

УДК 551.217.24(571.66)

ПЕПЛОПАДЫ КРУПНЕЙШИХ ГОЛОЦЕНОВЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ НА ТРАВЕРСЕ УСТЬ-БОЛЬШЕРЕЦК-ПЕТРОПАВЛОВСК-КАМЧАТСКИЙ: ИСТОЧНИКИ, ХРОНОЛОГИЯ, ЧАСТОТА

© 2005 г. Л. И. Базанова¹, О. А. Брайцева¹, О. В. Дирксен¹, Л. Д. Сулержицкий², Т. Данхара³

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

²Геологический институт РАН, Москва, 119017

³Радиометрическая трековая лаборатория, Киото, Япония

Поступила в редакцию 17 декабря 2004 г.

Обобщены данные о пространственном и временном распространении пеплов крупнейших голоценовых извержений Камчатки по широтному профилю через полуостров: от пос. Усть-Большерецк на западе до г. Петропавловск-Камчатский на востоке. Выполнена диагностика и корреляция пепловых горизонтов вдоль профиля с использованием уточненных данных об ареалах распространения и мощностях тефры вулканов Опала, Ксудач, Авачинский, кратеров Ходуткинский "маар", Чаша и извержения, связанного с формированием кальдеры Курильское озеро — Ильинская. Часть материалов об извержениях Авачинского и Корякского вулканов публикуется впервые. Приведены комплексы признаков (положение в разрезе, цвет, возраст, особенности минерального и химического составов) для идентификации и корреляции каждого прослоя тефры. Определена частота пеплопадов за последние 8500 лет на отдельных участках профиля. Результаты работы могут быть использованы при вулканологических, геоэкологических, археологических и других исследованиях, проводимых в пределах этого наиболее обжитого района полуострова.

ВВЕДЕНИЕ

Пеплы крупнейших извержений образуют четкие маркирующие прослои во вмещающих отложениях. В том случае, если известен их возраст, они могут использоваться как прекрасные возрастные реперы специалистами разных направлений для датирования изучаемых ими объектов. На Камчатке с их помощью определен возраст различных вулканических образований [4, 7, 18], палеоцунами, морских и речных террас [15, 17], палеопочв [24], датированы культурные слои археологических стоянок [19], четко обозначены возрастные рубежи палеогеографических этапов при реконструкции растительности и климата [3].

К настоящему времени создана тефростратиграфическая шкала голоцена Камчатки, включающая около 30 маркирующих прослоев тефры¹ крупнейших извержений с объемом продуктов >1 км³. Установлены источники извержения тефры, ареалы ее распространения, ¹⁴C возраст, химический и минеральный составы. Сформулированы основные критерии для идентификации и корреляции пепловых горизонтов, где главную роль играет присутствие или отсутствие в ювенильном материале минералов-индикаторов (биотит, роговая

¹Под тефрой понимается пирокластика, перенесенная от кратера вулкана по воздуху (air-fall deposits). Она включает вулканические бомбы, лапилли, грубый пепел (вулканические гравий + песок) и тонкий пепел (алеurit + пелит).

обманка), особенности строения и химического состава. При этом важное значение имеет соотношение с кремнекислотностью содержание К₂О, определяющее сериальную [9, 27] принадлежность пеплов. Результаты этих исследований представлены в работах [5, 8, 21], где приведены сводные разрезы почвенно-пирокластических чехлов для отдельных районов полуострова.

Одна из главных целей предлагаемой статьи — дать в руки заинтересованным исследователям разных специальностей (вулканологам, геоэкологам, археологам и др.) такой набор фактического материала по конкретным маркирующим горизонтам пеплов в конкретных разрезах, чтобы им легко можно было воспользоваться для успешного решения поставленных задач. Нами рассмотрено положение тефры крупнейших извержений в разрезах голоценовых почвенно-пирокластических чехлов и торфяников по широтному профилю через Камчатку от пос. Усть-Большерецк на западе до г. Петропавловск-Камчатский на востоке, т.е. от Охотского моря до Тихого океана (рис. 1). Протяженность профиля около 250 км. Здесь проходит одна из главных автомобильных дорог полуострова, и этот участок привлекает своей доступностью многочисленных исследователей разных специальностей, для которых публикация конкретного материала представляет первостепенный интерес. Детальные разрезы позволяют также судить о частоте пеплопадов в этой, наибо-

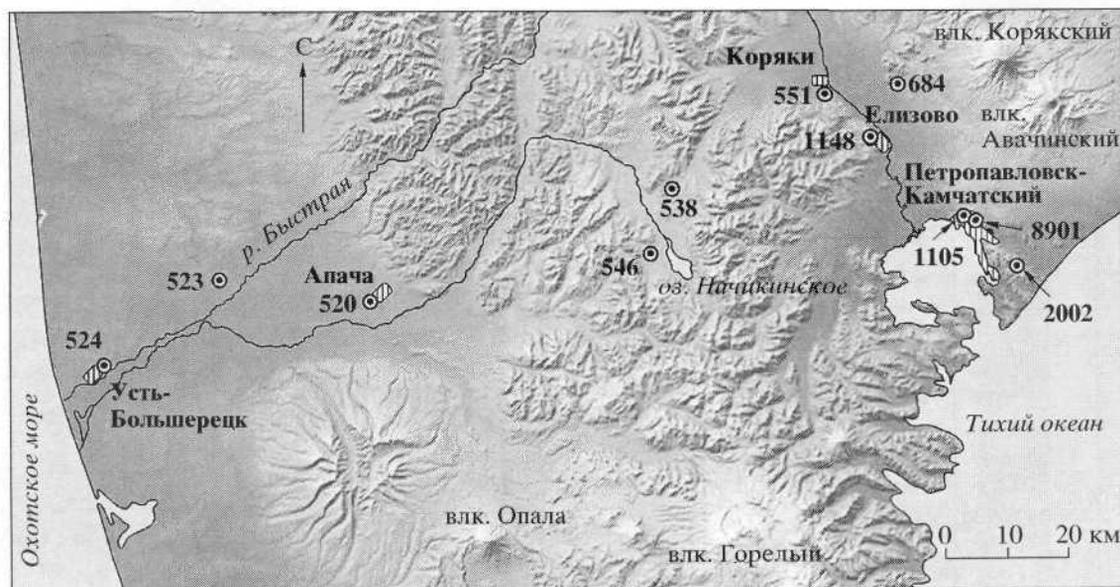


Рис. 1. Местоположение разрезов почвенно-пирокластических чехлов и торфяников по широтному профилю Усть-Большерецк - Петропавловск-Камчатский.

лее обжитой, части полуострова. Идентификация пеплов проводилась путем непосредственного прослеживания от источников и подтверждалась анализом их вещественного состава и радиоуглеродным датированием.

ОБЪЕКТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Главные маркирующие прослои в разрезах предлагаемого профиля (рис. 2) - пеплы крупнейших эксплозивных извержений вулканов Южной Камчатки: Опалы (кратер Бараний Амфитеатр), Ксудача, Ходутки (Ходуткинский "маар"), кратера Чаша на Толмачевом долу и извержения, связанного с формированием кальдеры Курильское озеро - Ильинская (табл. 1). Индексы и возраст пеплов этих извержений даются согласно работам [5, 21, 23, 25]. Важную роль в разрезах восточной части профиля играет тефра Авачинского вулкана.

Тефра кратера Бараний Амфитеатр (ОП). Тефра ОП связана с мощным субкальдерным извержением 1500 ¹⁴С лет назад (л.н.) (здесь и далее приведены округленные значения радиоуглеродного возраста) из кратера Бараний Амфитеатр (табл. 1), расположенного на подножии вулкана Опала [5, 12]. Оси пеплопадов этого извержения были направлены на восток и север (рис. 3), и пепел ОП является прекрасным маркирантом в пределах всей Восточной вулканической зоны.

В пределах рассматриваемого профиля наибольшую мощность (7-10 см) тефра ОП имеет в районе Начикинского озера и Начикинского перевала (рис. 2-4), здесь же отмечается и ее наи-

большая крупность. Это преимущественно белые вулканические пески (от средне- до грубозернистых) с примесью вулканического гравия; иногда в горизонте отмечается четкая стратификация, выраженная чередованием песков разной крупности и присутствием в верхней части маломощных (0.5-1см) прослоев тонкого пепла с легким сизым оттенком. Нередки буро-коричневые или желтые пятна вторичной окраски. По данным количественно-минералогического анализа, выполненного Т. Данхара, Япония, здесь главным компонентом фракции 0.063-0.125 мм является вулканическое стекло, а среди темноцветных минералов преобладает биотит (рис. 5).

По мере удаления от осевой зоны пеплопада мощность и крупность тефры уменьшаются. В разрезах пос. Коряки, на р. Пиначевской, в городах Елизово и Петропавловск-Камчатском это белый мелко- и среднезернистый вулканический песок мощностью 1-2 см. Западнее Начикинского озера в пос. Апача пепел представлен мелкозернистым, с небольшой примесью среднезернистого, вулканическим песком, на р. Быстрой это уже преимущественно тонкий пепел мощностью 1 см, а в пос. Усть-Большерецк горизонт ОП следится в торфянике в виде нитевидного прослоя (0.2-0.3 см) белого тонкого пепла.

Отличительные черты тефры ОП: 1) белый цвет, 2) риолитовый состав (табл. 2), 3) высокое содержание K_2O , 4) присутствие биотита [21] (рис. 5).

Тефра вулкана Ксудач. Пеплопады во время извержений вулкана Ксудач неоднократно в голоцене охватывали территорию полуострова в пределах

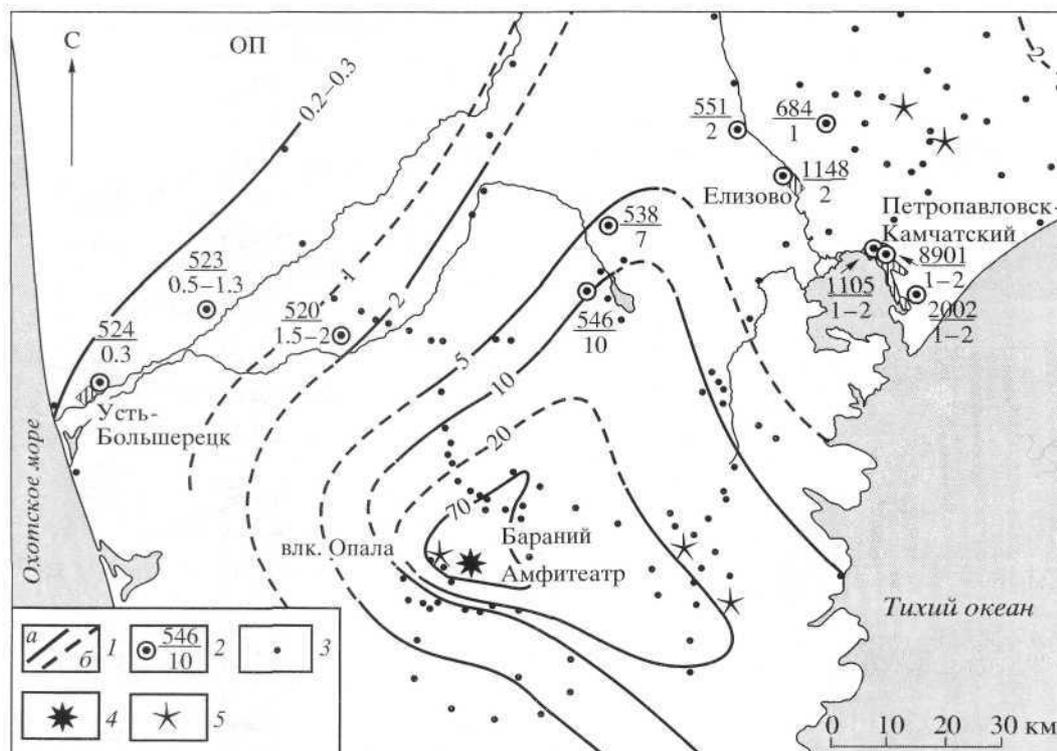


Рис. 3. Изопахиты тefры субкальдерного извержения кратера Бараний Амфитеатр на подножии вулкана Опала (ОП 1500 С л.н.): 1 - изопахиты, см (а - установленные, б - предполагаемые); 2 - местоположение разрезов профиля и их номера (в числителе), в знаменателе - мощность тefры, см; 3 - точки наблюдения, использованные для построения изопахит; 4 - эруптивный центр; 5 - прочие действующие вулканы.

рой Авачинского вулкана (извержение 1926 г.). На участке г. Петропавловск-Камчатский - пос. Коряки мощность тefры составляет 1-2 см. Это средне- и крупнозернистый вулканический песок с единичным гравием, причем пепел имеет своеобразный облик: он состоит из светлых (желтых и серых) и темных зерен. На Начикинском перевале и в районе Начикинского озера мощность пепла сокращается до 0.5-1 см, здесь - это мелкозернистый вулканический песок с небольшой примесью среднезернистого. Далее к западу пепел постепенно выклинивается. По составу тefра рассматриваемого извержения отвечает дацитам [21], однако на нашем профиле, где он представлен вулканическим песком, пепел более основной (табл. 2).

Тefра $КС_1$ отложилась во время кальдерообразующего извержения вулкана Ксудач 1800 ^{14}C л.н. [5, 6, 20]. Ось пеплопада была ориентирована в северном направлении (рис. 6А), поэтому тefра этого извержения зафиксирована в большинстве разрезов нашего профиля.

Наибольшая мощность (до 10 см) и крупность пепла отмечена вблизи оси пеплопада в разрезах от Начикинского озера до г. Елизово (рис. 2, 4). Тefра здесь стратифицирована: чередуются вулканические пески разной крупности (от средне-

до грубозернистых), в средней части или в основании слоя - с примесью вулканического гравия и лапилли пемзы; характерно присутствие в подошве горизонта тонкого пепла мощностью 0.5-1 см. Верхняя часть тefры $КС_1$ имеет светло-серый или сизовато-серый цвет, нижняя - желтый, что характерно для этого горизонта в осевой зоне пеплопада [6]. К востоку от оси пеплопада мощность тefры уменьшается: в г. Петропавловске-Камчатском это желтый преимущественно крупно- и грубозернистый песок мощностью 2-3 см (серый пепел верхней части слоя здесь не выпал). В западном направлении быстро уменьшается мощность и крупность тefры. В пос. Апача это уже серо-желтый тонкий пепел мощностью 1 см, а далее на р. Быстрой и в пос. Усть-Больше-рецк он вообще выклинивается.

Пепел $КС_1$ по составу отвечает низко калиевым риодацитам [6, 21]. Его минералогический состав показан на рис. 5. От близко расположенного в разрезе белого пепла ОП он отличается желтым и светло-серым цветом, отсутствием биотита и значительно меньшим содержанием K_2O (табл. 1, 2). От также низкокалиевых, но более основных пеплов Молодого конуса Авачинского вулкана (см. ниже) его отличает не только состав и внешний облик, но и отсутствие роговой обманки [21].

Тефра $КС_2$ связана с кальдерообразующим извержением вулкана Ксудач $6000^{14}С$ л.н. [5,14]. Ось пеплопада этого извержения, охватившего на широте профиля весь полуостров, была направлена на север (рис. 6В), как и в случае извержения $КС_1$.

Вблизи оси пеплопада в районе Начикинского озера и Начикинского перевала (рис. 2, 4) зафиксирована максимальная для разрезов профиля мощность тефры (7-11 см). Восточнее она уменьшается до 5 см в г. Петропавловске-Камчатском, а в направлении Охотского моря пепел выклинивается, и в пос. Усть-Большерецк его мощность всего 0.2 см - это охристо-коричневый мелкозернистый вулканический песок. Характерно, что пепел практически во всех разрезах представлен вулканическим песком (от средне- до грубозернистого) с вулканическим гравием. В тт. 546 и 538 в слое отмечается четкая стратификация, выраженная чередованием вулканических песков разной крупности; в подошве присутствует мало-мощный (0.5 см) прослой тонкого пепла.

Определяющими диагностическими признаками тефры $КС_2$ являются ее положение в нижней части разрезов, буровато-серый или буро-коричневый, часто охристый цвет, состав, отвечающий низкокалийевым андезитам (табл. 2), и отсутствие роговой обманки в ювенильной составляющей тефры [21].

Пепел "голубой". В нижней части разрезов в районах пос. Апача, Начикинского озера и Начикинского перевала прослеживается прослой голубовато-серого, сизо-серого тонкого пепла мощностью 1-2 см. Он сохраняет свою мощность и крупность в этих разрезах, что позволяет считать его транзитным пеплом дальнего разноса. Возраст его определяется датами порядка $9000^{14}С$ лет в разрезах пос. Апача и Начикинского перевала, чему не противоречит и дата, полученная в разрезе 546 (оз. Начикинское) (рис. 2). Для пепла характерно низкое содержание K_2O (табл. 2). Источник пепла неизвестен, но можно высказать осторожное предположение, что это тефра $КС_4$ вулкана Ксудач [14, 21], которая имеет близкий возраст. Хотя главная ось пеплопада этого извержения была направлена на юго-восток, тонкая вулканическая пыль могла быть отнесена ветром к северу, за пределы главного ареала распространения пепла.

Тефра Ходуткинского "маара" (ХД). Главная ось пеплопада в ходе извержения Ходуткинского "маара" [12] была направлена на юго-запад, и проложенный нами профиль лежит вне этой зоны. Однако в качестве пепла дальнего разноса он четко фиксируется в торфяниках западной части профиля (от Усть-Большерецка до пос. Апача, рис. 2) в виде маломощного прослоя (0.2-0.3 см) или в виде отдельных зерен мелкозернистого вулканического песка белого цвета ("манная крупа"). Вос-

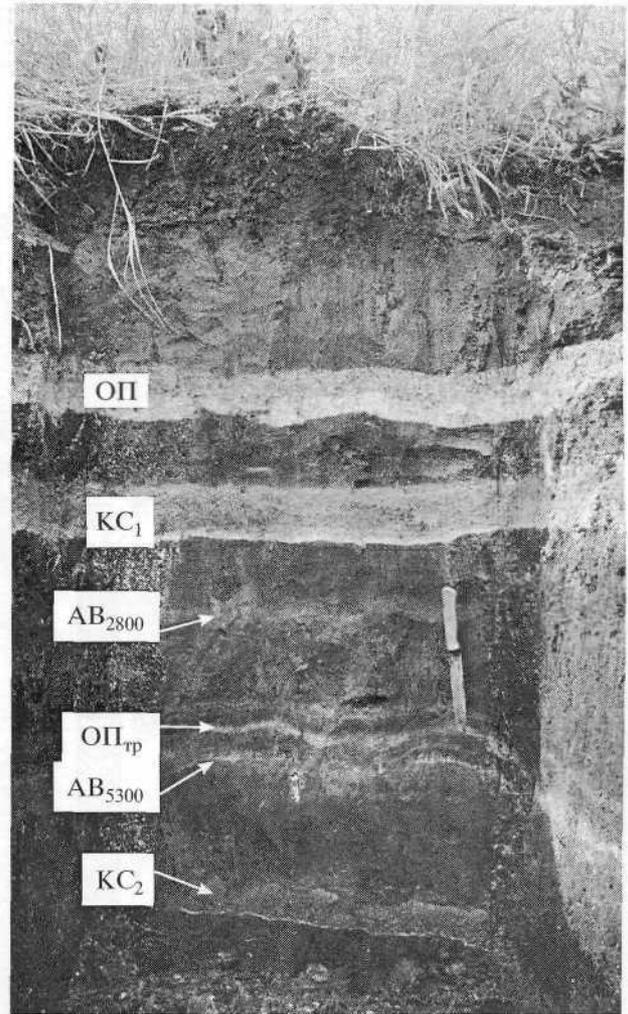


Рис. 4. Фрагмент разреза торфяника в районе Начикинского озера (546 на рис. 2). Индексы тефры см. табл. 1, рис. 2. Длина ножа - 25 см.

точнее пос. Апача этот пепел отсутствует. Для пепла характерен риодацитовый состав при умеренном содержании K_2O , что отличает его как от высококалийевого пепла ОП, так и от низкокалийевых пеплов вулкана Ксудач. Характерно также наличие роговой обманки (табл. 1,2).

Возраст пепла ХД определялся ранее как $2800^{14}С$ лет [21]. Однако последние исследования В.В. Пономаревой и Н.Е. Зарецкой на Южной Камчатке показали, что он моложе и имеет возраст $2500^{14}С$ лет [23] (табл. 1). Полученные нами даты в разрезах на р. Быстрой и в пос. Апача (рис. 2) хорошо согласуются с этими новыми данными.

Тефра кратера Чаша (ОП). Кратер Чаша на Толмачевом долу возник $4600^{14}С$ л.н. [10]. Ось пеплопада этого извержения была направлена на восток-северо-восток (рис. 6В). Тефра ОП_{тр} наиболее уверенно идентифицируется в разрезах района Начикинского озера и Начикинского перевала

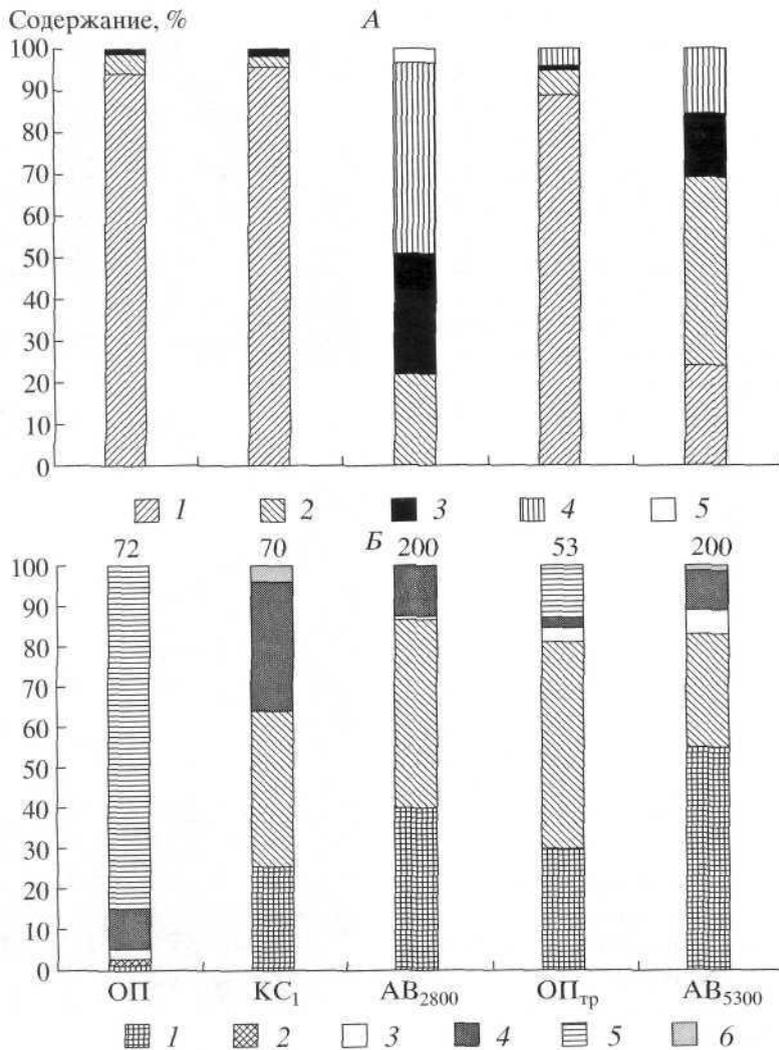


Рис. 5. Результаты количественно-минералогического анализа пеплов (фракция 0.063-0.125 мм) из верхней части разреза 546 (оз. Начикинское). *А* - валовый состав (200 зерен для каждого пепла): 1 - вулканическое стекло; 2 - плагиоклаз (+ кварц для пеплов ОП и ОП_{тр}); 3 - темноцветные минералы; 4 - обломки пород, 5 - неидентифицированные обломки; *Б* - состав выборки темноцветных минералов: 1 - ортопироксен; 2 - клинопироксен; 3 - зеленая роговая обманка; 4 - рудные; 5 - биотит; 6 - апатит. Над колонками - количество зерен в выборке. Индексы пеплов см. табл. 1, рис. 4.

ла, где ее мощность составляет 1-3 см (рис. 2, 4). Она представлена там светло-желтым или желтым мелкозернистым вулканическим песком с примесью среднезернистого. В ее составе преобладает вулканическое стекло, а среди темноцветных минералов главные компоненты - пироксены и биотит (рис. 5). В г. Петропавловске-Камчатском - это белый или светло-желтый тонкий пепел мощностью 0.5-1 см. Западнее Начикинского озера пепел прослежен до р. Банной, а к пос. Апача выклинивается.

Характерные особенности пепла ОП_{тр}: белый или светло-желтый цвет, ярко выделяющий его на фоне других отложений, дацитовый и риолито-дацитовый состав, высокое содержание К₂О и присутствие биотита [10, 21]; последние два признака

сближают его с пеплом ОП (табл. 1, 2), однако ОП_{тр} занимает другое стратиграфическое положение, располагаясь в средней части разрезов.

Тефра извержения, связанного с формированием кальдеры Курильское озеро-Ильинская (КО). Тефра КО является одним из главных маркирующих прослоев в нижней части всех разрезов проложенного профиля (рис. 2) и связана с крупнейшим в голоцене кальдерообразующим извержением, в результате которого сформировалась кальдера Курильское озеро - Ильинская [5, 25] (табл. 1). Извержение произошло 7600 ¹⁴С л.н. [25, 28]. Ось пеплопада была направлена на северо-запад в сторону г. Магадана (рис. 6*Г*), поэтому максимальная мощность тефры отмечается в разрезах нашего профиля на Западной Камчатке. В

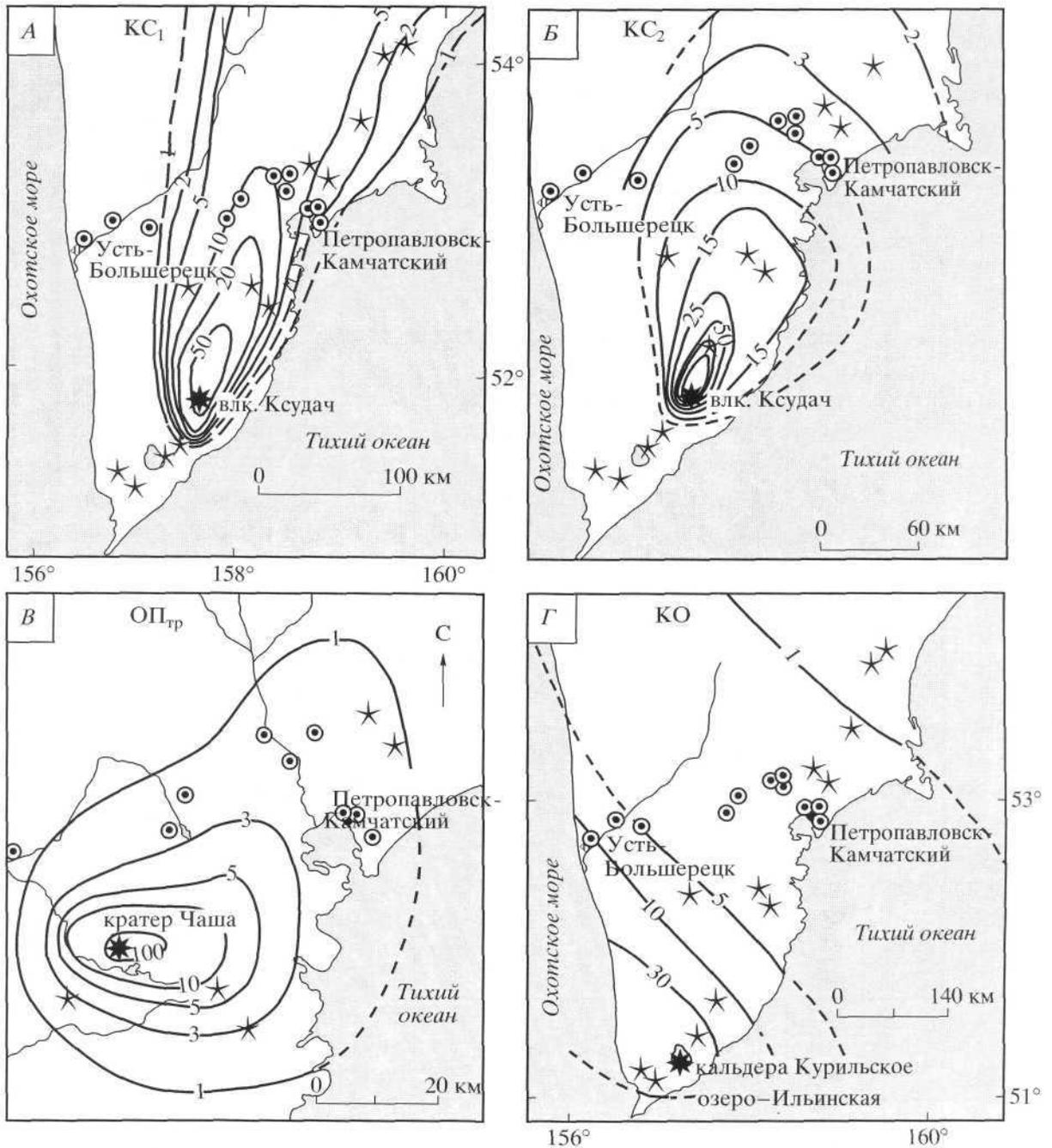


Рис. 6. Исопахиты тефры крупнейших извержений вулканов Южной Камчатки, см: А, Б - Ксудача: А - КС₁; 1800 С л.н. (по [6] с уточнениями), Б - КС₂; 6000 ¹⁴С л.н. (по [14] с уточнениями); В - кратера Чаша (ОП_{тр}) по [10]; Г - извержения, связанного с формированием кальдеры Курильское озеро — Ильинская (КО), по [25] с уточнениями. Усл. обозн. см. на рис. 3.

пос. Усть-Большерецк мощность пепла КО достигает 14 см. Горизонт тефры стратифицирован: в нижней и верхней частях слоя это тонкий пепел, в средней - мелко- и среднезернистый (до крупнозернистого) желтый вулканический песок. В районе Начикинского озера и на Начикинском перевале мощность пепла уменьшается до 2 см, это мелкозернистый вулканический песок с небольшой при-

месью среднезернистого. В г. Петропавловске-Камчатском горизонт КО представлен преимущественно тонким пеплом с примесью более грубых зерен, в торфяниках он имеет мощность до 1-2 см, а в почвенно-пирокластических чехлах фиксируется в виде ниточки или линзы мощностью 0.3-0.5 см.

Отличительными особенностями тефры КО являются ярко-желтый цвет, дацитовый и риодаци-

Таблица 1. Пеплы крупнейших извержений в разрезах профиля Усть-Большерецк – Петропавловск-Камчатский

Центр извержения	Индекс тефры	¹⁴ C возраст, лет	Календарный возраст	Объем, км ³	Состав пород	Особенности состава	
						Серия пород	Минералы-индикаторы
Бараний Амфитеатр (Опала)	ОП	1478 ± 18	AD 541 (601) 648	9–10	Р, РД	ВК	Присутствие биотита
Ксудач							
Конус Штюбеля	КШт ₃		AD 1907	1.5–2	Д, АБ	НК	Отсутствие роговой обманки
Кальдера V	КС ₁	1806 ± 16	AD 133 (237) 318	18–19	РД	НК	То же
Кальдера IV	КС ₂	6007 ± 38	BC 4993 (4903, 4887, 4880, 4874, 4852) 4780	9–11	А	НК	То же
Ходуткинский “маар” (Ходутка)	ХД	2506 ± 31	BC 791 (762, 624, 598) 428	1–1.5	РД	УК	Присутствие роговой обманки
Кратер Чаша	ОПтр	4628 ± 90	BC 3638 (3479, 3475, 3369) 3094	0.9–1	Р	ВК	Присутствие биотита
Кальдера Курильское озеро-Ильинская	КО	7618 ± 14	BC 6463 (6455) 6435	140–170	РД	НК-УК	Присутствие роговой обманки
Авачинский							
	АВ1926 г.		AD 1926	0.18–0.2	АБ	НК	н.д.
	АВ1779 г.		AD 1779	0.05–0.07	АБ	НК	н.д.
	АВ ₁₆₀₀	1622 ± 45	AD 264 (424) 541	≥0.2	АБ	НК	Присутствие роговой обманки
	АВ ₂₅₀₀	2524 ± 68	BC 814 (764) 405	≥0.02	АБ	НК	То же
	АВ ₂₈₀₀	2832 ± 26	BC 1048 (998) 905	≥0.27	АБ	НК	То же
	АВ ₃₃₀₀	3279 ± 28	BC 1678 (1523) 1463	>1.21	АБ	НК	То же
	АВ ₄₀₀₀	4020 ± 49	BC 2834 (2564, 2522, 2497) 2459	≥0.6	А, АБ	НК	То же
	АВ ₅₃₀₀	5257 ± 23	BC 4220 (4042) 3983	≥0.3	А	НК	То же
Корякский	КР ₆₄₀₀	6410 ± 160	BC 5655 (5456, 5454, 5369) 4964	н.д.	А	УК	н.д.
	КР ₁₁₀₀₀	~11000	~BC 11200–10700	н.д.	А, АБ	УК	н.д.

Примечание. 1. Данные в таблице согласно работам [1, 5, 13, 21, 23, 25]. 2. Индексы тефры Авачинского и Корякского вулканов включают индекс вулкана (АВ, КР) с подстрочным указанием округленного ¹⁴C возраста по [1, 2] и неопубликованным материалам авторов. 3. Календарный возраст рассчитан по [26]; значения за скобками – доверительный интервал при 2σ; AD – годы н.э., BC – годы до н.э. 4. АБ, А, Д, РД, Р – соответственно андезито-базальты, андезиты, дациты, риодациты, риолиты. 5. Серийная принадлежность по [9, 27]; НК, УК, ВК – соответственно низко-, умеренно- и высококальциевая серии. 6. н.д. – нет данных.

Таблица 2. Состав тефры крупнейших голоценовых извержений в разрезах профиля Усть-Большерецк – Петропавловск-Камчатский (мас. %)

Индекс пеплов	Номер разреза	№ п/п	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
КШТ ₃	1105	1	54.51	0.97	16.81	0.73	5.98	0.10	6.43	10.62	2.96	0.64	0.25	100.00
ОП	520	2*	74.61	0.23	14.43	0.98		0.09	0.25	1.43	4.42	3.52	0.03	100.00
	1105	3	72.74	0.44	15.45	1.56		0.05	0.56	1.90	4.13	3.17	сл.	100.00
АВ ₁₆₀₀	1105	4	57.23	0.99	21.23	1.32	4.73	0.13	2.72	7.08	3.72	0.85	сл.	100.00
КС ₁	520	5*	72.41	0.52	14.64	2.73		0.11	0.49	2.65	5.11	1.26	0.08	100.00
	1105	6	69.78	0.86	14.49	0.00	3.25	0.10	1.16	3.67	4.95	1.41	0.34	100.00
АВ ₂₅₀₀	1105	7	56.75	1.04	19.12	3.35	2.15	0.10	4.14	8.88	3.50	0.83	0.14	100.00
ХД	520	8*	72.52	0.35	15.28	1.87		0.09	0.52	2.56	4.67	2.08	0.06	100.00
АВ ₂₈₀₀	520	9*	59.22	0.98	19.59	5.26		0.13	2.59	7.51	3.81	0.76	0.14	100.00
	546	10	54.36	0.98	20.92	6.97	0.61	0.14	3.10	9.21	3.07	0.46	0.18	100.00
	538	11**	54.43	1.16	21.52	1.78	4.78	0.15	4.84	7.71	3.13	0.50	–	100.00
АВ ₄₀₀₀	684	12	54.86	0.67	18.73	0.72	6.02	0.17	4.17	10.64	3.19	0.64	0.19	100.00
	684	13	58.83	0.59	17.98	0.73	4.76	0.16	3.14	9.21	3.59	0.80	0.21	100.00
ОП _{тр}	1105	14	63.63	0.86	18.61	0.53	2.54	0.11	2.24	6.92	3.72	0.84	сл.	100.00
	538	15**	75.65	0.36	13.69	1.87		0.16	0.53	1.79	2.56	3.27	0.12	100.00
АВ ₅₃₀₀	1105	16	72.78	0.45	14.28	0.00	2.08	0.11	0.67	2.31	3.97	3.10	0.26	100.00
	684	17	63.20	0.45	18.08	0.48	3.53	0.11	1.95	7.41	3.57	1.01	0.21	100.00
КС ₂	684	18	54.60	0.77	18.99	0.41	5.86	0.19	3.70	11.30	3.43	0.49	0.26	100.00
	1148	19	51.85	0.82	21.22	4.07	5.39	0.23	4.13	8.61	2.85	0.63	0.20	100.00
	1105	20	62.24	0.74	18.15	1.02	2.67	0.12	3.11	7.05	3.80	1.10	сл.	100.00
КР ₆₄₀₀	520	21	62.39	1.13	18.70	0.00	4.73	0.09	1.83	5.74	4.26	0.96	0.17	100.00
	684	22	61.82	0.64	15.78	6.22		0.19	3.03	6.97	4.21	0.92	0.22	100.00
	1105	23	64.37	1.11	15.82	1.19	4.61	0.13	1.98	5.09	4.29	1.07	0.34	100.00
КР	684	24	57.84	0.74	18.76	1.30	4.66	0.11	2.58	9.19	3.56	1.20	0.06	100.00
КО	684	25	57.04	0.89	18.01	0.82	5.10	0.15	4.63	8.26	3.57	1.31	0.22	100.00
“Голубой”	520	26	66.34	0.55	18.16	0.00	3.06	0.07	1.44	4.70	3.95	1.58	0.15	100.00
	684	27	68.60	0.45	16.38	0.23	2.47	0.09	1.09	4.52	4.18	1.75	0.21	100.00
КР	8901	29	58.06	0.98	19.14	1.41	4.43	0.16	3.86	7.03	3.31	1.34	0.28	100.00
КР ₁₁₀₀₀	8901	30	56.63	0.94	19.09	1.22	4.98	0.21	4.42	8.10	3.03	1.12	0.26	100.00

Примечание. Анализы пеплов расположены согласно их стратиграфической последовательности в разрезах (сверху вниз). Номера разрезов и индексы пеплов см. на рис. 2, в табл. 1 и в тексте. Тефра АВ₅₃₀₀: 17 – тонкий пепел, 18 – вулканический песок. Анализы пересчитаны на безводный остаток. Анализы выполнены: * – Ф. Кайлом (XRF), Горно-технологический институт штата Нью-Мексико, США (New Mexico Institute of Technology and Mining, USA); ** – ЦХЛ ИГЕМ РАН, в т.ч. 15, 28 – РФА (коллекция М.М. Певзнер); остальные – ЦХЛ Института вулканологии ДВО РАН (аналитики: Н.Р. Гусакова, Л.А. Карташева, Г.Ф. Лец, Г.П. Новоселецкая, А.М. Округина, Н.А. Соловьёва).

товый состав, низкое-умеренное содержание К₂O и присутствие роговой обманки [21] (табл. 1,2).

С принятым для этого пепла возрастом 7600 ¹⁴C лет согласуются даты, полученные в разрезах пос. Апача и г. Петропавловска.

Тефра вулкана Авачинский. Тефра Авачинского вулкана составляет едва ли не главную часть пирокластики в разрезах профиля на территории городов Петропавловска-Камчатского и Елизово, на

р. Пиначевской и в пос. Коряки (рис. 2). Идентификация прослоев тефры проведена на основании их прямой корреляции с хорошо изученными горизонтами тефры на подножии этого вулкана, где детально изучался их состав и определялся возраст.

В голоценовой истории Авачинского вулкана выделены два этапа [2]. Первый этап, продукты которого представлены преимущественно андезитами, охватывает период от 7250 ¹⁴C л.н. до на-

чала формирования Молодого конуса, второй этап отвечает деятельности возникшего 3500^{14}C л.н. Молодого конуса с андезибазальтовым составом вулканитов. В наших предшествующих работах [1, 2] была принята индексация извержений для первого этапа как IAB1, а для второго - как IIAB₁, где индекс включает номер этапа и номер извержения. Однако для настоящей статьи подобная индексация представляется нам излишней, так как такие сложные индексы затрудняют чтение разрезов профиля. Поэтому для пеплов Авачинского вулкана (табл. 1) здесь принят индекс АВ с подстрочным указанием округленного ^{14}C возраста извержения (АВ₃₃₀₀) который позволяет ориентироваться при переходе от этой статьи к предшествующим публикациям с другим индексом извержения того же возраста.

Тефра Молодого конуса в разрезах профиля - серые, темно-серые и серо-коричневые вулканические пески, иногда с вулканическим гравием и лапилли шлака. Часто отмечается практически полная смена первичной окраски на охристо-бурые или грязно-зеленовато-серые тона. Для тефры андезитового этапа характерен желтый или серо-желтый цвет и присутствие гравия и лапилли пемзы. Для всех пеплов типичным является принадлежность к низкокалиевой серии [21], а для тефры доисторических извержений, рассмотренных ниже, - наличие роговой обманки (табл. 1, 2, рис. 5). Химический состав пеплов, отвечающий для первого этапа андезитам, а для второго - андезибазальтам, может меняться по простиранию в связи с эоловой гравитационной дифференциацией материала. Так, андезитовый вблизи источника, пепел может соответствовать андезибазальту в той части пеплопада, где он представлен вулканическим песком, обогащенным минеральной составляющей (пепел АВ₃₃₀₀, табл. 2). Однако во всех случаях отмечается низкое содержание K_2O , что является важным диагностическим признаком для авачинских пеплов, позволяющим отличать их от умереннокалиевых пеплов Корякского вулкана.

Тефра Молодого конуса Авачинского вулкана.

Нами выделены пеплы Молодого конуса (табл. 1, рис. 2), которые, во-первых, являются надежными маркирантами на значительных по протяженности участках профиля, во-вторых, могут быть визуально опознаны и неспециалистами, благодаря своему положению в разрезах (АВ₁₆₀₀, АВ1926 г.) и другим особенностям, например, грубому составу (АВ₂₅₀₀, АВ₃₃₀₀).

Тефра прочих извержений Молодого конуса в торфяниках г. Петропавловска-Камчатского представлена маломощными горизонтами серых вулканических песков мощностью до 1 см. Лишь на крайнем востоке в т. 2002 некоторые из этих пеплов увеличивают свою мощность. Однако они не име-

ют маркирующего значения для остальной территории профиля и в настоящей статье не рассматриваются.

Тефра АВ1926 г. и АВ1779 г. Исторические извержения Авачинского вулкана в разрезах нашего профиля представлены пеплами извержений 1926 и 1779 г. (рис. 2). Ось пеплопада кульминационной фазы первого из них была направлена на северо-запад от вулкана [13], но область его распространения захватила территорию и к юго-западу. Пепел АВ1926 г., представленный серым вулканическим песком, прослеживается в самых верхних частях разрезов г. Елизово, пос. Коряки и на р. Пиначевской выше транзитного маркирующего пепла КШТ₃. Пеплопад наблюдался и на большем удалении от вулкана: в селах Начики и Апача [13]. Однако в наших разрезах 538 и 546 (район пос. Начики) пепел этого извержения не обнаружен. А в районе пос. Апача сразу под дерниной в торфе отмечается примесь тонкого черного (темно-серого) пепла. Возможно, это и есть следы пеплопада 1926 г.

Ось пеплопада извержения 1779 г. была направлена на юго-восток [13], и тефра этого извержения в виде гравия и лапилли шлака присутствует лишь в разрезе 2002 г. Петропавловска-Камчатского.

Тефра АВ₁₆₀₀ В ряде разрезов профиля прекрасно выражен пепел Молодого конуса с возрастом 1600^{14}C лет, залегающий между маркирующими пеплами ОП и КС₁ (рис. 2). Одна из осей этого пеплопада была направлена на юго-запад (рис. 1А). Мощность пепла в осевой зоне на линии профиля достигает 8 см. Здесь и восточнее характерно разделение слоя на две части по крупности: верхнюю, представленную тонким серым пеплом, и нижнюю, где преобладает темно-серый среднезернистый вулканический песок. В Петропавловске-Камчатском мощность пепла 3-4 см, в пос. Коряки это мелкозернистый вулканический песок при мощности 1.5-2 см.

Тефра АВ₂₅₀₀ выделяется грубым составом (крупно-грубозернистый песок и гравий с единичными лапилли серого и коричневого шлака) в самых восточных разрезах и имеет мощность до 2-3 см. Возраст пепла определен как 2500^{14}C лет по датировкам в разрезе 1105 (рис. 2). Извержение АВ₂₅₀₀ не относится к крупнейшим, однако это единственное событие в голоценовой истории Авачинского вулкана, когда ось пеплопада была направлена в сторону современного г. Петропавловска-Камчатского (рис. 1А), а грубый состав тефры делает ее здесь своеобразным возрастным репером.

Тефра АВ₂₈₀₀ В большинстве разрезов рассматриваемого профиля надежным маркирантом является пепел Молодого конуса АВ₂₈₀₀. Область его распространения показана на рис. 8А, где хо-

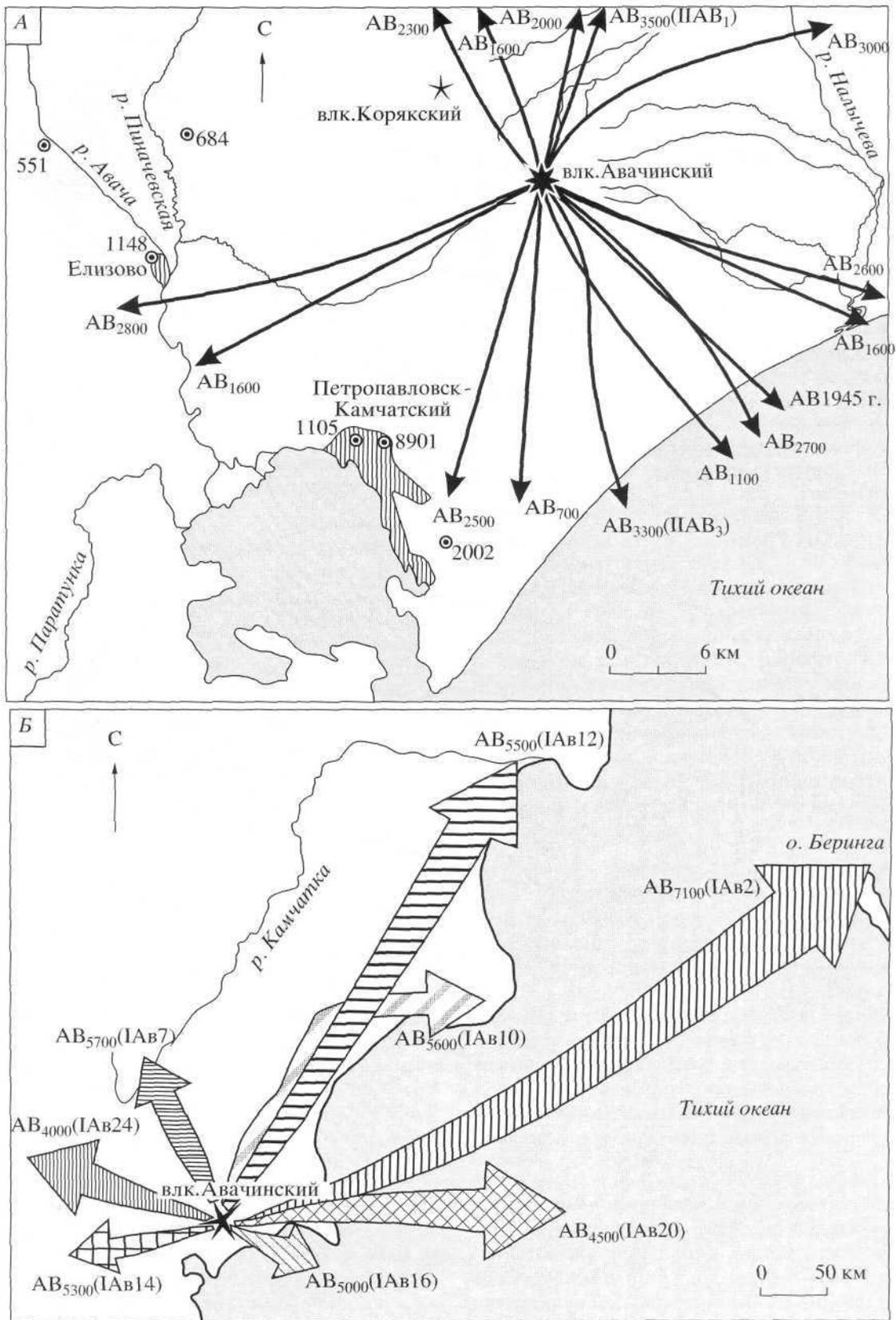


Рис. 7. Направления осей пеплопадов крупнейших голоценовых извержений Авачинского вулкана: А - этап Молодого конуса (показаны номера и местоположение разрезов восточной части профиля); 5- андезитовый этап. Индексы извержений включают индекс вулкана (АВ) и округленные значения радиоуглеродного возраста, для исторического извержения - его год (индексы в скобках: А - по [1], Б - по [2]).

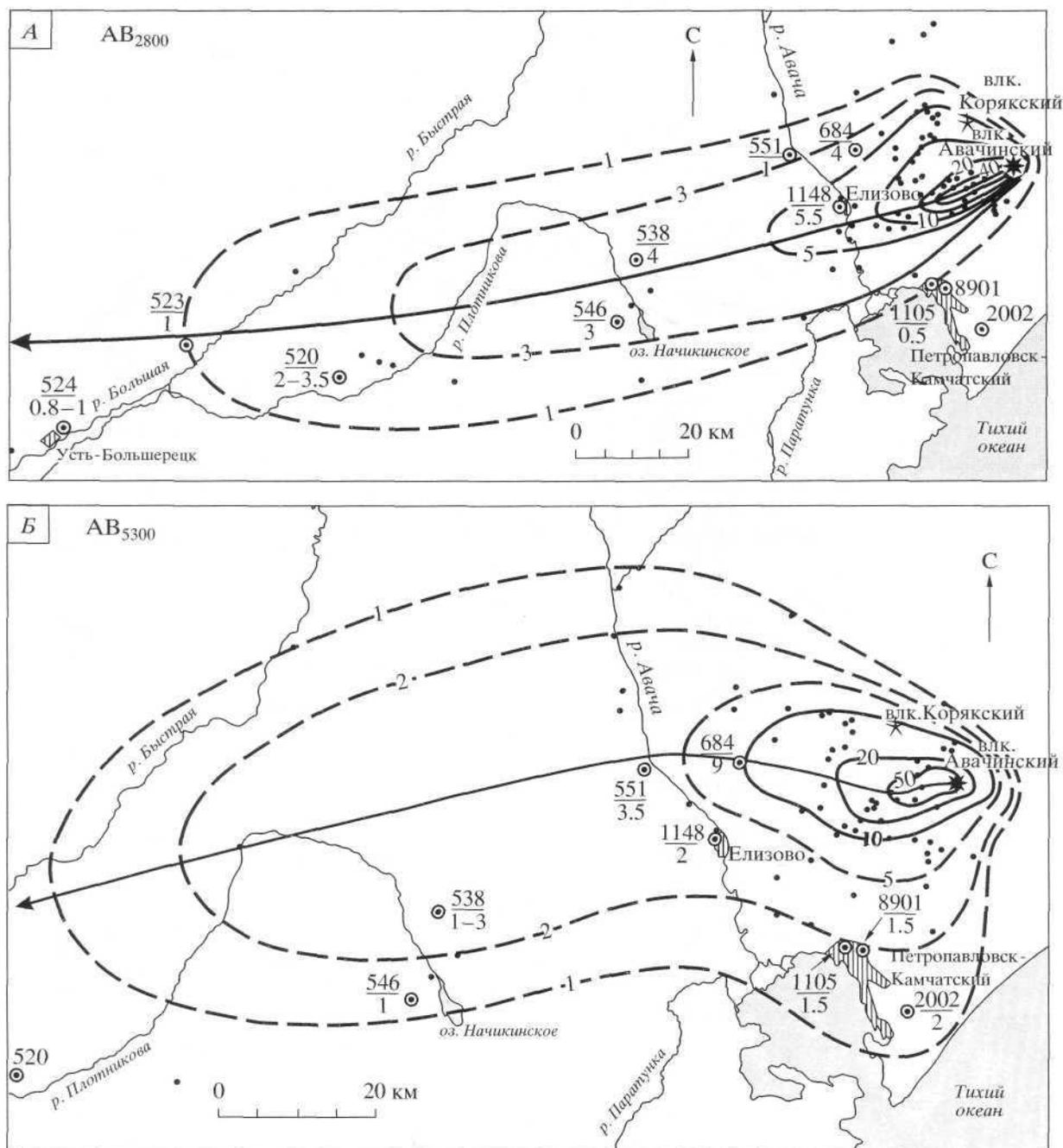


Рис. 8. Исопахиты тefры Авачинского вулкана: *А* - извержение Молодого конуса 2800 С л.н.; *Б* - извержение 5300 С л.н. (андезитовый этап). Стрелками показаны оси пеплопадов. Услов. обозн. см. рис. 3.

рошо видно, что ось пеплопада прошла практически в направлении проложенного нами профиля. Мощность и крупность пепла уменьшаются по мере удаления от вулкана. На р. Пиначевской это серый крупно- и грубозернистый вулканический песок с единичным гравием, в г. Елизово — средне- и крупнозернистый вулканический песок, на Начикинском перевале и в районе Начикинского озера (рис. 4) - мелкозернистый, с примесью среднезернистого, вулканический песок, а в

пос. Апача - это уже преимущественно тонкий пепел с примесью вулканического песка в подошве слоя. В разрезах на р. Быстрой и в пос. Усть-Большерецк горизонт АВ₂₈₀₀₀ представлен серым или зеленовато-серым тонким пеплом. Возраст этого пепла вблизи источника был определен как 2800 ¹⁴С лет (табл. 1). Это хорошо подтверждается датами 2870 ± 130 (р. Пиначевская) и 2790 ± 40 (пос. Апача) под этим пеплом и датой 2580 ± 60 над ним на р. Быстрой (рис. 2).

Тефра АВ₃₃₀₀ Тефра одного из катастрофических извержений начальной фазы формирования Молодого конуса, имевшего место 3300 ¹⁴С л.н. (ПАВ₃ по [1]), распространялась в юго-восточном направлении (рис. ТА) и захватила территорию современного г. Петропавловска-Камчатского. В т. 2002 она имеет мощность 9 см и представлена вулканическим гравием, грубозернистым песком с единичными лапилли плотного шлака, а в тт. 8901 и 1105, которые располагаются дальше от оси пеплопада, тефра имеет тот же облик, но мощность ее составляет всего 1-2 см (рис. 2). Западнее г. Петропавловска-Камчатского пепел этого извержения не прослеживается.

Тефра другого мощного инициального извержения Молодого конуса (3500 ¹⁴С л.н.; ПАВ₁ по [1]) распространялась в северном направлении (рис. 6А), поэтому в разрезах в г. Петропавловске-Камчатском она представлена маломощным (0.5-1см) серым тонким пеплом с примесью вулканического песка.

Тефра андезитового этапа. Пеплы крупнейших извержений этого этапа распространялись в основном в северо-восточном, восточном и северо-западном направлениях [2] (рис. 75). Поэтому следы большинства из них в разрезах г. Петропавловска-Камчатского либо отсутствуют, либо отмечаются в торфяниках в виде маломощных (до 1 см) светло-серых прослоев или линз тонкого пепла.

Тефра АВ₄₀₀₀ связана с извержением вулкана, которое произошло 4000 ¹⁴С л.н. (1АВ24 по [2]) (табл. 1). Наиболее отчетливо она выражена в разрезах на р. Пиначевской и в районе пос. Коряки (рис. 2), поскольку они располагаются в пределах ареала распространения этого пепла, ось пеплопада которого прошла на запад-северо-запад (рис. 7Б). Здесь тефра представлена средне- и крупнозернистым вулканическим песком с гравием и мелкими лапилли пемзы. В г. Петропавловске-Камчатском на южной периферии пеплопада тефра этого извержения фиксируется только в торфяниках в виде маломощного прослоя тонкого пепла (т. 1105). Западнее пос. Коряки, начиная с Начикинского перевала, пепел АВ₄₀₀₀ в разрезах отсутствует.

Тефра АВ₅₃₀₀ Ось пеплопада этого извержения прошла в запад-юго-западном направлении (рис. 1Б, 8Б) практически вдоль линии нашего профиля. Тефра быстро уменьшает свою крупность по мере удаления от вулкана: в г. Елизово и пос. Коряки это однородный желтый мелко- и среднезернистый вулканический песок мощностью 2-3 см, а далее, в окрестностях Начикинского перевала и Начикинского озера, — это уже тонкий ярко-желтый пепел мощностью 1-2 см (рис. 2,4). В долине р. Банной рассматриваемый пепел представлен слоем 0.2-0.3 см, а в торфянике пос. Апача уже не фиксируется. В разрезах г. Петропавловска-Камчатского пепел АВ₅₃₀₀ представлен желтым или желто-серым вулканическим песком с гравием и мелкими лапилли пемзы. Возраст пепла определен в 5300 ¹⁴С лет (табл. 1) на основании датировок, полученных при работах в районе Авачинского вулкана. Датировки в разрезах нашего профиля (рис. 2) не противоречат этим представлениям.

Тефра вулкана Корякский. В пос. Коряки, на р. Пиначевской и в г. Елизово в нижней части разрезов между горизонтами КС₂ и КО фиксируются пеплы Корякского вулкана, которым присвоен индекс КР (рис. 2). Это коричневые и коричневатые-серые вулканические пески. В разрезе 684 на р. Пиначевской в нижнем горизонте КР имеется примесь вулканического гравия и лапилли пемзы. По облику и андезитовому составу эта тефра сходна с тефрой андезитового этапа Авачинского вулкана, но отличается от нее более высоким содержанием К₂О (табл. 2). Возраст верхнего горизонта КР (т. 684) около 6400 ¹⁴С лет (табл. 1), нижнего - неизвестен.

В разрезе 8901 в г. Петропавловске-Камчатском нами описаны подстилающие торф озерные отложения, представленные суглинками и диатомитами. Для этих отложений по углистым и оторфованным прослоям получены даты 11110 ± 50 и 11440 ± 110 ¹⁴С лет, т.е. они накапливались в период, переходный от позднего плейстоцена к голоцену. В озерных отложениях содержатся горизонты вулканических пеплов (рис. 2), два из которых на основании химических анализов были идентифицированы как умереннокалиевые пеплы

Таблица 3. Количество пеплопадов, зафиксированных прослоями тефры в торфяниках профиля за 8500 (7600 ¹⁴С) лет

Местоположение разрезов торфяников		пос. Усть-Большерецк	пос. Апача	оз. Начикинское	Начикинский перевал	р. Пиначевская	г. Петропавловск-Камчатский
Количество горизонтов тефры	с мощностью ≥ 1 см	2	6	10	7	17	20
	в т.ч. с мощностью ≥ 4 см	1	1	3	4	6	2
	всего	12	9	13	10	18	27
Суммарная средняя мощность погребенной тефры, см		18	16	39	37	51	36

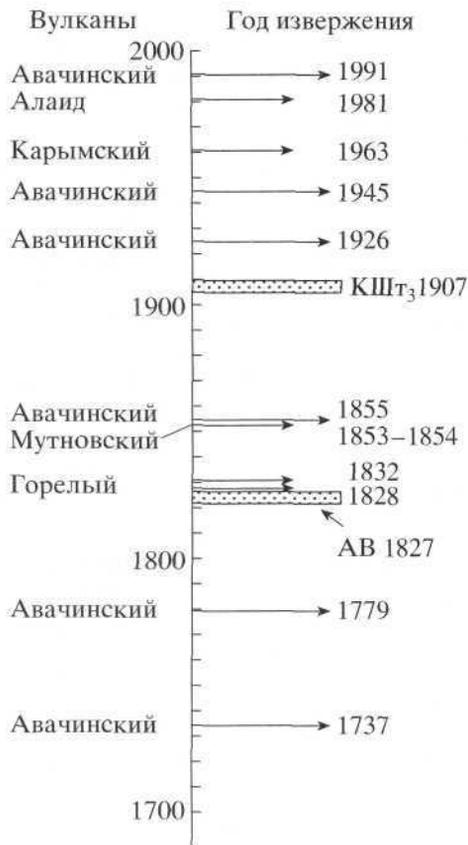


Рис. 9. Пеплопады на территории современного г. Петропавловска-Камчатского, отмеченные в исторических хрониках, но не сохранившиеся как различные прослои (показаны стрелками). КШТ₃ и АВ1827 г. - пеплы, зафиксированные в разрезах.

Корякского вулкана (табл. 2). Возраст нижнего из этих пеплов составляет ~ 11000 ^{14}C лет.

ЧАСТОТА ПЕПЛОПАДОВ НА ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКАХ ПРОФИЛЯ

Частоту пеплопадов лучше всего определять в разрезах торфяников, так как в них хорошо читается максимальное количество захороненных горизонтов тефры. Нами была установлена частота пеплопадов для отдельных участков профиля за интервал в 8500 календарных лет: от момента отложения маркирующего пепла КО до настоящего времени (расчет календарного возраста по [26]).

Частота пеплопадов определяется, с одной стороны, близостью к вулканам, и, с другой стороны, направлением главных осей распространения тефры. В табл. 3 для конкретных разрезов торфяников приведено: 1) количество прослоев тефры мощностью ≥ 1 см, которые были связаны с достаточно сильными пеплопадами; 2) в том числе, количество горизонтов тефры катастрофических пеплопадов мощностью > 4 см; 3) общее количество прослоев пеплов; 4) суммарная средняя

мощность уплотненной погребенной тефры. При этом необходимо иметь в виду, что первичная мощность свежесвыпавшего пепла была в среднем в 1.5-2 раза больше.

Общее число пеплопадов увеличивается в восточной части профиля (рис. 2) при приближении к Авачинскому и Корякскому вулканам за счет того, что пеплы их извержений добавляются к транзитным пеплам извержений вулканов Южной Камчатки. Обращает внимание большая частота пеплопадов в пос. Усть-Большерецк в связи с наличием там маломощных (0.2-0.3 см) прослоев тонких черных пеплов, связанных, по-видимому, с извержениями вулканов Горелый и Алаид. Следует также отметить, что количество пеплопадов могло быть значительно больше за счет слабых событий, тефра которых не сохранилась в виде различных прослоев даже в торфяниках. В разрезах 1105 и 8901 в центре г. Петропавловска-Камчатского не обнаружены следы пеплопадов многих исторических извержений камчатских и курильских вулканов, имевших место здесь, по свидетельствам очевидцев, и отмеченных в исторических хрониках (рис. 9) [И].

Распределение сильных пеплопадов с мощностью погребенной тефры ≥ 1 см отражает ту же закономерность, однако их количество резко сокращается в Усть-Большерецке, который находится на наибольшем удалении от ареалов распространения как пеплов вулканов Южной Камчатки, так и Авачинского и Корякского вулканов.

Наибольшее количество горизонтов тефры катастрофических пеплопадов фиксируется в районе Начикинского перевала и Начикинского озера, которые располагаются в зоне главного разноса пеплов вулканов Южной Камчатки (рис. 3, 6), а на р. Пиначевской к ним присоединяются пеплы западного переноса от вулканов Авачинский и Корякский (рис. 7). В г. Петропавловске-Камчатском мощность 4-5 см имеют всего два пепла - КС₂ и АВ₁₆₀₀, а пеплы большинства крупных извержений Авачинского вулкана распространялись, как уже указывалось выше, преимущественно в других направлениях.

Частота сильных пеплопадов за период 8500 лет (7600 ^{14}C) с мощностью слоя захороненного пепла > 1 см составляет в г. Петропавловске-Камчатском один пеплопад в 420 лет, на р. Пиначевской - один в 500 лет, в г. Елизово и в районе Начикинского озера - один в 800-850 лет, в пос. Апача - один в 1400 лет, а в пос. Усть-Большерецк за 8500 лет было только два таких пеплопада.

ВЫВОДЫ

1. Выделены, идентифицированы и описаны пеплы крупнейших голоценовых извержений в разрезах по широтному профилю пос. Усть-Большерецк.

шереек - г. Петропавловск-Камчатский. Обозначен комплекс признаков (положение в разрезе, цвет, возраст, особенности минерального и химического составов) для идентификации и корреляции прослоев тефры. Это дает возможность использовать их как возрастные реперы при вулканологических, археологических, почвенных, палеогеографических и других исследованиях, которые сосредотачиваются в пределах этого легко доступного района полуострова.

2. В разрезах проложенного профиля установлены пеплы крупнейших извержений вулканов Южной Камчатки, оси пеплопадов которых были направлены в северном, северо-западном и северо-восточном направлениях. Это пепел кратера Бараний Амфитеатр на подножии вулкана Опала (ОП 1500 ^{14}C л.н.), три горизонта тефры мощных извержений вулкана Ксудач (КШТ₃ в 1907 г., КС₁ 1800 ^{14}C л.н., КС₂, 6000 ^{14}C л.н.), тефра Ходуткинского "маара" (ХД 2500 ^{14}C л.н.), кратера Чаша (ОП_р 4600 С л.н.), тефра извержения, связанного с формированием кальдеры Курильское озеро - Ильинская (КО 7600 ^{14}C л.н.).

3. Пеплы большинства крупнейших извержений Авачинского вулкана распространялись в северо-западном, северо-восточном и восток-юго-восточном направлениях, и лишь отголоски некоторых из этих событий отмечены в разрезах г. Петропавловска-Камчатского в виде маломощных (до 1 см) горизонтов тефры. Наибольшую мощность здесь имеет тефра извержений Молодого конуса с возрастом 1600, 2500 и 3300 ^{14}C лет. В других разрезах профиля из крупных извержений Молодого конуса установлены пеплы извержений 1600 и 2800 ^{14}C л.н., а пеплы извержений 4000 и 5300 ^{14}C л.н. предшествующего андезитового этапа истории Авачинского вулкана, как правило, повсеместно фиксируются на восточном отрезке профиля. Наилучшими маркирантами являются пеплы с возрастом 2800 и 5300 ^{14}C лет, которые прослеживаются в большинстве разрезов.

4. Пеплы Корякского вулкана тяготеют к нижней части разрезов и отмечены в интервале 6000-7600 ^{14}C л.н. на участке пос. Коряки - г. Петропавловск-Камчатский и в основании разреза в г. Петропавловске-Камчатском с возрастом около 10000-11000 ^{14}C л.н.

5. Определена частота пеплопадов за последние 8500 лет для отдельных участков проложенного профиля.

Авторы выражают благодарность И.В. Мелекесцеву за полезные замечания и рекомендации, М.М. Певзнер, В.В. Пономаревой и Н.Е. Зарецкой - за предоставленные материалы, В.В. Пономаревой - за участие в идентификации прослоев тефры, Ю.Н. Шуваловой и Р.Р. Курмашовой - за помощь при подготовке статьи, Ф. Кайлу - за выполнение химических анализов, Х. Такахара - за предоставленную AMS-дату.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 03-05-64027). Исследования Т. Данхара и Х. Такахара были поддержаны Japan Society for the Promotion of Science (Grant-in Aid for Scientific Research № (A) 13375006, 16255009).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Базанова Л.И., Брайцева О.А., Пузанков М.Ю., Сулержицкий Л.Д.* Катастрофические плинианские извержения начальной фазы формирования Молодого конуса вулкана Авачинский (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 5. С. 20-40.
2. *Брайцева О.А., Базанова Л.И., Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д.* Крупнейшие голоценовые извержения вулкана Авачинский на Камчатке (этап 7250-3700 ^{14}C лет назад) // Вулканология и сейсмология. 1998. № 1. С. 3-24.
3. *Брайцева О.А., Егорова И.А., Сулержицкий Л.Д.* Тифрохронологические и палинологические исследования в районах активного вулканизма // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1983. № 6. С. 84-91.
4. *Брайцева О.А., Мелекесцев И.В.* Вулкан Карымский: история формирования, динамика активности и долгосрочный прогноз // Вулканология и сейсмология. 1989. № 2. С. 14-31.
5. *Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В. и др.* Сильные и катастрофические эксплозивные извержения на Камчатке за последние 10 тыс. лет // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский. 2001. С. 235-252.
6. *Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В., Кирьянов В.Ю.* Последнее кальдерообразующее извержение на Камчатке (вулкан Ксудач) 1700-1800 ^{14}C лет назад // Вулканология и сейсмология. 1995. № 2. С. 30-49.
7. *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. 177-209.
8. *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 // Докл. РАН. 1997. Т. 352. № 4. С. 516-518.
9. *Вольнец О.Н., Пузанков Ю.М., Аношин Г.Н.* Геохимия неоген-четвертичных вулканических серий Камчатки // Геохимическая типизация магматических и метаморфических пород Камчатки. Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР. Новосибирск, 1990. Вып. 390. С. 73-114.
10. *Дирксен О.В., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д.* Кратер Чаша (Южная Камчатка) - уникальный пример массового выброса кислой пирокластики в поле базальтового ареального вулканизма // Вулканология и сейсмология. 2002. № 5. С. 3-10.
11. *Мелекесцев И.В.* Сильные вулканические пеплопады в районе г. Петропавловска-Камчатского // Вопросы географии Камчатки. 1990. Вып. 10. С. 101-107.
12. *Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Базанова Л.И. и др.* Особый тип катастрофических эксплозив-

- ных извержений- голоценовые субкальдерные извержения Хангар, Ходуткинский "маар", Бараний Амфитеатр (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1996. №2. С. 3-24.
13. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Двигало В.Н., Базанова Л.И. Исторические извержения Авачинского вулкана на Камчатке (попытка современной интерпретации и классификации для долгосрочного прогноза типа и параметров будущего извержения). Часть I. 1737-1909 гг. // Вулканология и сейсмология. 1993. № 6. С. 13-27. Часть II. 1926-1991 гг. // Вулканология и сейсмология. 1994. № 2. С. 3—23.
 14. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. Катастрофические кальдерообразующие извержения вулкана Ксудач в голоцене // Вулканология и сейсмология. 1995. № 4-5. С. 28-53.
 15. Мелекесцев И.В., Курбатов А.В., Певзнер М.М., Сулержицкий Л.Д. "Доисторические" цунами и сильные землетрясения на полуострове Камчатском (Камчатка) по данным тейхронологических исследований // Вулканология и сейсмология. 1994. № 4-5. С. 106-115.
 16. Певзнер М.М., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. Голоценовые почвенно-пирокластические чехлы в Центральной Камчатской депрессии: возраст, строение, особенности осадконакопления // Вулканология и сейсмология. 2005. № 6.
 17. Пинегина Т.К., Базанова Л.И., Мелекесцев ИВ. и др. Доисторические цунами на побережье Кроноцкого залива, Камчатка, Россия (предварительное сообщение) // Вулканология и сейсмология. 2000. № 2. С. 66-74.
 18. Пономарева В.В. Вулкан Крашенинникова: история формирования и динамика активности // Вулканология и сейсмология. 1987. № 5. С. 28—44.
 19. Пономаренко А.К., Базанова Л.И., Брайцева О.А., Мелекесцев ИВ. Новая раннеэоценовая стоянка в долине реки Авача на Камчатке // Краеведческие записки Камчатского областного краеведческого музея. Петропавловск-Камчатский. 2002. Вып. 12. С. 142-164.
 20. Braitseva O.A., Melekestsev I.V., Ponomareva V.V., Kirianov V.Yu. The caldera-forming eruption of Ksudach volcano Cal. AD 240, the greatest explosive event of our era in Kamchatka // J. Volcanol. and Geothermal Res. 1996. V. 70 /1-2. P. 49-66.
 21. Braitseva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D. et al. Holocene key-marker tephra layers in Kamchatka, Russia // Quaternary Res. 1997. V. 47. P. 125-139.
 22. Bursik M., Melekestsev I.V., Braitseva O.A. Most recent fall deposits of Ksudach volcano, Kamchatka, Russia // Geophysical Res. Lett. 1993. V. 20. № 17. P. 1815-1818.
 23. Gusev A.A., Ponomareva V.V., Braitseva O.A. et al. Great explosive eruptions on Kamchatka during the last 10.000 years: self-similar irregularity of the output of volcanic products // J. Geophys. Res. 2003. V. 108. № B2: 2126, doi: 10.1029/2001JB000312.
 24. Makeev A.O., Alyabina I.O., Braitseva O.A. et al. Pedogenetic impact of volcanism on the Holocene paleosols of Kamchatka peninsula // Abstracts of XVI INQUA Congress, Reno, USA. 2003. P. 244.
 25. Ponomareva V.V., Kyle P.R., Melekestsev I.V. et al. The 7600 (¹⁴C) year BP Kurile Lake caldera-forming eruption, Kamchatka, Russia: stratigraphy and field relationships // J. Volcanol. Geotherm. Res. 2004. V. 136. P. 199-222.
 26. 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.
 27. Volynets O.N. Geochemical types, petrology and genesis of Late Cenozoic volcanic rocks from the Kurile-Kamchatka island-arc system // International Geological Review. 1994. V. 36. № 4. P. 373-405.
 28. Zaretskaia N.E., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D. Detailed radiocarbon chronology of volcanic events imprinted in the peat bogs of South Kamchatka // Abstracts of the 17th International Radiocarbon Conference. Jerusalem. 2000. P. 237.

**Ashfalls Due to Great Holocene Eruptions alongs
the Ust-Bolcheretsk-Petropavlovsk-Kamchatskii Geotraverse:
Sources, Chronology, Rate of Occurrence**

L. I. Bazanova¹, O. A. Braitseva¹, O. V. Dirksen¹, L. D. Sulerzhitskii², T. Danhara³

¹*Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, Russia*

²*Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119017, Russia*

³*Kyoto Fission Track Co. Ltd., Kyoto, Japan*

This paper summarizes data on the spatial and temporal occurrence of ash deposited by great Holocene eruptions in Kamchatka along a west-east geotraverse, from the town of Ust-Bolsheretsk to Petropavlovsk-Kamchatskii. The ash horizons have been identified and correlated along the geotraverse using updated information on the tephra distribution and thickness as deposited by Opala, Ksudach, Avachinsky volcanoes, as well as by the craters Khodutkinskii "maar", Chasha, and the eruption associated with the formation of the Kurilskoe Ozero-Ilyinskaya caldera. Some of the materials relating to the eruptions of Avachinsky and Korykskii volcanoes are published for the first time here. Sets of features are listed (position in section, color, age, mineral and chemical compositions) for identification and correlation of each tephra bed. The rate of ash fall occurrence was found on certain segments of the geotraverse for the last 8500 years. The results of the present study can be helpful for volcanological, geoeologie, archeologie and other surveys conducted in this, the most populated, area of the peninsula.