

УДК 551.21+551.24

БРАЙЦЕВА О. А., МЕЛЕКЕСЦЕВ И. В.

**ВУЛКАН КАРЫМСКИЙ: ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ,
ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ И ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ**

KARYMSKII VOLCANO: HISTORY OF FORMATION, DYNAMICS OF ACTIVITY AND LONG-TERM PREDICTION, by Braitaeva O. A. and Melekestev I. V. This study describes the history of formation of Karymskii Volcano from the moment of its emergence. The age of volcano and the caldera where it is located was determined as 6100 (5300 ^{14}C) years and 7700 ^{14}C years, respectively. Dynamics of the volcano's activity was reconstructed according to absolute chronological scale. Duration of the periods of higher volcanic activity and repose was determined. Large eruptions were dated. Fluctuations in intensity of evacuation of material along with variations in composition of volcanic products were estimated. It has been shown that recent increase in activity started 500 years ago. Analysis of reconstructed dynamics of activity indicated that it would continue not less than 200 years. The character of eruptions is supposed to be close to the recent one.

(Received April 18, 1988)

Institute of Volcanology, Far East Division, USSR Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, USSR

Вулкан Карымский — один из самых активных вулканов Восточной вулканической зоны Камчатки. Это правильный конус, почти не расчлененный эрозией, с абсолютной высотой в 1981 г. 1586 м. На вершине его находится кратер, который от извержения к извержению меняет свою форму и размеры [11]. Кальдера, в которой расположен вулкан, представляет собой сравнительно небольшую по размерам (5х6,5 по бровке и 4х5 км по днищу) и прекрасно сохранившуюся вулканотектоническую структуру обрушения. Поскольку кальдера образовалась раньше вулкана и вмещает его, а не располагается на его постройке, нам представляется правильнее называть ее не кальдера Карымского вулкана, как это принято сейчас, а кальдера Карымская.

Вулкан Карымский привлекал внимание многих исследователей и к настоящему времени неплохо изучен. Общие сведения о геологическом строении района и самого вулкана содержатся в работах [7-9]. Предварительная реконструкция истории его формирования была выполнена О. А. Брайцевой, И. А. Егоровой, Л. Д. Сулержицким [2, 8]. Использование радиоуглеродного датирования позволило определить возраст вулкана [3] и дать временные привязки главных этапов его деятельности. Однако реконструкция динамики вулканической активности в этих работах базировалась преимущественно на изучении стратиграфии тефры. В последующие годы эти исследования были существенно дополнены: составлена карта лавовых потоков вулкана, определен их возраст, подсчитан объем изверженных продуктов, получены данные о составе тефры и лав всех крупных извержений. В связи с этим возникает необходимость еще раз обратиться к вопросу об истории формирования вулкана с использованием всех полученных к настоящему времени материалов. Это актуально также в связи с задачей долгосрочного прогноза его активности.

Методика работ и основные результаты

Изучение тефры. Сводный разрез тефры подножия вулкана, составленный на основании изучения 40 частных разрезов кольцевого профиля, представлен на рис. 1. В нем четко выделяются два главных комплекса отложений: комплекс КРМ — пирокластика, связанная с кальдерообразующим извержением, и комплекс КМ — пирокластика собственно вулкана Карымский.

Пирокластика кальдерообразующего извержения представлена дацитовыми и риодацитовыми пемзами¹. В почвенно-пирокластических чехлах выделяются три главных горизонта: 1) нижние лапилли, 2) вулканический пепел, часто с рассеянными углями, 3) верхние лапилли. Подробное описание этих отложений дано нами ранее, в работах [2, 8]. Тефра перекрывает чехлом все междуречья не только вблизи кальдеры, но и на обширных пространствах к востоку от нее вплоть до берега океана. Характер разреза повсеместно выдерживается, происходит лишь уменьшение мощности слоев и крупности тефры по мере удаления от центра извержения. В долинах рек залегают мощные (видимая мощность 15—70 м) отложения пемзовых пирокластических потоков; они фациально замещаются на водоразделах горизонтом 2 — вулканическим пеплом с углями, который отложился из палящей тучи, связанной с этими потоками.

Пирокластика вулкана Карымский неодинакова по составу и представлена несколькими разновидностями. Преобладают андезитовая тефра, которая включает: 1) серые вулканические пески, иногда с вулканическим гравием (грубые пеплы) и 2) прослой светлой (белой и желтоватой) пемзовой тефры — бомбы и лапилли вблизи конуса вулкана и грубый пепел на удалении от него; отдельные горизонты представлены тонким белым пеплом (см. ПЗ₃ на рис. 1) или переслаиванием тонких и грубых пеплов (слой выше ПЗ₂). Всего выделяются 12 четко выраженных прослоев пемзовой тефры, которым присвоены индексы ПЗ₁ — ПЗ₁₂. Тефра андезитобазальтового состава включает две разновидности: 1) пирокластику начальных извержений вулкана — стратифицированные серые и зеленовато-серые вулканические пески с гравием, лапилли и бомбами шлака и примесью в низах пачки резургитного материала (обломки лав, агломератовых туфов, измененных пород); 2) пористые черные и коричневые шлаки, залегающие в верхней части разреза (слой ШЛ), которые вблизи подножия вулкана имеют значительные мощности (до 1—1,5 м).

Тефра вулкана Карымский составляет главную часть пирокластики в разрезах почвенно-пирокластических чехлов. Кроме нее в чехле присутствуют маломощные прослои тефры вулкана Малый Семячик — черные и серовато-черные вулканические пески и гравий шлака состава от базальтов до андезитов (два прослоя черных песков в верхней части разреза под лавами VIII и несколько горизонтов в пачке почв, разделяющих комплекс КМ и КРМ). Принадлежность пеплов вулкана Малый Семячик устанавливается по возрастанию их крупности и мощности по мере приближения к этому вулкану. Выделяются также маломощные горизонты транзитной тефры, связанные с извержениями удаленных вулканов, — их мощность и крупность почти не меняются на территории всего Карымско-Семячикского района. Это палевые и палево-белые тонкие пеплы или желтые и серые вулканические пески (сад. номера 1—12 справа на колонке рис. 1).

Рассмотрение сводного разреза позволяет выделить среди отложений вулкана Карымский два комплекса тефры — ИКМ и ПКМ, которые фиксируют крупные периоды активизации вулкана; прослои погребенных

¹ Состав пирокластики здесь и далее дается везде в пересчете на безводный остаток.

почв среди этих отложений маломощны и редки. Эти два комплекса тефры разделяются мощной (25 см) пачкой погребенных почв, которая содержит всего три прослоя тефры вулкана Карымский и отражает длительный период покоя или ослабления его активности.

Датирование отложений почвенно-пирокластического чехла. Возраст вулкана и кальдеры. Временная привязка извержений и периодов активизации вулкана производилась радиоуглеродным методом. Датировались в основном горизонты погребенных почв, иногда древесина и угли из той же почвы или погребавшей ее тефры. Для почвенных горизонтов, содержащих много гумуса, датировались последовательные щелочные вытяжки из одного и того же образца почвы. Их крайние значения дают представление о длительности формирования почв и, таким образом, позволяют более точно привязать во времени подстилающие и перекрывающие их горизонты тефры и определить продолжительность периодов покоя.

Радиоуглеродные даты приведены на рис. 1. Указано, по какому материалу определен возраст. Для временных привязок использовались также даты из разрезов подножия вулкана Малый Семячик — они отмечены звездочками. Полностью результаты радиоуглеродного датирования и их обсуждение опубликованы в работе [4].

Полученные датировки позволяют «развернуть» активность вулкана во времени (рис. 2). Для истории вулкана Карымский дана временная шкала в календарном летоисчислении, т. е. для ^{14}C дат введены соответствующие поправки согласно таблицам работы [1]. Для части голоцена, где поправки пока отсутствуют, использовалась радиоуглеродная шкала.

Возраст Карымской кальдеры составляет около 7700 ^{14}C лет, на что указывают хорошо согласующиеся даты по подстилающей пирокластике погребенной почве и углям из горизонта нижних лапилли. Значения возраста по углям из отложений пирокластических потоков и «палящих туч» несколько задревнены, как указывалось ранее [8], за счет поглощения древесиной CO_2 из горячих газонасыщенных отложений. Возраст вулкана Карымский определен датированием почвенных горизонтов, подстилающих пирокластике его начальных извержений [3], и составляет примерно 6100 (5300 ^{14}C) лет.

Возрастная привязка лавовых потоков. Датирование лавовых потоков осуществлялось тефрохронологическим методом. Была составлена их карта, а затем на каждом из не погребенных позднейшими излияния-

Рис. 1. Сводный разрез лаво-пирокластических отложений подножия вулкана Карымский. 1—бомбы и лапилли пемзы; 2—лапилли пемзы с вулканическим песком; 3—лапилли шлака с вулканическим песком; 4—вулканические пески; 5—вулканические пески стратифицированные; 6—стратифицированная пирокластика начальных извержений вулкана: вулканические пески, они же с лапилли, бомбами и примесью резургентного материала; 7—вулканические пески обохренные; 8—вулканические пески и тонкие пеплы стратифицированные; 9—прослой тонких пеплов; 10—отложение пирокластических потоков; 11—тонкие пеплы «палящих туч» кальдерообразующего извержения; 12—супеси; 13—супеси с примесью вулканических пеплов; 14—погребенные почвы; 15—подстилающие отложения; 16—древесина и угли; 17—андезитовые лавовые потоки; 18—андезитовые и дацитовые лавовые потоки; 19—фигуративные точки составов вулканитов: а — тефра вулкана Карымский, б — его лавы, в — пирокластика кальдерообразующего извержения (состав а в в пересчете на безводный остаток); 20—радиоуглеродные даты: а — по древесине, б — по углям, остальные — по погребенным почвам (в рамках даты по щелочным вытяжкам из одного и того же образца почвы); КРМ — комплекс отложений, связанных с формированием Карымской кальдеры; ИКМ, ПКМ — отложения периодов активизации вулкана Карымский; I—VIII—возрастные группы лавовых потоков; ПЗ₁ — ПЗ₁₂ — горизонты пемзовой тефры вулкана Карымский; ШЛ — прослой шлака вулкана Карымский: 1 — 12 — горизонты транзитных пеплов (слой 2 — вулкана Опала, слой 3 — вулкана Ксудач, слой 4,5 — вулкана Авачинский, слой 10 — вулкана Хангар, слой 11 — вулкана Кизимен; для остальных пеплов источник пока не установлен)

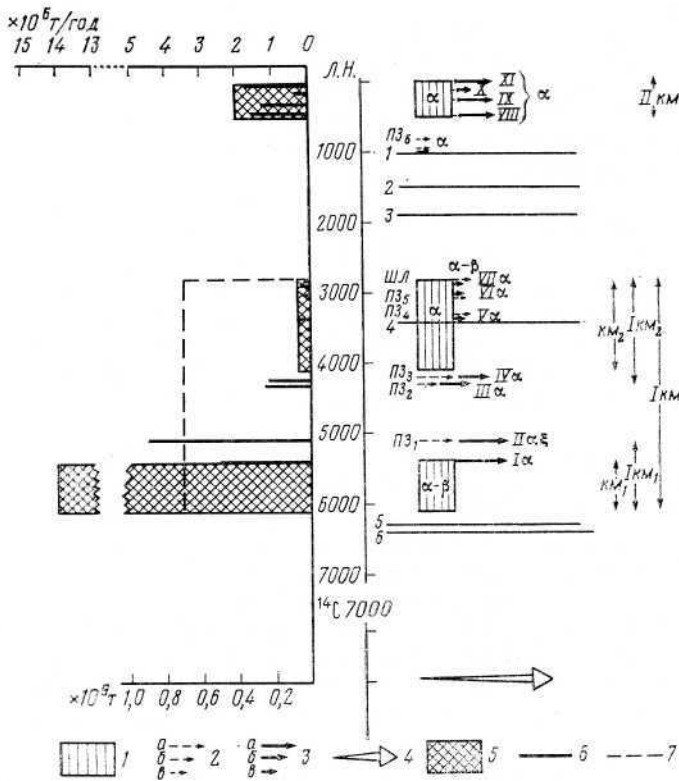


Рис. 2. Динамика активности вулкана Карымский, 1 — периоды напряженной эксплозивной активности; 2 — отдельные эксплозивные извержения с объемом материала: $a - 0,1 - 0,05 \text{ км}^3$, $b - 0,05 - 0,01 \text{ км}^3$, $в - 0,01 - 0,001 \text{ км}^3$; 3 — излияние серий лавовых потоков с объемом материала: $a - 0,5 - 0,25 \text{ км}^3$, $б - 0,25 - 0,05 \text{ км}^3$, $в - 0,05 - 0,01 \text{ км}^3$; 4 — кальдерообразующее извержение (вне масштаба); 5 — интенсивность выноса пемзы и шлака отдельных эксплозивных извержений. ИКМ, ИКМ₁ — периоды активизации вулкана; ИКМ₁, ИКМ₂ — этапы активизации в периоде ИКМ; КМ₁ и КМ₂ — эруптивные фазы; 1—6 — маркирующие горизонты транзитной тефры

ми 50 потоков, сформированных до 1962 г., был взят разрез перекрывающей их тефры и сопоставлен со сводным разрезом почвенно-пирокластического чехла для определения положения в нем лав. Было выделено 11 возрастных групп лавовых потоков, стратиграфическое положение которых показано на рис. 1. Имеющиеся в сводном разрезе радиоуглеродные даты позволяют определить ориентировочное время излияния лав.

К первой (I) возрастной группе относятся лавовые потоки, обнажающиеся только у южного подножия вулкана (рис. 3) и перекрывающиеся слоем тефры ПЗ₁, и подстилающей его маломощной почвой. Они излились около 5400 (4700 ¹⁴C) лет назад (л. н.).

Вторая (II) возрастная группа включает потоки, которые перекрываются погребенной почвой, подстилающей слой ПЗ₂. Они завершали извержение, происшедшее около 5100—5200 (4400—4500 ¹⁴C) лет назад, с которым был связан выброс пемзы ПЗ₁.

Лавовые потоки III группы изливались около 4300 (3800 ¹⁴C) лет назад. Они последовали за выбросом белого тонкого пепла ПЗ₂, с которого извержение началось, и были перекрыты пачкой слоистых тонких и грубых пеплов конца этого извержения.

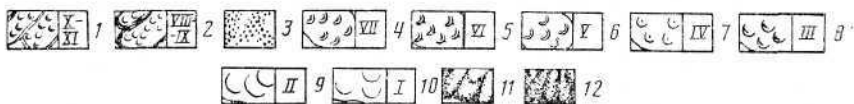
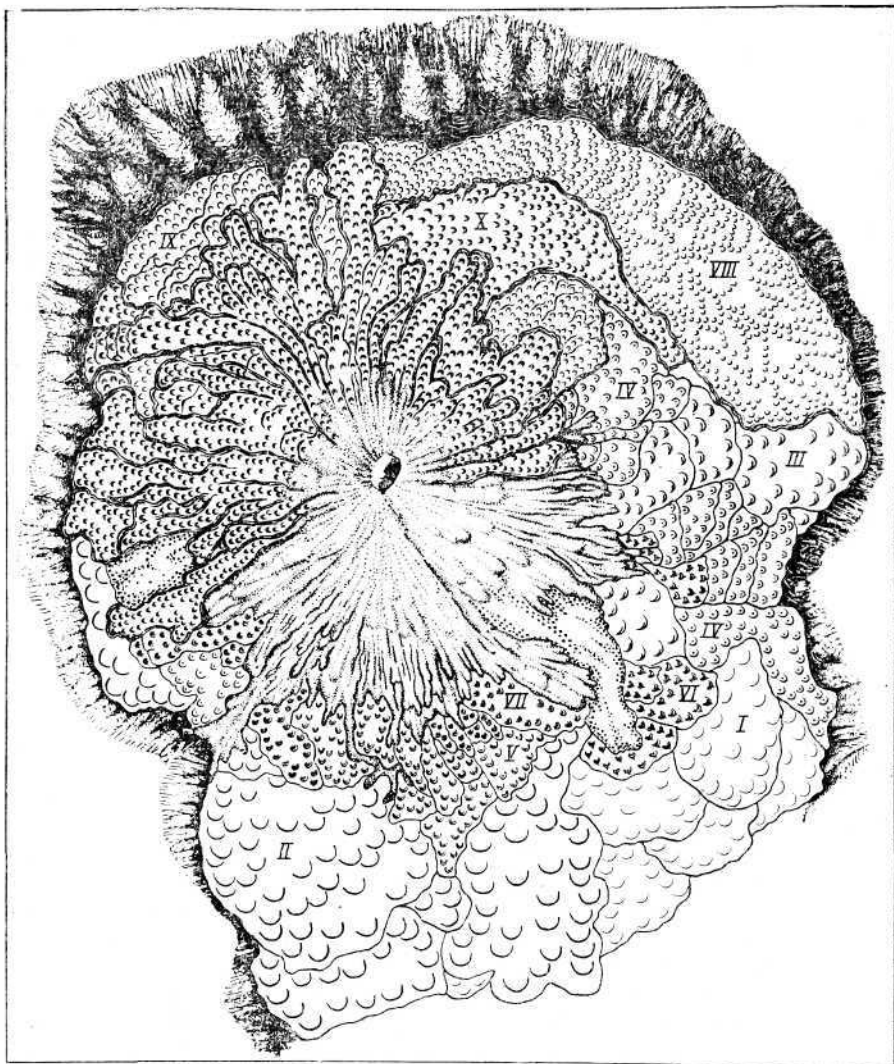


Рис. 3. Карта лавовых потоков вулкана Карымский. 1 — андезитовые лавовые потоки исторических извержений (XI—1962—1980 г. и X—1931—1935 г.г.); 2 — андезитовые лавовые потоки IX—VIII — 200—250, 400 лет назад; 3 — пирокластические шлаковые лавины — 2800 лет назад; 4 — андезитовые лавовые потоки VII — 2800 лет назад; 5 — андезитовые лавовые потоки VI — 3000—3100 лет назад; 6 — андезитовые лавовые потоки V — 3300—3400 лет назад; 7 — андезитовые лавовые потоки IV — ~ 4200 лет назад; 8 — андезитовые лавовые потоки III — ~ 4300 лет назад; 9 — дацитовые и андезитовые лавовые потоки II — 5100—5200 лет назад; 10 — андезитовые лавовые потоки I — 5400 лет назад; 11 — пирокластический конус вулкана и пирокластические лавины исторических извержений; 12 — борт кальдеры

К IV группе относится серия лавовых потоков с возрастом около 4200 (3700 ¹⁴C) лет. Они изливались в начале извержения, сразу после выброса серого пепла и были перекрыты пемзой ПЗ₃, завершающей его.

Потоки V группы залегают то под слоем ПЗ₄, то ниже подстилающих его стратифицированных пеплов, а потоки группы VI — выше слоя ПЗ₅,

но обычно под почвой или стратифицированными вулканическими песками, подстилающими слой ШЛ. Точное время этих излияний установить трудно — они происходили в интервале от 2800 (2600 ¹⁴С) л. н. до 4100 (3600 ¹⁴С) л. н. Можно полагать, что потоки V группы имеют ориентировочный возраст 3300—3400 лет, а потоки VI группы — 3000—3100 лет. Лавовые потоки VII группы залегают прямо под слоем шлака ШЛ и изливались около 2800 (2600 ¹⁴С) лет назад. Во время этого извержения происходило образование своеобразных пирокластических шлаковых лавин, представленных темными шлаковидными бомбами андезитов, иногда имеющими плотное ядро.

Лавовые потоки VIII—XI изливались на протяжении последних 500 лет. Крупный лавовый поток VIII и потоки IX связаны с извержениями начала и середины этого периода и происходили около 400 и 200—250 лет назад. Лавовый поток X очень схож по морфологии с потоками современных извержений и, судя по его положению под серыми андезитовыми пеплами самого верха разреза, вполне мог изливаться при извержении 1934—1935 г. Поток VIII, отнесенный В. И. Влодавцем [7] к этому извержению, оказывается, по нашим данным, существенно более древним, на что ранее указывал Б. В. Иванов [9]. В группу XI нами объединены потоки современных извержений (1962—1981 гг.). Более дробное их разделение с привязкой по годам дано в работах [11,13].

Состав продуктов извержений. Рассмотрение петрологии пород и детальной эволюции вещества в процессе деятельности вулкана не входит в задачу настоящей статьи; этим вопросам предполагается посвятить отдельную публикацию. Представление об общей эволюции вулканитов в ходе развития вулкана дает большая серия химических анализов лав и тефры, выполненных в лаборатории Института вулканологии (табл. 1). Образцы тефры отбирались послойно из разрезов почвенно-пирокластического чехла, а образцы лав — из потоков каждой возрастной группы. Изменения содержания SiO₂ в вулканитах показаны на рис. 1.

Пирокластика кальдерообразующего извержения отвечает дацитам и риодацитам. Лавы и пирокластика вулкана Карымский представлены преимущественно андезитами с содержанием SiO₂ от 57 до 64%. Дацинты (до 65% SiO₂) отмечаются только среди лав II возрастной группы. Андезитобазальтами (52—56% SiO₂) представлена пирокластика начальных извержений вулкана и тефра слоя ШЛ, связанная с извержением около 2800 лет назад.

Определение объемов. Общий объем продуктов кальдерообразующего извержения получен при сложении объемов отложений пирокластических потоков и тефры. Объем отложений пирокластических потоков (4,5—6 км³) определялся на основании их реконструированной площади (150 км²) и средней мощности (30—40 м). Объем тефры подсчитывался по карте изопахит в пределах изученной территории, использовались также сведения о мощности этой тефры в удаленных точках в пределах Восточной вулканической зоны и на о-ве Беринга; кроме того, учитывались данные о закономерностях распространения тефры близких по типу современных и позднеголоценовых извержений (Кракатау, 1883 г.; Катмаи, 1912 г.; Опала, 1500 лет назад). Общий объем тефры оценен в 8—10 км³, площадь ее распространения по изопахите 1 см — 40—50 тыс. км². Такая оценка объема значительно больше, чем указано в работе [6], где объем подсчитывался без учета мощностей в наиболее удаленных точках на Командорских островах, поскольку эти данные тогда не были известны.

Общий объем материала кальдерообразующего извержения составил 14—16 км³. При вычитании 10% резургентного материала, содержащегося в пемзах, это дает в пересчете на магму с плотностью 2,4 г/см³ объем 5—7 км³. Объем полости кальдеры, исходя из ее провального гене-

Таблица 1

Химический состав лав и терфы вулкана Карымский и извержения, связанного с формированием Карымской кальдеры

Компо- ненты	Кальдерообразующее извержение						Вулкан Карымский:				
	нижние ла- пиллы	пирокластические потоки и тонкий пепел				верхние лапиллы	пирокластическая эруптивная фазы КМ ₁ (6100—3400 лет назад)				
		278а/5	330/3	330/1	4Б/17		5аБ/3	5аБ/4	286/8	319/14	285/1а
SiO ₂	65,38	65,44	63,16	68,98	63,48	69,88	52,62	52,26	53,58	51,52	53,94
TiO ₂	0,64	0,56	0,57	0,40	0,40	0,31	0,88	0,92	0,85	0,83	0,83
Al ₂ O ₃	14,40	14,93	16,09	14,27	16,11	13,66	16,40	15,85	16,31	16,99	16,32
Fe ₂ O ₃	1,72	1,28	1,17	1,67	4,02	1,20	3,60	3,20	3,44	3,66	3,47
FeO	3,22	2,47	3,10	1,06	1,09	1,37	5,86	6,32	5,63	6,32	5,11
MnO	0,12	0,17	0,17	0,08	0,08	0,08	0,48	0,17	0,20	0,15	0,19
MgO	1,12	1,34	1,88	1,02	1,08	0,49	5,84	6,54	5,83	5,83	4,92
CaO	3,93	3,04	4,29	1,96	1,88	1,85	10,34	10,21	9,78	10,28	8,05
Na ₂ O	4,15	3,48	3,91	3,52	3,01	4,49	2,90	2,82	2,62	2,62	2,58
K ₂ O	2,38	2,25	2,10	2,74	2,31	2,82	0,86	0,91	1,48	0,82	1,02
H ₂ O ⁻	1,16	0,92	0,74	0,70	1,78	0,68	0,48	0,25	0,35	0,79	1,08
H ₂ O ⁺	1,20	0,38	0,33	3,08	4,48	3,22	—	0,13	0,20	0,36	1,66
P ₂ O ₅	0,15	0,06	0,07	0,12	0,15	0,12	0,16	0,13	0,16	0,20	0,16
П. л. п.	—	3,40	2,74	0,94	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	99,57	99,72	100,32	100,58	100,22	100,23	100,07	99,51	100,43	100,37	99,33

Компо- ненты	Период активизации ИКМ (6100—2800 л)									
	286/20	Конус Ла- герный	лавовые потоки I			извержение 5100—5200 лет назад				
			391/1	345	353	тефра ПЗ ₁		лавовые потоки II		
—	СЛ-12	—	—	—	343/2	372	390	384	369	—
SiO ₂	46,12	55,86	59,90	61,38	63,16	61,68	64,08	64,68	62,08	65,14
TiO ₂	0,73	0,86	0,80	0,85	0,88	1,06	0,80	0,76	0,73	0,80
Al ₂ O ₃	19,20	16,76	17,71	16,57	16,32	16,02	16,00	16,00	18,18	16,32
Fe ₂ O ₃	4,39	2,14	3,27	2,00	2,07	1,33	0,97	1,41	2,37	2,08
FeO	4,56	6,10	2,79	4,31	3,74	4,65	3,79	3,51	2,28	2,39
MnO	0,15	0,16	0,10	0,20	0,16	0,15	0,15	0,15	0,10	0,18
MgO	4,30	4,56	2,09	2,49	2,33	2,52	1,67	1,34	1,39	1,65
CaO	6,32	8,04	7,35	5,80	4,71	5,29	4,56	4,46	6,49	3,85
Na ₂ O	2,15	3,99	4,29	4,18	4,46	4,58	5,29	4,47	4,69	5,15
K ₂ O	0,83	1,25	1,37	1,80	2,05	1,84	1,84	1,86	1,54	2,21
H ₂ O ⁻	3,55	0,26	—	0,42	0,28	0,46	0,18	0,20	—	0,34
H ₂ O ⁺	4,49	0,24	0,32	0,10	0,13	0,18	0,33	0,40	0,30	0,20
P ₂ O ₅	0,23	0,18	0,15	0,41	0,19	0,33	0,23	0,21	0,22	0,18
П. л. п.	3,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	100,26	100,40	100,14	100,21	100,48	100,09	99,89	99,17	100,37	100,52

Компо- ненты	Период активизации ИКМ (6100—2800 лет назад)									
	извержение 4300 лет назад					извержение 4200 лет назад				
	тефра ПЗ ₂	лавовые потоки III			тефра	тефра	лавовые потоки IV			тефра ПЗ ₂
348/1	411	422	413/1	278/33	278/30	407	421	381	278/29	—
SiO ₂	60,88	63,00	61,98	59,08	59,62	60,58	60,08	59,16	59,50	59,84
TiO ₂	0,88	0,88	0,91	0,80	0,81	0,64	0,87	0,82	0,53	0,83
Al ₂ O ₃	16,68	16,32	15,94	16,62	16,84	17,75	16,32	16,67	16,53	16,94
Fe ₂ O ₃	2,43	3,42	1,31	1,84	2,93	2,68	2,32	2,84	2,12	2,23
FeO	3,68	2,10	4,88	5,60	4,36	3,10	4,48	4,60	4,42	3,59
MnO	0,17	0,16	0,24	0,15	0,14	0,14	0,19	0,13	0,17	0,17
MgO	2,27	2,01	1,53	2,74	3,20	2,18	3,66	2,90	3,03	2,07
CaO	5,48	4,56	4,86	7,03	5,78	5,97	6,06	7,30	6,49	5,23
Na ₂ O	4,64	4,67	4,28	3,86	4,08	4,27	4,08	3,99	4,33	4,28
K ₂ O	1,75	2,05	1,73	1,37	1,45	1,56	1,56	1,54	1,77	1,63
H ₂ O ⁻	0,36	0,32	0,13	0,24	0,57	0,70	0,25	—	—	1,36
H ₂ O ⁺	1,00	0,42	0,33	0,36	0,17	0,51	0,46	—	—	1,18

Таблица 1 (продолжение)

Компо- ненты	Период активизации ИКМ (6100—2800 лет назад)																
	извержение 4300 лет назад					извержение 4200 лет назад											
	тефра ПЗ ₂		лавовые потоки III			тефра		тефра		тефра ПЗ ₃							
	348/1		411		422	413/1		278/33		278/30		407		421	381		278/29
P ₂ O ₅	0,22	0,23	0,19	0,31	0,19	0,18	0,12	0,19	0,19	0,20							
П. п. п.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,44							
Сумма	100,41	100,14	99,72	100,00	100,14	100,26	100,45	100,14	99,63	99,99							

Компо- ненты	Период активизации ИКМ (6100—2800 лет назад)													
	Вулканыты эруптивной фазы КМ ₂ (4100—2800 лет назад)													
	тефра			лавовые потоки V				тефра ПЗ ₄		тефра				
	285/11		285/10	285/8	350		349		358	351	285/6		285/5	
SiO ₂	58,26	58,74	56,76	57,24	59,12	61,04	63,12	57,24	56,36	58,24				
TiO ₂	0,83	0,83	0,85	0,90	0,74	0,82	0,85	0,89	0,89	0,92				
Al ₂ O ₃	16,56	16,76	18,29	17,08	16,28	16,83	16,61	16,62	17,06	16,91				
Fe ₂ O ₃	2,30	2,98	2,15	2,45	2,01	2,07	1,87	3,07	2,56	2,41				
FeO	4,31	4,11	4,89	5,89	5,17	2,23	3,65	4,74	4,94	4,83				
MnO	0,17	0,11	0,13	0,21	0,15	0,08	0,18	0,11	0,13	0,20				
MgO	3,96	3,40	4,47	3,64	2,87	1,47	2,37	4,14	4,02	3,79				
CaO	6,51	6,25	5,50	7,52	6,85	6,64	4,79	6,63	7,22	6,73				
Na ₂ O	3,60	3,69	3,75	3,65	4,50	4,50	4,46	3,51	3,47	3,65				
K ₂ O	1,35	1,35	1,31	1,50	1,44	1,56	1,88	1,35	1,31	1,35				
H ₂ O ⁻	0,59	0,68	0,46	0,28	0,18	0,02	0,26	0,82	0,62	0,81				
H ₂ O ⁺	1,07	0,39	1,47	—	0,30	0,76	0,10	0,30	0,77	0,56				
P ₂ O ₅	0,09	0,12	0,19	0,08	0,37	0,07	0,21	0,11	0,22	0,09				
Сумма	99,60	99,41	97,92	100,44	99,98	100,18	100,35	99,53	99,56	100,49				

Компо- ненты	Период активизации ИКМ (6100—2800 лет назад)							Тефра в почве периода покоя		
	Вулканыты эруптивной фазы КМ ₂ (4100—2800 лет назад)									
	лавовые потоки VI		лавовые потоки VII			шлаковая лава	тефра ШЛ	283/13		278/13
	428	418	368	356		397	429			351/1
SiO ₂	58,06	59,26	58,14	57,42	59,02	56,78	53,26	56,08	65,84	
TiO ₂	0,80	0,81	0,83	0,93	0,85	0,85	1,00	1,05	0,83	
Al ₂ O ₃	16,35	17,14	16,63	17,31	16,40	16,65	16,52	16,85	17,72	
Fe ₂ O ₃	2,13	1,77	2,47	2,51	0,81	2,53	5,34	2,97	2,24	
FeO	4,34	4,94	4,25	5,03	5,89	5,75	4,25	5,48	5,14	
MnO	0,20	0,18	0,25	0,20	0,17	0,11	0,23	0,18	0,18	
MgO	4,21	3,39	4,98	4,03	3,08	3,68	4,49	3,45	3,52	
CaO	6,99	6,80	6,92	6,96	6,91	7,97	9,13	7,59	7,61	
Na ₂ O	3,92	4,00	3,27	3,79	4,39	3,84	3,26	3,65	3,38	
K ₂ O	1,45	1,54	1,57	1,38	1,36	1,50	0,79	1,36	1,26	
H ₂ O ⁻	—	—	—	0,46	0,28	—	0,45	0,53	0,99	
H ₂ O ⁺	1,18	0,04	0,40	0,25	0,44	—	—	0,08	0,77	
P ₂ O ₅	0,16	0,23	0,17	0,12	0,21	0,14	0,20	0,23	0,20	
П. п. п.	—	—	—	—	—	—	1,00	0,61	—	
Сумма	99,79	100,10	99,83	100,39	99,81	99,80	99,92	100,111	99,68	

Компо- ненты	Период активизации ПКМ (500 лет назад — настоящее время)									
	Тефра	Извержение 400 лет назад		Извержение 200 лет назад		Тефра ПЗ ₁₀	Извержение 1935?		Тефра	
		тефра ПЗ ₇	лава VIII	лава IX	тефра ПЗ ₉		тефра ПЗ ₁₁	лава X		
	351/6	348/9	409	440/1	278/5		348/7	348/6	414	348/5
SiO ₂	56,14	62,44	63,48	63,74	61,40	57,52	60,80	63,24	61,84	61,16
TiO ₂	1,20	0,90	0,85	0,85	0,93	0,80	0,95	0,87	0,95	0,95

Таблица 1 (окончание)

Компоненты	Период активизации ПКМ (500 лет назад — настоящее время)									
	Тефра	Извержение 400 лет назад		Извержение 200 лет назад		Тефра ПЗ ₁₀	Извержение 1935?		Тефра	
		тефра ПЗ ₇	лава VIII	лава IX	тефра ПЗ ₉		тефра ПЗ ₁₁	лава X		
Al ₂ O ₃	16,52	16,48	15,97	16,04	16,03	17,61	16,77	16,00	17,73	17,68
Fe ₂ O ₃	2,64	1,65	2,27	2,03	2,52	2,68	1,80	2,27	1,73	2,00
FeO	6,84	3,97	3,68	3,51	4,11	4,19	4,88	3,58	4,15	4,28
MnO	0,16	0,19	0,20	0,20	0,16	0,17	0,16	0,18	0,15	0,15
MgO	3,86	2,10	1,99	1,88	2,16	2,82	2,37	2,87	2,94	2,99
CaO	6,21	4,88	4,34	4,41	5,29	6,92	5,19	5,19	4,37	4,58
Na ₂ O	2,80	4,61	4,74	5,02	4,53	3,68	4,46	4,46	4,24	4,24
K ₂ O	1,31	1,95	1,93	2,03	1,73	1,33	1,84	1,84	1,75	1,75
H ₂ O ⁻	0,40	0,36	0,34	0,39	0,34	0,36	0,34	0,34	0,20	0,16
H ₂ O ⁺	1,25	0,31	0,37	0,31	0,78	0,14	0,20	0,20	0,17	0,39
P ₂ O ₅	0,21	0,09	0,18	0,16	0,29	0,30	0,29	0,29	0,23	0,12
П. п. п.	—	—	—	—	—	1,08	—	—	—	—
Сумма	99,54	99,98	100,34	100,57	100,27	99,60	100,05	100,05	99,85	100,45

Примечания. 1. Анализы выполнены в ЦХЛ Института вулканологии ДВО АН СССР, аналитики: Л. Г. Байцаева, Н. Р. Русакова, Т. В. Долгова, Л. А. Карташева, Г. Ф. Князева, Г. В. Лец, Г. П. Новоселская, Т. Г. Осетрова.

2. Внутри выделенных подразделений анализы тефры и лав даны в возрастной последовательности.

3. Анализы лав и тефры исторических извержений см. в работах [9, 13].

4. Анализ СЛ-12 предоставлен О. Б. Селянгиным.

зиса, был оценен в 7–8 км³, что удовлетворительно сопоставляется с объемом изверженной магмы.

Для вулкана Карымский количество изверженных продуктов определено как для отдельных этапов его деятельности, так и для конкретных извержений. Объем продуктов извержений 1962–1981 гг. взят из работ [11, 13]. Для более древних извержений объем лав получен обычным способом: площади потоков определялись по карте масштаба 1 : 10 000, средняя мощность лав — по данным полевых наблюдений и с учетом сведений о мощностях однотипных потоков современных извержений, приведенных в работе [11]. Объем тефры определялся по картам изопахит. Относительные объемы лав и тефры отдельных извержений вулкана отражены в размерах стрелок на рис. 2 справа от временной шкалы, а вес продуктов крупнейших извержений показан жирными линиями слева от временной шкалы.

Подсчитаны также объем и масса продуктов двух крупных периодов активизации вулкана — ИКМ и ПКМ, а также отдельных этапов и эруптивных фаз периода ИКМ (см. рис. 2). Объем продуктов периода ПКМ и этапа ИКМ₂ в периоде ИКМ подсчитывался на основании непосредственного определения объема их пирокластики и лав: объем лав определялся как сумма объема лавовых потоков составляющих его извержений, объем тефры подсчитывался по картам изопахит; принималось, что объем пирокластики в конусе составляет примерно 40% от объема тефры [5]. Объем продуктов этапа ИКМ₁ (его начальная фаза КМ₁) определялся как разность между общим объемом продуктов вулканизма и суммой объемов вышеназванных этапов. Общий объем продуктов (6,3 км³) слагался из объема морфологически выраженной постройки (2,9 км³), объема тефры (1 км³) и объема вулканитов, заполнивших кальдеру (2,4 км³) от уровня предполагаемого дна озера. Последняя величина была вычислена как объем шарового сегмента площадью 19 км² и высотой 0,25 км. При оценке массы извержения продуктов (в соответствии с имеющимися в литературе справочными данными)

Таблица 2

Вынос вещества вулканом Карымский на разных этапах его деятельности

Главные события в истории вулкана (значения индексов см. рис. 1, 2)		Длительность, лет	Пирокластика		Лавы		Общее количество материала		Интенсивность выноса вещества $\cdot 10^6$, т/г		
			V, км ³	м $\times 10^6$, т	V, км ³	м $\times 10^6$, т	V, км ³	м $\times 10^6$, т			
ПКМ	ПЗ ₁₁₋₁₃ , X, IX	500	0,06	0,07	0,15	0,30	0,21	0,37	1,9—2,1		
	ПЗ ₇₋₁₀ , IX, VIII		0,07—0,09	0,08—0,1	0,23—0,30	0,50—0,60	0,30—0,39	0,58—0,70			
	Σ		0,13—0,15	0,15—0,17	0,38—0,45	0,8—0,9	0,51—0,60	0,95—1,07			
ПЗ ₆ и грубые пеплы периода относительного покоя		2300	0,02	0,02	—	—	0,02	0,02	—		
ИКМ	ИКМ ₂	КМ ₂	1300	1500	0,17	0,24	0,06	0,13	0,23	0,37	0,3
		ПЗ _{3-IV}	—		0,1—0,15	0,1—0,15	0,05	0,11	0,15—0,20	0,21—0,26	0,53— 0,57
		ПЗ _{2-III}	—		0,03—0,04	0,03—0,04	0,09—0,1	0,20—0,22	0,12—0,13	0,24—0,26	
		Σ	—		0,30—0,36	0,37—0,43	0,20—0,21	0,44—0,46	0,50—0,56	0,82—0,89	
	ИКМ ₁	ПЗ _{1-II}	—	1000	0,1	0,1	0,4	0,8	0,5	0,9	—
		КМ ₁	700		—	—	—	—	4,7	9,5—10	13,6 14,3
		Σ	—		—	—	—	—	5,2	10,4—10,9	10,4— 10,9
Σ ИКМ		3300	—	—	—	—	6,23—6,38	11,22—11,79	3,4—3,6		
Σ КМ		6100	—	—	—	—	6,3	12,5	2		

объемный вес андезитов лавовых потоков принимался равным 2—2,2 г/см³, туфы андезитового и андезиодацитового состава — 1,1—1,3 г/см³, дацитовый пемзовой пироклаستيку кальдерообразующего извержения — 1 г/см³, уплотненной пироклаستيку конуса вулкана — 1,5—1,7 г/см³.

Интенсивность выноса вещества за отдельные периоды активизации вулкана отражена на рис. 2, слева от временной шкалы. Все значения объемов и массы изверженных вулканом продуктов приведены в табл. 2.

История формирования вулкана и динамика его активности

Мощное кальдерообразующее извержение произошло в Карымском центре около 7700¹⁴С лет назад. Оно началось с массовых выбросов ювенильной пемзовой тефры «нижние лапилли», которая залегают непосредственно на подстилающей почве: взрывные отложения в основании разреза пироклаستيку даже вблизи кальдеры нигде не обнаружены. Главная ось пеплопада протянулась в ВЮВ-направлении. Затем последовало образование серии пирокластических потоков, основные ветви которых прошли по рекам Крестьянская и Карымская (рис. 4). Сопутствующие пирокластическим потокам палящие тучи отрывались от них и распространялись на обширных прилегающих территориях, покрывая их тонким пеплом. Вслед за извержением пирокластических потоков произошла новая серия эксплозивных выбросов, самый мощный из которых дал горизонт «верхних лапилли». Ось этого пеплопада прошла в ВСВ-направлении. Объем отложений пирокластических потоков составил 4,5—6 км³, суммарный объем тефры — около 8—10 км³. Главный сектор рассеяния тефры располагался к востоку от кальдеры, ее изопакиты в пределах изученного участка даны на рис. 4; мощность тефры на о-ве Беринга составила 3 см [10]. По размерам образовавшейся кальдеры обрушения и объему материала (14—18 км³) кальдерообразующее извержение было близко к знаменитому извержению вулкана Кракатау 1883 г.

После образования кальдеры вулканическая деятельность прекратилась. Период покоя длительностью не менее 2500 лет запечатлен в разрезах почвенно-пирокластического чехла пачкой погребенных почв, в которой содержатся только прослой тефры вулкана Малый Семячик и транзитных пеплов. Можно полагать, что в самой кальдере накапливались пролювиальные и озерные отложения, которые сейчас на большей части площади перекрыты лавами вулкана Карымский. Фрагментом дна озера является, по-видимому, равнина южной части кальдерной депрессии, где выходят термальные источники и протекает р. Карымская.

Вулкан Карымский начал формироваться в кальдере около 6100 (5300¹⁴С) лет назад. Основываясь на длительности перерывов в активности вулкана, его историю можно расчленить на ряд периодов. Четко выделяются два главных периода активизации — ИКМ и ПКМ, разделенные интервалом покоя длительностью около 2300 лет. По-видимому, они являются частями двух циклов активности, из которых последний не завершен. В период активизации ИКМ можно выделить в свою очередь два этапа активной работы вулкана, разделенные менее длительным периодом покоя, составившим около 800 лет (см. рис. 2, табл. 3).

В ходе начальной интенсивности этапа ИКМ полость Эльдеры заполнялась, и быстро строился вулканический конус. Характер тефры свидетельствует о том, что это были относительно слабые², но часто следовавшие друг за другом извержения (эта активность была выделена как эруптивная фаза КМ₁). Состав материала достаточно одно-

² Под сильными для вулкана Карымский понимаются извержения с количеством материала 1—0,5 • 10⁹ т, умеренными — 0,5—0,05 • 10⁹ т, слабыми — < 0,05 • 10⁹ т.

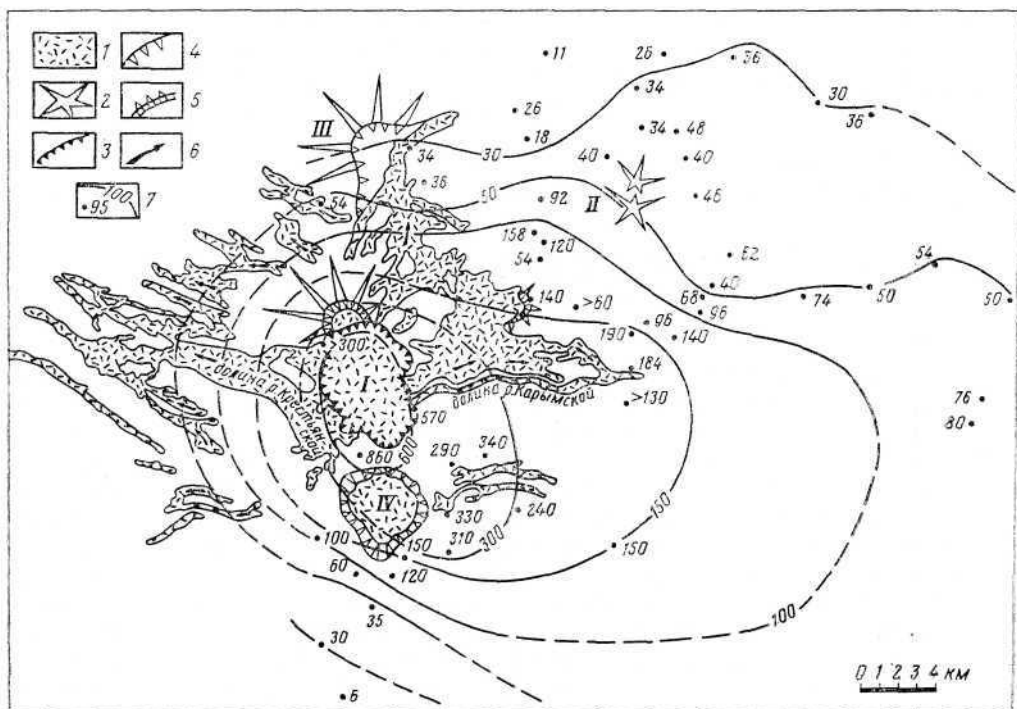


Рис. 4. Схема реконструкции пирокластических потоков, связанных с формированием Карымской кальдеры, и изопакиты тефры кальдерообразующего извержения. 1 — пирокластические потоки; 2 — стратовулканы; 3 — уступ Карымской кальдеры; 4 — уступы верхнеплейстоценовых кальдер и эксплозивных форм; 5 — маары; 6 — направления течения пирокластических потоков; 7 — изопакиты (см) тефры кальдерообразующего извержения; цифры рядом с точками — мощность (см) тефры в конкретных разрезах. I — кальдера Карымская, II — вулкан Малый Семячик, III — вулкан Соболиный, IV — кальдера Карымское озеро

ден — это преимущественно андезитобазальты с содержанием SiO_2 52—56% (см. табл. 2, рис. 1). Лавовые потоки такого состава у подножия вулкана не установлены; если они и изливались, то, по-видимому, захоронены под более молодыми вулканитами. Обращает внимание, что лавы аналогичного андезитобазальтового состава связаны с небольшим конусом Лагерный, расположенным в южной части кальдеры. По данным тефростратиграфии, время его возникновения приходится на тот же интервал, что и начальный этап деятельности вулкана Карымский, т. е. андезитобазальтовая магма находила и другие пути выхода на поверхность внутри кальдеры, помимо вулкана Карымский. Ближе к концу этапа ИКМ начинает поступать более кислый андезитовый материал — изливаются лавовые потоки группы I (объем лав — около $0,25 \text{ км}^3$). Затем последовал 300-летний перерыв в деятельности вулкана, после чего произошло мощное эффузивно-эксплозивное извержение (ПЗ₁—II) 5100—5200 (4400—4500 ^{14}C) лет назад. Тефра его распространилась на восток (рис. 5), где она служит четким маркирантом на сопредельных территориях [6]. Лавовые потоки этого извержения имеют среди всех продуктов вулкана наиболее кислый состав (до дацитов) и максимальные мощности (до 80 м); в юго-западной части они почти полностью скомпенсировали кальдеру. Потоки отличаются контрастным микро-рельефом с многочисленными крупными и протяженными поперечными валами. Это извержение было самым мощным за всю историю жизни вулкана (см. табл. 2, рис. 2) и завершило первый этап его активности ИКМ₁.

История формирования вулкана Карымский

	Отложения почвенно-пирокластического чехла подножия вулкана	Лавовые потоки	Состав продуктов	Возрастные рубежи, л. н.	Характер вулканической активности	Период активизации
Вулкан Карымский	Горизонты пемзовой тефры (ПЗ ₇ —ПЗ ₁₂) и серых грубых пеплов, разделенные мало-мощными погребенными почвами	XI X IX VIII	Андезит	500	Активизация вулкана: частые эффузивно-эксплозивные извержения, разделенные короткими периодами покоя	II КМ
	Почва, в верхней части с прослоями грубых пеплов и пемзовой тефры ПЗ ₈		Андезит			
	Бомбы и лапилли шлака, грубый пепел		Андезито-базальт	2800	Крупное эксплозивное извержение	I КМ
	Стратифицированные грубые серые пеплы, прослой пемзовой тефры ПЗ ₄ и ПЗ ₅	VII VI V	Андезит	4100	Интенсивная эксплозивно-эффузивная активность, дальнейший рост конуса вулкана	
	Пемзовые бомбы и лапилли, грубые пеплы (ПЗ ₁ и ПЗ ₃), тонкие и грубые пеплы (ПЗ ₂), разделенные прослоями почв	IV III II	Андезит Дацит, андезит	4200	Два крупных эксплозивно-эффузивных извержения Период покоя длительностью 800 лет Мощное эксплозивно-эффузивное извержение	
				4300		
Стратифицированные грубые пеплы, отдельные горизонты с лапилли и бомбами, примесь резургентного материала	I ?	Андезит, андезитоба- зальт	5100	Начало формирования в. Карымский: рост конуса, интенсивная эксплозивная активность, излияние лавовых потоков		
			5400			
Пачка погребенных почв с тефрой в. Малый Семячик с прослоями транзитных пеплов	—	—	6100	Период покоя	КРМ	
Бомбы и лапилли пемзы, грубый и тонкий пепел, отложения пирокластических потоков	—	Дацит, риодацит	7600	Кальдерообразующее извержение: выбросы пемз, пирокластические потоки. Формирование кальдеры обрушения		
			7700 14С			

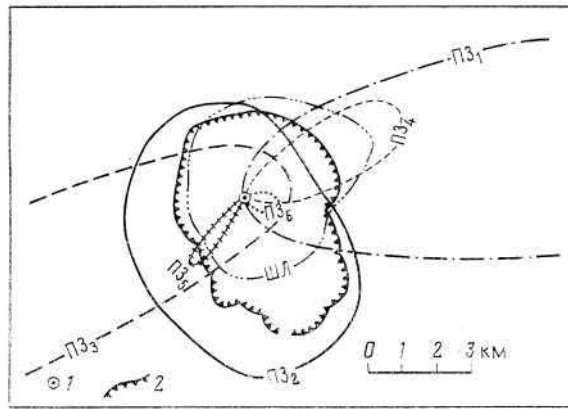


Рис. 5. Распространение тефры во время главных эксплозивных извержений (ограничение по изопахите 10 см). Индексы см. на рис. 1. 1 — кратер вулкана; 2 — уступ кальдеры

В начале этапа IKM_2 после 800-летнего периода покоя деятельность вулкана возобновилась двумя извержениями умеренной силы. Они были разделены интервалом в 100 лет и произошли: первое — ($ПЗ_2$ -IV) около 4300 (3800 ^{14}C) лет назад и второе — ($ПЗ_2$ -III) — около 4200 (3700 ^{14}C) лет назад. Оба извержения были почти вчетверо слабее (см. рис. 2, табл. 2) описанного выше самого сильного извержения, однако тефра $ПЗ_3$ по объему сопоставима с тефрой $ПЗ_1$. Ось пеплопада этого извержения прошла на запад (см. рис. 5).

Начавшись с достаточно крупных извержений, далее в течение эруптивной фазы KM_2 деятельность вулкана по характеру была сходна с начальным интервалом KM_1 : возобновилась напряженная эксплозивная активность, состоящая из серии слабых извержений, почти без перерыва следующих друг за другом. В разрезе на фоне серых неясно стратифицированных грубых пеплов некоторые извержения запечатлены отдельными четкими прослоями серых вулканических песков или пемз ($ПЗ_4$ и $ПЗ_5$) с объемом материала от 0,01 до 0,001 $км^3$. К этому же периоду относится излияние лавовых потоков возрастных групп V, VI и VII объемом соответственно 0,025, 0,012 и 0,02 $км^3$. Они образуют верхний ярус лавовых потоков южного подножия вулкана. Этап IKM_2 завершился эксплозивным извержением с выбросом шлаков около 2800 лет назад. Бомбы и лапилли шлака покрывают плащом конус вулкана и засыпают его подножие, достигая вблизи вулкана мощности 1—1,4 м. Покров этих шлаков придает лавовым потокам южного подножия сглаженные формы, нивелируя первичный микрорельеф. Общий объем шлаков составил 0,015 $км^3$.

На протяжении этапа IKM_2 намечается постепенный переход от более кислых разновидностей андезитов (59—63% SiO_2) к более основным (57—59% SiO_2). Шлаки заключительного извержения представлены андезитобазальтами. Существенно отметить, что переход от андезитов к андезитобазальтам происходит практически без изменения динамики активности вулкана. Аналогичная картина наблюдалась в конце эруптивной фазы KM_1 , когда, напротив, андезитобазальты резко сменились андезитами (см. рис. 1). В обоих случаях при этом не отмечено ни перерывов в активности вулкана, ни возрастания напряженности вулканической деятельности.

В конце периода активизации IKM (около 2800 лет назад) конус вулкана сформировался в близком к современному виде. Затем последовал длительный период покоя, который зафиксирован в разрезах пач-

кой погребенных почв. Отдельные слабые эксплозивные извержения отмечены двумя прослоями грубых андезитовых пеплов и пемзовой тефры ($P3_6$) в верхней части почвы. Объем тефры таких извержений $0,001 - 0,008 \text{ км}^3$. За время прекращения активности кустарниковая растительность сильно расширила свой ареал: кусты покрыли не только лавовые потоки, но и сам конус до высоты 1000 м.

Новая активизация вулкана (период ПКМ) началась около 500 лет назад. Режим активности вулкана приобрел резче выраженный дискретный характер: отдельные умеренные по силе извержения или серии извержений разделяются короткими (десять лет) интервалами покоя, запечатленными маломощными погребенными почвами. Извержения либо эксплозивные, либо эффузивно-эксплозивные: происходят выбросы пемзовой тефры ($P3_7 - P3_{12}$) или грубых серых пеплов; молодые (VIII, IX) и исторические (X, XI) лавовые потоки заливают северные склоны и подножие вулкана. Все они отличаются свежим первичным микро-рельефом, позволяющим без труда отличать их от более древних потоков, засыпанных шлаками 2800 лет назад. Наиболее крупными были извержения 200—250 и 400 лет назад и серия исторических извержений 1962—1981 гг. (см. рис. 2) с объемом материала соответственно $0,15$; $0,12$ и $0,19 \text{ км}^3$.

Если рассматривать общую тенденцию в деятельности вулкана с момента его возникновения, то видно, что интенсивность выноса вещества в периоде ПКМ упала почти вдвое по сравнению со средней интенсивностью периода ИКМ (см. рис. 2, табл. 2). Такая тенденция хорошо согласуется с представлением об общем падении продуктивности вулканов во времени [12]. Оценка интенсивности выноса вещества по отдельным этапам показывает, что наибольшие значения она имела на начальных стадиях жизни вулкана, потом упала почти на порядок во второй половине периода ИКМ. В начале нового периода активизации (ПКМ) она опять увеличивается почти в 4 раза, однако если сравнить начала периодов активизации ИКМ и ПКМ, то в периоде ПКМ она оказывается все же существенно ниже, чем в ИКМ. Если оценить продуктивность вулкана на отдельных этапах его деятельности с учетом предшествующих периодов покоя, рассматриваемых как время накопления энергии, реализующейся затем в процессе извержений, то для периода ИКМ продуктивность составила $2,1 \cdot 10^6 \text{ т/год}$, а для периода ПКМ — всего $0,4 \cdot 10^6 \text{ т/год}$ ³. Продуктивность вулкана периода ПКМ аналогична продуктивности во второй половине периода ИКМ ($0,4 \cdot 10^6 \text{ т/год}$ для ИКМ₂). Это показывает, что вулкан пока еще сохраняет свои энергетические возможности на уровне конца предшествующего периода. Средняя интенсивность выноса вещества за время жизни вулкана (6100 лет) составила $2 \cdot 10^6 \text{ т/год}$, а продуктивность с учетом предшествующего периода покоя — $1,5 \cdot 10^6 \text{ т/год}$.

Проведенная реконструкция динамики активности вулкана позволяет дать предположительный прогноз его будущей деятельности. Высокая эруптивная активность вулкана, отмеченная на протяжении последних 500 лет, повышение интенсивности выноса вещества за это время по сравнению со второй половиной прошлого периода ИКМ (см. рис. 2) показывают, что вулкан в настоящее время находится в незавершенном периоде активизации нового вулканического цикла. Поэтому вряд ли следует ожидать прекращения его активности в ближайшем будущем. Учитывая длительность (700—1300 лет) эруптивных фаз с напряженной активностью, можно полагать, что высокая активность вулкана сохранится еще не менее 200 лет. Характер извержений останется тем же: будут происходить слабые и умеренные по силе эксплозивно-эффузив-

³ Понятие «интенсивность выноса вещества» употребляется авторами для оценки скорости выноса в периоды активизации, а продуктивность — с учетом предшествующего периода покоя.

ные извержения с выбросом андезитовой тефры (часто пемз) и излияниями лавовых потоков. Не исключено, что андезиты могут смениться андезитобазальтами, как это уже имело место в конце фазы КМ₂, однако характер извержений существенно не изменится. Зона вулканической опасности от лавовых потоков ограничится пределами кальдеры (радиус 2,5–5 км), мощность тефры в кальдере может меняться от 5 до 40 см, достигая 100–120 см непосредственно у подножия конуса в направлении эксплозивного выброса. За границами кальдеры на расстоянии 4–5 км от вулкана она составит максимум 20–25 см, а на расстоянии 10 км — 2–4 см (грубый и тонкий пепел).

Можно полагать, что впоследствии интенсивность выноса вещества резко снизится, как это имело место во второй половине прошлого периода ИКМ. Тогда продуктивность заверщенного периода ПКМ окажется ниже продуктивности этапа ИКМ₂. Это отразит дальнейшее падение общей мощности вулкана, что приведет к значительному увеличению интервала покоя перед началом следующего цикла (ПКМ?) или вообще к прекращению деятельности вулкана.

Основные выводы

1. Карымская кальдера, в которой расположен вулкан, возникла как структура обрушения около 7700 ¹⁴С лет назад в результате извержения 14–18 км³ пемзового пирокластического материала. Объем полости кальдеры согласуется с объемом изверженной магмы. Кальдерообразующее извержение по характеру, параметрам и составу пирокластики сопоставимо с извержением вулкана Кракатау 1883 г.

2. Вулкан Карымский начал формироваться в кальдере около 6100 (5300 ¹⁴С) лет назад, после 2500-летнего периода покоя. За все время деятельности им вынесено около 6,3 км³ (12,3·10⁹ т) лавы и пирокластики. Средняя интенсивность выноса вещества составила около 2·10⁶ т/год.

3. В деятельности вулкана выделяются два крупных периода активизации — ИКМ и ПКМ, разделенные 2300-летним периодом относительного покоя. Начальный этап жизни вулкана (6100–5100 лет назад) в периоде ИКМ отличается максимальной интенсивностью выноса вещества, наиболее сильными извержениями, изменением состава продуктов от андезитобазальтов до дацитов. Второй этап этого периода (4300–2800 лет назад) характеризуется резким падением интенсивности выноса вещества, умеренными и слабыми по силе извержениями, андезитовым составом продуктов, который лишь во время заключительного извержения меняется на андезитобазальтовый.

Период активизации ПКМ начался около 500 лет назад. Деятельность вулкана в это время носит дискретный характер — умеренные и слабые извержения разделяются короткими интервалами покоя. Интенсивность выноса вещества значительно повысилась по сравнению с концом предыдущего периода. Состав продуктов полностью отвечает андезитам.

Наиболее крупные эффузивно-эксплозивные извержения вулканов происходили 5400, 5100–5200, 4300, 4200, 400, 200–250 л. н. и в 1962–1981 гг.

4. Анализ реконструированной динамики вулкана позволяет полагать, что его высокая активность будет продолжаться не менее 200 лет при сохранении характера извержений, близкого к современному.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арсланов Х. А. О поправках к радиоуглеродному возрасту//Геохимия. 1978. № 8. С. 1157–1164.
2. Брайцева О. А., Егорова И. А., Сулержицкий Л. Д. Тифрохронологические исследования вулкана Карымский//Вулканология и сейсмология. 1979. № 1. С. 48–59.

3. *Брайцева О. А., Литасова С. Н.* О возрасте вулкана Карымский и Мал. Семячик// Вулканология и сейсмология. 1982. № 3. С. 92—96.
4. *Брайцева О. А., Литасова С. Н., Сулержицкий Л. Д. и др.* Радиоуглеродное датирование и палинологическое изучение почвенно-пирокластического чехла подножия вулканов Карымский и Малый Семячик// Вулканология и сейсмология. 1989. № 1.
5. *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.
6. *Брайцева О. А., Сулержицкий Л. Д., Кирьянов В. Ю.* Маркирующие прослой голоценовой тefры Восточной вулканической зоны Камчатки// Вулканология и сейсмология. 1985. № 5. С. 80—96.
7. *Влодавец В. И.* Вулканы Карымской группы// Тр. Камчатской вулканол. станции. 1947. Вып. 3. С. 3—49.
8. Вулканический центр: строение, динамика, вещество (Карымская структура). М.: Наука, 1980. 298 с.
9. *Иванов Б. В.* Извержение Карымского вулкана в 1962—1965 гг. и вулканы Карымской группы. М.: Наука, 1970. 135 с.
10. *Кирьянов В. Ю., Егорова И. А., Литасова С. Н.* Вулканические пеплы на о-ве Беринга (Командорские острова) от голоценовых извержений Камчатки// Вулканология и сейсмология. 1986. № 6. С. 18—28.
11. *Магуськин М. А., Энман В. Б., Селезнев Б. В., Шкред В. И.* Особенности смещения земной поверхности на вулкане Карымский по геодезическим и фотограмметрическим данным за период 1970—1981 гг.// Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 42—49.
12. *Поляк Б. Г., Мелекесцев И. В.* Продуктивность вулканических аппаратов// Вулканология и сейсмология. 1981. № 5. С. 22—37.
13. *Хренов А. П., Дубик Ю. М., Иванов Б. В. и др.* Эруптивная деятельность вулкана Карымский за 10 лет (1970—1980 гг.)// Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 29—48.

Институт вулканологии
ДВО АН СССР

Поступила в редакцию
18.IV.1988.