

**О продолжении нового эруптивного цикла вулкана Шивелуч в 2001-2018 гг.,
Камчатка**

Н.А. Жаринов, Ю.В. Демянчук, И.А. Борисов

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: nzhar@kscnet.ru

Рассматривается активность вулкана Шивелуч (56,6°с.ш., 161,4°в.д.) во время нового эруптивного цикла в 2001-2018 гг.: анализируется рост новых экструзивных образований; приводятся сведения о крупных эксплозивных извержениях и их последствиях, произошедших в этот период. Обсуждаются возможности катастрофических извержений в обозримом будущем.

Введение

Андезитовый вулкан Шивелуч со средним расходом 36 млн. т в год занимает второе место на Камчатке по объему продуктов извержения. Основные события последние 10 тыс. лет и в историческое время происходили внутри кальдеры вулкана Молодой Шивелуч. Это были катастрофические эксплозивные извержения типа направленных взрывов и слабые извержения, сопровождаемые ростом экструзивных куполов внутри кальдеры.

Последние два катастрофических извержения с интервалом 110 лет произошли 01-02.03.1854 г. и 12.11.1964 г. В этом году исполняется 55 лет после катастрофического извержения 1964 г. В ходе этих извержений выбрасывалось от 1,0 – 1,5 до 5,0 – 6,0 км³ материала. Отложения взрывов и пирокластических потоков покрывали площади близкие 100 – 150 км². В эруптивных центрах (центрах взрывов) возникали кратеры диаметром 1 – 3 км в поперечнике.

Цикличность образования экструзивных куполов

Формирование экструзивных куполов нужно рассматривать в общем цикле деятельности вулкана. Можно выделить одноцикличные и многоцикличные экструзивные купола. Одноцикличные купола обычно образуются на склонах или у подошвы вулкана. Такие более старые купола можно наблюдать на вулканах Безымянный и Шивелуч. Деятельность одноциклических куполов заканчивается с прекращением экструзии лавы. На вулкане Шивелуч к этому типу относится купол Коран. С начала его становления прошло более 150 лет.

Купола, формирующиеся в центральном кратере вулкана, обычно относятся к многоциклическим. Это современные купола вулканов Безымянный и Шивелуч, купол вулкана Кизимен. Их формирование занимает продолжительное время в деятельности вулкана. Во время катастрофических эксплозивных извержений происходит разрушение новых экструзивных образований. После этого можно наблюдать периоды покоя и затем по истечении времени начало нового эруптивного цикла, т.е. рост новых экструзивных куполов.

Период покоя перед катастрофическим извержением 1854 г. продолжался около 54 лет. После извержения отмечено четыре периода активности вулкана: в 1879 – 1893 гг., 1897 – 1898 гг., 1918 – 1924 гг. и в 1944 – 1950 гг. Продолжительность активных периодов менялась от одного года до 13 лет. Перед катастрофическим извержением 1964 г. происходил период покоя в течение 14 лет. После извержения 1964 г. периоды эруптивной деятельности происходили в 1980 – 1981 гг., в 1993 – 1995 гг. и самый продолжительный период наблюдается с 2001 г. по настоящее время, февраль 2019 г. Это самый продолжительный цикл вулканической активности за историческое время наблюдений за вулканом.



Общий вид на вулкан Шивелуч, 08.02.2019 г. Фото Ю.В. Демянчука

Динамика извержения вулкана в 2001-2018 гг.

В предыдущих исследованиях отмечено три этапа формирования новых экструзивных образований на вулкане: I этап – начало формирования новых экструзий (август 1980 г. – конец 1981 г.); II – этап (апрель 1993г. – январь 1995 г.), мощное эксплозивное извержение с последующей интенсивной экструзивной деятельностью; III этап самый продолжительный происходит с мая 2001 г. по настоящее время, февраль 2019 г. [6,3]. Отметим основные особенности этого этапа.

Непрерывное формирование экструзивного купола сопровождалось мощными эксплозивными извержениями. Значительные эксплозивные события происходили в 2001, 2004, 2005, 2010, 2013 и 2018 гг. После усиленной эксплозивной деятельности в 2001, 2005, 2010, 2013 гг. наблюдался частичный развал вершины купола. По геодезическим данным уже к маю 2004 г. объем внутрикратерного купола достиг $0,30 \cdot 10^9 \text{ м}^3$ [6]. Такой объем имел купол Суелич перед катастрофическим извержением в 1964 г. Рост купола Суелич происходил в 1944 – 1950 гг. в этом же кратере.

Максимальный объем купол имел перед крупным эксплозивным извержением 27 октября 2010 г. [3] ($0,49 \text{ км}^3$), в ходе которого произошел частичный развал купола. Объем разрушенной части купола по данным аэросъемки составил $0,27 \text{ км}^3$ [1].

Весь последующий год шло обрушение стенок полуразрушенной юго-восточной части кратера. Прироста объема купола практически отмечено не было до конца октября 2011 г. В дальнейшем с конца 2011 г. до конца августа 2013 г. вновь происходит увеличение объема купола, продолжается непрерывный экструзивный процесс. И вновь после крупного эксплозивного события 03.12.2013 происходит незначительное разрушение вершины купола. С января 2015 г. вновь наблюдается прирост высоты и объема купола. К концу 2018 г. купол достиг отметки 590 м, при объеме близком $0,25 \text{ км}^3$.

Результаты деятельности андезитовых вулканов на дневной поверхности в основном представлены в виде постройки экструзивных куполов, отложений пирокластических и грязевых потоков, отложений пепловых туч, а также отложений вязких лавовых потоков на его склонах.

Для вулкана Безымянный была выполнена оценка объема продуктов извержений при формировании экструзивного купола после катастрофического извержения в 1956 г. [2]. Для этого вулкана имеем следующее соотношение объемов в процентах: объем купола составляет 54,3% (при весовом объеме 0,47 км³), пирокластические потоки – 31,2%, отложения пеплов – 13,5% и потоки вязкой лавы - 1%. Считая сходным характер извержений двух вулканов, можно оценить объемы продуктов извержений вулкана Шивелуч. При объеме нового экструзивного конуса 0,49 км³ (максимальный объем конуса перед извержением 27 октября 2010 г.) объем пирокластических потоков будет близким – 0,28 км³, объем отложений пепла – 0,12 км³. и объем лавовых потоков – 0,009 км³. Для сравнения определение объемов пирокластике было выполнено по данным непрерывных видеонаблюдений для 4 последних лет.

В рассматриваемый период происходили серии эксплозивных извержений и множество отдельных пепловых выбросов. Только в ходе эксплозивного извержения 28 февраля 2005 г. отложения пирокластических потоков составили более 0,2 км³ [4].

Оценка тепловой мощности и объемов пирокластике по выбросам газопирокластических струй

Поступление газопирокластической смеси из кратера вулкана продолжается чаще всего от нескольких до десятков минут. При расчетах вулкан принимали в качестве источника устойчивых газопирокластических струй. Оценка тепловой мощности производилась по высоте эруптивных колонн во время эксплозивных извержений по методике, изложенной в [5].

Исходные данные для расчетов получены из непрерывных видеонаблюдений за вулканом. Непрерывный без пропусков ряд наблюдений получен для последних четырех лет. При обработке видеоданных рассматривались два сценария эксплозивных событий: первый – для вертикальных газопирокластических струй, второй – для эруптивных колонн с горизонтальным шлейфом.

Для оценки тепловой мощности в первом случае, когда отсутствует ветер, применялись следующие соотношения:

$$Q = (\Delta h_T / 46)^4, \text{ при } \Delta h_T < 1 \text{ км} \quad (1)$$

$$Q = (\Delta h_T / 28)^{3,5}, \text{ при } \Delta h_T = 1-10 \text{ км} \quad (2)$$

где Δh_T – высота колонны над кратером, м.

При ветре восходящая конвективная колонна, достигнув определенной высоты, образует шлейф, который распространяется субгоризонтально на высоте Δh , при этом происходит более быстрое смешивание струи с воздухом, что не учитывается формулами (1,2). Для расчета тепловой мощности в этом случае, применяется формула, предложенная рабочей группой CONCAWE:

$$Q = 0,136 \Delta h^2 u^{1,5} \quad (3)$$

где: Q – тепловая мощность (кВт), Δh – высота средней линии шлейфа (м), u – скорость ветра на высоте шлейфа (м/с). Данные о скорости ветра выбирались с сайта метеорологической службы: weather.uwyo.edu.

Оценка W – примерного расхода ювенильной пирокластике, вынесенной в секунду, производилась по номограмме С.А.Федотова [5]. Для расчета объема вынесенной пирокластике применялась формула:

$$V = \Delta t W / \rho \quad (4)$$

где: V – объем пирокластике (м³), Δt – промежуток времени, в продолжении которого происходило истечение струи (с), определялся по видеозаписи, W – примерный расход пирокластике в секунду, определялся по номограмме С.А.Федотова, $\rho = 1,57$ – плотность пирокластике.

Шкала расхода пирокластики в номограмме имеет логарифмическую зависимость, при которой lgQ (кВт) = 3 соответствует величина расхода 1 кг/с, а lgQ (кВт) = 9 соответствует величина 10^6 кг/с или 10^3 т/с. Тепловая мощность газопирокластических колонн в период 2015 – 2018 гг. находилась в интервале от lgQ (кВт) = 4 до lgQ (кВт) = 9. Суммарная тепловая мощность за 2015 - 2018 гг. $Q = 63 \cdot 10^8$ кВт. Общий объем пирокластики, поступившей во время эксплозивных извержений за 4 года наблюдений (2015 -2018 гг.) близок $0,008 \text{ км}^3$. Следует отметить, что это нижняя оценка, т.к. часть выбросов может быть пропущена из-за непогоды и другим причинам.

Выводы

Наблюдения последних лет показали, что за один цикл извержения на дневную поверхность может поступить от 50 до 350 млн. м^3 вулканических продуктов: пирокластики, лавы, пепла (по данным извержений 1980-1981, 1993-1995, 2001-2018 гг.). Средний объем извергнутых продуктов близок 200 млн. т. При средней продуктивности вулкана 36 млн. т/год на образование такого объема необходимо 5-6 лет. С такой частотой происходят извержения с объемом ~ 200 млн.т.

Объемы изверженных продуктов во время мощных извержений (типа 1854 и 1964 гг.) составляли от 1,5 до 5 млрд. т соответственно. Для накопления такого объема ювенильных материалов должно пройти от 40 до 135 лет. После извержения 1964 г. прошло 55 лет. За минувшие годы внутрикратерное пространство постепенно заполняется новыми экструзивными образованиями. Несмотря на то, что периодически происходят межпароксизмальные извержения с разрушением этих новых образований, вероятность катастрофических извержений повышается.

Список литературы

1. *Двигало В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В. и др.* Состояние активных вулканов Камчатки по данным аэросъемочных облетов и фотограмметрической обработки снимков 2010 г.// Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 26-36.
2. *Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В.* Оценка объемов изверженных продуктов вулкана Безымянный за 1955-2009 гг.// Вулканология и сейсмология. 2011. №2. С. 1-14.
3. *Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В.* Крупные эксплозивные извержения вулкана Шивелуч (Камчатка) с частичным разрушением экструзивного купола 28 февраля 2005 г. и 27 октября 2010 г. // Вулканология и сейсмология. 2013. № 2. С. 1-15.
4. *Нуждаев А.А., Гирина О.А., Мельников Д.В.* Некоторые результаты изучения пирокластических отложений извержений 28 февраля и 22 сентября 2005 г. вулкана Молодой Шивелуч наземными и дистанционными методами // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2005. № 2. Вып. 6. С. 62-66.
5. *Федотов С.А.* Оценка выноса тепла и пирокластики вулканическими извержениями и фумаролами по высоте их струй и облаков // Вулканология и сейсмология. 2013. № 2. С. 1-15.
6. *Федотов С.А., Жаринов Н.А., Двигало В.Н. и др.* Эруптивный цикл вулкана Шивелуч в 2001-2004 гг. // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 3-28.