

СОСТОЯНИЕ ВУЛКАНА КАРЫМСКИЙ В 2007 г.**В.И. Андреев, М.А. Магуськин, А.Ю. Озеров***Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006;
e-mail: via@kscnet.ru***Введение**

В работе приведены сведения об извержении действующего вулкана Карымский в 2007 г. и сопоставление последних данных с полученными ранее авторами и другими исследователями. Сделана интерпретация ряда особенностей извержения, проявляющихся, как в течение небольшого, так и относительно продолжительного времени (от нескольких секунд до нескольких лет).

Извержения в кальдере Академии Наук и вулкана Карымский начались синхронно 02.01.1996 г. [14]. Извержение в кальдере Академии Наук продолжалось всего одни сутки, а вулкан Карымский с небольшими перерывами продолжал извергаться следующие 12 лет. Наблюдение состояния вулкана Карымский осуществлялось при плановых и попутных облетах и во время периодически проводившихся полевых работ. Мониторинг сейсмической активности постоянно ведется автоматической сейсмостанцией «KRY», расположенной у южного подножья конуса на отметке 847 м (рис. 1).

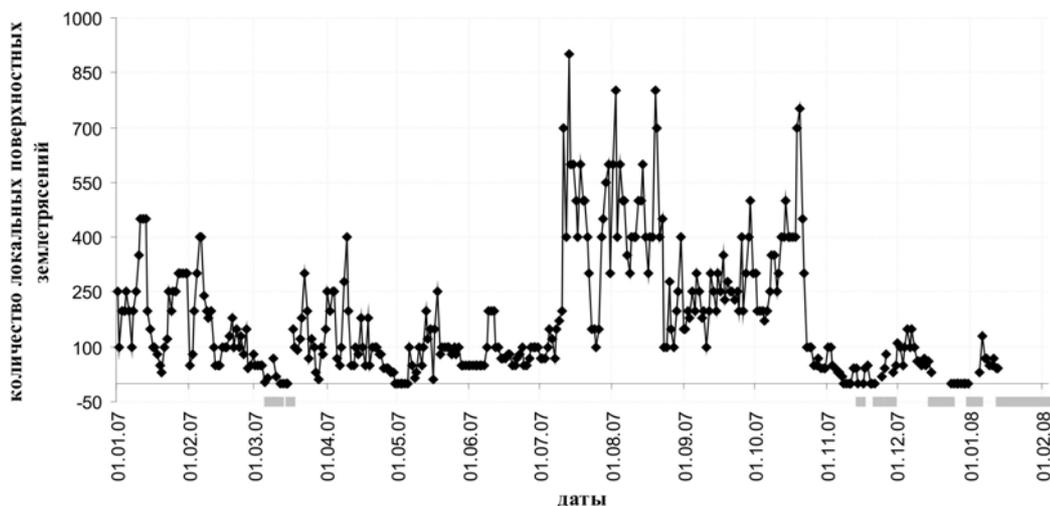


Рис. 1. Сейсмичность вулкана Карымский в 2007 г. (по данным с/ст. «KRY») ¹

Режим извержения в 2007 г. В апреле 2007 г. наблюдались умеренные парогазовые выделения из кратера вулкана (рис. 2). Редко, ~2-3 раза в неделю, происходили мощные эксплозии с выбросом пироклаستيку на высоту до 5 км. Такая эксплозия, сопровождавшаяся выбросом крупных фрагментов пироклаستيку, произошла 21.04.07 в 17⁰⁵ местного времени (рис. 3).

После выпадения множества этих фрагментов на конус вулкана и его подножье сравнительно спокойное, постепенно слабеющее извержение лапилли и пепла продолжалось 25 минут.

Среди извергнутой пироклаستيку на склонах конуса вулкана в интервале высотных отметок 900-1200 м встречались плоские блоки мощностью до 1.5 м, сохранявшие на следующий день после извержения 22.04 температуру поверхности ~ 200⁰ С (рис. 4).

¹ <http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/mmain.htm>

Очевидно, эти блоки представляют собой осколки «пробки» из застывшей в жерле лавы, выброшенной эксплозией. Данные наблюдений и график сейсмичности позволяют предполагать, что формирование «пробки» могло продолжаться порядка двух недель. Для последующих расчетов объема изверженного материала были взяты следующие исходные данные: радиус жерла Карымского вулкана – 10 м [8], концентрация взвеси (пепла) $\sim 150 \text{ г/м}^3$ [1], средняя скорость истечения (извержения) пепла по нашим многочисленным замерам $\sim 50 \text{ м/сек}$.



Рис. 2. Вулкан Карымский в состоянии фумарольной деятельности. 20.04.2007 г. Фото В.И. Андреева



Рис. 3. Мощная эксплозия вулкана Карымский 21.04.2007 г. в 17⁰⁵ местного времени. Фото В.И. Андреева

Объем выброшенной пробки по нашим расчетам составил $\sim 450 \text{ м}^3$ или $\sim 1000 \text{ т}$. Общий вес пирокластики, изверженной эксплозией произошедшей 21.04 в 17⁰⁵⁻³⁰ составил $\sim 10000 \text{ т}$. В 3,6 км к югу от вулкана, в р-не обсерватории при этой эксплозии, сопровождавшейся умеренным попутным северным ветром, выпало 0.05 г/см^2 пепла.

В сентябре-октябре 2007 г. эксплозии происходили чаще, чем в апреле, иногда с ударной (акустической) волной, ощутимой резким сотрясанием стекол и стен обсерватории в 3.5 км от кратера, например 24.09 в $\sim 22 \text{ ч}$., 25.09 в 8²⁴ и 26.09 в 2¹³. После эксплозий со взрывами спокойное извержение пепла иногда продолжалось в течение первых десятков минут. В районе обсерватории с 22.09 по 28.09 и с 19.10 по 21.10.2007 г. выпадало по 0.05 г/см^2 пепла. В темное время суток над кратером иногда было видно свечение. Разлет бомб размером в 0.3 м наблюдался на расстояние до 1.5 км от кратера и достигал отметок $\sim 800 \text{ м}$. Количество пепла в снежной толще (октябрь-май 2006-2007 гг.) в 3.5 км к югу от вулкана Карымский составило $\sim 0.25 \text{ г/см}^2$. По сравнению с предыдущим 2006 г. (снежным периодом 2005-2006 г.) это значительно меньше [2].

Следы предыдущих эксплозий, происходивших во время снежного периода 2006-2007 гг., сохранились на склонах конуса вулкана в виде своеобразных «грибов», с шляпками из бомб и ножками из подтаявшего снега (рис 5). В сравнении со следами эксплозий прошлых (2001-2006 гг.) лет, оставлявших подобные отложения, количество пирокластического материала и средний размер фрагментов, изверженных в течение снежного периода 2006-2007 гг. значительно снизился.

В октябре 2007 г. при очередном облете было зафиксировано возникновение раскаленной лавины, начавшееся с обрушения эруптивной колонны (рис. 6), и достигшей подножья конуса, то есть прошедшей 1.5 км \sim за 25 секунд (рис 7). Скорость движения этой лавины составляла порядка 50 м/сек.



Рис. 4. Плоский блок – осколок «пробки» из застывшей лавы, извергнутой эксплозией 21.04.2007 г. Фото В.И. Андреева



Рис. 5. Фрагменты, напоминающие «грибы» с ножками из подтаявшего снега. Фото В.И. Андреева



Рис. 6. Начало обрушения эруптивной колонны и образования раскаленной лавины у вершины вулкана Карымский. Фото А.Ю. Озерова



Рис. 7. Раскаленная лавина спустилась к подножию вулкана Карымский. Над ней виден вихрь – смерч по [9]. Фото А.Ю. Озерова

Следует отметить, что автор фотографии раскаленной лавины склонен относить наблюдавшееся явление к результатам ветровой деятельности. Исследование представленных материалов с привлечением компетентных экспертов позволяет полагать, что предметом фотографий являлась раскаленная лавина, а вихри-смерчи над ее поверхностью типичны для таких образований [9]. Сопутствующий съемке ветер усилил вихревые проявления над раскаленной лавиной. Масштаб наблюдаемого явления был сравнительно небольшим. По аналогии с подобными предыдущими формированиями [2] объем лавины мог составлять первые десятки тысяч м³.

Изверженные породы

Различия вулканитов начала извержения (1996 г.) и 2007 г. заметны визуально. В породах, изверженных в течение трех последних лет, в том числе в 2007 г. наблюдаются кристаллы-вкрапленники плагиоклазов размером до 5 мм, в то время как в первые годы извержения размер подобных образований не превышал 3 мм. Наряду с обычным для изверженных пород Карымского вулкана раковистым изломом, характерным для стекловатых пород с гиалиновой структурой основной массы, в последние годы встречаются разновидности пород с мелкозернистым изломом и, соответственно, микродиоритовой структурой основной массы, что обусловлено увеличением степени кристалличности извергаемых пород (рис. 8 А, Б).

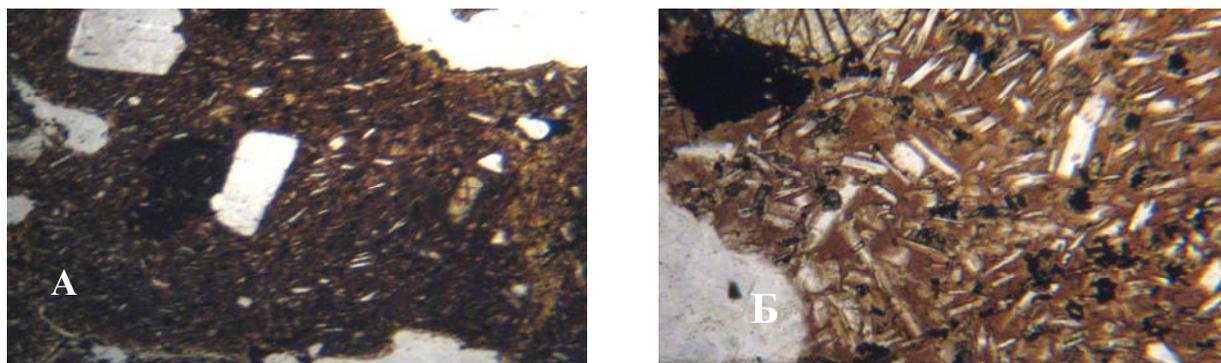


Рис. 8. Микроструктура основной массы изверженных 21.04.2007 г. пород: А - пепел, структура основной массы гялиновая; Б – блок – осколок пробки, структура основной массы микродиоритовая. Фото В.И. Андреева.

Химический состав пород, изверженных вулканом Карымский за время исследований, порядка 50 лет, сравнительно стабилен [2]. Состав изверженных пород из крупных блоков (осколков «пробки») 21.04.2007 г и пепла, изверженного через несколько минут, приведен в таблице.

Таблица. Химический состав пород, изверженных вулканом Карымский 21.04.2007 г.

Компоненты	A-12/07	A-13/07
SiO ₂	59.6	63.4
TiO ₂	0.9	0.9
Al ₂ O ₃	14.7	15.8
Fe ₂ O ₃	Sum	1.8
FeO	7.7	4.5
MnO	0.14	0.14
CaO	5.1	5.4
MgO	2	1.2
Na ₂ O	4.2	4.5
K ₂ O	1.3	1.5
P ₂ O ₅	1.8	1.9
Nnn	3.9	0.6
Sum	99.7	99.9
S%	0.22	0.02
F%	0.07	0.03

Примечание. А-12/07 – пепел, изверженный во время эксплозии, произошедшей 21.04.2007 г. Отобран в 3.5 км к югу от вулкана Карымский. А-13/07 - горячий фрагмент «пробки», отобранный на следующий день после мощной эксплозии на конусе вулкана Карымский, произошедшей 21.04. 2007 г.

Обсуждение результатов

В течение 2007 г. продолжалось эксплозивное извержение вулкана Карымский. По данным с/ст. «KRY» и полевым наблюдениям периоды относительного покоя вулкана, когда его деятельность проявлялась лишь в умеренных парогазовых выделениях, не превышали одного месяца. Химический состав изверженного в 2007 г. материала по сравнению с прошлыми годами изменился незначительно. Можно отметить небольшое повышение содержания железа, небольшое понижение содержания калия, вариации в

пределах 5% содержания кремния (в вулканитах одной эксплозии) и заметное возрастание содержания летучих компонентов в изверженных породах (потери при прокаливании), свидетельствующее об интенсификации вторичных процессов в перерывах между эксплозиями.

В течение извержения продолжалось увеличение вязкости изверженного материала, подобное отмеченному ранее [12]. Следствием повышения вязкости являлось отсутствие лавовых потоков и пластических деформаций изверженных пород, наблюдавшееся иногда в предыдущие годы извержения. Тип извержения - вулканский. Расход изверженного материала значительно снизился по сравнению с прошлым 2006 годом. Отдельные редкие эксплозии извергали, по нашим оценкам, до 10000 т пирокластики в течение первых десятков минут или в пределах 7 т/сек. Средний расход изверженного в 2007 г. пирокластического материала, вероятно, не превышал 0.1 м³/сек и мог составлять порядка 1 млн. т. в год, что близко к среднему расходу этого вулкана [14].

Объем вулканической постройки является главным параметром, характеризующим вулкан. Постройка Карымского вулкана представляет собой сложенный преимущественно рыхлым материалом типичный вулканический конус со срезанной вершиной и углами склонов от 30 до 35° [3]. Как показано предыдущими исследователями [3, 5], отложение материала во время продолжительной эксплозивной деятельности Карымского вулкана, например, за время нескольких предыдущих извержений в 1977-1988 гг. вызвало увеличение высоты конуса и, соответственно, его диаметра на разных уровнях при сохранении почти неизменного угла естественного откоса [11].

При извержениях объем вулканической постройки обычно увеличивается, хотя для крупных вулканов, таких как Плоский Толбачик или Ключевской, объем материала одного, даже крупного извержения несоизмеримо мал в сравнении с объемом вулканической постройки. Например, объем постройки Ключевского вулкана более 250 км³. За период 1932-1987 гг. 12 побочных и терминальных извержений Ключевского вулкана вынесли на земную поверхность 5.7 x 10⁹ м³ вулканитов, включая самое крупное извержение 1938 г. с объемом лавы и пирокластики – 1.6 x 10⁶ м³ [13].

Объем Карымского вулкана – 0.8 км³ [5], соизмерим с объемом нескольких средних извержений. Согласно [5] в 1962-65 гг. этим вулканом было извергнуто 0.32 км³ вулканитов. В сводной работе [6] приведен как бы не изменившийся объем конуса Карымского вулкана – 0.8 км³, хотя в период между получением данных, послуживших основой для указанных работ, произошло несколько извержений этого вулкана [13]. При этом объемы значительной части изверженного материала (лавовых потоков) определялись современными инструментальными методами и составили более 0.1 км³ [8]. Следует учесть, что большинство известных вулканологов [3, 5, 13], для Карымского вулкана отмечают преимущественно вулканский, реже - стромболианский тип извержений с индексом эксплозивности не менее 80 %, откуда суммарный объем извергнутого за период 1970-1980 гг. материала сопоставим с объемом конуса вулкана (0.1 + 0.4 = 0.5 км³).

Ранее предполагалось, что факторы, приводящие к уменьшению высоты вулкана, сводятся к уплотнению вулканогенных пород под действием их собственного веса и вышележащей нагрузки. При обычном режиме чередования периодов извержений и покоя, скорость уплотнения и, соответственно, уменьшения высоты вулкана находится в пределах 2 м в год [11].

Значительное уменьшение этой величины в периоды с начала извержения до мая 1998 г. и с 2003 по 2007 гг., вероятно, имеет и другую причину. Общее погружение площади, включающей вулкан Карымский, со скоростью в пределах первых см в год зафиксировано ранее [8]. Возможно, одновременное извержение в кальдере Академии Наук значительно активизировало это погружение, проявляющееся преимущественно в прикратерной зоне.

Рассмотрим некоторые сходные явления на примерах других вулканов мира. За первые 50 лет XX века форма кратера действующего вулкана Везувий неоднократно изменялась, особенно после извержений. При общей тенденции к увеличению высоты вулкана аккумуляция чередовалась с деструкцией, вследствие взрывов и просадок [7, 10]. На вершине древнего вулкана Катмаи крупный провал сопутствовал катастрофическому извержению в расположенном на расстоянии 10 км кратере Новорупта в 1912 г. [15]. В кратере вулкана Плоский Толбачик проседание последовало в 1975 г. после извержения Новых Толбачинских вулканов, начавшегося в 18 км от провала [4]. Образование провалов продолжалось на Плоском Толбачике и на Катмаи в течение нескольких лет после окончания извержений. На Катмаи и Плоском Толбачике центры извержений и места провалов территориально разобщены, и потому изменения, происходящие в провалах, были достаточно хорошо видны. Расширение и углубление кратеров может происходить как во время, так и после извержения. Так, расширение и обвалы стенок кратера Везувия представляют собой мелкомасштабную копию процесса образования кальдер обрушения [7, 10].

Н, м

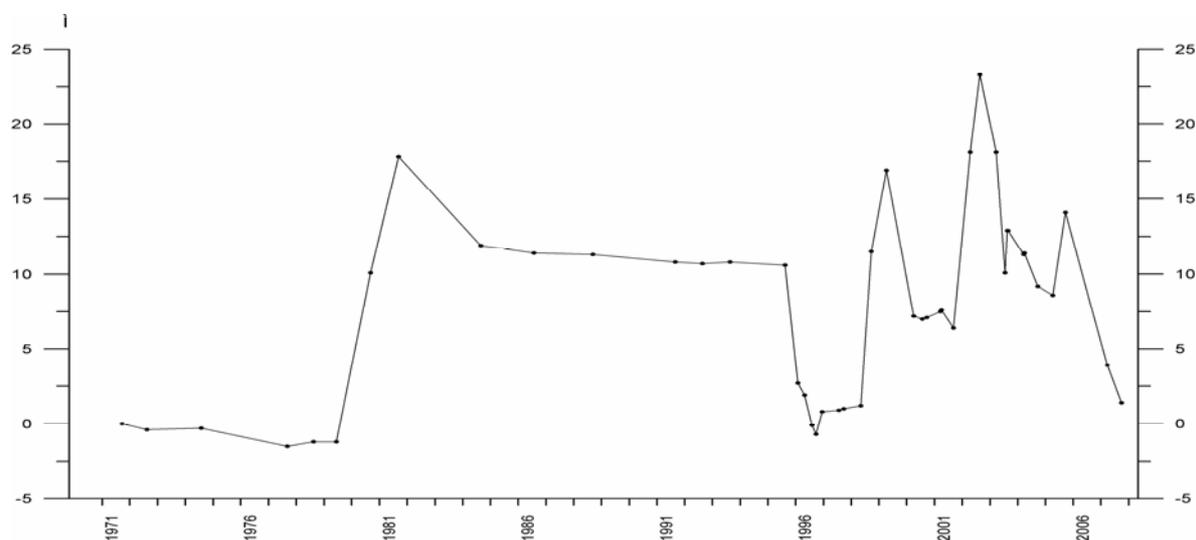


Рис. 9. График изменения высоты конуса действующего вулкана Карымский с 1971 по 2007 гг. Составил М. А. Магуськин

Как следует из данных многолетних наблюдений (рис. 9) общая тенденция увеличения высоты вулкана Карымский, происходящая вследствие извержения пироклаستي-ки, значительная часть которой выпадает на конус, нарушается опусканиями. Во время предыдущей стадии извержения наиболее интенсивное увеличение высоты конуса вулкана в 1978-1981 гг. соответствовало максимальному расходу «лавового материала» и числу эксплозивных землетрясений [12]. Опускания были особенно заметны в начале извержения в 1996 г. и во время второго эруптивного цикла, начавшегося в конце 2001 – начале 2002 гг. и продолжившегося в 2007 г.

В работе представлены результаты наблюдений, фотографии и мониторинг поверхностных землетрясений вулкана Карымский за 2007 г. Обычно на вулкане наблюдается умеренная фумарольная деятельность, иногда прерываемая эксплозиями с выбросами пирокластки объемом до 10000 м³. По данным инструментальных измерений в 2007 г. продолжается уменьшение высоты вулкана Карымский со скоростью нескольких метров в год.

Выводы

1. В 2007 г. на вулкане Карымский продолжалось извержение вулканского типа с редкими мощными эксплозиями, извергавшими до нескольких т/сек пирокластики.
2. По сравнению с прошлым 2006 г. расход извергаемого вещества снизился и составлял порядка 1 млн. т в год.
3. Продолжалось увеличение вязкости изверженного материала, сопровождаемое изменением его макро- и микро- параметров.
4. Наблюдается заметное уменьшение высоты постройки Карымского вулкана, составившее за период с 2002 по 2007 гг. порядка 25 м.

Авторы благодарят В.Л. Леонова и И.В. Мелекесцева за активное обсуждение работы и замечания, Н.В. Горбач, А.Г. Николаеву, Е.И. Сандмирову, О.Ф. Карданову за техническую помощь.

Работа выполнена при поддержке: проект № 06-1-П16-062 «Деятельность вулканов в современную эпоху: комплексный мониторинг, механизм извержений и геохимия изверженных продуктов, взаимосвязь с геодинамикой региона и климатическими изменениями, воздействие на природную среду, оценка вулcano- и цунамиопасности», руководитель академик Е.И. Гордеев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.И., Иванов В.В., Карпов Г.А. и др. О распределении изверженных пород вулкана Карымский во время его извержения в 1996-98 годах // Современный вулканизм и связанные с ним процессы. Петропавловск-Камчатский, 1999. С. 60-63.
2. Андреев В.И., Озеров А.Ю., Сеньков С.Л. и др. Материалы ежегодной конференции, посвященной дню вулканолога 28-30 марта 2007 г. Петропавловск-Камчатский, 2007. С. 330-337.
3. Влодавец В.И. Справочник по вулканологии. М.: Наука, 1984. 337 с.
4. Двигало В.Н., Чирков А.М., Федотов С.А. Изменения размеров кратера перед извержением и во время него // Большое трещинное Толбачинское извержение. М.: Наука, 1984. С. 81-84.
5. Иванов Б.В. Извержение Карымского вулкана в 1962-65 гг. и вулканы Карымской группы. М.: Наука, 1970. 134 с.
6. Иванов Б.В., Брайцева О.А., Зубин М.И. Вулкан Карымский // Действующие вулканы Камчатки. Т. 2. Часть 3. 1991. С. 182-206.
7. Лучицкий И.В. Основы палеовулканологии. М.: Наука, 1971. Т. 1. 478 с.
8. Магуськин М.А., Энман В.П., Селезнев Б.В. и др. Особенности смещения земной поверхности на вулкане Карымский по геодезическим и фотограмметрическим данным за период 1970-1981 гг. // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 49-65.
9. Мелекесцев И.В. Вулканизм и рельефообразование. М.: Наука, 1980. 210 с.
10. Ритман А. Вулканы и их деятельность. М.: Мир, 1964. 437 с.
11. Токарев П.И. Динамика и большие деформации вулканов // Вулканология и сейсмология. 1990. № 2. С. 53-65.
12. Хренов А.П., Дубик Ю.М., Иванов Б.В. и др. Эруптивная деятельность вулкана Карымский за 10 лет (1970-1980) // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 29-40.
13. Хренов А.П., Двигало В.Н., Кирсанов И.Т. и др. Вулкан Ключевской // Действующие вулканы Камчатки. Т. 1. М.: Наука, 1981. С. 106-156.
14. Федотов С.А. Об извержениях в кальдере Академии наук и Карымского вулкана на Камчатке в 1996 г., их изучении и механизме // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С. 3-38.

15. *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.

2007 ACTIVITY OF KARYMSKY VOLCANO

V.I. Andreev, M.A. Maguskin, A.Yu. Ozerov

*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006;
e-mail: via@kscnet.ru*

The paper provides the results of observations, photos and monitoring of shallow earthquakes at Karymsky volcano in 2007. The volcano shows mostly moderate fumarole activity, interrupted on occasion by explosions accompanied by pyroclastic emissions with volumes up to 10000 m³. The instrumental measurements reveal the volcano has been decreasing in height at a rate of several meters per year.