

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.21

ГОЛОЦЕНОВЫЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ В КАЛЬДЕРЕ АКАДЕМИИ НАУК И ВОЗРАСТ СТРАТОВУЛКАНА КАРЫМСКИЙ (КАМЧАТКА)

© 1997 г. А. Б. Белоусов, М. Г. Белоусова, Я. Д. Муравьев

Представлено академиком О.А. Богатиковым 14.03.97 г.

Поступило 17.03.97 г.

В центральной части Восточного хребта полуострова Камчатка в 125 км на северо-восток от г. Петропавловск-Камчатский расположена кальдера Академии Наук диаметром 4 км (рис. 1). Кальдера со всех сторон ограничена четким уступом высотой 50-150 м, который в южной части кальдеры обрывает подковообразную постройку потухшего вулкана Академии Наук [3, 5]. В кальдере расположено озеро Карымское, и поэтому она имеет второе название: кальдера Карымского озера. Кальдера образовалась в верхнем плейстоцене (трековый возраст 28-48 тыс. лет [4]), и более молодые посткальдерные извержения в ее пределах были не известны. 2 января 1996 г. в оз. Карымское произошло подводное извержение, что было расценено как первое в голоцене проявление вулканической деятельности в кальдере [9].

Отложения посткальдерных голоценовых извержений. Наши исследования показали, что извержение 1996 г. было третьим в голоцене извержением в пределах кальдеры Академии Наук. Пирокластик двух ранее неизвестных посткальдерных извержений обнажается вдоль северного берега озера (рис. 2).

Отложения первого, самого древнего извержения представлены грубослоистой темно-серой пачкой андезито-базальтовых лапилли мощностью до 10 м (рис. 3, табл. 1). В нижней части пачки много обломков подстилающих пород, иногда окатанной гальки аллювия. На отдельных участках отложения слабо сцементированы гидрохимическим путем (ожелезнены). Часто наблюдаемое в отложениях низкое содержание тонкой фракции и, как следствие, большие значения медианного диаметра отложений (рис. 4) являются

результатом отложения в подводных условиях. При отложении пирокластики в воде ее наиболее тонкая фракция отделялась от грубой и некоторое время оставалась во взвешенном состоянии. Ее медленное осаждение после извержения образовало слой алевропелита светло-желтого цвета мощностью до 20 см, который маркирует область распространения пирокластики, отложенной под водой.

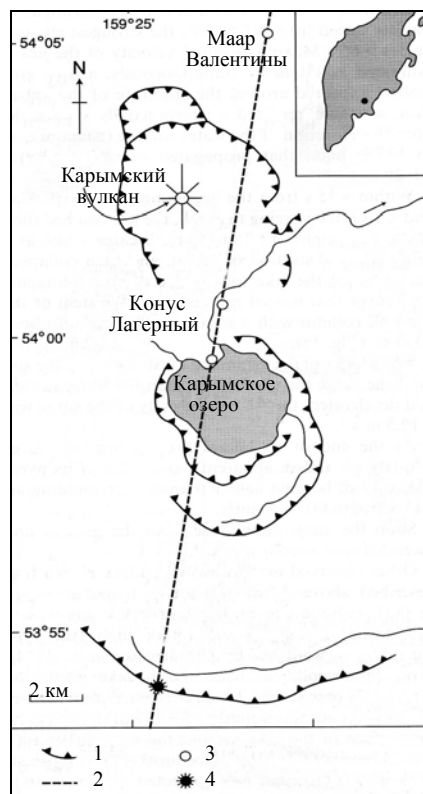


Рис. 1. Схема района кальдеры Академии Наук. 1- уступы кальдер и вулканов, 2 -разлом; 3 – моногенные постройки, 4 – эпицентр землетрясения 1.01.1996г.

*Институт вулканической геологии и геохимии
Дальневосточного отделения Российской
Академии наук, Петропавловск- Камчатский*

*Институт вулканологии Дальневосточного
отделения Российской Академии наук,
Петропавловск-Камчатский*

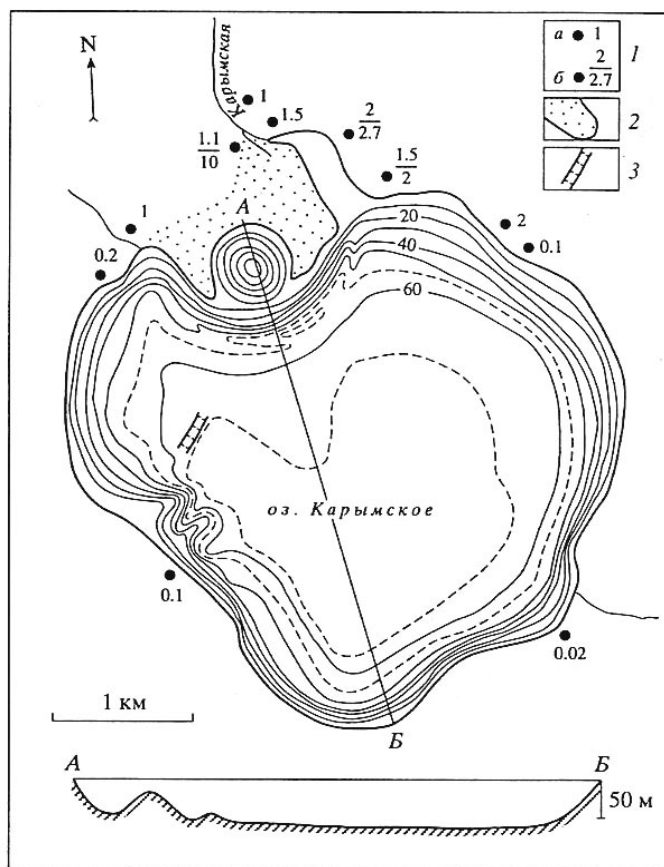


Рис. 2. Мощность пирокластических отложений голоценовых (около 4800¹⁴С лет назад) извержений в кальдере Академии Наук и профиль дна оз. Карымское. 1 - мощность отложений, м: а - мощность 2-го извержения, б — мощность 2-го извержения (над чертой) и 1-го извержения (под чертой); 2 - берег озера, образованный в результате извержения 1996 г.; 3 - грабенообразная впадина на дне озера. Сплошные изобаты проведены через 10 м, штриховые - через 5 м. Эхолотный промер озера выполнен СВ. Ушаковым.

Отложения второго извержения залегают либо непосредственно на отложениях первого извержения, либо отделены от них линзами пролювиально-делювиальных отложений мощностью до 2 м, которые накопились в период покоя между извержениями. Так как на контакте между отложениями извержений нигде не обнаружено палеочвы, период покоя был непродолжительным, вероятно, менее 100 лет. Отложения второго извержения представлены переслаиванием темно-серых и зеленовато-серых косослоистых лапилли-пепловых отложений базисных пирокластических волн и слоев тонкого пепла андезито-базальтового состава (табл. 1), которые содержат многочисленные аккреционные лапилли. Мощность отложений достигает 2 м (рис. 3). В районе истока р. Карымской в верхней части пачки часто встречаются шлаковидные вулкани-

ческие бомбы диаметром до 1 м. Пирокластические волны этого извержения распространялись на расстояние более 3 км, охватывая почти все озеро (рис. 2).

Гранулометрические характеристики (рве. 4), особенности залегания отложений, блоковая форма и относительно слабая пористость пирокластических частиц свидетельствуют о том, что извержения происходили под водой и имели суртсейский фреато-магматический характер. Наблюдаемые различия в характере отложений древних извержений связаны с отложением первых в преимущественно субаквальных, а вторых — в субазальных условиях. Это следствие постепенного обмеления северной части озера в результате заполнения его продуктами извержений.

Отложения древних извержений на некоторое время перекрыли исток р. Карымской, что привело

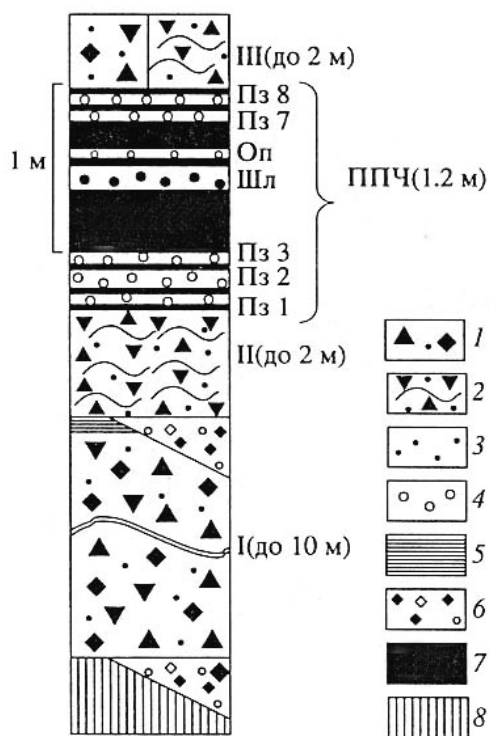


Рис. 3. Сводный стратиграфический разрез отложений голоцена в кальдере Академии Наук. 1 - андезито-базальтовые лапиллиевые туфы, отложенные в подводных условиях; 2 - андезито-базальтовые лапилли-пепловые отложения базисных волн, отложенные в субаэральных условиях; 3 - андезито-базальтовая тефра; 4 — тефра кислого состава; 5 — озерные отложения; 6 - пролювиально-делювиальные отложения; 7 - палеопочвы и супеси; 8 - плейстоценовые пирокластические отложения ("дикие туфы" по [6]). I, II, III - соответственно отложения первого, второго и третьего (1996 г.) извержений. ППЧ-почвенно-пирокластический чехол; остальные буквенные обозначения - индексы прослоев тефры вулкана Карымский по [1, 2]; значения в скобках - максимальная мощность отложений.

к поднятию уровня озера на 5 м выше современного. Уровень высокого стояния воды отмечен знаками палеоряби в озерных отложениях непосредственно выше пирокластике второго извержения. Вскоре после второго извержения произошел прорыв пирокластической плотины, и образовавшийся лахар распространился по долине р. Карымская. Отложения этого лахара, представляющие переотложенную пирокластику первого и второго посткальдерных извержений, выстилают участок дна долины, где выходят многочисленные Карымские источники (рис. 1).

Положение центра извержений и диаметр древнего кратера. Мощность изученных отложений максимальна вдоль северного берега озера и быстро уменьшается с удалением от него (рис. 2). Характер распространения пирокластике показывает, что центр первого и второго извержений находился под водой в север-

ной части оз. Карымское. Отложения первого извержения, вероятно, слагали низкую и широкую постройку типа "туфовое кольцо" с диаметром основания около 2 км и высотой не более первых десятков метров. Большая часть туфового кольца находилась под водой, и только ее северная часть выходила на берег озера, образуя здесь низкую террасу высотой 5 м, которая ранее считалась эрозионной [3]. Отложения второго извержения не образовали самостоятельной постройки, а чехлом покрыли туфовое кольцо первого извержения. Общий объем отложений составлял около 0.05 км³.

До 1996 г. не было сделано батиметрической карты оз. Карымское, но на схеме глубин, составленной в ТИНРО, в его северной части обозначена обширная отмель, положение которой совпадает с предполагаемым положением древнего туфового кольца. Новое туфовое кольцо 1996 г. образовалось как раз на месте этой отмели. Батиметрическая съемка, выполненная после извержения 1996 г., показала, что новое туфовое кольцо окружено подводным валом большего диаметра (рис. 2). Вал этого внешнего полукольца высотой около 10 м и диаметром 1350 м, вероятно, очерчивает частично захороненный древний кратер. Площадь распространения пирокластике древнего туфового кольца примерно в два раза больше площади туфового кольца 1996 г. Это подтверждает возможность существования у древнего туфового кольца кратера в два раза шире, чем у современного.

Таким образом, имеющиеся данные показывают, что центр всех трех голоценовых извержений в кальдере Академии Наук был расположен в одном месте - в северной части оз. Карымское.

Определение возраста извержений. Между вторым и третьим (1996 г.) посткальдерными извержениями был длительный перерыв в вулканической деятельности, в ходе которого сформировался почвенно-пирокластический чехол мощностью около 1.2 м. Основную часть пепловых прослоев чехла составляют пеплы стратовулкана Карымский, расположенного в 6 км к северу (рис. 1,3).

Для определения возраста древних извержений в кальдере Академии Наук проведено сопоставление разрезов почвенно-пирокластического чехла, перекрывающего эти отложения, с опубликованными ранее данными по тефрохронологии района [1,2]. Положение в разрезе, особенно сти залегания и состава позволили сделать заключение, что отложения извержений в кальдере Академии Наук и связанного с ними лахара были описаны ранее как андезито-базальтовая тефра первых извержений стратовулкана Карымский (интервал К_{1в} [1] или КМ1 в [2]). В [1] для почвы, залегающей под этой пирокластикой, приведена

датировка $5280 \pm 120^{14}\text{C}$ лет назад, а для перекрывающей почвы — $4590 + 190^{14}\text{C}$ лет назад, что позволяет определить время первого и второго извержений в кальдере Академии Наук в указанном интервале. Особенности залегания отложений показывают, что извержения произошли в верхней части интервала, вероятно, около 4800^{14}C лет назад. Для тестирования правильности наших стратиграфических корреляций сделано радиоуглеродное датирование объединенного образца почв из района оз. Карымское, разделяющих слою тефры, которые мы определили как Пз1 и Пз3 по индексации, принятой в [1,2] (рис. 3). Почвы, непосредственно перекрывающие и подстилающие пирокластику древних извержений Карымского озера, не опробовались, так как имели недостаточное для датирования содержание гумуса. Полученный возраст $3660 \pm 160^{14}\text{C}$ лет назад согласуется с данными [1], что доказывает справедливость проведенной корреляции и определения возраста извержений в кальдере Академии Наук.

Магмоподводящая система. Несмотря на то что все три извержения в оз. Карымское произошли в одном месте, их, строго говоря, нельзя связывать с питающей системой кальдеры и/или вулкана Академии Наук. Магматический материал этих извержений поступал по секущему кальдере крупному разлому север-северо-восточного простирания (рис. 1). Разлом четко выражен прямолинейным участком долины в истоке р. Карымская и понижением кальдерного уступа в районе западных отрогов вулкана Академии Наук.



Рис. 4. Соотношение между коэффициентом сортировки и медианным диаметром (коэффициенты Инмана в фи-единицах) для отложений древних извержений в кальдере Академии Наук. 1 — первое извержение; 2 - второе извержение; 3 — пирокластика первого и второго извержений, перетолженная лахаром; 4, 5 - поля пирокластики извержения 1996 г. (4) и суртсейского типа [10] (5).

На дне озера разлом выражен грабенообразной впадиной шириной около 100 м и глубиной 10 м, обнаруженной при эхолотировании (рис. 2). Возможность поступления магмы по этому разлому подтверждается выводами работы [6] о том, что в районе оз. Карымское наиболее благоприятными возможностями для транспортировки магмы

Таблица 1. Химический состав продуктов извержений вдоль север-северо-восточного разлома (см. рис. 1)

Компонент	Маар Валентины	Конус Лагерный	Тефра Шл	1-е извержение	2-е извержение	Извержение 1996 г.
SiO ₂	51.08	54.58	53.26	53.00	53.50	53.00
TiO ₂	1.42	1.15	1.00	0.59	0.81	0.86
Al ₂ O ₃	20.95	18.14	16.52	16.94	17.69	19.98
Fe ₂ O ₃	3.33	0.93	5.34	2.37	2.80	1.74
FeO	5.0	5.66	4.25	7.37	6.28	5.83
MnO	0.24	0.21	0.23	0.13	0.19	0.12
MgO	3.78	5.59	4.49	5.76	5.16	4.20
CaO	10.26	9.18	9.13	10.80	9.92	10.94
Na ₂ O	3.06	3.28	3.26	2.35	2.50	2.70
K ₂ O	0.62	0.94	0.79	0.68	0.88	0.62
P ₂ O ₅	-	-	0.45	0.16	0.15	0.16
H ₂ O ⁺	0.05	-	-	-	-	-
H ₂ O ⁻	0.22	0.43	0.20	0.24	0.28	0.20
П.п.п.	-	-	1.0	-	0.24	-
Сумма	100.01	100.09	99.92	100.39	100.40	100.35

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Института вулканологии Л.А. Карташевой; анализы образцов маара Валентины и конуса Лагерный взяты из [5], тефры Шл - из [2].

обладают трещины азимутов 10° - 50° . По разлому также осуществляется мощная циркуляция термальных вод, которые разгружаются в виде Карымских (Березовских) источников в верхнем течении р. Карымская [7, 8]. Площадной характер выходов этих источников, маскирующий их приуроченность к разлому, обусловлен тем, что здесь разлом перекрыт конусом выноса лахаров, связанных с извержениями в озере. Во время извержения 1996 г., наряду с бомбами ювенильного андезито-базальта, были выброшены также блоки гидротермально-измененной брекчии из зоны разлома. Одновременно произошло оживление движений по разлому с раскрытием системы субпараллельных трещин на участке центр извержения-конус Лагерный, на которых в истоке р. Карымской образовалась новая группа термальных источников (рис. 1). Эти источники мы предлагаем назвать именем Б.И. Пийпа - в честь одного из первых исследователей термальных вод Камчатки.

Необходимо отметить, что на существование крупного разлома в истоке р. Карымской некоторые исследователи указывали и ранее. Однако его проводили в строго меридиональном направлении через вершины вулканов Двор, Карымский и Академии Наук [5]. Считалось, что кипящие источники Академии Наук, попадающие на эту линию, подтверждают существование здесь меридионального разлома. Когда после извержения 1996 г. уровень озера сильно понизился, выяснилось, что разгрузка термальной воды происходит на урезе воды вдоль всего подножья вулкана Академии Наук. Следовательно, источники Академии Наук расположены не на разломе меридионального простираения, а являются проявлением собственной гидротермальной системы вулкана Академии Наук.

В позднем плейстоцене-голоцене вдоль север-северо-восточного разлома магма основного состава поднималась на поверхность также и за пределами кальдеры Академии Наук, образовав, лавовый поток на высокой озерной террасе в районе истока р. Карымской, шлаковый конус Лагерный с его лавовым потоком, а также маар Валентины и несколько прилегающих безымянных моногенных построек (рис. 1, табл. 1). В разрезах почвенно-пирокластического чехла района (рис. 3) также выделяется специфический прослой грубой тефры (Шл) возрастом около 2600^{14}C лет, отнесенный в работах [1,2] к продуктам стратовулкана Карымский. Его андезито-базальтовый состав, резко отличный от пирокластиков вулкана Карымский и сходный с продуктами извержений вдоль север-северо-восточного разлома (табл. 1), позволяет высказать предположение, что извер-

жение тефры Шл может быть также связано с этим разломом.

Редкие, рассредоточенные вдоль протяженного разлома извержения основной магмы свидетельствуют о том, что здесь мы имеем дело не с возобновлением вулканической деятельности в кальдере Академии Наук, а с наложением на эту древнюю кальдеру вяло протекающего линейного вулканизма рифтового типа.

Возраст и продуктивность вулкана Карымский. Вследствие проведенного исследования выяснилось, что пирокластические отложения, интерпретированные в [2] как отложения очень активного, начального этапа деятельности стратовулкана Карымский (КМ₁), в действительности были извергнуты в 6 км южнее - в северной части кальдеры Академии Наук. В результате первыми известными продуктами стратовулкана Карымский должны считаться его лавовые потоки, излившиеся 4700^{14}C лет назад (потоки первой возрастной группы по [2]). Уменьшение возраста вулкана с 5300 до 4700^{14}C лет и исключение периода КМ₁ из его истории, резко снижает оценку его средней продуктивности - с 2×10^6 до 0.6×10^6 т/год.

Авторы выражают благодарность Л.Д. Сулержицкому за радиоуглеродное датирование образца почвы и СВ. Ушакову за составление батиметрической карты Карымского озера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брайцева О.Л., Литасова С.И., Сулержицкий Л.Д. и др.* Вулканология и сейсмология. 1989. № 1. С. 19-35.
2. *Брайцева О.А., Мелекесцев И.В.* Там же. № 2. С. 14-31.
3. *Влодавец В.И.* Тр. Камчатской вулканол. станции. 1947. В. 3. С. 3-49.
4. Вулканический центр: строение, динамика, вещество (Карымская структура). Под ред. Ю.П. Масуренкова. М.г Наука, 1980. 300 с.
5. *Иванов Б.В.* Извержение Карымского вулкана в 1962-1965 гг. и вулканы Карымской группы. М.: Наука, 1970. 135 с.
6. *Леонов В.Л., Иванов В.В.* Вулканология и сейсмология. 1994. № 2. С. 24-40.
7. *Пийп Б.И.* Термальные ключи Камчатки. АН СССР. СОПС. Сер. Камчатская. В. 2. М; Л., 1937.
8. *Пилипенко Г.Ф.* Вулканология и сейсмология. 1989. №6. С. 85-101.
9. *Fedotov S.A.* Bull. Global Volcanism Network. 1996. V. 21. №5. С. 5-8.
10. *Walker G.P.L., Croasdale R.* Bull. Volcanol. 1972. V. 35. P. 303-317.