

ОСОБЕННОСТИ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КАРЫМСКИЙ В 2005 г.**В. И. Андреев¹, М. А. Магуськин¹, С. Л. Сеньюков², А. Ю. Озеров¹**¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006, e-mail: via@kscnet.ru*²*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006***Введение и цель работы**

Карымский вулкан является одним из самых активных на Камчатке [5]. Его последнее извержение началось 2 января 1996 г. и с небольшими перерывами продолжается до настоящего времени. Главной особенностью этого извержения было одновременно начавшееся, впервые наблюдавшееся на Камчатке, субаквальное извержение со дна озера Карымского, расположенного в 6 км к югу от вулкана Карымский. Извержение в озере продолжалось всего 1 день и завершилось образованием полуострова Новогодний с кратером Токарева. Вариации и взаимосвязь ряда параметров извержения вулкана Карымский, а именно: интенсивность эксплозий, морфология кратера, высота конуса, химизм продуктов, макро- и микроструктуры изверженного материала и т.д., отмечались ранее авторами работ [1, 5, 8] Возможные причины изменений некоторых перечисленных параметров неоднозначны и представляют научный и практический интерес.

Главной целью представленной работы является исследование особенностей извержения вулкана в 2005 г. Методы исследований включали периодические визуальные полевые наблюдения за вулканом, инструментальные измерения его постройки и сейсмический мониторинг.

Наблюдения за сейсмичностью вулкана Карымский постоянно ведутся автоматической сейсмостанцией, установленной на высоте 847 м в 1,7 км от его кратера, и передающей данные по телеметрическому каналу в Камчатский филиал Геофизической службы (КФ ГС) РАН. Неоднократные совмещения сейсмических данных с полевыми визуальными наблюдениями за вулканом, проводившиеся авторами работы, позволяют говорить о возможности сопоставления его сейсмичности с активностью и типом вулканической деятельности. С 1971 г., наряду с традиционными визуальными и сейсмологическими наблюдениями, в этом районе проводятся измерения горизонтальных и вертикальных деформаций земной поверхности, в том числе определения высоты вулканического конуса.

Особенности извержения в 2005 г.

Во время полевых наблюдений, проводившихся в апреле, июле и октябре этого года, извержение вулкана Карымский представляло собой умеренную фумарольную деятельность с выбросами незначительного количества пепла до высоты не более 300 м над кромкой кратера. В темное время суток над кратером время от времени наблюдалось слабое свечение. Сравнительно редко, с интервалом порядка 3-х и более часов, происходили более сильные эксплозии с выбросами пепла и вулканических бомб. Начальная скорость движения пироклаستيкулы в эксплозиях достигала 100 м/сек, а высота подъема пепла превышала 1 км над кромкой кратера. Интервал между моментом начала подобной эксплозии и падением крупных бомб составлял иногда не менее 10 секунд, откуда по известной формуле:

$$H = gt^2/2 \quad (1).$$

можно оценить высоту выброса H , составляющую при вышеуказанных параметрах 1250 м (g м/сек – ускорение свободного падения, t сек – время падения бомб). Одна из наиболее мощных эксплозий в 2005 г. произошла, по данным КФ ГС РАН, в начале апреля (рис. 1) и, как было установлено во время полевых работ, шлейф от нее был направлен на юго-

запад от вулкана. Отложения пирокластики достигли края кальдеры вулкана, протянулись на расстояние 1,5 км от кратера. Мощность их у края кальдеры на высоте 800–1000 м не превышала 2 м. Отложения тefры покрыли сектор склона, в плане представляющий собой треугольник площадью ~100000 м² с вершиной у кромки кратера. При средней мощности отложений порядка 1 м, объем извергнутой пирокластики составил около 100000 м³, что согласуется с опубликованными данными о количественных оценках отдельных эксплозий вулкана Карымский [1, 5].

В июле со стороны извергающегося вулкана слышался гул, подобный шуму реактивного двигателя, что было обусловлено сверхзвуковой скоростью истечения газа из кратера. В конце сентября при облете вулкана в его кратере был обнаружен лавовый купол (рис. 2), при этом наблюдалась заметная просадка кратера. В середине октября размеры купола увеличились, прижерловая область вулкана поднялась, и просадка кратера стала незаметной (рис. 3). По наблюдениям в конце октября, рост купола продолжался, в нем появились трещины и отдельные блоки (рис. 4).

После очередной сильной эксплозии вулкана, 17 октября на его восточном склоне на высоте 1050 м из скатившихся обломков лав были отобраны образцы экструзивных пород

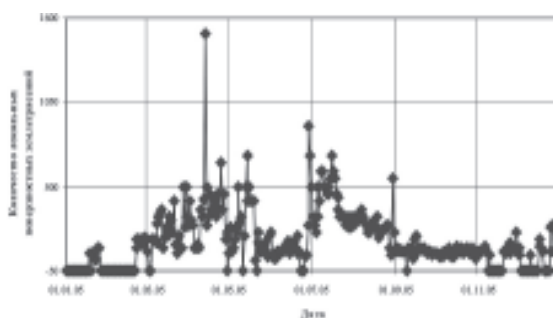


Рис. 1. Сейсмичность вулкана Карымский в 2005 г. по данным КФ ГС РАН.



Рис. 2. Кратер вулкана Карымский 25 сентября 2005 г. Фото М.Е. Зеленского.

растущего купола. Эти породы были коричневого цвета, мелкозернистой структуры. Они значительно отличались от стекловатых темных эффузивно-эксплозивных пород вулкана. Дальнейшие исследования показали заметные различия микроструктуры эффузивно-эксплозивных и экструзивных пород вулкана. В соответствии с классификацией изверженных пород [6], структура основной массы эффузивно-эксплозивных пород соответствует гиалиновой, гиалопилитовой, в то время как структура основной массы экструзивных пород растущего купола определена нами как криптокристаллическая с



Рис. 3. Кратер вулкана Карымский 17 октября 2005 г. Фото А.Ю. Озерова.

элементами микродиоритовой. В химическом составе этих двух типов пород также наблюдаются различия, показанные в таблице 1.

По геодезическим данным, высота конуса вулкана с апреля по октябрь увеличилась на 5 м. В связи со сложной формой вершины вулкана, на которой имеются два кратера и в одном из них растет купол, о приросте объема с увеличением высоты вулкана можно говорить лишь приблизительно. По нашей оценке, минимальный прирост объема конуса, в связи с увеличением его высоты на 5 м, составил не менее 100000 м³. В предыдущие 9 лет извержения вулкана на южном и восточном склонах конуса периодически происходили оползни пирокластики объемом 30-50 тыс. м³. Такой оползень в период с июля по октябрь 2005 г. появился на юго-восточном склоне конуса, он спустился от вершины до отметки 760 м. По нашим наблюдениям, мощность отложений этого оползня в интервале отметок 760-1100 м не превышала 2 м, а его объем составил ~50000 м³.

По сейсмическим данным, с января по март отмечались продолжительные периоды покоя вулкана; с конца марта происходила его активизация, во время которой была заре-



Рис. 4. Кратер вулкана Карымский 22 октября 2005 г. Фото А.Ю. Озерова.

Таблица 1. Химический состав изверженных пород вулкана Карымский, вес. %

Компоненты	№ проб		
	1	2	3
SiO ₂	62.41	62.90	62.80
TiO ₂	1.05	0.94	0.98
Al ₂ O ₃	16.77	16.76	16.67
Fe ₂ O ₃	1.94	1.83	3.30
FeO	3.86	4.45	2.47
MnO	0.19	0.16	0.1
MgO	1.92	2.06	1.73
CaO	5.31	5.40	4.33
Na ₂ O	4.60	4.00	3.46
K ₂ O	1.63	1.42	1.48
H ₂ O-	0.12	00	0.22
H ₂ O+	0.40	-	-
п.п.п.		0.24	2.00
P ₂ O ₅	0.22	0.22	0.22
Сумма	100.42	100.38	99.66

Примечание. 1 – среднее из 6 анализов современных пород вулкана, изверженных до 1970 г. [5]. 2, 3 – горячие обломки лав, отобранные на высоте 1050 м у восточного подножия конуса вулкана 21 октября 2005 г. (2 – тефра, 3 - предположительно, порода купола вулкана Карымский).

гистрирована наиболее сильная эксплозия в апреле; в июне - начале июля был сравнительно спокойный период; в июле - августе наблюдалась заметная активизация деятельности вулкана; с сентября по начало декабря – вновь продолжительный относительно спокойный период, во время которого происходил рост лавового купола в кратере; в конце декабря отмечалась небольшая активизация, результатом которой стало частичное разрушение купола (рис 1).

Отмечалось незначительное увеличение мощности термоаномалии во второй половине года, начавшееся одновременно с образованием и ростом купола.

Обсуждение результатов и выводы

На основании изучения продолжительных извержений вулкана Карымский известно, что в продолжении каждого эруптивного цикла кристалличность и соответственно вязкость поступающих на земную поверхность пород увеличивается [7, 8]. По нашим наблюдениям, последний лавовый поток излился на южный склон вулкана в конце 2003 - начале 2004 гг. По сравнению с предыдущими потоками, особенно изливавшимися в 1996-1997 гг., этот поток был более вязким. Главная особенность извержения вулкана Карымский в 2005 г. – появление и рост лавового купола в кратере - продолжение увеличения вязкости извергающихся пород.

Очевидно, вследствие увеличения вязкости вулканогенных пород, извержение в первой половине 2005 г. было эксплозивным. Периодически образующиеся пробки частично или полностью закупоривали подводящий канал, поэтому вулканические газы выходили из кратера с большой скоростью, как из сопла реактивного двигателя.

Дальнейшее увеличение вязкости привело к образованию экструзивного купола и изменению характера извержения. Возникновение лавового купола в кратере вулкана при извержении в 1962-1965 гг. и его разрушение сильным взрывом описано в работах [5, 8] и может свидетельствовать о возможности извержения типа Мерапи и Мон-Пеле.

Преобладание трехвалентного железа не характерно для современных пород вулкана Карымский. Обычно Fe₂O₃/FeO равно ~0,5 [5, 8]. Значительное увеличение доли трехвалентного железа и, соответственно, увеличение соотношения Fe₂O₃/FeO с 0,5 до 2 и более, очевидно, обусловлено вторичными процессами (окислением), протекающими в приповерхностных и поверхностных условиях. Количественно-минеральный состав пеплов и визуальное исследование изверженных пород вулкана показывают, что около 70 % объёма

этих пород составляет стекловатая основная масса и около 10% железосодержащие фенокристаллы (рудные минералы), в которых содержание FeO составляет до 70%.

Какой-то объём магмы может находиться в близповерхностных условиях в магмоподводящем канале. Этот объём магмы находится в субсолидусном состоянии, то есть температура его может составлять ~800° С. При этом через горячие породы продувается вулканический газ - преимущественно водяной пар с небольшой примесью сернистых и галоидных соединений. В таких условиях происходит интенсивное окисление железа [3]. Окисление железа наиболее вероятно в приповерхностных условиях, когда породы испытывают продолжительную газотермальную проработку. Такие условия могут быть созданы при падении пирокластики в кратер вулкана и, в особенности, при формировании в кратере экструзивного купола. Возможно, подобные условия предшествовали катастрофическому извержению вулкана Шивелуч в 1964 г., например, в андезитах его пирокластических потоков преобладает трехвалентное железо [4].

Вместе с тем, по представлениям исследователей [2], в лавовых потоках и экструзиях физико-химические условия могут существенно различаться в центральных и периферических частях этих образований, поэтому соотношения Fe₂O₃/FeO в породах могут быть не равномерны.

Кристаллизация и, соответственно, изменение структуры основной массы пород также могут быть связаны с условиями остывания вулканических пород.

Выводы

1. В апреле 2005 г. на вулкане произошла мощная эксплозия, пепловый шлейф был направлен на юго-запад от вулкана. Мощность отложений тефры была в пределах 2 м, объём – порядка 100000 м³. Дальность разлета крупных обломков тефры (бомб, шлака, лапилли) от кратера вулкана составила около 1.5 км.

2. В 2005 г. продолжилось увеличение высоты вулканического конуса, частично компенсируемое оползнями.

3. С осени 2005 г. в кратере вулкана началось образование лавового купола.

4. Увеличение вязкости извергающихся пород, подтверждаемое изменением их кристалличности, микроструктуры, химического состава, обуславливает образование в подводящем канале пробок, разрушающихся редкими направленными эксплозиями.

Работа выполнена по программе и при финансовой поддержке проекта “Государственной поддержки ведущих научных школ” (грант № НШ – 2294. 2003,5) и в рамках программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 13 «Изменения окружающей среды и климата: природные катастрофы» (проект № 10002 –251/п – 13/182405/080604-473). Настоящее исследование поддержано грантами РФФИ №№ 06-05-64590-а, 06-05-79038 к, 05-05-64730-а и ДВО РАН 06-III-A-08-331.

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 1996-98 годах. Сб. Современный вулканизм и связанные с ним процессы. Петропавловск-Камчатский, 12-15 апреля 1999 г.
2. Вольнец О. Н. О неоднородности в потоках и экструзиях кислых лав. Новосибирск: Наука. 1973 С. 60-63.
3. Горная энциклопедия 1986. М. “Энциклопедия” Т 2.
4. Горшков Г. С., Дубик Ю. М. направленный взрыв на вулкане Шивелуч. М.: Наука. 1969, С. 3-38.
5. Иванов Б. В. Извержение Карымского вулкана в 1962-1965 гг. и вулканы Карымской группы. М.: Наука, 1970. 130 с.
6. Половинкина Ю. И. Структуры и текстуры изверженных и метаморфических горных пород М.: Недра, 1966. Том 1. 423 с.

7. Хренов А. П. Динамика извержений и процесс кристаллизации магм. М. “Наука” 1982. 129 с.
8. Хренов А. П., Дубик Ю. М., Иванов Б. В. и др. Эруптивная деятельность вулкана Кари́мский за 10 лет (1970-1980) // Вулканология и сейсмология 1982. № 4. С 29-40.

CHARACTERISTIC FEATURES OF 2005 ERUPTION OF KARYMSKY VOLCANO

V. I. Andreev¹, M. A. Maguskin¹, S. L. Senyukov², A. Yu. Ozerov¹

¹Institute of Volcanology and Seismology, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, e-mail: via@kscnet.ru

²Kamchatkan Branch of the Geophysical Survey of the RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia

Previous investigators noticed that during the Karymsky volcano eruption there were changes in the following parameters: crater morphology, explosion intensity, the cone height, chemical composition and macro- and microstructure of the erupted material. The interdependence of these parameters and their variations are of scientific, geocological and practical interest. The possible reasons of these parameter alterations are ambiguous and have been repeatedly discussed. Since Karymsky is one of the most active Kamchatka volcanoes, one of our professional aims is to get information on its modern activity and compare it with other volcanoes of the same type.