

8. Флеров Г.Б., Федоров П.И., Чурикова Т.Г. Геохимия позднемеловых-палеогеновых калиевых пород ранней стадии развития Камчатской островной дуги // Петрология. 2001. Т. 9. № 2. С. 189-208.
9. Флеров Г.Б., Полетаев В.А. Петрология Кунчевского дунит-клинопироксенит-габбрового массива Центральной Камчатки // Вулканонология и сейсмология. 2005. № 3. С. 1-14.

УДК 551.21

ЭРУПТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНА КАРЫМСКИЙ В 2005-06 гг.

(КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ)

В.И. Андреев¹, А.Ю. Озеров¹, С.Л. Сеньюков², М.Г. Гавриленко¹

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: via@kscnet.ru*

²*Камчатский филиал геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: ssl@emsd.ru*

Введение

В 2005-06 гг. продолжалось вершинное извержение вулкана Карымский, начавшееся в 1-2 января 1996 года [5, 6, 7, 8]. Извержение было исследовано комплексом вулканологических, геологических, аэровизуальных и сейсмологических методов.

Для непрерывного мониторинга эруптивной деятельности использовались данные автоматической сейсмической станции Карымская (KRY), расположенной у юго-восточного подножья вулкана на расстоянии 1 300 м от его кратера на абсолютной отметке 847,4 м. Исследовались локальные поверхностные землетрясения ($2 < K_s < 6$), большинство из которых представляют сигналы, генерируемые газо-пепловыми взрывами в кратере вулкана. Обслуживание сейсмической станции и обработка данных проводились сотрудниками Камчатского филиала Геофизической службы РАН. Режимные наблюдения выполнялись полевыми отрядами Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Режим эксплозивной активности

Эруптивная деятельность вулкана Карымский в 2005-06 гг. имела неравномерный характер. В целом извержение характеризовалось вулканским типом эксплозивной активности разной силы. Временами оно приобретало черты извержения плинианского типа.

Общий ход извержения 2005-2006 гг. приведен на рис. 1. Для рассматриваемого периода деятельности вулкана количество землетрясений почти полностью соответствует количеству взрывов в кратере (исключение составляет август-декабрь 2005 г., об этом будет

сказано ниже). Представленный график дает возможность проследить общую динамику эксплозивной активности.

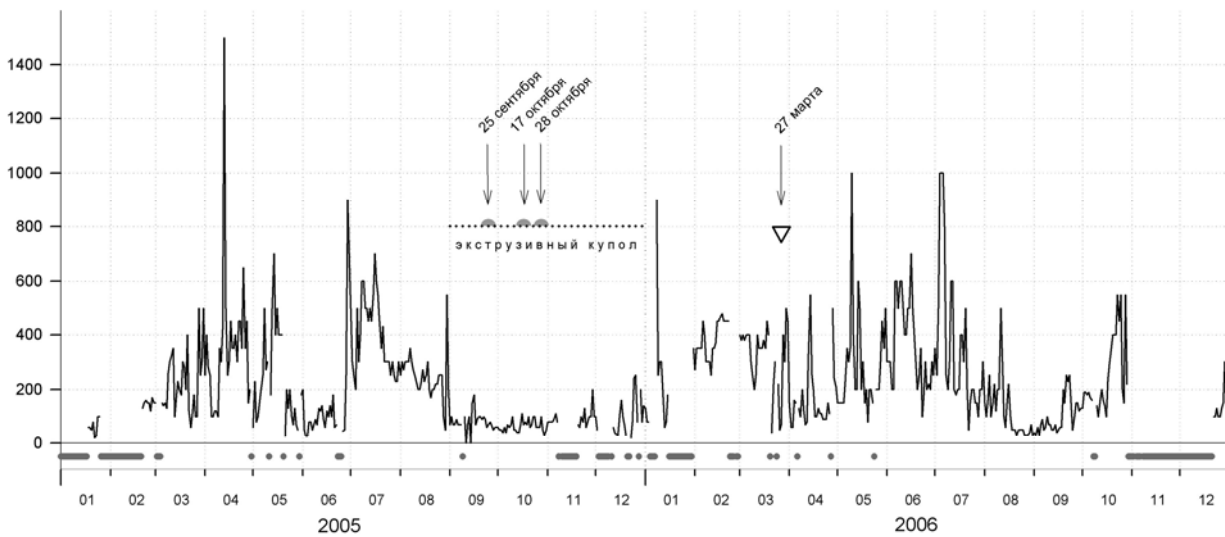


Рис. 1. График ежедневного количества взрывных вулканических землетрясений на сейсмической станции «Карымская» в 2005-2006 гг. Стрелочками показаны даты облетов кратера. Точечный пунктир – предположительный период существования купола. Серые кружочки, параллельно оси абсцисс – нет данных по сейсмостанции Карымская.

В ходе описываемого извержения достаточно хорошо выделяются два интервала значительного усиления эруптивной активности: февраль-август 2005 г. (~ 7 месяцев) и январь-август 2006 г. (~ 7 месяцев). Максимальное количество взрывов отмечено 13 апреля 2005 г. – 1 500 в сутки, минимальное 18-25 октября 2005 г. – согласно визуальным данным взрывы в кратере в это время вообще не происходили.



Рис. 2. Мощный эксплозивный выброс из вершинного кратера вулкана Карымский, сопровождающийся образованием пирокластических потоков, 19 июля 2006 г. Вид с юго-востока. Высота эруптивной колонны над кратером около 2 км. Фотография Андреева В.И.

Эксплозивная активность вулкана характеризовалась в основном дискретными газопепловыми выбросами на высоту 100-500 м над кромкой кратера, в редких случаях до 800-1000 м (рис. 2). 17 июля 2006 г. в результате визуальных наблюдений зафиксированы наибо-

лее мощные взрывы, их высота достигала 6 км над кратером, бомбы размером до 4 м выбрасывались на расстояние 1,7 км от кратера. В темное время суток мощные эксплозии сопровождалась свечением и грозowymi разрядами, а выброшенные на склоны и к подножью конуса раскаленные бомбы продолжали светиться в течение нескольких десятков минут.

Газо-пепловые выбросы продуцировали большое количество пеплового материала, который разносился ветром на большие расстояния, формируя пепловые шлейфы. Обычно протяженность шлейфов колебалась в пределах 20-50 км. В периоды максимальной активности их длина достигала 250-300 км, шлейфы протягивались, в основном, в западном и юго-западном направлениях.

17 июля 2005 г. отдельные эксплозии стали сменяться равномерными газо-пепловыми эмиссиями, продолжительность которых достигала десятков минут. В конце июля отдельные эмиссии слились в постоянный гул, подобный многократно усиленному звуку реактивного двигателя. В сентябре-октябре такой режим активности сохранился. Визуальные наблюдения во второй половине октября 2005 года: в кратере происходили парогазовые выделения, иногда с крайне незначительным количеством пепла.

Результаты полевых наблюдений в совокупности с сейсмологическими данными показывают, что в январе-августе 2006 г. режим извержения был напряженным и интенсивность поступления вулканитов значительной. Кроме пирокластических потоков, на склонах вулкана были обнаружены многочисленные крупные бомбы размером до 3 м. Они имели поверхность типа «хлебной корки» и достаточно долго сохраняли температуру: через 3 дня после выпадения – до 300⁰С.

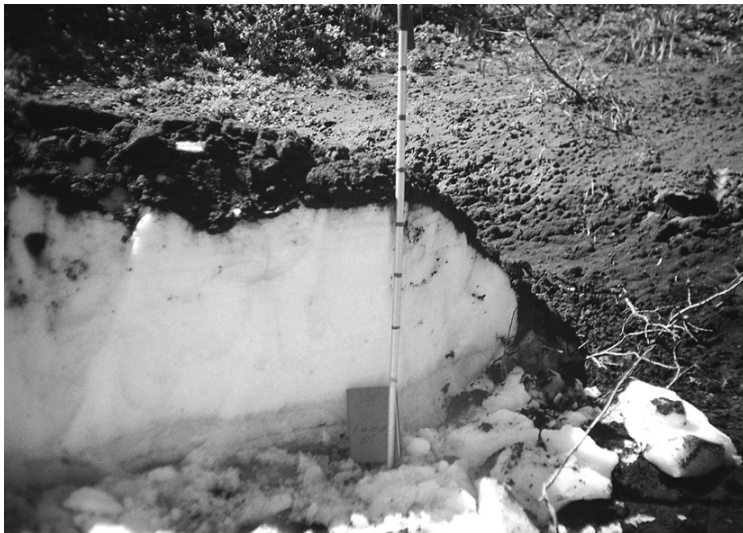


Рис. 3. Снежник, покрытый слоем пепла мощностью 5 см. 3,5 км к юго-востоку от вершины вулкана Карымский, абсолютная отметка – 606 м. 17 июля 2006 г. Фотография Андреева В.И.

В ходе активизации 2006 года на поверхность поступило аномально высокое количество пепла. Мощные отложения тephры были хорошо видны на снежниках, сохранившихся до середины июля 2006 года (рис. 3). Такое значительное количество тephры впервые отмечено на склонах вулкана по сравнению с предыдущими годами, начиная с 2001 года.

Экструзивный купол

В 2005 году впервые с начала извержения в вершинном кратере вулкана отмечено появление экструзивного купола. Предыдущими исследователями в ходе извержений 1965-66 гг. и 1978 г. фиксировалось возникновение и разрушение экструзивных куполов в вершинном кратере Карымского вулкана. Определенно указывалось, что купола существовали в течение нескольких месяцев [4, 9].



Рис. 4. Кратер вулкана Карымский. 26 января 2004 г. Фотография Озерова А.Ю.



Рис. 5. Кратер вулкана Карымский. 28 октября 2005 г. Внутренняя часть кратерной воронки заполнена магматическими продуктами экструзивного купола. Фотография Озерова А.Ю.



Рис. 6. Кратер вулкана Карымский. 27 марта 2006 г. Фотография Озерова А.Ю.

На аэрофотоснимках, выполненных 26 января 2004 г., кратер вулкана Карымский представлял собой классическую взрывную воронку диаметром ~ 250 м и глубиной ~ 100 м (рис. 4). Во время аэровизуальных наблюдений (25 сентября 2005 г., 17 октября 2005 г. и 28 октября 2005 г., рис. 5) на дне кратера, в центральной его части, четко фиксировались нагромождения крупных глыб – вязкий внутрикратерный экструзивный купол. Облет, проведенный 27 марта 2006 года, показал, что в кратерной воронке купола нет (рис. 6).

Сопоставление визуальных и сейсмологических данных дает основание полагать что, во время экструзивного этапа сейсмичность имела низкий уровень, что хорошо видно на рис. 1. Рост купола начался в первых числах сентября 2005 года, когда количество близповерхностных сейсмических события уменьшилось с ~ 220 до 70 в сутки. Во время всего периода роста купола взрывная деятельность была очень слабой. Жерло вулкана в это время было перекрыто экструзивной магматической пробкой, и вулканический газ под большим давлением вырывался из узких щелей со сверхзвуковой скоростью, создавая акустический эффект, подобный работающему реактивному двигателю. К концу октября 2005 г, растущий экструзивный купол заполнил весь кратер - его плоская вершина находилась примерно на десять метров ниже кромки кратера (см. рис. 5). Можно предположить, что сильными взрывами начала января 2006 года купол был раздроблен и вынесен.

Зная размеры воронки кратера, можно оценить объем купола, заполнившего кратер за два месяца своего существования, к концу октября 2005 г. Верхний диаметр воронки заполнения ~ 170 м, ее глубина ~ 60 м. Общий объем экструзивного купола $\sim 1.8 \cdot 10^6$ м³. Можно предположить, что за четыре месяца своего существования (до конца декабря 2005 года) внутрикратерный купол достиг максимального размера $\sim 3.6 \cdot 10^6$ м³.

Дополнительную информацию о взрывной активности вулкана в августе-декабре 2005 года и о кратерном экструзивном куполе дает внутреннее строение снежников, сохранившихся до середины июля 2006 г. на расстоянии несколько километров от кратера (см. рис. 3). Хорошо видно, что в нижней части снежник не имеет никаких прослоев тефры, весь пепел располагается в верхней части разреза. С высокой степенью надежности можно утверждать, что в начале снежного периода в ноябре - декабре поступление тефры из вершинного кратера вулкана Карымский не происходило. Таким образом, несмотря на то, что по сейсмологическим данным (см. рис. 1) количество близповерхностных землетрясений в октябре-декабре 2005 г. находилось в интервале 40-100 в сутки, вулканических взрывов фактически не происходило. Это обусловлено тем, что заполнивший кратер экструзивный купол препятствовал развитию взрывов и превращению новых магматических порций в тефру. Новые импульсные поступления магматического материала продолжались, но они не развивались в виде взрыва, а внедрялись с нижней частью экструзивного купола, тем самым изнутри увеличивая его объем.

Пирокластические потоки

В 2005-06 гг. на вулкане неоднократно фиксировались высокодинамичные раскаленные потоки и лавины.

В середине апреля 2005 года по юго-западному склону вулкана спустился глыбовый пирокластический поток длиной 1.7 км, его фронтальная часть достигла внутреннего подножия кальдеры. Объем потока ~ 100 000 м³.

В середине июля 2006 на восточном, южном и западном склонах наблюдались сравнительно небольшие светлые пирокластические потоки, спустившиеся до абсолютных отметок 850-1000 м. Они были хорошо заметны на темной поверхности склонов конуса вулкана Карымский. Один из таких потоков, сошедший по юго-восточному склону, был исследован через несколько дней после его образования (рис. 7). Протяженность потока ~ 1 200 м, средняя ширина ~ 15 м, его мощность варьировала от 0.5 до 2.0 м. Объем потока ~ 20 000 м³. Температура отдельных фрагментов потока достигала 200⁰С. Обломки, слагающие поток, были размером от 0.07 до 2 м, в среднем 0.2 м, среди них встречались и сравнительно хорошо окатанные.



Рис. 7. Глыбово-пелловый поток, сошедший в середине июля 2006 г. по юго-восточному склону вулкана Карымский. 17 июля 2006 г. Фотография Андреева В.И.

Отличительная особенность пирокластических потоков (апрель 2005 г. и июль 2006 г.) - очень малая доля мелких фракций пирокластики. По классификации В.И. Влодавца [3] эти потоки относятся к глыбово-пелловым. Светлый цвет поверхности отложений, слагающих потоки, объясняется их «запыленностью». Поверхность потоков сразу после их образования была покрыта налетом тонкого светлого сухого пепла. При увлажнении этот пе-

пел сразу темнеет и, через несколько дней, светлые в свежем виде потоки приобретали темно-серый цвет и становились слабо различимы на склонах вулкана.

Продукты извержения

По химическому составу породы вулкана Карымский (бомбы, пепел и пирокластические потоки, экструзивные образования), поступившие в 2005-06 гг., отвечают андезитам (табл. 1). В целом они сходны с изверженными породами предыдущих извержений [4, 9].

Таблица 1. Химический состав изверженных пород вулкана Карымский

ОКИСЛЫ	1970	1976	1978	1979	1996	2005			2006		
	средн.	лава	купол	лава	средн.	бомба	бомба	купол	пир.п.	бомба	пепел
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	62.41	62.66	63.06	61.36	61.54	62.02	62.90	62.80	61.83	61.54	61.82
TiO ₂	1.05	0.86	0.93	1.08	0.86	0.87	0.94	0.98	1.03	0.95	1.05
Al ₂ O ₃	16.77	17.03	16.62	17.31	16.67	16.30	16.76	16.67	15.96	16.42	15.78
Fe ₂ O ₃	1.94	1.71	1.57	1.91	2.43	1.76	1.83	3.30	1.76	1.74	2.28
FeO	3.86	3.99	4.36	4.08	5.12	4.86	4.45	2.47	4.74	4.74	4.31
MnO	0.19	0.16	0.17	0.15	0.11	0.14	0.16	0.10	0.16	0.15	0.16
MgO	1.92	1.48	1.48	2.02	1.99	1.90	2.06	1.73	1.84	1.91	1.95
CaO	5.31	5.40	5.10	5.41	5.31	5.04	5.40	4.33	5.70	5.54	5.76
Na ₂ O	4.60	4.61	4.61	4.34	3.69	4.66	4.00	3.46	4.19	4.37	4.08
K ₂ O	1.63	1.70	1.74	1.50	1.58	1.79	1.42	1.48	1.51	1.43	1.50
P ₂ O ₅	0.22	0.21	0.24	0.26	0.25	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21
H ₂ O (Σ)	0.52	0.22	0.32	0.12	-	0.34	0.00	0.22	-	-	-
ппп	-	-	-	-	-	-	0.24	2.00	1.00	0.90	1.15
Сумма	100.42	100.03	100.20	99.54	99.57	99.90	100.38	99.76	99.93	99.90	100.05

Примечание: 1 – среднее из 6-ти наиболее типичных анализов изверженных пород вулкана Карымский за XX век до 1970 г. [4]; 2 – андезиты из лавового потока 1976 г. [9]; 3 – экструзивно-эффузивный внутрикратерный купол 1978 г. [9]; 4 – андезиты из лавового потока 1979 г. [9]; 5 – андезиты извержения 1996 г., вершинный кратер Карымского вулкана (средний химический состав из 6 обр.) [6]; 6-7 – бомбы извержения вершинного кратера 2005 г. (обр. А-2/05, А-56-05); 8 – экструзивно-эффузивный внутрикратерный купол 2005 г. (обр. А-57/05); 9 – пирокластический поток (обр. А-1/06); 10 – вулканическая бомба (обр. А-3/06); 11 – пепел в 3,5 км от кратера (обр. А-4/06).

Гранулометрический состав пепла за 2006 (рис. 8) характеризовался преобладанием мелкой фракции (< 0.25) на расстоянии 3.6 км от кратера и соответствовал мощной эксплозивной деятельности. Количественно-минеральный состав был типичен для изверженных пород Карымского вулкана (табл. 2). Гиалиновая структура основной массы может рассматриваться, как показатель быстрого транзита и закалки эксплозивных пород.

Отличительная особенность пород экструзивного купола состоит в преобладании Fe₂O₃ над FeO, что в изверженных породах вулкана Карымский и на других вулканах Кам-

чатки встречается очень редко. Кроме этого, в породах купола заметно выше степень кристалличности (~ на 20 %), а структура основной массы уже не гиалиновая и гиалопелитовая, как у эффузивно-эксплозивных пород, а криптокристаллическая с элементами микродиоритовой (рис. 9 а, б).

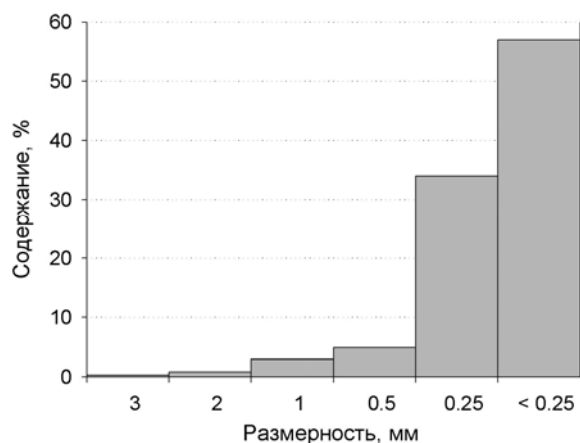


Рис. 8. Гранулометрический состав пеплов вулкана Карымский. Опробование выполнено 19 июля 2006 г., юго-восточный склон, 3.5 км от кратера.

Таблица 2. Количественно-минеральный состав пепла вулкана Карымский, отбор произведен 17 июля.2006 г. в долине р. Лагерной, рядом с обсерваторией. Мощностью накопившихся пеплов 5 см.

Минералы и породы	Содержание в %	Примечание
Плагиоклаз	25	Две генерации
Пироксены	4.0	Ромбический и моноклинный
Рудные минералы	0.5	Кристаллизовались последними
Измененные породы	0.5	Развиты по пироксенам
Основная масса	70	Структура основной массы гиалиновая

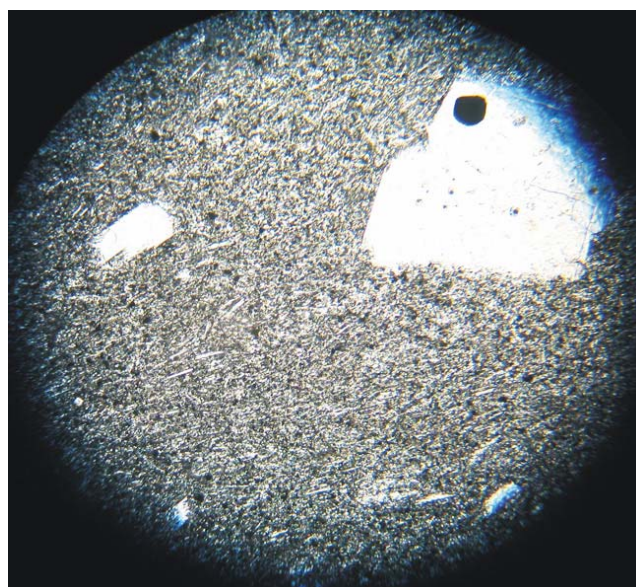
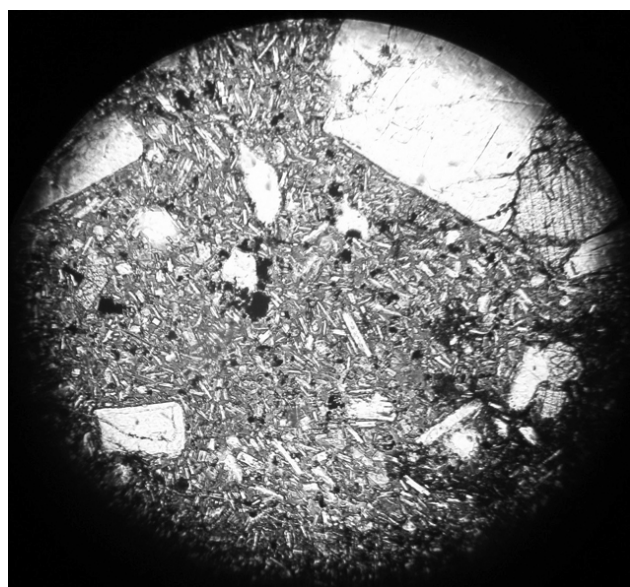


Рис. 9. Микрофотографии пород вулкана Карымский в проходящем свете. Увеличение 40
 а) Экструзивные породы купола. Опробование проведено в октябре 2005 г.
 б) Эксплозивные породы. Опробование проведено в августе 2005 г.

По сравнению с десятью предыдущими годами извержения Карымского вулкана [1], расход пирокластики в 2006 г. возрос весьма значительно и в радиусе 10 км составил, по нашей оценке – $1.2 \cdot 10^7 \text{ м}^3$, что превышает среднюю интенсивность отложения изверженных пород за всю историю существования Карымского вулкана [2], почти на порядок. Следует отметить, что значительное увеличение тефры в отложениях 2006 г. произошло за счет дробления пород купола, сформированного в течение второй половины 2005 г. и изверженного в начале 2006 г.

Показательно, что в истоке реки Карымской по нашим замерам, сделанным 19.07.06, расход составил $5.5 \text{ м}^3/\text{сек}$, что почти в 4 раза превышает этот параметр в летнее время за предыдущие годы (не считая лахаров 1996 г.). Такое увеличение расхода реки Карымская – результат необычно большого выпадения пепла на территорию водосборного бассейна озера Карымское.

Заключение

В 2005-06 гг. продолжалось вершинное извержение вулкана Карымский. Его деятельность характеризовалась взрывной активностью различной силы, ростом экструзивного купола, схождением пирокластических потоков и образованием протяженных пепловых шлейфов. Излияния лавовых потоков на склоны вулкана в исследуемый интервал времени не происходило.

По химическому составу продукты извержения представлены андезитами. Гранулометрический и количественно-минеральный состав продуктов извержения в 2005-06 г. практически не отличался от вулканитов предыдущих извержений [4, 9].

Расход тефры, изверженной в 2006 г., составил $\sim 1.2 \cdot 10^7 \text{ м}^3$, что многократно превысило ежегодный показатель за предыдущие 10 лет извержения.

В течение второй половины 2005 г. в кратере Карымского вулкана сформировался экструзивный купол. Его объем к концу года составлял $\sim 3.6 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Усиление взрывной активности в начале 2006 года привело к полному разрушению купола. Следует отметить, что в последние годы приращение объема купола вулкана Безымянный происходило приблизительно с такой же интенсивностью $\sim 7 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ в год (Двигало, Свирид, статья в этом же сборнике).

Сопоставление результатов наземных и аэрофотосъемочных исследований с графиком поверхностных локальных землетрясений показывает, что сейсмологический мониторинг является важным способом непрерывной регистрации параметров взрывной деятельности Карымского вулкана. Но для некоторых эпизодов извержения, связанных с формированием экструзивного купола, он имеет серьезные отклонения и не позволяет получать точную информацию о характере взрывной активности вулкана.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ №№ 06-05-64590-а, 07-05-10052-к, 05-05-64730-а и ДВО РАН №№ 06-III-A-08-331, 06-III-B-08-368, 07-III-Д-08-095, 07-III-Д-08-093.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.И., Иванов В.В., Карпов Г.А., Магуськин М.А. Динамика извержения вулкана Карымский в 2000-2003 гг. и его воздействие на окружающую среду. // Материалы ежегодной конференции, посвященной дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский. 2003. С. 30-34.
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. Влодавец В.И. Справочник по вулканологии. М.: Наука. 1984. 337 с.
4. Иванов Б.В. Извержение Карымского вулкана в 1962-1965 гг. и вулканы Карымской группы. М.: Наука, 1970. 131 с.
5. Муравьев Я.Д., Федотов С.А., Будников В.А., Озеров А.Ю., Магуськин М.А., Двигало В.Н., Андреев В.И., Иванов В.В., Карташева 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. 38-70.
6. Озеров А.Ю. «Динамика извержения Карымского вулкана (Камчатка) в 1996 г. и состав его продуктов» // Вестник ДВО РАН. 1997. № 3. С. 86-93.
7. Федотов С.А., Муравьев Я.Д., Иванов В.В., Леонов В.Л., Магуськин М.А., Гриб Е.Г., Озеров А.Ю., Карпов Г.А., Фазлуллин С.М., Шувалов Р.А., Лупикина Е.Г., Ушаков С.В. «Извержения в кальдере Академии наук и Карымского вулкана в 1996-1997 гг. и их воздействие на окружающую среду» // Глобальные изменения природной среды и климата. Избранные научные труды. Отдельный выпуск. Гл. редактор: Добрецов Н.Л., Коваленко В.И. Новосибирск. Изд-во СО РАН. НИЦ ОИГГМ, 1998, 350 с.
8. Федотов С.А., Озеров А.Ю., Магуськин М.А., Иванов В.В., Карпов Г.А., Леонов В.Л., Двигало В.Н., Гриб Е.Н., Андреев В.И., Лупикина Е.Г., Овсянников А.А., Будников В.А., Бахтиаров В.Ф., Левин В.Е. Извержения Карымского вулкана в 1998-2000 гг., связанные с ними сейсмические, геодинамические и поствулканические процессы, их воздействие на окружающую среду // В сборнике «Катастрофические процессы и их влияние на природную среду». Вулканизм. Том 1. Москва. 2002. С. 117-160.
9. 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. 29-49.