

Характеристики пеплов вулкана Шивелуч извержений декабря 2018 г. и августа 2019 г.

Толстых М.Л.¹, Бабанский А.Д.², Горбач Н.В.³, Мельников Д.В.³

¹Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (ГЕОХИ РАН), Москва, 119991; e-mail: mashtol@mail.ru

²Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН), Москва

³Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

Вулкан Шивелуч в 2018-2019 гг. демонстрирует высокую активность, которая выражена как в росте экструзивного купола [7], так и в мощных выбросах пирокластического материала [1].

Были изучены образцы пеплов двух извержений вулкана в декабре 2018 г. и в августе 2019 г., зафиксированных группой KVERT:

I. Извержение 28.12.2018, 01:04 UTC. Умеренная газово-пепловая активность; высота пеплового облака – до 10-15 км н.у.м. Источник данных: URL: <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/index.php>. Материал был отобран в п. Ключи, со снежного покрова (обр. Shiv-18, 18a).

II. Извержение 28-30 августа 2019 года, время не уточнено, вулкан был скрыт облаками. 29.08.2019 г. пепловое облако достигало высоты 10 км. Источник данных: URL: <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/index.php>. Материал был отобран в п. Ключи (обр. 7765-2) и у подножия в. Шивелуч, в долине р. Байдарная (обр. 7765-1).

Образцы извержений 2018 и 2019 гг., отобранные в п. Ключи, обнаруживают сходство в гранулометрическом составе – наиболее распространены частицы размером около 50 мкм (рис. 1). В образце пепла 7765-1, отобранного в долине реки Байдарной, преобладают частицы размером около 500 мкм, что может быть объяснено возможной ассоциированностью этого пепла с пирокластическим потоком и близостью к центру извержения.

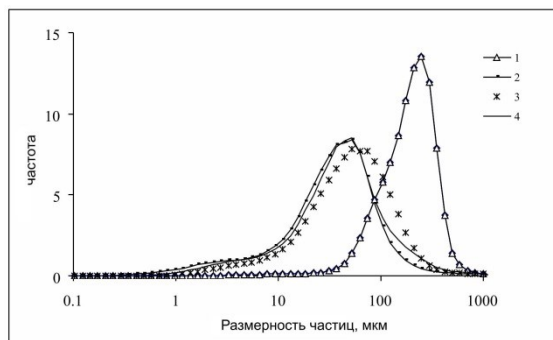


Рис. 1. Распределение частиц пепла по размерностям. 1 – обр. 7765-2, 2 – 7765-1, 3, 4 – Shiv-18, 18a.

Данные получены методом анализа распределения частиц по размерам в суспензиях, эмульсиях и порошках (лазерный анализатор размеров частиц Microtrac S3500 (серия Bluewave 1), ЦКП «Функция и свойства почв и почвенного покрова» Почвенного института им. В.В. Докучаева).

В состав всех пеплов входят минеральные фазы (вкрапленники, их обломки), частицы стекла, иногда с кристаллитами, фрагменты частично раскристаллизованной основной массы породы с вкрапленниками (рис. 2), которые, вероятно, являются материалом, образовавшимся при частичном разрушении купола. Такие «обломки» в большей степени распространены в обр. 7765-2.

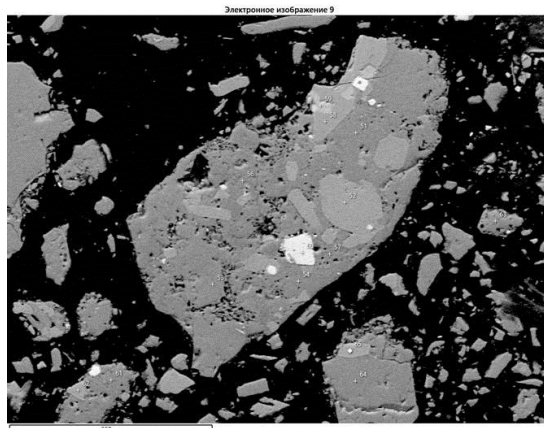


Рис. 2. Микрофотография поверхности шашки с пеплом обр. 7765-1. Крупный объект – стекло основной массы с микровкрапленниками амфибола, пироксена, плагиоклаза, магнетита.

Большая часть вкрапленников в образцах 7765-1 и 7765-2 идентична по составам (рис. 3) и может характеризовать в целом извержение 2019 г.

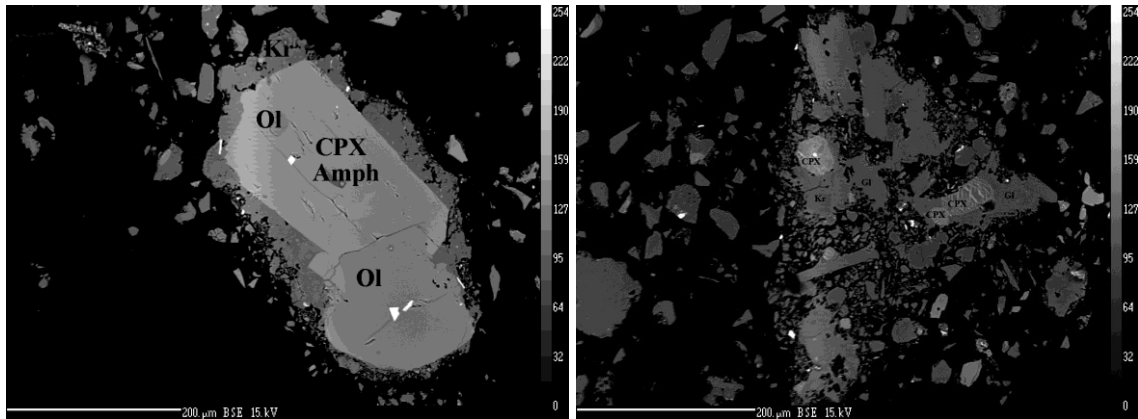


Рис. 3. Микрофотографии образцов пепла обр. 7765-2: сросток оливина и клинопироксена, частицы стекла и зерна кристобалита, а также зерна клинопироксена со структурами разложения.

Между пеплами извержений 2018 и 2019 гг. наблюдается ряд отличий: только в пеплах 2019 г. присутствует оливин Fo 76 (рис. 3), зерна относительно основного плагиоклаза An 54 (наряду с более альбитовыми составами, рис. 2), клинопироксен со структурами разложения (рис. 3), а также кристобалит.

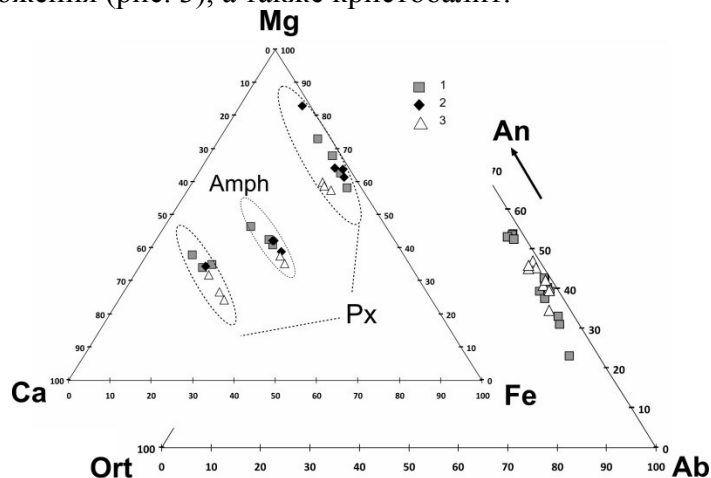


Рис. 4. Составы темноцветных минералов, а также плагиоклаза вкрапленников в пеплах 2018 и 2019 гг. 1, 2 – обр. 7765-1 и 2, 3 – обр. Shiv-18.

Таким образом, можно отметить, что при значительном сходстве минералогических характеристик пеплов 2018 и 2019 гг., можно предполагать более высокотемпературные условия при формировании вкрапленников пеплов 2019 г. Возможно, они могут быть связаны с поступлением новых порций высокотемпературных магм в промежуточные камеры системы.

Значительную долю пеплов составляют частицы кислого стекла, состав которого схож в обоих образцах (SiO_2 74-76 мас.%, Al_2O_3 около 13%, FeO 0.9-1.4%, MgO 0.2-0.4%, Na_2O 3.5-3.9%, K_2O 3.4-3.5%). Эти составы хорошо соотносятся по SiO_2 с данными работы по проксимальным пеплам [5], а на бинарной диаграмме SiO_2 - K_2O попадают в диапазон составов стекол интерстициальной массы андезитов вулкана Шивелуч [2].

Микрофотографии, полученные в характеристическом излучении, демонстрируют распределение на поверхности образца 7765-1 калийсодержащих фаз. К таким фазам среди пепловых частиц относится, главным образом, вулканическое стекло. Видно, что чаще всего стеклом сложены наиболее мелкие пепловые частицы (рис. 5), размерность которых не превышает 10 мкм. Возможно, небольшой локальный максимум на диаграмме распределения частиц по размерностям (рис. 1) соответствует именно этой фазе. Таким образом, можно констатировать, что наиболее мелкая фракция исследованных пепловых масс представлена вулканическим стеклом кислого состава.

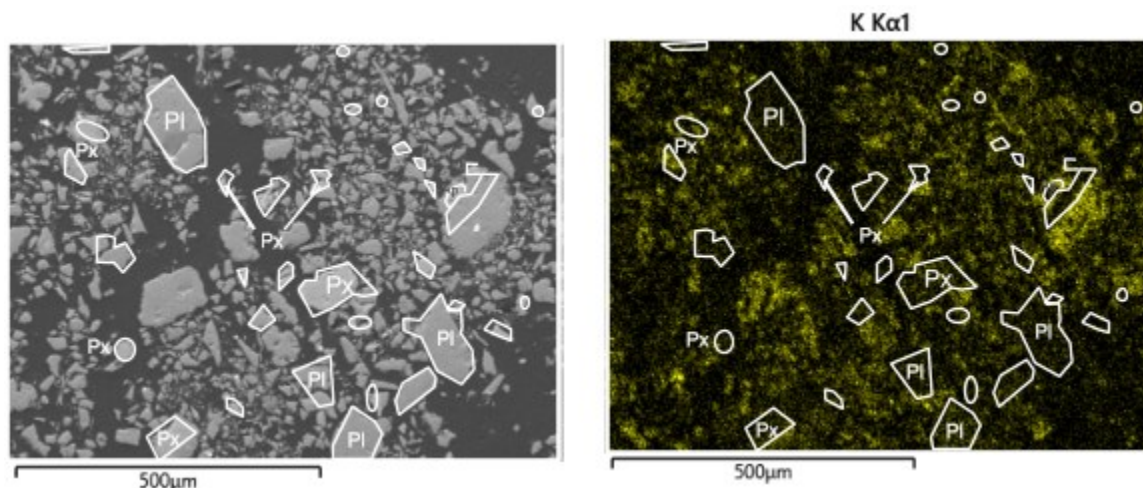


Рис. 5. Фрагмент поверхности шашки пепла извержения 28.08.2019 г. (7765-1) в отраженных электронах и в характеристическом излучении (калий).

Изображения получены на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610LV в программе Oxford Instruments NanoAnalysis, Великобритания, ИГЕМ РАН. Отмечены границы наиболее заметных минеральных выделений.

Объемные показатели пепловых облаков именно этих извержений по анализу спутниковых снимков не представляется возможным из-за крупности пепловых частиц. Так, определение плотности пеплового облака по алгоритму расчета «обратного поглощения» [6], основанный на анализе разности яркостных температур, позволяет учитывать только мелкие частицы пеплов (не более 12 микрон). Облака изученных достаточно крупных извержений содержат значительный объем материала > 50 мкм, что делает их «невидимыми» для спутника.

В то же время, более слабые извержения, пепловые облака которых, вероятно, представлены более легкими частицами меньшей размерности, позволяют получить численные объемные характеристики расхода материала. Пример такого расчета представлен в таблице.

Таблица. Количественные характеристики пепловых облаков некоторых извержений, рассчитанные по алгоритму обратного поглощения по спутниковым снимкам VIIRS (согласно алгоритму [4]).

Дата, время	Максимальная/средняя высота пеплового облака, н.у.м., м.	Дата, время снимка VIIRS Suomi NPP	Общая масса пепла*, т.	σ , т/км ²	Мин./средняя/макс. масса пепла, т/км ²
09.01.2018 22:34 UTC	9268 / 3266	10.01.2018 02:20 UTC	2 017 137	7.90162	0.5100315 / 5.33063 / 183.9203
12.09.2017 23:52 UTC	10000 / 5700	13.09.2017 1:11 UTC	2 333 225	7.901618	0.5100315 / 5.33063 / 183.9203

* – для пикселей лучшего качества верификации

Во время слабых извержений, пепловые облака которых состоят, преимущественно, из частиц размером менее 12 мкм, минимальная масса выброшенного пепла превышает 2 млн тонн. Этот порядок величин соответствует расчетам, проведенным ООО «Планета» при обработке спутниковых снимков [3]. К сожалению, пеплы этих слабых извержений сложно отобрать.

Однако, учитывая состав стекловатых частиц той же размерности более мощных извержений, в т.ч. извержений 2018 и 2019 гг., можно предполагать, что объемы кислого материала могут быть весьма значительны. Таким образом, общий баланс вулканических продуктов вулкана Шивелуч может быть смещен в более кислую область.

Работа выполнена в соответствии с Госзаданием ГЕОХИ РАН № 0137-2019-0014 при финансовой поддержке из средств гранта РФФИ (18-05-00224).

Список литературы

1. *Гирина О.А., Романова И.М., Горбач Н.В., Маневич А.Г., Мельников Д.В.* Эруптивная активность вулканов Камчатки в XXI веке по данным информационных систем KVERT и VOKKIA // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXII Всероссийской научной конференции, посвящённой Дню вулканолога, 28-29 марта 2019 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. С. 63-65.
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. *Филей А.А.* Автоматическое обнаружение вулканического пепла по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 4. С. 63-73.
4. *Pavolonis, Michael, Qi, Hongming, and NOAA JPSS Program Office,* 2017: NOAA JPSS Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Volcanic Ash Detection and Height Environmental Data Record (EDR) from NDE. [indicate subset used]. NOAA National Centers for Environmental Information. doi:10.7289/V5BK19KS.
5. *Portnyagin M.V., Ponomareva V.V., Zelenin E.A. et al.* TephraKam. Geochemical database of glass compositions in tephra and welded tuffs from Kamchatka volcanic arc (NW Pacific), Earth Syst. Sci. Data Discuss, 2019, in review. DOI: 10.5294/essd-2019-202
6. *Prata A.J.* Observation of volcanic ash clouds in the 10-12 micron window using AVHRR/2 Data // Intern. J. Remote Sensing. 1989. V. 10(4-5) P. 751-761.
7. *Shevchenko A.V., Zorn E.U., Walter T.R., Vasilieva M.S.* Morphological changes from the 2018-2019 eruption at Shiveluch volcano, Kamchatka, observed with radar and optical satellite data // TerraSAR-X/TanDEM-X Science Team Meeting. 2019: abstracts. Oberpfaffenhofen, Germany.