

УДК 551.235+551.21

АКТИВИЗАЦИЯ КАРЫМСКОГО ВУЛКАНА В 2001-2003 ГГ. И ЕЕ ВЛИЯНИЕ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В.И. Андреев¹, М.А. Магуськин¹, С.Л. Сеньюков²

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, 683006, e-mail:volcan@kcs.iks.ru*

² *Камчатская Опытно-Методическая сейсмологическая партия, Геофизическая служба РАН, 683006, г. Петропавловск-Камчатский*

Один из самых активных вулканов Камчатки Карымский, высота ~1.5 км, объем ~0.8 км³, в течение последних 500 лет извергается чаще, чем находится в состоянии покоя [2]. Очередное извержение Карымского вулкана началось после 14 летнего покоя 02.01.1996 г. одновременно с мощным, продолжавшимся не более одних суток, извержением в кальдере Академии Наук, расположенной в 6 км от Карымского вулкана. Вблизи вулкана проводятся визуальные наблюдения и инструментальные измерения динамики деформаций земной поверхности, в частности, изменения высоты вулканического конуса. Слежение за сейсмическим режимом Карымского вулкана осуществляется автоматической сейсмической станцией, расположенной у юго-восточного подножия конуса на отметке 847.4 м.

По данным автоматической сейсмической станции и по визуальным наблюдениям в течение последнего извержения Карымского вулкана, продолжающегося в настоящее время, выделяются два эруптивных цикла. Первый эруптивный цикл начался 02.01.96 и продолжался до середины 2000 г. Он отличался высокой сейсмической активностью - до 600 и более взрывов-выбросов в сутки. Наиболее мощные взрывы в начале извержения сопровождались выбросами пирокластики на высоту ~ 2 км над кромкой кратера. При этом вулканические бомбы размером до 0.5 м падали на расстоянии до 1.5 км от кратера. Некоторые взрывы сопровождались воздушной ударной волной. Обычно взрывы следовали с интервалом порядка 10 минут, и их высота была в пределах 200-300 м. Первые лавовые потоки, из-

ливавшиеся на западный, юго-западный склоны вулкана в январе-марте 1996 г. были сравнительно небольшими по протяженности, мощностью до 10-15 м. В апреле-мае того же года протяженность потоков увеличилась до 1,5 км, мощность достигла 25 м, расход в пределах $1.5 \text{ м}^3/\text{сек}$. [9]. В таком режиме извержение шло до осени 1997 г. Затем оно стабилизировалось и, медленно ослабевая, продолжалось до середины 2000 г., когда сейсмичность вулкана уменьшилась до 1 слабого события в неделю, и активность выражалась лишь в фумарольной деятельности, приуроченной в основном к прикратерной зоне.

В 2002 году начался следующий эруптивный цикл Карымского вулкана, сопровождаемый взрывами-выбросами до 500 в сутки. Вес среднего выброса составлял ~ 2 тысяч тонн [1]. Лавовые потоки, изливавшиеся в юго-западном секторе вулкана, двигались со скоростью первых метров в сутки, их мощность в 2002-2003 гг. обычно не превышала 10 м, а протяженность была в пределах 1 км. В сентябре 2002 года, приблизительно в течение недели, скорость одного из небольших лавовых потоков достигала 5 м/час, но обычно была меньше.

Во втором эруптивном цикле при возобновлении активных эксплозий наблюдалось заметное снижение эффузивной деятельности и повышение вязкости лавовых потоков. Некоторые маломощные потоки двигались вниз по склону небольшими разрозненными порциями, не образующими сплошного литоидного тела. Движение таких потоков было скорее не течением, а сочетанием обвалов, оползней и осыпей.

Лавовый поток максимальной мощностью 12 м, протяженностью ~1.2 км сформировавшийся в октябре-декабре 2003 г. представлял собой нагромождение угловатых и окатанных глыб размером порядка 1-2 м без выраженного сплошного литоидного тела. В апреле 2004 г. на некоторых участках потока размером в первые сотни м^2 сохранялась температура $\sim 100^\circ\text{C}$ и наблюдалось парение.

Активизация эксплозивной деятельности летом 2003 г сопровождалась усилением обвалов, сопровождавшихся образованием газопылевых облаков в верхних частях южного склона Карымского вулкана сходных с принимавшимися ранее за пароксизмы извержений обвалами на склонах Ключевского вулкана [5], хотя масштаб подобных явлений на Ключевском вулкане был значительно большим.

По характеру изломов, микроструктуре, возрастанию средних размеров кристаллов плагиоклаза наблюдается постепенное увеличение степени кристалличности изверженного силикатного материала в течение 8 лет последнего извержения, подобное отмеченному ранее [11]. Отмечено незначительное увеличение доли плагиоклаза и заметное возрастание содержания оливина, хотя общее содержание темноцветных минералов сравнительно низкое (таблица 1).

Количественно-минеральный состав пеплов с конуса Карымского вулкана

Порода (минерал)/ дата	30.05.96	26.01.04
Порода (стекло темное)	66	72
Порода (стекло светлое)	3	1
Измененная порода	8	2
Плагиоклаз	15	17
Пироксен	5	5
Оливин	1	2
Рудные минералы	1	1
Кварц	1	-

Примечание. Подсчет количественно-минерального состава пеплов проводился по фракциям от < 0,25 до 2 мм.

За 8 лет извержения возросло содержание SiO_2 , MnO , Na_2O , незначительно уменьшилась доля TiO_2 , заметно убыло содержание K_2O . По сравнению с началом извержения, вариации всех окислов в породах, изверженных в 2003 году, уменьшились, состав этих пород стабилизировался, стал сравнительно постоянным независимо от их фациальной принадлежности (пеплы, бомбы, лавы). В породах, последовательно извергнутых Карымским вулканом с начала XX века, перечисленные изменения более заметны, хотя все эти вариации не превышают 5-7%.

Сравнение гранулометрического состава пеплов, извергнутых в 1996 и в 2004 гг., показывает заметное увеличение в последних доли крупных фракций за счет пемзовых лапилли. В пеплах, извергнутых 26.01.04, четко просматривается бимодальность в распределении фракций (таблица 2).

Таблица 2

Гранулометрический состав пеплов в. Карымского в %

Р-р мм/дата	22.10.98 Н-900 м	26.01.04 Н-850 м
>1	1	6
1	2.3	42
0.5	46.3	16
0.25	32.8	27
<0.25	17.6	10

При исследовании предыдущих извержений Карымского вулкана было отмечено увеличение его высоты со скоростью до 10 м в год при активном извержении и уменьшение до 2 м в год после прекращения извержения [10]. Во время последнего извержения вариации изменения высоты были значительно больше. В первые 10 месяцев с начала извержения высота вулкана уменьшилась на 11.4 м и оставалась примерно на том же уровне в течение 1.5 лет, несмотря на постоянные выбросы пирокластики, большая часть которой выпадала на конус. С 28.05 по 13.10.1998 г., всего за 3,5 месяца высота вулкана увеличилась на 10.3 м. На 30.04.1999 г. высота вулкана увеличилась еще на 5.4 м. К концу первого эруптивного цикла, к началу 2000 г. высота уменьшилась на 9.7 м. В течение перерыва между эруптивными циклами до конца 2001 г. высота вулкана почти не изменялась. В начале второго эруптивного цикла по измерению 10.05.02 зафиксировано сравнительно быстрое увеличение высоты - почти на 12 м за полгода, далее 14.09.02 г. продолжение увеличения, затем 17.04.03 и 12.08.03 г. снова наблюдается снижение, сменившееся 11.09.03 повышением (рис.1).

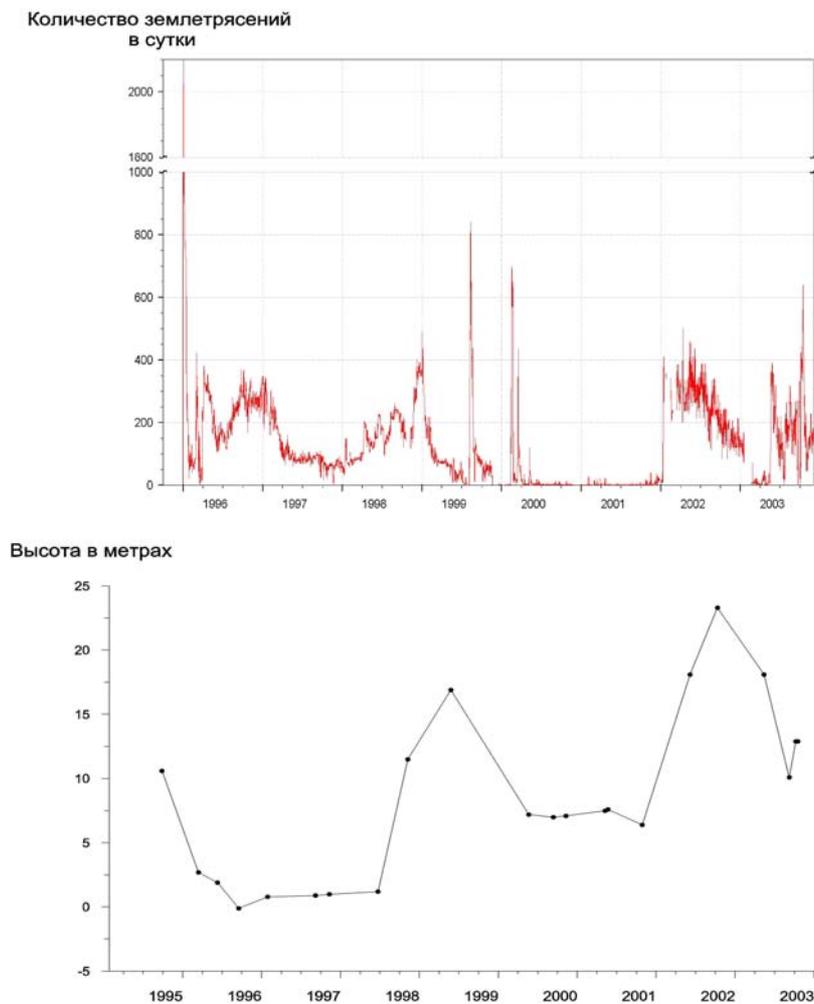


Рис.1. Ежесуточные количества взрывных вулканических землетрясений, зарегистрированных на сеймостанции Карымская (вверху); изменения высоты вулкана (внизу).

Обсуждение результатов.

Увеличение вязкости и степени раскристаллизации последовательно изверженного в течение 8 лет материала может быть связано с дегазацией магмы, находящейся в периферическом магматическом очаге и с постепенным изменением химического состава изверженных вулканитов, в частности, с уменьшением содержания калия. По данным предыдущих исследователей наиболее жидкие лавы волнистого и подушечного типа содержали наибольшее количество калия [6].

В какой-то мере увеличение степени кристалличности сопутствует увеличению доли кристаллов, особенно оливина в пеплах, извергнутых в 2004 г., по сравнению с пеплами начала извержения 1996 г. По отношению к андезито-дацитам, извергаемым Карымским вулканом, фенокристаллы-вкрапленники оливина неравновесны и могли быть результатом механического смешения с более основным контрастным расплавом, инъецированным в периферический магматический очаг [3]. Хотя, возможно, в этом случае более существенно влияние внешних условий, например, эоловой дифференциации, способной существенно влиять на количественно-минеральный состав подвижного материала. Бимодальность в распределении фракций пепла могла быть обусловлена дроблением вулканических пород при обвалах (см. таблицу 2).

По данным предыдущих исследователей [6,11] и нашим наблюдениям тип извержения Карымского вулкана соответствует вулканскому или вулcano-стромболианскому с индексом эксплозивности $\sim 80\%$, то есть вулкан извергает преимущественно пирокластику, большая часть которой выпадает на конус вулкана, наращивая его. Таким образом, главная причина увеличения высоты вулкана очевидна. Уменьшение высоты вулкана после окончания извержения и в периоды покоя сводится к уплотнению вулканогенных пород под действием их собственного веса и вышележащей нагрузки [10]. Приведенные данные позволяют дополнить причины вариаций высоты вулкана.

Одним из факторов уплотнения вулканических пород является соотношение объемного и удельного весов. Объемный вес рыхлых отложений последнего извержения Карымского вулкана, начавшегося в 1996 г., по нашим определениям составляет около 1 г/см^3 . В тоже время их удельный вес достигает 2.5 г/см^3 , что предопределяет возможность значительного уплотнения таких пород [1]. В обычном режиме скорость уплотнения и соответственно уменьшения высоты вулкана находится в пределах, показанных Токаревым [10], а значительное уменьшение этой величины в периоды с начала извержения до мая 1998 г. и с весны до осени 2003 г., вероятно, имеет другую природу.

Общее погружение площади, включающей Карымский вулкан, со скоростью нескольких мм в год, зафиксировано ранее [8]. Возможно, одновременное извержение в кальдере Академии Наук значительно активизировало и локализовало это погружение. Подобное

интенсивное проседание-провал в кратере вулкана Плоский Толбачик сопутствовало извержению Новых Толбачинских вулканов в 1975 г., произошедшему в 18 км от провала [4]. Провал на вершине древнего вулкана Катмаи сопутствовал катастрофическому извержению в расположенном на расстоянии 10 км от этого вулкана кратере Новорупта в 1912 г. [12]. Периодические обрушения в кратере Везувия, отмеченные в XX веке, объясняются понижением уровня лавы в неглубоко расположенном периферическом очаге [7]. Возможно, интенсивные уменьшения высоты постройки Карымского вулкана обусловлены такими же факторами, как и перечисленные обрушения.

Кроме того деформации постройки вулкана обусловлены мощными вулканическими взрывами, происходившими в начале извержения, в конце первого цикла с апреля 1999 г. до начала 2000 г. и в первой половине 2003 г., когда интервалы между взрывами и их мощность возрастали. Результатом такого, большей частью локального, усиления деформаций было уменьшение углов склона вулканического конуса и выполаживание его вершины. При продолжающемся извержении эксплозивного материала после таких деформаций увеличение высоты конуса происходит быстрее, так как рыхлый материал ложится не на сравнительно узкую кромку кратера, а на выположенную, как бы подготовленную площадку (рис.2).

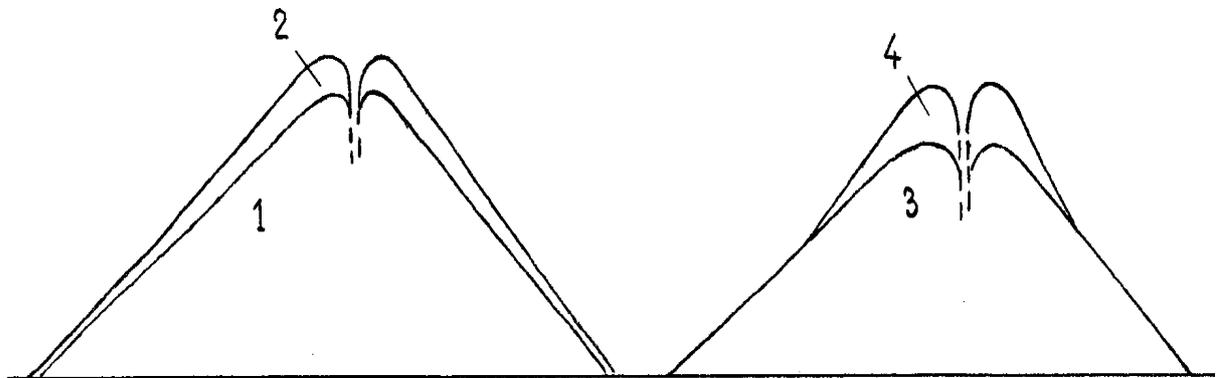


Рис.2. Зависимость скорости аккумуляции изверженного рыхлого материала от сейсмичности вулканической постройки. 1 – исходное положение постройки, 2 – аккумуляция, 3 – сотрясение и выполаживание вершины, 4 – ускоренный рост высоты постройки.

Выводы.

1. По сейсмическим параметрам, вариациям высоты постройки и режиму извержения выделяются два эруптивных цикла Карымского вулкана. Первый – 1996-2000 гг., второй – 2002-настоящее время.
2. Резкие изменения высоты вулкана обусловлены проседанием кровли периферического магматического очага и деформациями вулканической постройки.

Список литературы

1. Андреев В.И., Иванов В.В., Карпов Г.А., Магуськин М.А. и др. О распределении изверженных пород вулкана Карымский во время его извержения в 1996-1998 гг. Сб. Современный вулканизм и связанные с ним процессы. Петропавловск-Камчатский, 12-15 апреля 1999 г. С.60-63.
2. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В. Вулкан Карымский: история формирования, динамика активности и долгосрочный прогноз // Вулканология и сейсмология. 1989. № 2. С.14-32.
3. Гриб Е.Н. Петрология продуктов извержения 2-3 января 1996 г. в кальдере Академии Наук // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С.71-96.
4. Двигало В.Н., Чирков А.М., Федотов С.А. Изменения размеров кратера перед извержением и во время него. В кн. Большое трещинное Толбачинское извержение. М.: Наука. 1984. С.81-84.
5. Двигало В.Н. Мелекесцев И.В. Крупные современные обвалы на конусе вулкана Ключевской (по результатам ревизии последствий событий 1944-1945 и 1984-1985 гг.) // Вулканология и сейсмология. 2000. № 1. С.3-18
6. Иванов Б.В. извержение Карымского вулкана в 1962-65 гг. и вулканы Карымской группы. М.: Наука. 1970. 134 с.
7. Лучицкий И.В. Основы палеовулканологии. М.: Наука. Т.1. 478 с.
8. Магуськин М.А., Энман В.П., Селезнев Б.В., Шкред В.И. Особенности смещения земной поверхности на вулкане Карымский по геодезическим и фотограмметрическим данным за период 1070-1981 гг. // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 49-65
9. Муравьев Я.Д., Федотов С.А., Будников В.А., Озеров А.Ю., Магуськин М.А., Двигало В.Н., Андреев В.И., Иванов В.В., Карташова Л.А., Марков И.А. Вулканическая деятельность в Карымском центре в 1996 г.: вершинное извержение Карымского вулкана и фреатомагматическое извержение в кальдере Академии Наук // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С.38-71.
10. Токарев П.И. Динамика и большие деформации вулканов // Вулканология и сейсмология. 1990. № 2. С.53-65.
11. Хренов А.П., Дубик Ю.М., Иванов Б.В., Овсянников А.А., Пилипенко В.П., Таран Ю.А., Фирстов П.П., Чирков А.П. Эруптивная деятельность вулкана Карымский за 10 лет (1970-1980) // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С.29-40.
12. Hildreth W. The compositionally zoned eruption of 1912 in the Valley of Ten Thousand Smokes, Katmai National Park, Alaska // Arc Volcanism. Elsevier, Amsterdam – Oxford – New York-Tokyo. 1983. P.1-57.