых печатных изданиях и интернет-страницах как один из самых молодых шлаковых конусов (или даже действующих вулканов) на Камчатке. Полученные нами результаты опровергают эти данные и заслуживают отдельной публикации.

В результате изучения вблизи конуса разрезов почвенно-пирокластического чехла (ППЧ) был составлен сводный разрез голоценовых пирокластических отложений, который явился основой для наших реконструкций наряду с детальной тефрохронологической шкалой, разработанной для этого района Камчатки [4]. Анализ сводного разреза показал, что в ППЧ в бассейне р. Левая Авача залегают

транзитные пеплы многих крупнейших голоценовых эксплозивных извержений Камчатки. Однако, из числа всех отложившихся здесь за последние 10000 лет горизонтов тефры лишь один можно рассматривать как продукт от близкого местного источника — это слой шлаков, имеющий значительную мощность и крупность в окрестностях конуса Веер.

Для определения возраста конуса Веер использовались два региональных маркирующих горизонта: тефра Бараньего Амфитеатра (ОП) в кальдере вулкана Опала (рис. 1), имеющая возраст $1478 \pm 18^{14}\text{C}$ лет, и тефра кальдерообразующего извержения вулкана Ксудач (КС_1) с возрастом $1806 \pm 16^{14}\text{C}$ лет [5, 10]. Характерные признаки этих пеплов (табл. 1) позволяют уверенно идентифицировать их в разрезах и легко отличать от других транзитных пеплов данного района. Дополнительным возрастным репером послужил пепел вулкана Авачинский (АВ_{1600}).

КОНУС ВЕЕР И ПРОДУКТЫ ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Конус Веер расположен на правом берегу р. Левая Авача, в 13 км выше ее слияния с р. Вершинской, и в 75 км ССЗ от г. Петропавловск-Камчатский (см. рис. 1). Он представляет собой небольшой шлаковый конус с диаметром основания 350 м и относительной высотой около 80 м, южный сектор которого разрушен его крупноглыбовым лавовым потоком (рис. 2). Лавы по составу отвечают умеренно-калиевым базальтам (табл. 2). На поверхности потока практически не было обнаружено шлаков конуса, что свидетельствует о том, что лавовый поток излился на завершающей стадии извержения. Длина потока около 1 км, площадь — $3.65 \times 10^5 \text{ м}^2$. Объем лавы, при средней мощности ~40 м (по данным нашей реконструкции), оценивается в $1.46 \times$



Рис. 1. Расположение района исследований и ближайших голоценовых вулканов.

$\times 10^7 \text{ м}^3$. Рассчитанный по карте масштаба 1 : 50000 объем конуса — $3.8 \times 10^6 \text{ м}^3$. Ориентировочное значение общего объема пирокластики ($\sim 9 \times 10^6 \text{ м}^3$) получено по методике, применявшейся для оценки объемов пирокластики конусов Толбачинского Дола [3]. Суммарный объем извергнутого материала в пересчете на плотную породу (DRE) при средней плотности 2.6 г/см^3 составляет около $1.8 \times 10^7 \text{ м}^3$.

Тефра конуса Веер прослежена на расстояние до 15 км от источника. Ее мощность варьирует от более

80 см в 1 км от конуса (см. рис. 2) до 0.5–1 см в 11–12 км к югу и северу от него. Наиболее детально тефра была описана в 5 км южнее конуса Веер, на террасе правого берега р. Левая Авача. Здесь она представлена стратифицированной пачкой (рис. 3) в основном плохо сортированных вулканических песков разной крупности: прослой тонких пеплов (преобладающие в разрезе) чередуются с прослоями грубых вулканических песков, часто с примесью гравия шлака размером до 5 мм. Как правило, тонкие пеплы обогащены аккреционными лапилли диаметром 3–5 мм, в ядрах которых иногда встречается мелкий гравий шлака. В подошве пачки выделяется прослой мощностью 2–3 см, почти полностью состоящий из аккреционных лапилли (см. рис. 3, сл. 2). В прослоях грубых пеплов часто отмечается дробная субгоризонтальная, реже косая слоистость. Характерна грязно-серая окраска тефры, лишь ближе к кровле присутствует прослой черного, хорошо сортированного грубого песка (см. рис. 3, сл. 1). Суммарная мощность пачки — 35–40 см.

Судя по характеру отложений можно полагать, что извержение конуса Веер было, по большей части, фреатомагматическим. Преобладание тонких фракций в тефре даже вблизи источника свидетельствует о высокой степени дезинтеграции извергавшейся магмы, что, вкуче с плохой общей сортировкой материала, является одним из отличительных признаков подобных извержений. В пользу существенной доли фреатомагматической компоненты свидетельствует и присутствие аккреционных лапилли. Контакт поднимающейся магмы с водой происходил, скорее всего, в приповерхностных водонасыщенных горизонтах аллювиальных и пролювиальных отложений, заполняющих долину р. Левая Авача (см. рис. 2). Однако в завершающую фазу извержения контакт с водой прекратился, и оно перешло в стромболианскую стадию, о чем говорит наличие в верхней части отложений прослоя хорошо сортированного шлака. Именно на этой стадии сформировался лавовый поток конуса.

Таблица 1. Диагностические характеристики пеплов ОП и КС₁

Индекс тефры	ОП	КС ₁
Возраст, ¹⁴ С л.н.	1478 ± 18	1806 ± 16
Мощность, см	1–4 (2)*	3–10 (4)* см
Цвет	желтовато-белый	желтый, светло-серый
Крупность	тонкозернистый песок	тонко-крупнозернистый песок
Сортировка	хорошо сортирован	средне сортирован
Минеральный состав	Pl+Amf+Vi	Pl+Px
Химический состав	риодацит-риолит	дацит-риодацит
Другие признаки		двучленный горизонт: нижняя часть желтого цвета, верхняя — светло-серого

Примечание. Индексы, возраст и состав пеплов приведены согласно работам [5, 10]. * В скобках указана средняя мощность тефры в районе исследований.

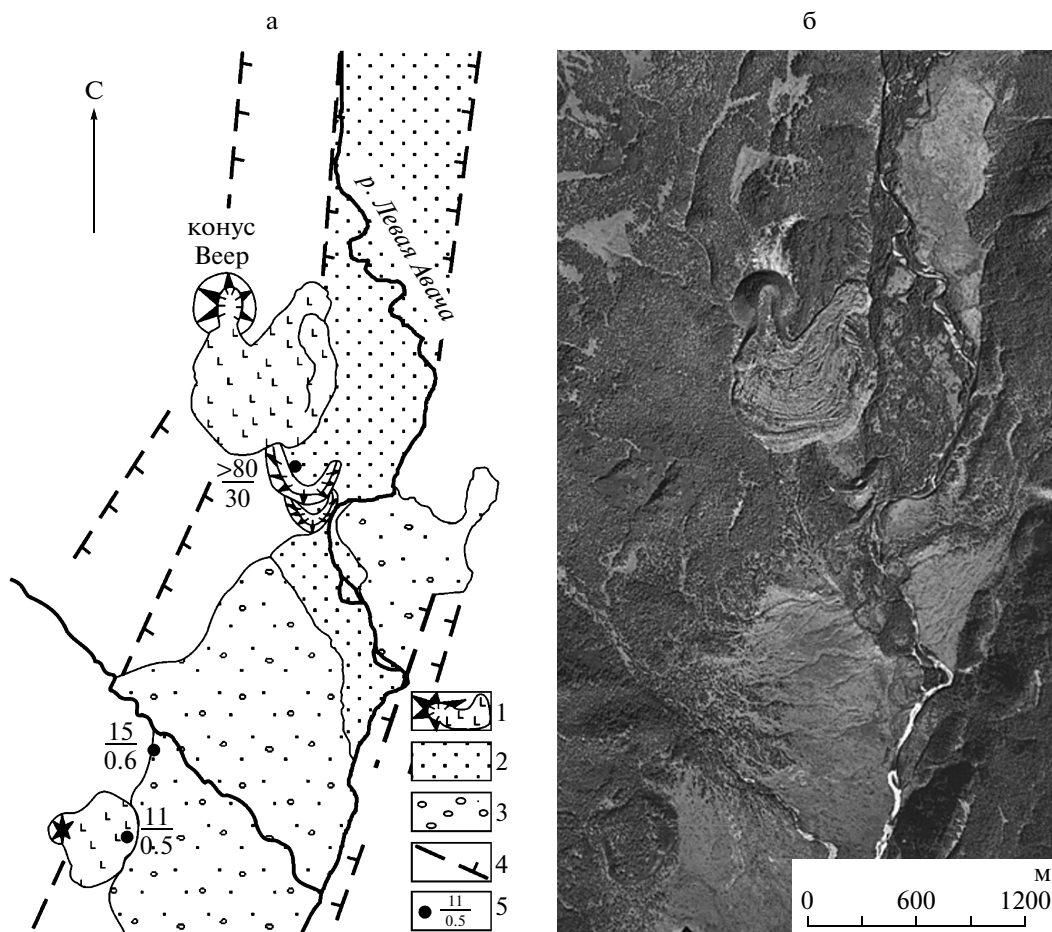


Рис. 2. Геолого-геоморфологическая схема (а) и аэрофотоснимок (б) участка долины р. Левая Авача в районе конуса Веер.

1 – моногенные центры и их лавовые потоки; 2 – аллювиальные отложения; 3 – делювиально-пролювиальные отложения конусов выноса; 4 – тектонические разломы, бергштрихи указывают опущенное крыло; 5 – точки наблюдений, в которых описана тефра конуса Веер, и ее характеристики: в числителе – мощность в см, в знаменателе – максимальный размер обломков в см.

ДАТИРОВАНИЕ КОНУСА ВЕЕР

Глыбовая поверхность лавового потока препятствовала нормальному формированию ППЧ, и лишь в нескольких понижениях между лавовыми глыбами в шурфах были обнаружены сильно редуцированные фрагменты почвенного покрова. Повсеместно лавовый поток перекрывается непосредственно горизонтом тефры ОП (см. табл. 1), при этом нигде не был зафиксирован пепел КС₁. Мало-

мощный (не более 0.5 см) прослой слабогумусированной супеси под пеплом ОП позволяет полагать, что лавовый поток излился около 1500–1600 ¹⁴С лет назад (л.н.).

Кроме того, были описаны разрезы ППЧ в шурфах за пределами лавового потока как вблизи, так и на удалении от конуса с целью датирования его шлаков. Всего было описано четыре разреза на расстоянии до 5 км от конуса, и более десяти – на рас-

Таблица 2. Химический состав лав конуса Веер (мас. %)

№ п/п	Номер образца	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Сумма
1	Д117	51.64	0.73	17.02	5.46	4.52	0.12	7.69	8.90	2.60	1.31	0.00	100.00
2	Д120	52.38	1.01	17.57	3.77	5.11	0.16	7.26	7.95	3.38	1.15	0.26	100.00

Примечание. Анализы выполнены А.Б. Перепеловым в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск) и пересчитаны на безводный остаток.

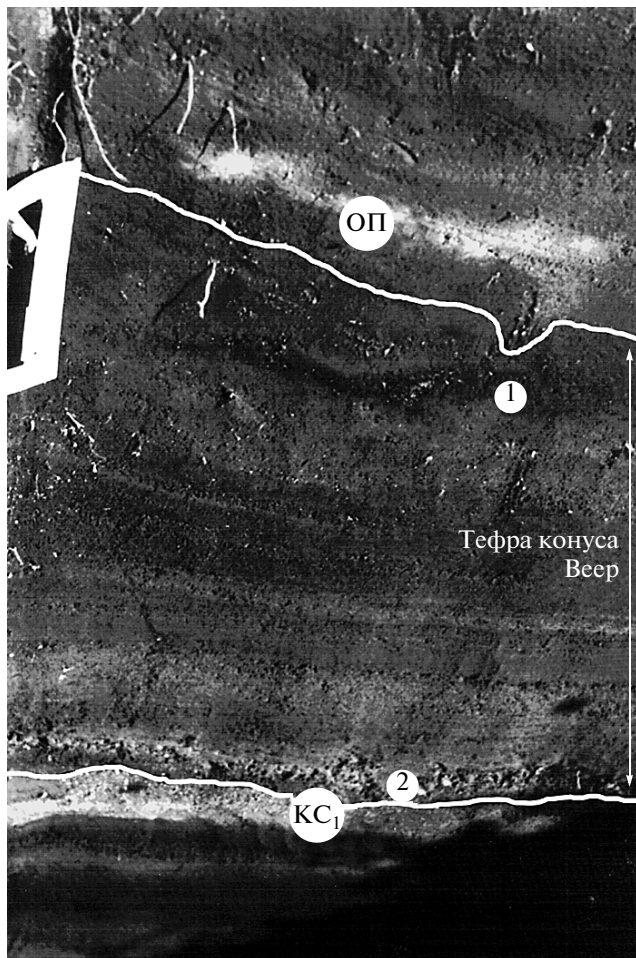


Рис. 3. Фрагмент разреза почвенно-пирокластического чехла, показывающий положение тefры конуса Веер и маркирующих транзитных пеплов.

Длина линейки – 15 см. Тefра вулканов: ОП – Опала (Бараний Амфитеатр), КС₁ – Ксудач. Прослой 1 и 2 – см. в тексте.

стоянии до 15 км. Во всех этих разрезах тefра “Веер” прослеживается в верхней части ППЧ между горизонтами маркирующих пеплов ОП и КС₁, определяющими хронологические рамки отложенный конуса: 1478 ± 18 – 1806 ± 16 ¹⁴С л.н.

Однако в некоторых разрезах ППЧ непосредственно под тefрой “Веер” (рис. 4а) описан маломощный горизонт серого тонко- и мелкозернистого вулканического песка, между ними залегает не более 1 см слабогумусированной супеси. Следовательно, идентификация этого пепла при условии его известного возраста исключительно значима для уточнения и сокращения вышеуказанного возрастного интервала. Четко определенное стратиграфическое положение и узкий временной диапазон (чуть более 300 ¹⁴С лет) значительно облегчили эту задачу. Мы уверенно связываем “неизвестный” пепел с извержением АВ₁₆₀₀ вулкана Авачинский, выявленным и датированным в результате реконструкции эруптивной активности вулкана в голоцене [1]. Возраст из-

вержения 1622 ± 45 ¹⁴С л.н. Калиброванный с помощью программы Calib 4.2 [13], его календарный возраст составляет AD 264(424)541, где AD – годы нашей эры. Идентификация пепла проведена на основании его прямой корреляции с хорошо изученными горизонтами тefры АВ₁₆₀₀, прослеженными ранее от подножия Авачинского вулкана до верховий рек Вершинская и Гаванка (рис. 5). Пеплопад этого извержения захватил также окрестности вулкана Бакенинг [4]. Анализ карты изопохит тefры АВ₁₆₀₀ показал, что район исследований находится в границах зоны этого пеплопада, и здесь с большой вероятностью можно ожидать мощность пепла в пределах 1–2 см, что соответствует ее реальным значениям вблизи конуса Веер (см. рис. 4, 5).

Наши выводы подтверждаются результатами ревизии и корреляции разрезов ППЧ, описанных в разное время для обширной территории от вулкана Авачинский на юге до вулкана Карымский на севере Центральной Камчатской Депрессии на западе, а также данными об эруптивной активности других ближайших к району исследований вулканов (см. рис. 1). Так, на вулкане Карымский, одном из наиболее активных вулканов за последние несколько столетий, интересующий нас временной интервал (1500–1800 ¹⁴С л.н.) приходится на период покоя [2]. История вулкана Жупановский к настоящему времени изучена относительно слабо, однако имеющиеся предварительные данные свидетельствуют об отсутствии сколько-нибудь значимых извержений в данный промежуток времени. Вулканы Бакенинг и Корякский в это время также не извергались.

Таким образом, нами установлено, что тefра “Веер” залегает в разрезе в непосредственном соседстве с горизонтом АВ₁₆₀₀ (см. рис. 4). Небольшая мощность межпеплового прослоя позволяет оценить возраст конуса как ~1610–1600 ¹⁴С лет. Для более точного определения календарного возраста мы использовали расчеты скорости накопления почвы между временными реперами. Для этого были выбраны разрезы, в которых присутствуют хорошо выраженные горизонты тefры: конуса Веер, Авачинского вулкана (АВ₁₆₀₀) и вулкана Ксудач (КС₁). Рассчитанные по этой методике значения возраста варьируют в диапазоне AD 462–AD 482. Среднее значение в этом диапазоне, а именно AD 470, принято нами в качестве даты образования конуса Веер.

Установленный возраст существенно (почти на 1400 лет) отличается от даты 1856 г., фигурирующей в различных изданиях, как время образования конуса Веер. Кроме того, в разрезах ППЧ не было обнаружено никаких следов более поздних извержений этого конуса, что подтверждает его характеристику как моногенного центра, возникшего в результате одного извержения, и более не возобновлявшего активность. Поэтому конус Веер должен быть исключен из каталогов действующих вулканов и из списков исторических извержений и самых мо-

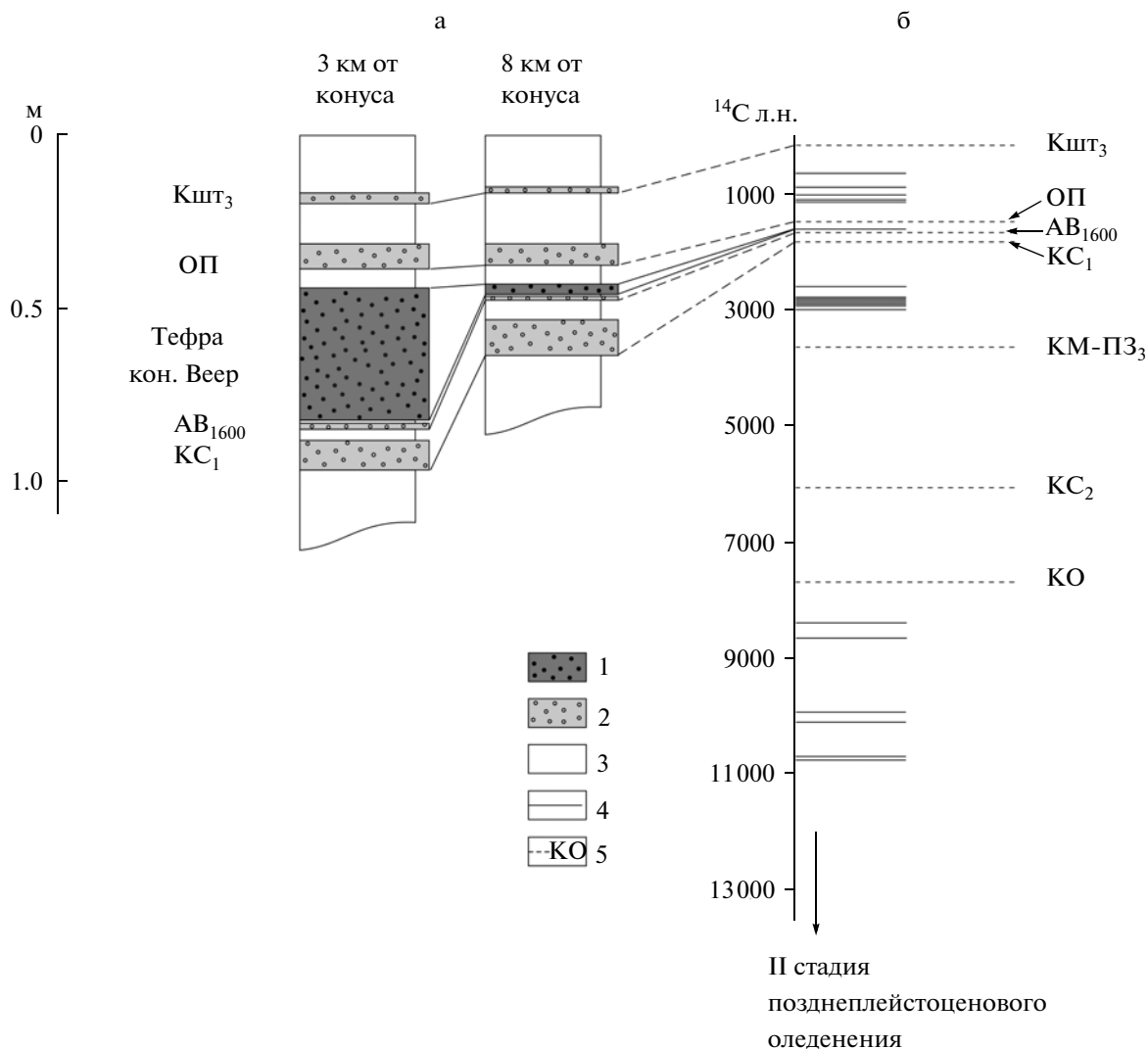


Рис. 4. Фрагменты разрезов почвенно-пирокластических чехлов вблизи конуса Веер (а) и временное распределение ареальных центров в бассейне рек Левая и Средняя Авача (б).

1 – тефра конуса Веер; 2 – пеплы-маркиранты; 3 – межпепловые гумусированные супеси; 4 – положение моногенных центров на временной шкале; 5 – положение маркирующих прослоев пеплов на временной шкале и их индексы по [1, 4, 5]. Возраст маркирантов дан по [1, 4].

лодых шлаковых конусов в бассейне р. Авача. Хотя он остается одним из наиболее молодых моногенных центров этого района, эруптивные центры пади Костакан возникли несколько позже (в диапазоне 600–1200 ¹⁴С л.н.) и являются здесь самыми молодыми вулканическими образованиями [6].

Извержения шлаковых конусов в верховьях р. Авача и ее притоков, приуроченные к наиболее крупным тектоническим нарушениям этого района, эпизодически происходили на протяжении всего голоцена. Согласно [6], они группируются как минимум в 3 временных интервала: I этап – 12000–8000 ¹⁴С л.н., II этап – 3000–2500 ¹⁴С л.н. и III (самый молодой) этап – 1200–600 ¹⁴С л.н. (см. рис. 4б). Полученная датировка конуса Веер хорошо согласуется с такими периодами активизации вулканизма. Мож-

но предположить, что извержение конуса Веер явилось началом третьего и, до настоящего времени, последнего этапа активизации ареального вулканизма района. Самые молодые известные извержения этого этапа произошли в пади Костакан, в 30 км к ЗСЗ, последнее из которых произошло около 600 ¹⁴С л.н.

Следует также отметить, что время возникновения конуса Веер соответствует периоду резкой активизации эндогенных процессов по всей Камчатке. В работе И.В. Мелекесцева с соавторами [7] временной интервал 0–650 гг. н.э. определен как этап самого мощного эндогенного катастрофизма в нашей эре. В это время извергалось не менее 24 вулканов из 30 действующих и потенциально активных многоактных вулканов Камчатки, произошел мощный всплеск активности в пределах Толбачинской

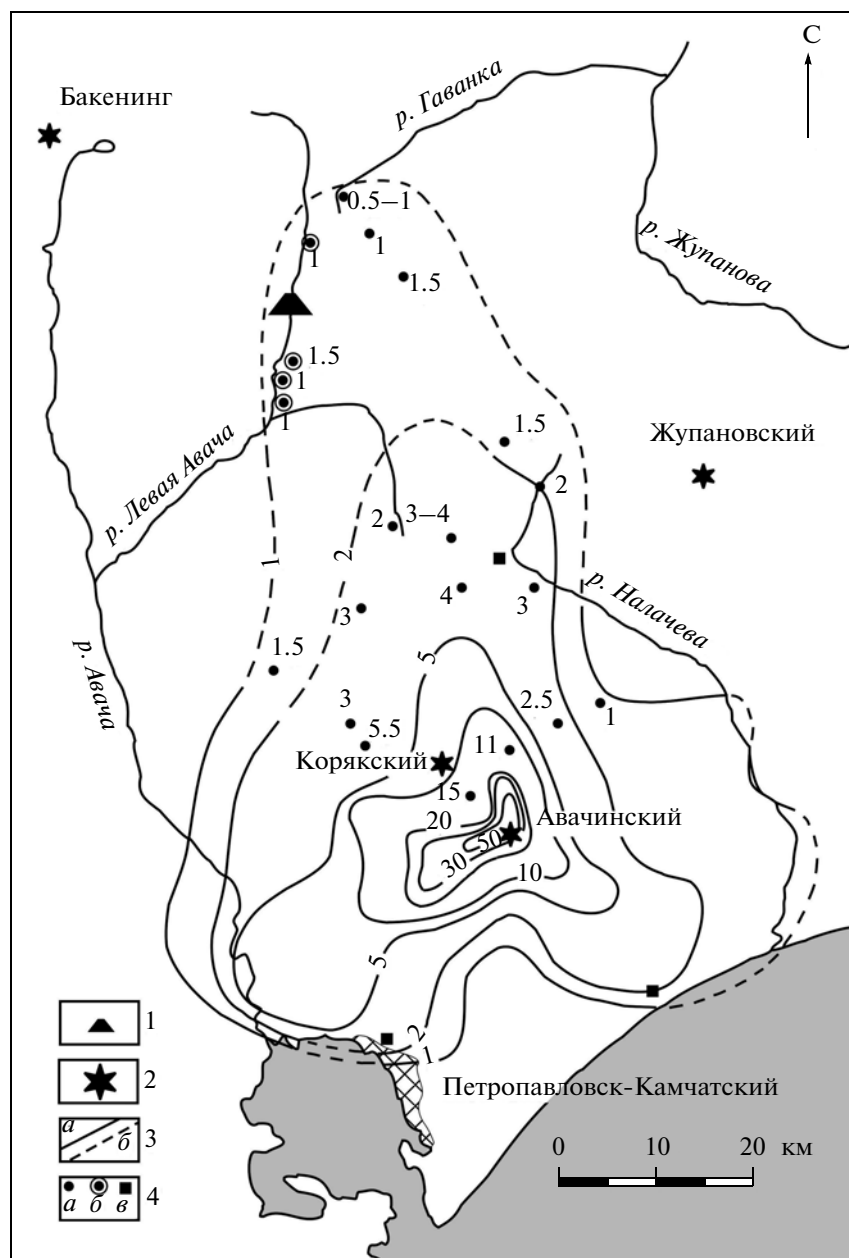


Рис. 5. Схема распространения тephры AV₁₆₀₀.

1 – конус Веер; 2 – голоценовые вулканы; 3 – изопахиты, см (*a* – установленные, *b* – предполагаемые); 4 – точки наблюдения (показаны частично) и мощность пепла в см (*a* – использованные ранее для построения изопахит к северу и северо-западу от вулкана Авачинский, *b* – полученные вблизи конуса Веер, *v* – разрезы, в которых определялся радиоуглеродный возраст пепла AV₁₆₀₀).

региональной зоны шлаковых конусов. На тот же период приходится резкое тектоническое поднятие почти всей территории Камчатки. И, хотя основным “театром действий” являлись Южная Камчатка, Восточная вулканическая зона и вулканы Северной Камчатки, в районе наших исследований также происходили значительные события. Общекамчатское поднятие фиксируется в бассейне рек Левая и Средняя Авача серией аллювиальных речных террас высотой 1–3 м [11]. Извержение конуса

Веер, в свою очередь, явилось первым в серии извержений моногенных шлаковых конусов в этом районе [6].

Установленная периодичность проявлений вулканизма и продолжающаяся сейсмическая активность в данном районе (см. на сайте www.emsd.iks.ru) позволяет предположить, что этот период активизации, по-видимому, еще не закончился и весьма вероятно возникновение здесь в будущем новых эруптивных центров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Конус Веер является моногенным центром, который образовался около 1600 ¹⁴C л.н. или примерно в 470 г. н.э. в календарном летоисчислении. Возникновение конуса в 1856 г. н.э. не подтверждается результатами исследований. По этой причине конус Веер и ошибочная дата должны быть исключены из каталогов действующих вулканов.

2. Извержение конуса Веер имело большей частью фреатомагматический характер благодаря контакту поднимающейся магмы с водонасыщенными рыхлыми отложениями, заполняющими долину р. Левая Авача. Лишь в завершающую фазу, во время излияния лавового потока, характер эксплозий сменился на стромболианский.

3. В ходе извержения было выброшено около 9×10^6 м³ пирокластики и излилось около 1.46×10^7 м³ лавы. Общий объем извергнутого материала, в пересчете на плотную породу, — 1.8×10^7 м³.

4. Это извержение можно рассматривать как проявление в бассейне р. Авача общекамчатской активизации эндогенных процессов, происходившей в 0–650 гг. н.э.

5. Установленная периодичность ареального вулканизма и соотношение вулканизма и тектонических движений в этом районе дают основание полагать, что вулканические извержения весьма вероятны здесь и в будущем.

Проведение полевых работ было бы невозможно без помощи Ф. Дорендорфа (Германия), и авторы выражают ему за это особую признательность. Авторы благодарны И.В. Мелекесцеву за ценные замечания и пожелания.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №№ 06-05-65037, 08-05-00193, 09-05-00718).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базанова Л.И., Брайцева О.А., Дирксен О.В. и др. Пеплопады крупнейших голоценовых извержений на траверсе Усть-Большерецк-Петропавловск-Камчатский: источники, хронология, частота // Вулканология и сейсмология. 2005. № 6. С. 30–46.
2. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В. Вулкан Карымский: история формирования, динамика активности и долгосрочный прогноз // Вулканология и сейсмология. 1989. № 2. С. 14–31.
3. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Флеров Г.Б. и др. Голоценовый вулканизм Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов // Большое трещинное Толбачинское извержение, Камчатка, 1975–1976 гг. М.: Наука, 1984. С. 177–223.
4. Брайцева О.А., Певзнер М.М. О возрасте вулкана Ново-Бакенинг (Камчатка) и тефростратиграфии этого района // Вулканология и сейсмология. 2000. № 6. С. 3–12.
5. Брайцева О.А., Сулержицкий Л.Д., Пономарева В.В., Мелекесцев И.В. Геохронология крупнейших эксплозивных извержений Камчатки в голоцене и их отражение в Гренландском ледниковом щите // ДАН. 1997. Т. 352. № 4. С. 516–518.
6. Дирксен О.В., Мелекесцев И.В. Хронология, динамика формирования и морфология центров голоценового этапа ареального вулканизма бассейна р. Авача (Камчатка, Россия) // Вулканология и сейсмология. 1999. № 1. С. 3–19.
7. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В. и др. 0–650 гг. — этап сильнейшего природного катастрофизма нашей эры на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 2003. № 6. С. 3–23.
8. Новограбленов П.Т. Каталог вулканов Камчатки // Изв. гос. географического общества. 1932. Т. LXIV. Вып. 1. С. 88–99.
9. Цурюпа А.И. Хронология и особенности новейшего вулканизма бассейна р. Авача и смежных терри-торий // Бюлл. вулканологических станций. 1978. № 55. С. 54–63.
10. Braitseva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D. et al. Holo-cene key-marker tephra layers in Kamchatka, Russia // Quaternary Research. 1997. V. 47. P. 125–139.
11. Dirksen O.V., Melekestsev I.V., Bazanova L.I. Periodicity of monogenetic basaltic volcanism and its relationship with tectonic activity at the basin of Avacha river, Kamchatka, Russia // IUGG Meeting, Birmingham. 1999.
12. Simkin T., Siebert L. Volcanoes of the world // Geoscience Press. Tuscon, USA. 1994. 349 p.
13. Stuiver M., Reimer P.J., Bard E. et al. INTCAL 98 Radiocarbon age calibration 24,000–0 cal B.P. // Radiocarbon. 1998. V. 40. № 3. P. 1041–1083.

An Eruption of the Veer Cone as a Volcanic Event during the Increase of Volcanic Activity at the Beginning of the Christian Era

O. V. Dirksen and L. I. Bazanova

Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, 683006, Petropavlovsk-Kamchatskii, Russia

Tephrochronologic studies conducted in the Levaya Avacha River valley helped determine the true age of the Veer cinder cone, which formed approximately in 470 AD (1600 ¹⁴C BP). These data refute the existing idea that it was generated in 1856. The monogenetic Veer cone should be cancelled from the catalogs of historical eruptions and active volcanoes in Kamchatka. The eruption of this cone was a reflection of the all-Kamchatkan increase in the activity of endogenous processes that occurred in 0–650 AD.