

УДК 528.71:551.21

МОРФОЛОГИЯ КРАТЕРА ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ ПО ДАННЫМ  
АЭРОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ 2006 г.

**И.Ю. Свирид, А.В. Шевченко, В.Н. Двигало**

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

Дистанционные наблюдения за состоянием вулкана Безымянный, проводимые Институтом вулканологии и сейсмологии своими силами и средствами (с применением методов аэрофотограмметрии) имели довольно длительный перерыв, продолжавшийся с 1 октября 1994 г. по 31 июля 2006 г. В этот день, по независящим от нас причинам, удалось выполнить аэрофотосъемку только кратерной части вулкана (рис. 1 и 2), характер изменений морфологии которой был выявлен в результате фотограмметрической обработки полученных стереопар.



*Рис. 1. Плановый аэрофотоснимок кратера влк. Безымянный 31.07.2006.*



*Рис. 2. Плановый аэрофотоснимок кратера влк. Безымянный 01.10.1994.*

Фотограмметрическая обработка снимков была разделена на два этапа. Вначале было произведено координирование поверхностей кратера на обе даты и сформированы цифровые модели рельефа (ЦМР).

На втором этапе фотограмметрической обработки снимков производилось детальное стереоскопическое обследование поверхностей кратера и выполнение необходимых измерений.

ЦМР кратера, средняя «разрешающая способность» (т.е. шаг сетки) которых составил 20 м, позволили получить ряд топографических материалов и количественных данных, характеризующих характер рельефа купола на каждую дату съемки.

На рис. 3, 4 и 5 представлены топографические карты рельефа кратера в горизонталях, составленные на обе даты в масштабе 1:10000 с сечением рельефа через 100 метров, и топографические профили построенные в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

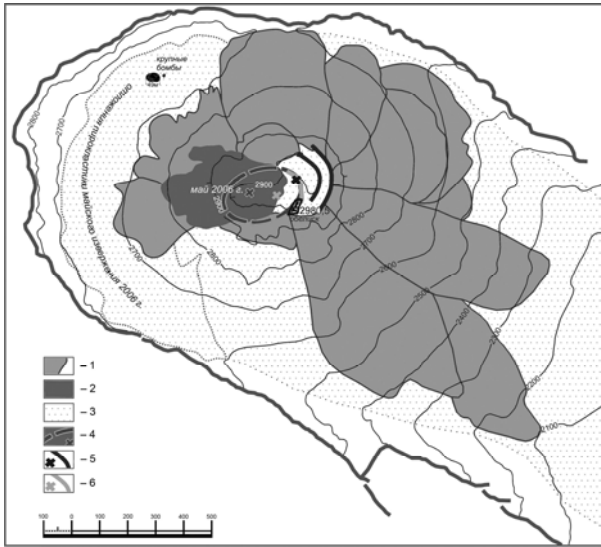


Рис. 3. Топографическая карта кратера влк. Безымянный, построенная по аэрофотоснимкам 31.07.2006:

- 1 – лавовые потоки, покрывающие поверхность купола «Новый» к 09.05.2006.
- 2 – лавовый поток майского извержения 2006 г.
- 3 – отложения пирокластических потоков.
- 4 – контур эксплозивно-провального кратера и центр области просадок в кратере.
- 5 – фрагменты эксплозивных воронок и центр эксплозий извержения 2004 г.
- 6 – фрагменты эксплозивной воронки и центр эксплозии извержения 09.05.2006.

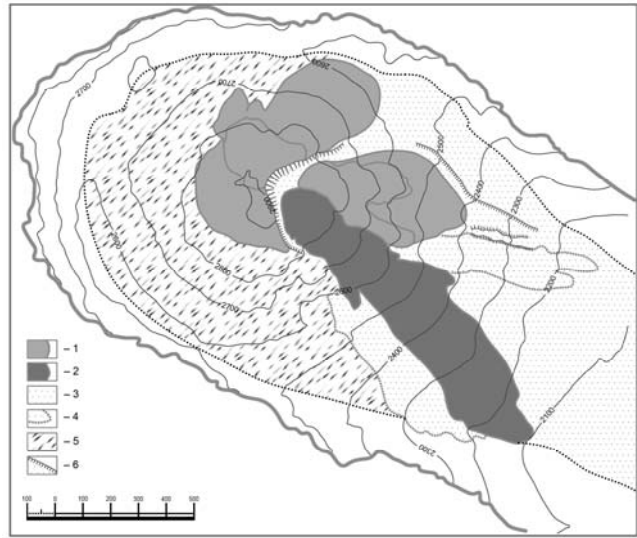


Рис. 4. Топографическая карта кратера влк. Безымянный, построенная по аэрофотоснимкам 01.10.1994: 1 – лавовые потоки, покрывающие поверхность купола «Новый» к 1994 г.

- 2 – лавовый поток извержения 1994 г.
- 3 – отложения пирокластики.
- 4 – контур отложений пирокластических потоков.
- 5 – тело экструзивного купола «Новый», свободное от лавовых и пирокластических потоков.
- 6 – обрывы.

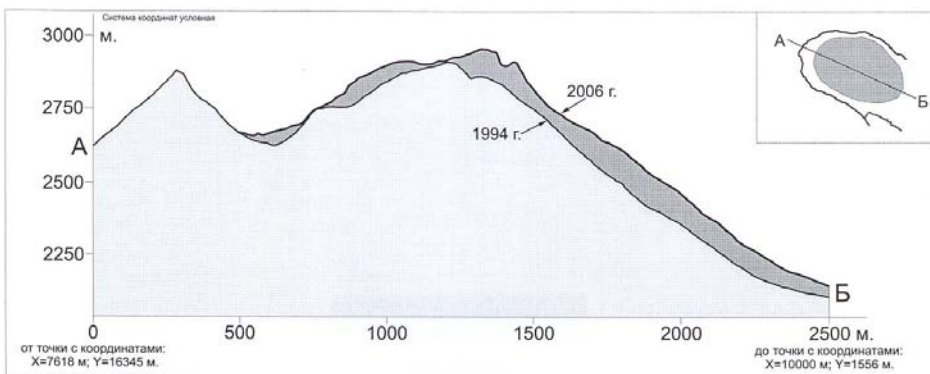
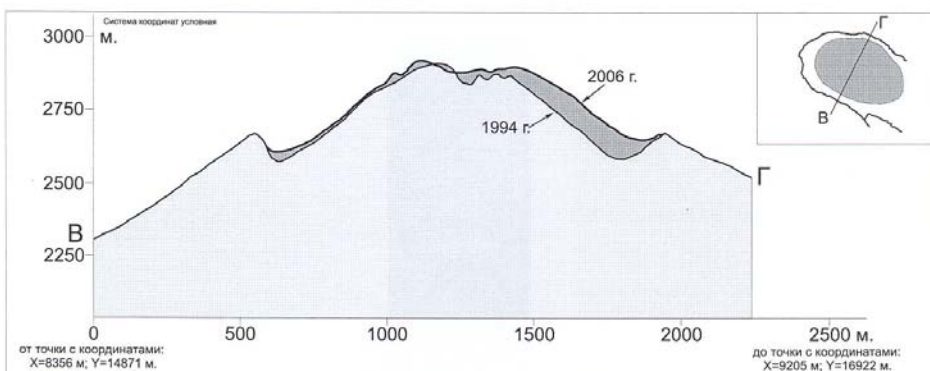


Рис. 5. Топографические профили кратера влк. Безымянный, построенные по ЦМР 1994 г. и 2006 г.



При сопоставлении ЦМР на две даты получена цифра прироста объема купола, составившая 79.5 млн. м<sup>3</sup> почти за двенадцать лет, т.е. среднегодовой прирост объема купола вулкана в этот период составил 6.8 млн.м<sup>3</sup>/год. Для сравнения с прежней активностью вулкана можно привести цифры среднегодового прироста объема купола в период 1983-1994 гг. не выходявшие за интервал 2.2-3.0 млн. м<sup>3</sup>. Опираясь на эти данные вполне уверенно можно сделать вывод о существенном (в среднем в 2.6 раза) росте активности вулкана в рассматриваемый период.

Детальное стереофотограмметрическое обследование кратера вулкана на две последние даты съемки позволило установить следующие различия в рельефе.

На снимках 1994 г. в северной, западной и юго-западной частях купола еще очень хорошо видны мощные экструзивные образования, формировавшие купол «Новый» до 1976 года. Но вершина, северо-восточные, восточные и юго-восточные склоны экструзивного купола уже основательно перекрыты потоками лавы (первый из которых появился в 1977 г.) и пирокластики. Активная зона купола, представляющая собой эксплозивный кратер, открыта на юго-восток. Именно восток-юго-восточный сектор постройки вулкана был наиболее опасен в течение всего периода формирования купола в прошлом столетии, поскольку именно в этот сектор происходил выброс изверженного во время эксплозий материала и сход пирокластических лавин. Довольно высокие борта кратера в тот период (60 м на юге, 105 м – на севере и 185 м – в западной части кратера) очень хорошо защищали соответствующие склоны вулкана. Пребывание человека у подножия этих склонов, даже во время извержений, считалось вполне безопасным.

К 2006 году морфология купола существенно изменилась. Экструзивные образования, составлявшие основу купола до 1977 г., полностью исчезли, перекрытые местами почти стометровой толщиной лавовых потоков и пирокластики. Лавовые потоки (протяженность некоторых достигала 600 м и ширина 400 м) забронировали почти всю поверхность купола. Свободными от лавы остались только очень узкий (не более 300 м по ширине на уровне основания купола) сектор южного склона купола и отдельные участки северо-западного подножия. Но и эти участки оказались под мощным (от 10 до 50 м) слоем пирокластики. За счет заполнения атрио высота бортов кратера уменьшилась до 35 м в южной части, до 30 м в северной части и до 133 м в западной части.

На вершине купола сложный кратер. Его восточная часть представлена фрагментами двух концентрически расположенных, вероятно, эксплозивных воронок, имевших диаметры 250 и 170 м. Эти эксплозивные кратеры образовались не позже 2004 г., т.к. прекрасно распознаются на любительских снимках 2004 года.

Центральную и западную части вершинного кратера занимает структура эксплозивно-просадочного происхождения, образовавшаяся во время извержения 9 мая 2006 г. Размеры

эксплозивно-провального кратера 2006 г., имеющего в плане овальную форму составили 360x245 м. Низшая точка дна провала имеет отметку 2870 м и расположена в западной части эксплозивно-провального кратера. Высота стенок кратера наибольшая в его северной части – 68 м, наименьшая – в западной части – 33 м.

Просадкой была охвачена площадь в 72 тыс.м<sup>2</sup>. Глубина наибольшей просадки неизвестна, но должна быть больше максимальной глубины провала, т.е. > 68 м. Объем провального кратера составил около 3 млн. м<sup>3</sup>. Необходимо отметить, что ранее просадочные явления на вершине купола «Новый» не отмечались. Центры всех выявленных в кратере эксплозивных и провальных структур, центры излияния лавовых потоков разных извержений не совпадают, но мигрируют в пределах зоны вершины купола, ограниченной радиусом 150 м.

Излившийся во время майского извержения лавовый поток покрывает участок, площадью 92000 м<sup>2</sup>, как на внешних - западных склонах купола, так и внутри провального кратера. При этом поток не имеет существенных нарушений поверхности. Можно предположить, что существовавшая в конце извержения над активным жерлом структура, из которой излился поток лавы, просела довольно быстро, пока излившийся лавовый поток еще не потерял пластичность. Объем излившейся в 2006 г. на поверхность лавы примерно равен 850000 м<sup>3</sup>.

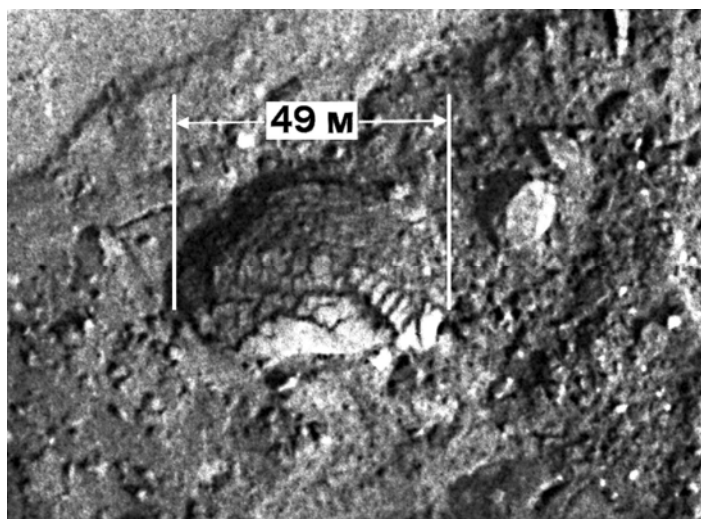
Таким образом, нижний борт вершинного кратера, возникшего в результате извержений 2004-2006 гг. расположен в его западной части. Наиболее высокими являлись северные, восточные и южные стенки кратера. Такие перемены в морфологии купола вулкана Безымянный, по-видимому, повлияли на направление выноса извергаемого вещества, изменившееся (во время извержений 2004 – мая 2006 гг.) с восточного на западное. В эти годы, пожалуй, впервые с 1956 г., пирокластические потоки сходили во время извержений по западным и южным склонам постройки Безымянного. Опасность нахождения вблизи вулкана во время извержений существенно возросла.

Из других деталей морфологии купола на снимках 2006 г. привлекает внимание останец (или обелиск) находящийся в юго-западной части эксплозивно-провального кратера. Размеры основания останца 60x23 м, наибольшая высота северо-западной его грани над поверхностью кратера – 70 м. Вершина этого останца является высшей точкой купола на 31 июля 2006 г. Высотная отметка этой точки равна 2980.5 м. 1 октября 1994 г. высшая точка купола имела отметку 2917.8 м. Прирост купола по высоте за 12 лет составил 62.7 м.

Необходимо упомянуть, что с 1977 г. экструзивные процессы на куполе, существенно влияющие на увеличение его размеров – прекратились. Рост купола происходит за счет отложений продуктов эксплозивно-эффузивных извержений. Выжимание отдельных небольших блоков (размеры которых на поверхности всегда были не более размеров только что представленного обелиска) наблюдается с тех пор только в пределах активного жерла Безы-

мянного и, как правило, в начале каждой активизации вулкана. Этот процесс, впервые обнаруженный в 1979 г., был проинтерпретирован в работе [1] как морфологический предвестник активизации вулкана Безымянный.

Необычной, на наш взгляд, для Безымянного является бомба, обнаруженная по аэрофотоснимкам в атрио вулкана, в 530 м на северо-запад от активного в мае 2006 г. жерла. Бомба (рис. 6) с поверхностью в виде растрескавшейся хлебной корки имеет размеры 49x36 м в плане и высоту 16 м над поверхностью отложений пирокластического потока, в которые она впечаталась.



*Рис. 6. Крупная бомба майского извержения 2006 г. с поверхностью типа хлебной корки, обнаруженная при дешифрировании аэрофотоснимков 31.07.2006 г.*

#### Выводы:

1. За 12 лет, прошедших со времени последних аэрофотограмметрических наблюдений за ростом купола вулкана Безымянный его высота увеличилась на 62.7 м. Объем вырос на 79.5 млн.м<sup>3</sup>. Среднегодовой прирост объема купола в этот период составил 6.8 млн.м<sup>3</sup>. Эта цифра в среднем в 2.6 раза выше прироста купола в период предыдущих 12-ти лет.
2. Данные всего периода дистанционных наблюдений свидетельствуют о том, что экструзивная фаза формирования купола «Новый» в основном завершилась к 1977 г. С 1977 г. купол перешел в новую фазу формирования – эксплозивно-эффузивную. Слабая экструзивная деятельность наблюдается только в пределах активного жерла на стадии подготовки каждого извержения. Объемы самых крупных наблюдаемых экструзивных блоков редко превышают 100 тыс.м<sup>3</sup>, что составляет доли процента от общего объема продуктов отдельного извержения.
3. Активное жерло каждого извержения вулкана имеет свои координаты. Миграция жерл происходит в зоне на вершине купола, ограниченной радиусом около 150 м.
4. Как минимум с 2004 г. на вершине купола стали возникать эксплозивно-провальные кратеры, открытые на запад (ранее наблюдалось образование кратеров только эксплозивного происхождения и открытых на восток). Такие изменения в морфологии в 2004-2006 гг.

привели к выносу пирокластического материала извержений в сторону юго-западного сектора вулкана. Этот факт совместно с фактом уменьшения в 1.5-3 раза высоты внутренних стенок большого кратера вулкана свидетельствует о существенно возросшей вулканической опасности Безымянного для прилегающих территорий.

5. Объективная и точная оценка геологического эффекта извержений, точное картографирование их последствий невозможны без своевременных и полноценных дистанционных наблюдений за активными вулканами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двигало В.Н. Морфологические предвестники (первые признаки) активизации некоторых вулканов Камчатки // Вулканология и сейсмология. 2000. № 4. С. 3-20.

УДК 551.217.24

### АНАЛИЗ УСЛОВИЙ НАКОПЛЕНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПЕПЛОВ

#### В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА КАРЫМСКОГО

**С.Б. Самойленко, Г.А. Карпов**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; email: [samsergey@kscnet.ru](mailto:samsergey@kscnet.ru)*

В статье, на основе многолетних наблюдений, реальных измерений и расчетов, получены оценки количества вулканических пеплов, поступающих от извергающегося Карымского вулкана в бассейн озера Карымского. Сделан вывод о слабом влиянии пеплов на общую минерализацию воды озера.

**Введение.** После подводного извержения 1996 года, в кальдере Академии Наук, заполненной Карымским озером, произошли изменения в морфологии озерной воды: в северном секторе озера возник кратер Токарева, глубиной около 60 м и диаметром более 600 м, северный борт которого поднялся над водой и сформировал полуостров Новогодний [6]. В истоке реки Карымской, вытекающей из озера, образовалась новая группа термальных источников (Пийповских) [3]. В результате перепланировки местности, площадь зеркала воды Карымского озера уменьшилась приблизительно на 0.5 км<sup>2</sup> [5]. Продолжающееся поныне (с 1996 года) извержение Карымского вулкана оказывает существенное влияние, как на процесс седиментации в бассейне Карымского озера, так и на минерализацию воды в озере. Степень этого влияния зависит от многих факторов.