

Химический и минеральный составы продуктов извержения вулкана Молодой Шивелуч в сентябре 2016 г.

Н.В. Горбач¹, М.Г. Гавриленко², Т.М. Философова¹

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: n_gorbach@mail.ru*

²*Department of Earth and Planetary sciences of Washington University in St. Louis, USA*

18 сентября 2016 г. новый пирокластический поток распространился на юго-западном подножии вулкана Молодой Шивелуч. Обследование пирокластических отложений с отбором представительных образцов было выполнено через десять дней после извержения. В докладе представлены первые результаты анализа химического и петрографического составов пирокластического материала.

Активность вулкана в 2016 г.

С 1980 г. активность вулкана Молодой Шивелуч связана с ростом экструзивного купола в кратере извержения 1964 г. В 2016 г. экструзия лавы происходила в северо-западном секторе кратера. Многочисленные горячие лавины, формировавшиеся на склонах растущего экструзивного купола (например, [3]), свидетельствуют о высокой скорости поступления лавы в этот период. Эксплозивная активность вулкана также оставалась высокой в течение всего года (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/volc.php?lang=en&name=Sheveluch>). По данным мониторинга вулканической активности Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН в течение суток 18 сентября на вулкане фиксировалось прерывистое спазматическое вулканическое дрожание до 5.66 мкм/сек и серии поверхностных сейсмических событий, которые сопровождали пепловые выбросы высотой от ≤ 5 до ≥ 10 км над у.м (<http://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/main.htm>). Извержение визуально не наблюдалось из-за плохих метеоусловий.

Краткое описание отложений пирокластического потока, сформированного 18 сентября 2016 г.

Фронт пирокластического потока был обнаружен в долине реки Байдарной в ~12 км к юго-западу (N 56°33'35" E 161°10' 37"; абс. выс. - 500 м над у.м.) от растущего экструзивного купола. На фронтальном участке потока (рис. 1б) пирокластические отложения имели небольшую мощность – от 0,5 до 1,5 м. В центральной части потока, а также в узких участках каньона реки мощность отложений увеличивалась до нескольких метров, а в местах максимальной аккумуляции материала превышала 10-15 м. Температуры заполнителя пирокластического материала, измеренные пирометром ADA TempPro-1200, варьировали от 40 до 120 °С на глубине около 30-40 см. Наибольшие температуры (до 150 °С) были зафиксированы в местах выхода газов.

Грубообломочный материал размером от 10 см до 1-2 м и более составлял около ~40 от объема пирокластических отложений. Распределение такого материала было неоднородным по простиранию потока. Наибольшая концентрация крупных глыб наблюдалась в краевых частях потока (~10-12 км от эруптивного центра). На расстоянии от 7 до 10 км от центра извержения глыбы были сконцентрированы в осевой части потока (рис. 1в), а в его бортах их концентрация уменьшалась. В центральной части потока (менее 7 км от растущего купола) на поверхности пирокластических отложений преобладал материал более мелкой размерности (рис. 1г).

Большая часть крупных обломков и глыб в отложениях пирокластического потока была представлена холодным материалом. Среди обломков размерностью от 10 до 30 см в диаметре были обнаружены фрагменты пористых андезитов с температурой

до 130 °С (рис. 1б, врезка). Такие горячие обломки, вероятно, могли быть образованы за счет дробления экструзивных лав, непосредственно предшествующих формированию пирокластического потока или же представлять собой порции верхних участков вулканического канала. Было отобрано и изучено более 10 представительных образцов горячих обломков и 3 образца заполнителя пирокластического потока.

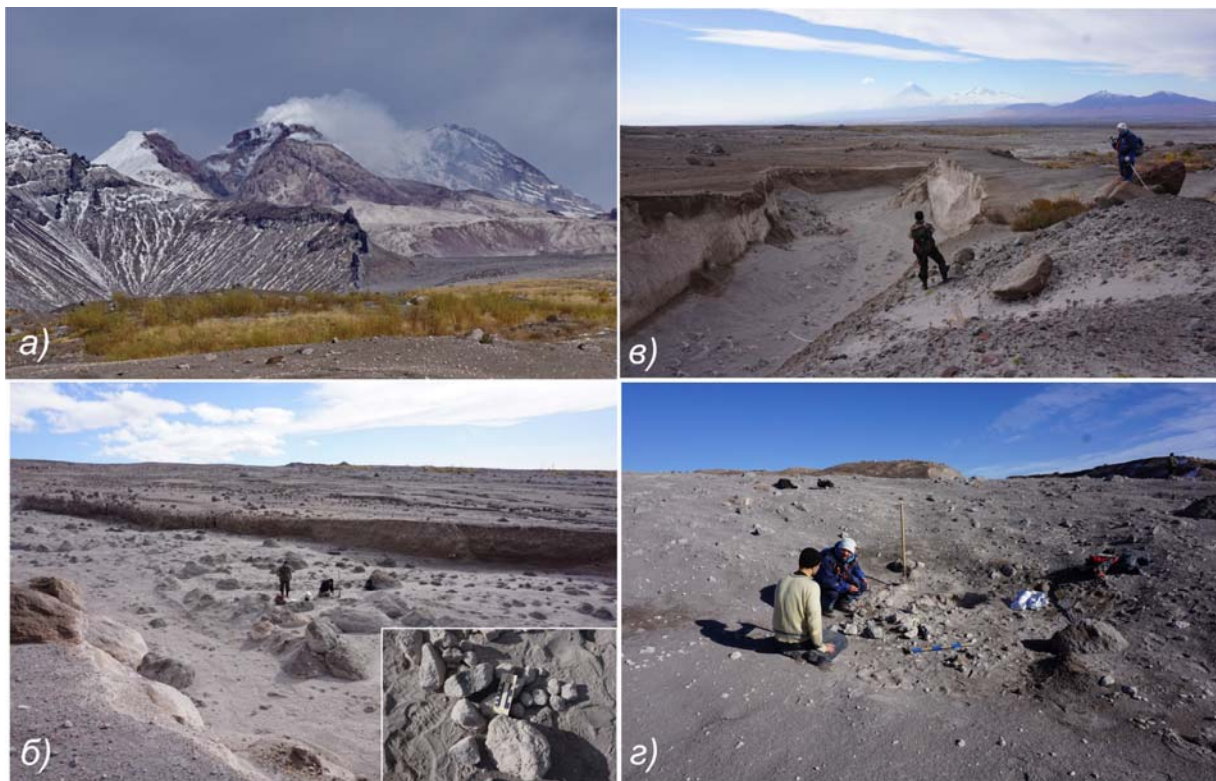


Рис. 1. Растущий экструзивный купол 28 сентября 2016 г. (а) и новообразованные пирокластические отложения в 12 км от его подножия (б-г). На врезке к рисунку 1б показаны обломки горячих пористых андезитов.

Петрография и минералогия пористых андезитов

Горячие обломки в пирокластических отложениях представлены светло-серыми роговообманково-плагиоклазовыми андезитами, петрографические особенности которых типичны для пород предшествующих извержений вулкана в 2001-2013 гг. [2]. Породы пористые (количество пор составляет 25-30 об.%), содержат до 40 об. % вкрапленников и имеют серийно-порфириковую структуру. Преобладающая генерация вкрапленников плагиоклаза и роговой обманки имеет размер 1-1,2 мм, на фоне которой хорошо выделяются немногочисленные крупные (до 4-5 мм) кристаллы. Вкрапленники плагиоклаза имеют сложную зональность (рис. 2а), а кристаллы роговой обманки содержат многочисленные включения Fe-Ti оксидов, плагиоклаза и расплава (рис. 2б). В породах встречаются единичные зерна высокомагнезиального оливина в зональной реакционной кайме (рис. 2в) состоящей из тонкой оторочки ортопироксена (внутренняя часть каймы) и мелких зерен роговой обманки (внешняя часть).

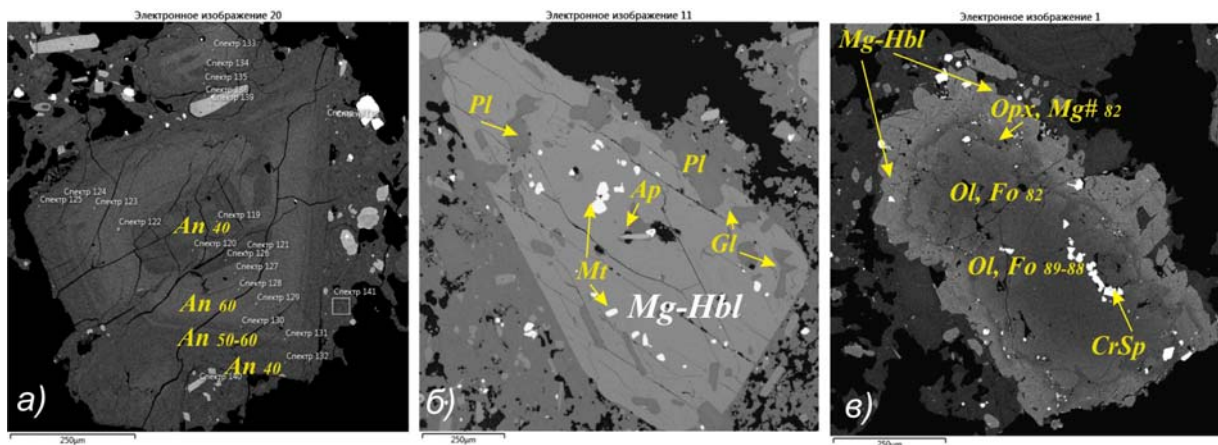


Рис. 2. Представительные особенности минерального состава андезитов, изверженных в сентябре 2016 г. а - вкрапленник плагиоклаза (Pl) с низко-кальциевым ядром, внешней высоко-кальциевой зоной и ритмично-зональной каймой; б - вкрапленник магнезиальной роговой обманки (Mg-Hbl) с включениями магнетита (Mt), плагиоклаза (Pl), стекла (Gl) и апатита (Ap); в - фрагмент зерна высоко-Mg зонального оливина (Ol) с включениями хромистой шпинели (CrSp) в кайме ортопироксена (Orx) и магнезиальной роговой обманки. Изображения в режиме отраженных электронов и составы минеральных фаз получены с помощью сканирующего электронного микроскопа SEM VEGA TESCAN в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Химический состав обломочного материала пирокластического потока

Химический состав обломочного пирокластического материала приведен в Таблице. По содержанию всех главных компонентов пористые андезиты (обр. 7684-1, 7685-1 и 7585-2) находятся в пределах вариаций, типичных для пород современных извержений. Рыхлый материал пирокластического потока (обр. 7684*, 7685* и 7587*) содержит несколько меньше $\text{SiO}_2 = 60,16\text{-}61,26$ мас. %. по сравнению с пористыми обломками. Породы отличаются невысокими содержаниями $\text{TiO}_2 = 0,52\text{-}0,56$ мас.%, $\text{CaO} = 5,75\text{-}6,38$ мас.%, умеренными содержаниями $\text{K}_2\text{O} = 1,15\text{-}1,32$ мас.% и повышенными содержаниями $\text{MgO} = 3,73\text{-}4,44$ мас. %. Величина магнезиальности андезитов ($\text{Mg\#} = \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^*)$) составляет 0,57-0,60 мол.%.

Краткое обсуждение результатов

По сравнению с объемом пирокластических потоков недавних крупных извержений вулкана в феврале 2005 г. и октябре 2010 г. [2], пирокластический поток, сформированный в сентябре 2016 г., является малообъемным. Протяженность и особенности распространения пирокластического материала сопоставимы с аналогичными характеристиками для умеренного по силе извержения вулкана в сентябре 2005 г. Вероятно, и механизм этих двух извержений может быть сходным. В работе [1] предполагается, что сильная эксплозия в сентябре 2005 г. спровоцировала обрушение блока экструзивного купола, после чего последовал быстрый вынос ювенильного вещества и формирование высокоподвижных пирокластических потоков. Неоднородность распространения груболобломочного материала по простиранию пирокластических отложений, сформированных в сентябре 2016 г., также указывает на подобную стадийность извержения. Не противоречат такому предположению и сейсмические данные, зафиксировавшие несколько серий эксплозий в течение суток 18 сентября (<http://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/main.htm>). Наиболее вероятно, первые крупные эксплозии привели к обрушению нестабильного растущего блока лавового купола и формированию грубообломочной порции пирокластических отложений.

Последующие пепловые выбросы формировали новые порции пирокластического потока с участием большей доли ювенильных андезитов.

Таблица. Химический состав пирокластического материала

№ образца/ Окислы	7684*	7684-1	7685*	7685-1	7685-2	7687*
SiO ₂	60,88	62,98	61,87	60,31	62,85	61,71
TiO ₂	0,57	0,52	0,54	0,57	0,52	0,55
Al ₂ O ₃	16,38	16,42	16,51	15,79	16,33	16,40
Fe ₂ O ₃	5,79	5,16	5,44	5,79	5,06	5,47
MnO	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09
MgO	4,49	3,74	4,19	4,75	4,02	4,48
CaO	6,45	5,77	6,06	6,09	5,82	6,12
Na ₂ O	4,07	3,57	3,96	3,65	4,01	3,91
K ₂ O	1,20	1,22	1,17	1,32	1,23	1,16
P ₂ O ₅	0,15	0,16	0,16	0,17	0,15	0,16
LOI	0,40	0,19	0,47	1,17	0,35	0,37
Сумма	100,48	99,82	100,46	99,71	100,43	100,42

Примечание. Анализы выполнены рентгенофлуоресцентным методом при помощи рентгеновского спектрометра с волновой дисперсией S8 TIGER в центре коллективного использования Института земной коры СО РАН, аналитик А.А. Амосова. Номера образцов, отмеченные звездочкой обозначают рыхлый материал пирокластического потока, номера без звездочки соответствуют горячим обломкам пористых андезитов.

Химический, петрографический и минеральный составы пирокластического материала, изверженного в сентябре 2016 г. не выходят за пределы вариаций состава продуктов текущего эруптивного цикла вулкана, обладающих отчетливыми признаками гибридного происхождения [2].

Работа выполняется при поддержке гранта РФФИ 15-05-06440

Список литературы

1. *Гирина О.А., Нурдаев А.А.* О некоторых особенностях извержения вулкана Молодой Шивелуч, Камчатка, 22 сентября 2005 г. // Вулканология и сейсмология. 2014. № 4. С. 20-30.
2. *Горбач Н.В., Портнягин М.В., Филофова Т.М.* Динамика роста экструзивного купола и вариации химического и минералогического составов андезитов вулкана Молодой Шивелуч в 2001-2013 гг. // Вулканология и сейсмология. 2016. № 6. С. 37-61. DOI: 10.7868/S0203030616060031
3. *Webley P, Girina O.A., Shipman J* Remote Sensing Analysis of the 2015-2016 Sheveluch Volcano Activity // 9th Biennial Workshop on Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes (JKASP 2016). Fairbanks, Alaska: UAF. 2016. P. 105-106.