

УДК 551.21

ПАРОКСИЗМАЛЬНОЕ ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА МОЛОДОЙ ШИВЕЛУЧ 10 МАЯ 2004 г.

© 2004 г. А. Ю. Озеров¹, Ю. В. Демянчук²

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

²Камчатская опытно-методическая сейсмологическая партия ГС РАН, Ключи, 684400

Поступила в редакцию 01.06.2004 г.

10 мая 2004 г. произошло пароксизмальное эксплозивное извержение вулкана Молодой Шивелуч. Это выразилось в обрушении крупного блока экструзивного купола ($\sim 0.03\text{--}0.04 \text{ км}^3$) и образовании двух пирокластических потоков. Затем, в течение 4 ч, происходило истечение мощной газо-пепловой колонны на высоту $\sim 12\text{--}15 \text{ км}$. Пепловый шлейф распространился на восток на расстояние 1000 км. В полости, образовавшейся на куполе, стал выжиматься новый экструзивный блок. По составу породы извержения соответствуют типичным андезитам вулкана Шивелуч.

10 мая 2004 г. в ходе продолжающегося с мая 2001 г. извержения вулкана Молодой Шивелуч произошло пароксизмальное извержение.

Визуальные наблюдения за характером эруптивного процесса и измерения высоты активного экструзивного купола проводились из г. Ключи (в 47 км к юго-юго-западу от активного кратера вулкана). Для исследования сейсмической обстановки в ходе извержения были использованы данные сейсмостанций Камчатской Опытной-методической сейсмической партии ГС РАН – “Шивелуч” и “Ключи”, расположенных соответственно в 8 и 47 км от вулкана. Привлекались данные спутниковой съемки (Тerra/MODIS), доступные в Интернете для свободного пользования. 17 мая 2004 г. на вертолете МИ-8 выполнен облет места извержения (нач. отряда А.Ю. Озеров).

Все эруптивные события, происходившие на вулкане Шивелуч в последние столетия, были связаны с экструзивным куполом [2–5]. Современный этап экструзивно-эксплозивной активности вулкана Шивелуч начался в мае 2001 г. [6] и продолжается до настоящего времени.

Деятельность вулкана в 2004 г. характеризовалась отдельными пепловыми выбросами на высоту до 3.5 км и раскаленными лавинами, достигавшими нескольких километров в длину. В этот период на сейсмостанции “Шивелуч” регистрировались слабые поверхностные землетрясения и прерывистое спазматическое вулканическое дрожание, уровень которого находился в интервале 0.2–0.7 мкм/с. В апреле 2004 г. высота экструзивного купола достигла почти 500 м, а его объем $\sim 0.285 \text{ км}^3$. Верхний диаметр купола около 250 м. Абсолютная отметка высшей точки молодого купола – 2 633.3 м (данные В.Н. Двигало, получены по результатам аэрофотосъемочных работ, проведенных 07 октября 2003 г.). В конце апреля –

начале мая 2004 г. значительно возросла скорость роста купола: за две недели, предшествующие пароксизмальному извержению, его высота увеличилась на 8 м.

10 мая без какой-либо предварительной сейсмической подготовки, неожиданно, произошел резкий всплеск эксплозивной активности. Первые данные о начавшемся пароксизме были получены по результатам обработки сейсмических записей. В 01 ч 10 мин (здесь и далее время местное) произошло незначительное усиление спазматического вулканического дрожания, а в 02 ч 10 мин значения его скачкообразно выросли (рис. 1). Вулканическое дрожание приобрело непрерывный характер и на этом уровне оставалось около 4 часов (запись сигнала на сейсмической ленте в

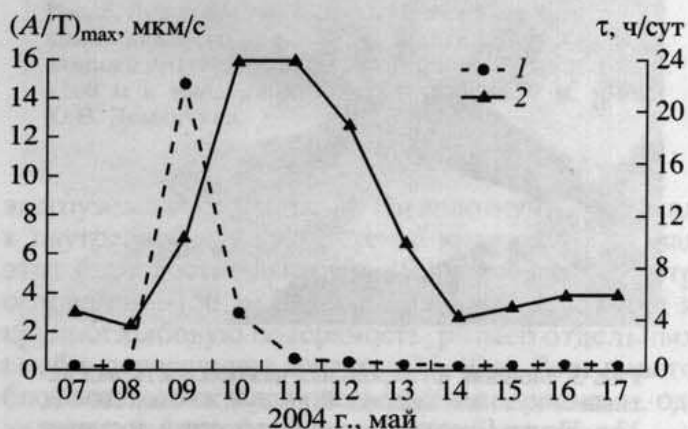


Рис. 1. График изменения параметров вулканического дрожания в ходе извержения вулкана Шивелуч за период 07–17 мая 2004 г. по наблюдениям на сейсмостанции Шивелуч: 1 – максимальная амплитуда скорости смещения грунта за сутки – $(A/T)_{\max}$, мкм/с; 2 – продолжительность вулканического дрожания за сутки – τ , ч/сут.



Рис. 2. Мощный газо-пепловый выброс из активного кратера вулкана Шивелуч; 10 мая 2004 г., 07 ч 20 мин. Верхняя граница пепловой колонны на высоте ~7 км. Светлая полоса в нижней части снимка – река Камчатка. Вид из г. Ключи. Фото Ю.В. Демянчука.



Рис. 3. Мощная фумарольная деятельность над активным куполом вулкана Шивелуч, 17 мая 2004 г., 12 ч 30 мин. Высота фумарольных струй достигает 1 км. Вид с запада. Фото А.Ю. Озерова.

валась мощная газо-пепловая колонна высотой 12–15 км (оценка выполнена на основании предварительного анализа сейсмических данных), а длина пеплового шлейфа достигла ~1000 км.

Затем произошло резкое ослабление сейсмического сигнала, но непрерывное вулканическое дрожание сохранялось. Во второй половине дня дрожание вновь приобрело спазматический характер, его уровень постепенно снижался в течение нескольких суток. В настоящем сообщении высота эруптивных выбросов и фумарольных струй приводится по отношению к верхней кромке молодого экструзивного купола.

Отрывочные сведения, полученные от охотников, находившихся в 35 км южнее активного купола, на озере Лебяжьем, показали, что сразу после 02 часов восточнее вулкана на высоте нескольких километров сверкали молнии, а у основания вулкана были замечены протяженные полосы бледного свечения.

Более детальные визуальные наблюдения начавшегося пароксизма удалось провести из г. Ключи на рассвете 10 мая (рис. 2). Вся центральная и восточная часть постройки вулкана была окутана облаками густого темного пепла. Сильный ветер сносил его на восток, в результате формировался протяженный, стелющийся по земле, шлейф, уходящий за линию горизонта. Верхняя граница шлейфа находилась на высоте ~3–4 км. Над вулканом эпизодически, с интервалом 10–30 мин, наблюдался подъем мощной эруптивной колонны, она достигала высоты 6–8 км, в некоторые моменты верхняя ее часть достигала диаметра 10 км, а ее поверхность была типа “морской капусты”.

Такой режим извержения сохранялся до 11 ч 10 мая. С 11 до 13 ч район извержения начал закрываться облачностью, над кромкой облаков временами просматривались светлые выбросы, верхняя часть которых достигала 4–5 км. Около 13 часов нижняя кромка пепловой завесы начала подниматься, и на южном склоне вулкана, на темном фоне выпавшего пепла, было зафиксировано интенсивное парение. Оно было вызвано взаимодействием пирокластического потока со снежным покровом, достигавшим в этом районе нескольких метров. Нижняя граница зоны парообразования находилась на гипсометрической отметке 700–800 м.

Примерно в 13 ч 30 мин район вулкана Шивелуч закрыла облачность, что сделало невозможным наблюдение картины извержения. По данным из пос. Усть-Камчатск, там, во второй половине дня, наблюдалось выпадение тонкого слоя пепла. Отсутствие видимости мешало вести визуальные наблюдения в последующие несколько дней. Однако анализ данных спутниковой съемки показал, что деятельность вулкана продолжалась

этот интервал времени представляет широкую черную полосу). Можно предположить, что поступление магматического материала в этот период было достаточно равномерным. Сформиро-

и 11 мая. В течение всего дня фиксировался пепловый шлейф, протягивающийся до острова Медный, т.е. на расстояние свыше 300 км.

12–16 мая Камчатка была подвержена влиянию циклона и лишь через неделю после пароксизма – 17 мая 2004 г. на вертолете МИ-8 удалось провести облет места извержения.

В ходе аэровизуальных наблюдений представилась возможность значительно детализировать картину извержения, произошедшего 10 мая. Удалось исследовать экструзивный купол, новые пирокластические потоки, ареал распространения пепловых отложений и разрушения, причиненные грязевыми потоками автомобильной дороге, соединяющей г. Ключи и пос. Усть-Камчатск.

Во время облета на экструзивном куполе наблюдалась мощнейшая фумарольная деятельность, высота фумарольных струй постоянно находилась в пределах 1–1.5 км (рис. 3). Белоснежный шлейф протягивался в восточном направлении на расстояние 70–100 км. Временами в результате обвалов и схождения раскаленных лавин образовывалось большое количество вулканической пыли коричневого цвета.

В результате описанной пароксизмальной деятельности 10 мая на активном куполе произошли значительные изменения – центральная и южная части купола были разрушены. На их месте образовался вложенный кратер, открытый в южном направлении (рис. 4). Диаметр нового кратера ~250 м, а его глубина в центральной части ~150–200 м (по визуальной оценке). Процесс разрушения затронул и восточную часть купола, ее высота уменьшилась на 70–100 м. Без изменения осталась только западная часть купола, которая, в результате удаления центральной части экструзивной постройки, приобрела острые очертания.

Точное определение размеров разрушения на куполе будет возможно только после проведения плановой аэрофотосъемки. Морфология вынесенного блока пород купола по форме, в первом приближении, может быть представлена в виде круто наклоненной линзы (падение 45°–55°, юг). По длинной оси (С–Ю) ее протяженность ~700–800 м, по короткой ~500 м, мощность в центральной части ~200 м. Исходя из этого, можно грубо оценить объем разрушения на куполе ~0.03–0.04 км³.

Перемещение такого крупного объема пород купола вызвало значительные морфологические изменения у основания купола. Здесь вдоль отрогов юго-восточного гребня в отложениях мантии купола образовался глубокий абразивный желоб. В период наших наблюдений он был частично заполнен пирокластическим материалом, при этом прекрасно просматривался левый борт каньона, который имел крутизну 70°–75° и высоту около 100 м.

Вслед за разрушением на куполе, во вновь образовавшемся кратере, начал выжиматься новый



Рис. 4. Вид активного купола вулкана Шивелуч 29 мая 2004 г. Отчетливо видны разрушения, произошедшие на куполе в результате описанной пароксизмальной деятельности 10 мая 2004 г. (черной линией показан профиль купола 17 марта 2004 г.). Центральная, южная и восточная части купола разрушены, на их месте сформировался вложенный кратер, открытый в южном направлении. Диаметр нового кратера ~250 м, а его глубина в центральной части ~150–200 м. Вид из г. Ключи. Фото Ю.В. Демянчука.



Рис. 5. Вид нового экструзивного купола, вплотную примыкающего к западной стенке вновь образованного кратера. К 17 мая этот блок достиг высоты ~100 м и имел диаметр основания ~150 м. Фото Ю.В. Демянчука.

экструзивный блок (рис. 5). Он вплотную примыкал к внутренней, западной стенке кратера. К 17 мая этот блок достиг высоты ~100 м и имел диаметр основания ~150 м. Он имел форму полусферы и крупноглыбовую поверхность, размер отдельных глыб в поперечнике достигал 35–40 м. Рост нового блока сопровождался раскаленными лавинами, одна из них была зафиксирована во время облета.

Было проведено обследование южного сектора подножия вулкана, где днем 10 мая было отмечено парение. Здесь обнаружено два пирокластических потока. Один из них имел длину ~6 км и максимальную ширину ~1.5–2 км (рис. 6), он прошел строго на юг. Другой, более короткий поток



Рис. 6. Пирокластический поток, сформировавшийся 10 мая 2004 г. на южном склоне вулкана Шивелуч. Поток хорошо выделяется темным цветом на фоне белого снега. Длина потока ~6 км, ширина достигает 2 км. Вид с юга. Фото Ю.В. Озерова.



Рис. 7. Район распространения пепловых отложений пароксизмального извержения вулкана Шивелуч 10 мая 2004 г. Космический снимок выполнен спектро-радиометром MODIS, установленным на спутнике-платформе Тетра – 10 мая в 13 ч 40 мин. Отложения пеплового шлейфа распространяются до берега Тихого океана. Общая площадь отложений, маркирующихся на снегу темным цветом ~3000 км².

имел протяженность – 2,5–3 км, он находился в 500 м восточнее первого. Оба потока сначала двигались по глубоким узким каньонам, расположенным у основания экструзивного купола, затем выходили на более пологие склоны, где значительно увеличивали свою ширину и разделялись на отдельные рукава.

Для проведения более детальных наблюдений перед фронтом этого потока была произведена посадка. Над поверхностью потоков фиксировалось большое количество локальных центров парения. Маршрутное обследование показало, что

центры парения представляют собой неглубокие воронки, диаметром от 1,5 до 7 м, окруженные насыпным валом. В центральной части всех обследованных воронок либо непосредственно на поверхности, либо под небольшим слоем пепла находились горячие глыбы андезитового состава, имеющие округлые очертания. В некоторых крупных воронках у внутреннего основания насыпного вала фиксировались отдельные газовые выходы, поверхность вокруг которых была покрыта возгонами. Пепел внутри воронок и на их внешней стороне был влажный и, за счет этого, имел более темный цвет, чем окружающая поверхность пирокластического потока.

Точно оценить мощность нового пирокластического потока достаточно затруднительно. Во-первых, он перекрыл мелкохолмистую поверхность отложений 1964 г., что подразумевает вариации его толщины в несколько метров даже на небольших расстояниях друг от друга. Во-вторых, на глубине ~15 см от поверхности температура отложений достигала 70–80°C, а на глубине 25–30 см – 200–250°C. В этих условиях проводить шурфовку не представлялось возможным. Визуально оценивая морфологию потока, можно предположить, что в его фронтальной части мощность отложений находится в интервале 1–2 м.

В течение нескольких часов пароксизмального извержения было вынесено большое количество пеплового материала. Облет показал, что в 30 км западнее вулкана Харчинский начинается область интенсивного выпадения пепла, поверхность снега здесь имела цветовые оттенки от серого до темно-серого. В южном и юго-восточном секторах вулкана Шивелуч, на расстоянии 20–30 км от центра извержения, снег из-под пепла вообще не просматривался, даже пропало ощущение зимы – вся поверхность имела серо-коричневый цвет. В месте посадки вертолета, в 6 км южнее экструзивного купола, пепловые отложения имели мощность 4 см.

Район распространения пепловых отложений представлен на спутниковом снимке, выполненном 10 мая в 13 ч 40 мин радиометром MODIS (рис. 7). Прекрасно виден широкий пепловый шлейф, протягивающийся в восточном направлении, и темный концентрический апофиз, южнее вулкана Шивелуч, образовавшийся за счет местной атмосферной турбулентности. Расстояние от активного купола до пос. Усть-Камчатск около 80 км. Ширина отложений вдоль береговой линии достигает 70 км. Таким образом, общая площадь отложений, маркирующихся на снегу густым серо-коричневым цветом ~3000 км². Следует отметить, что на снимке темным цветом маркируются только области интенсивного пеплопада, где мощность отложений ~0,4–0,7 см. Исходя их приведенных данных, можно оценить объем пепловых отло-

жений на снежной поверхности $\sim 0.01\text{--}0.02 \text{ км}^3$. При этом следует добавить, что большая часть пепла была вынесена в океан, поэтому реальный объем пепла, вынесенного в результате пароксизма, должен быть больше.

10 мая по долине реки Бекеш сошел мощный грязевой поток – лахар. Он образовался в результате быстрого таяния снега, спровоцированного пирокластическими потоками. В 30 км юго-восточнее взрывного центра грязевой поток значительно повредил мост через реку Бекеш на автомобильной дороге, соединяющей г. Ключи и пос. Усть-Камчатск. Высота потока в районе моста достигала 2 м. Следует добавить, что какого-либо ущерба транспортным средствам нанесено не было, так как в начале мая администрация Усть-Камчатского района из-за весенней распутицы полностью закрыла дорогу для проезда любых автомашин.

Заключение. Предсказания готовящегося пароксизмального извержения вулкана по используемой в настоящее время методике оперативной обработки сейсмических данных сделать не удалось. Характер спазматического вулканического дрожания, даже за несколько часов до пароксизма, не отличался от обычной деятельности вулкана, сопровождающей рост экструзивного купола. Хочется надеяться, что детальный последующий ретроспективный анализ сейсмограмм даст возможность выявить признаки подготовки подобных сильных эруптивных событий на вулкане.

Следует обратить внимание на быстрый рост купола перед пароксизмом. В конце апреля скорость роста купола значительно увеличилась и достигла $\sim 0.5 \text{ м/сут}$. Но это вряд ли может рассматриваться как прогностический критерий. Во-первых, наблюдения за высотой купола сильно осложнены метеоусловиями района. Во-вторых, быстрый рост купола далеко не всегда приводит к пароксизмальным последствиям.

Комплексный анализ визуальных и сейсмических данных позволяет полагать, что по каким-то причинам в 2 ч 10 мин 10 марта 2004 г. произошло неожиданное, резкое разрушение экструзивного купола. Это привело к обрушению центрального, южного и восточного секторов купола. Произошло образование обвальной раскаленной лавины (по классификации Г.С. Горшкова [1]). Наиболее крупный материал отложений, по-видимому, был вынесен на расстояние 1–3 км от основания купола. Наиболее подвижная часть обломочного материала сформировала два пирокластических потока.

Обвал вызвал резкий сброс давления и на поверхность начал поступать раскаленный материал. В течение 4-х часов происходило непрерывное истечение газо-пепловой колонны на высоту 12–15 км.

Пепловый шлейф распространялся в восточном направлении на $\sim 1000 \text{ км}$. Этот период соответствует пароксизмальному всплеску эруптивной активности. Затем, в течение нескольких суток, наблюдалось постепенное снижение уровня эксплозивной активности. По-видимому, 13 мая в образовавшейся полости началось выжимание нового экструзивного блока. Можно предположить, что с ростом именно этого блока будет связана дальнейшая активность вулкана.

Отобранные породы по составу соответствуют типичным роговообманковым андезитам вулкана Молодой Шивелуч.

Авторы приносят искреннюю благодарность И.В. Мелекесцеву, А.П. Хренову, А.В. Сторчеусу и О.С. Чубаровой за ценные замечания, при подготовке рукописи, а также сотрудникам КОМСП ГС РАН за предоставление важных данных о сейсмической деятельности вулкана. Техническую поддержку в работе осуществляли А.Г. Маневич и О.И. Дьячкова.

Настоящее исследование поддержано грантами: РФФИ № 03-05-64881, 02-05-64979, НШ-2294.2003.5, проектом № 03-1-0-08-006 Программы 13 фундаментальных исследований Президиума РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков Г.С. К вопросу о классификации некоторых типов взрывных извержений // Вопросы вулканизма. М.: АН СССР, 1962. С. 31–38.
2. Горшков Г.С., Дубик Ю.М. Направленный взрыв на вулкане Шивелуч // Вулканы и извержения. М.: Наука, 1969. С. 3–37.
3. Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирсанова Т.П. и др. 300 лет камчатских вулканов: молодой Шивелуч (анализ динамики и последствий эруптивной деятельности в XVII–XX вв.). Часть I. 1650–1964 гг. // Вулканология и сейсмология. 2003. № 5. С. 3–19.
4. Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирсанова Т.П. и др. 300 лет камчатских вулканов: молодой Шивелуч (анализ динамики и последствий эруптивной деятельности в XVII–XX вв.). Часть II. 1965–2000 гг. // Вулканология и сейсмология. 2004. № 1. С. 5–24.
5. Меняйлов А.А. Вулкан Шивелуч, его геологическое строение, состав и извержения // Тр. Лаборатории вулканологии. 1955. Вып. 9. 264 с.
6. Федотов С.А., Двигало В.Н., Жаринов Н.А. и др. Извержение вулкана Шивелуч в мае–июле 2001 г. // Вулканология и сейсмология. 2001 г. № 6. С. 1–13.

May 10, 2004 Paroxysmal Eruption of Young Shiveluch Volcano

A. Yu. Ozerov¹, Yu. V. Demyanchuk²

¹*Institute of Volcanology, Far East Division, Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, Russia*

²*Kamchatkan Technique Testing Seismological Team,
Petropavlovsk-Kamchatskii, 684400, Russia*

A paroxysmal explosive eruption occurred May 10, 2004 on Young Shiveluch Volcano, producing collapse of the a large block of the extrusive dome (~0.03–0.04 km³) and generating two pyroclastic flows. A powerful gas-and-ash column was then maintained at a height of ~12–15 km during 4 hours. An ash plume propagated for 1000 km eastward of the volcano. A new extrusive block began to form in the cavity which had been left on the dome. Compositionally, the erupted rocks are typical Shiveluch andesites.

Сдано в набор 16.07.2004 г.

Подписано к печати 06.09.2004 г.

Формат бумаги 60 × 88¹/₈

Офсетная печать

Усл. печ. л. 10.0

Усл. кр.-отт. 2.7 тыс.

Уч.-изд. л. 10.4

Бум. л. 5.0

Тираж 261 экз.

Зак. 8680

Учредители: Российская академия наук, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Адрес издателя: 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Оригинал-макет подготовлен МАИК "Наука/Интерпериодика"

Отпечатано в ППП "Типография "Наука", 121099 Москва, Шубинский пер., 6