

Характерные особенности пепла извержения вулкана Шивелуч в апреле 2023 года
Бабанский А.Д.¹, Толстых М.Л.², Мельников Д.В.³, Кириленко А.С., Овсянников Г.Н.³
Characteristic features of the ash of the Shiveluch volcano eruption in April 2023
Babansky A.D., Tolstykh M.L., Melnikov D.V., Kirilenko A.S., Ovsyannikov G.N.

¹ Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ), г. Москва

² Институт геохимии и аналитической химии им. Вернадского РАН (ГЕОХИ РАН), г. Москва;

e-mail: mashtol@mail.ru

³ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Начато изучение пеплов крупного извержения вулкана Шивелуч, начавшегося 10 апреля 2023 г. Получены данные по валовому и гранулометрическому составу материала, а также по составу минеральных фаз и вулканического стекла. Обнаружены необычные структуры основной массы пепловых частиц.

В ходе крупного извержения вулкана Шивелуч в апреле 2023 г. в виде пепло-газовых облаков и пирокластических потоков были выброшены огромные массы пепла [1]. Образцы пеплов были отобраны в поселке Ключи и районе р. Байдарная, после чего изучались посредством разных аналитических методов. Нашей задачей был поиск уникальных характеристик, отличающих пепел столь крупного извержения от изверженного материала предшествующих событий.

Методы исследования

Гранулометрический анализ пеплов был проведен методом анализа распределения частиц по размерам в суспензиях, эмульсиях и порошках на лазерном анализаторе размеров частиц Microtrac S3500 в ЦКП «Функция и свойства почв и почвенного покрова» Почвенного института им. В.В. Докучаева. Содержание главных петрогенных элементов определялось методом рентгенфлуоресцентного анализа на вакуумном спектрометре последовательного действия (с дисперсией по длине волны), модель Axios mAX производства компании PANalytical в ЦКП «ИГЕМ-аналитика» ИГЕМ РАН; погрешности измерения составили 1-5 % для элементов с концентрациями более 0.5 масс. % и до 12 % для элементов с концентрациями менее 0.5 масс. %. Изучение составов вулканического стекла и минералов, а также фотографирование образцов в отраженных электронах проводилось на микроанализаторе JXA-8200 фирмы JEOL (Япония), оборудованном четырьмя кристалл-дифракционными спектрометрами со сменными кристаллами-анализаторами и энергодисперсионным спектрометром фирмы JEOL (ИГЕМ РАН).

Характеристики пеплов

Гранулометрический состав пеплов из разных точек практически одинаков: в них преобладает фракция <100 мкм; на р. Байдарная она в среднем составляет 86-88 об. %, а в поселке Ключи >90 об. %. Валовые составы пеплов, отобранных на разных расстояниях от центра извержения, также почти не имеют различий. Эти анализы соответствуют андезиту 61-62 масс. % SiO₂, 0.5 % TiO₂, 16 % Al₂O₃, 3 % MgO, 5 % FeO, сумма щелочей 6.5 %. Видимо, в данном случае обычная при воздушном переносе тефры золовая дифференциация не получила отражения в химизме пепла.

Такой состав типичен для современных извержений вулкана Шивелуч [5, 6]. Обычен и минеральный состав: плагиоклаз, кристобалит, амфиболы, орто- и клинопироксены, титаномagnetит, редко – зерна оливина. Однако среди структурных характеристик пеплов последнего извержения имеется ряд особенностей:

1. Обилие свидетельств быстрого смещения равновесия, возможно, связанного с магматическим смешением [4]: резкая обратная зональность плагиоклаза (рис. 1г) или

вкрапленники роговой обманки с широкой реакционной каймой гранулярного типа (рис. 1а), состоящей из агрегата амфибола и титаномагнетита с редкими вростками пироксена (рис. 1б, в).

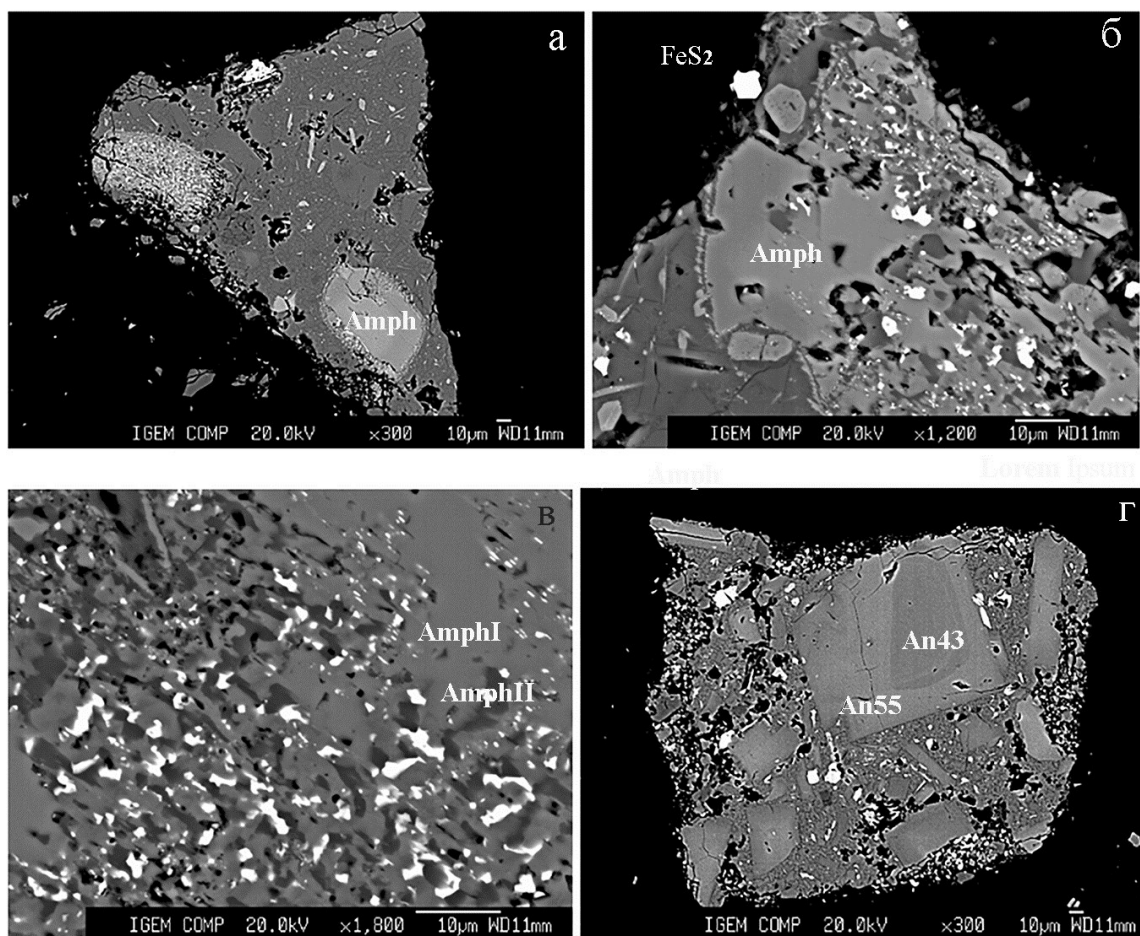


Рис. 1. Фото пепловых частиц в отраженных электронах. а-в – реакционные каймы вокруг зерен амфибола; г – вкрапленник плагиоклаза с обратной зональностью. Amph – амфибол, An – анортит.

2. Наличие частиц, сложенных основной массой породы, с весьма специфической структурой (рис. 2а, б), представляющей из себя мозаику участков практически кварцевого состава (темные прожилки) и состава, вероятно, близкого к плагиоклазу (светлые участки). Ранее таких структур, сходных с эвтектоидными, в основной массе пепловых частиц не отмечалось; наиболее распространена была стекловатая основная масса с микролитами (рис. 2в). К сожалению, состав этих контрастных по составу участков по отдельности определить не удалось в связи с их малыми размерами, однако зондовый анализ площадки при использовании широкого растра дал состав (табл. 1), очень сходный с составом практически гомогенного вулканического стекла, измеренного в других пепловых частицах (рис. 2в, г).

Составы остаточных стекол, которыми представлена значительная часть объема пепла, соответствуют дациту с содержанием SiO_2 75-80 масс. %, Al_2O_3 – 11-12 масс. %, сумма щелочей около 5-7 масс. % (вероятнее всего, такой разброс значений связан с особенностями измерения натрия при малом диаметре пучка микрозонда). Стекла пеплов извержений 2005, 2008, 2018, 2019 гг. имеют тот же состав [5]. Незначительное отличие наблюдается только у стекол извержения 17.11.2014 г., для которых средний состав чуть более обогащен кремнеземом (усредненное значение SiO_2 81 масс. %).

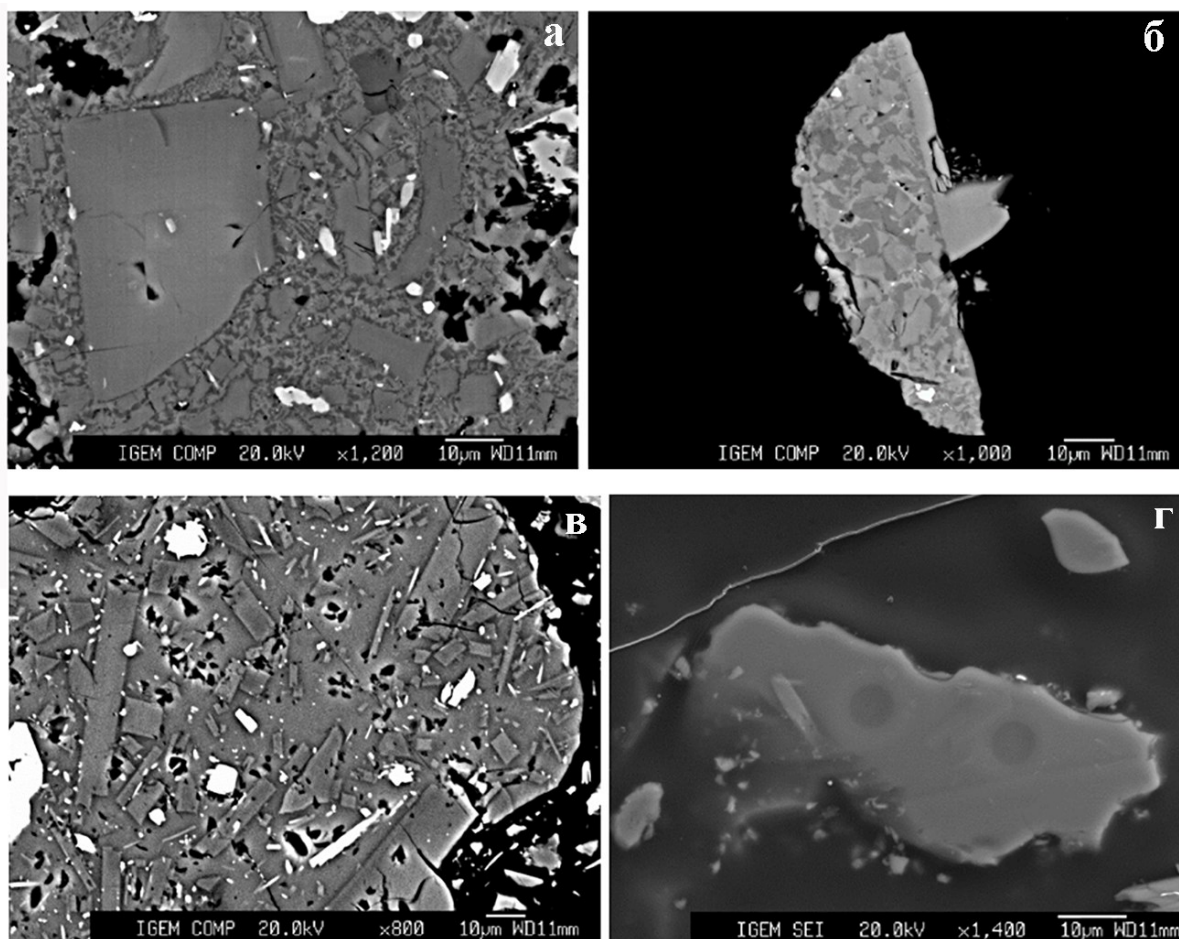


Рис. 2. Фото основной массы пепловых частиц в отраженных электронах. а, б – срастания фаз в основной массе (извержение 2023 г.); в – типичная структура основной массы с микролитами в частицах пепла вулкана Шивелуч (извержение 2005 г.); г – частицы практически гомогенного стекла (извержение 2023 г.)

Таблица 1. Представительные анализы вулканических стекол

№	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	75.96	77.83	77.78	75.32	78.29	75.94
TiO ₂	0.29	0.20	0.28	0.24	0.45	0.24
Al ₂ O ₃	11.47	11.13	10.91	12.16	11.32	11.24
FeO	0.71	0.75	0.78	0.85	1.04	0.49
MnO	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01
MgO	0.02	0.07	0.07	0.13	0.32	0.12
CaO	0.60	0.41	0.36	0.75	0.50	0.96
Na ₂ O	3.98	2.37	2.85	3.93	3.27	3.96
K ₂ O	3.26	3.10	3.39	3.16	3.58	2.72
P ₂ O ₅	0.14	0.22	0.20	0.18	0.25	0.20
Cl	0.08	0.06	0.09	0.06	0.05	0.01
Сумма	97.50	98.13	99.72	100.80	99.08	100.17

Примечание. 1-5 – участки стекла основной массы, 6 – снятый растром 10×10 участок полифазного агрегата основной массы (рис. 2 а, б).

Минералы в пеплах извержения 2023 г. также весьма схожи по составам с ранее встречавшимися в тefре и лавах этого вулкана [2, 3], за исключением фазы, присутствующей в кайме обрастания по амфиболу (табл. 2, № 4). Изучение этой фазы (вероятно, амфибола щелочного ряда) требует дополнительных исследований, поскольку пока получено слишком мало анализов.

Таблица 2. Представительные анализы минералов пеплов Шивелуча

№	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	54.12	49.25	44.54	50.97	59.97	54.62	59.75
TiO ₂	0.77	0.42	1.36	0.56	0.04	0.01	0.02
Al ₂ O ₃	1.31	1.63	8.81	18.53	24.89	28.22	24.85
FeO	16.30	6.19	13.91	4.40	0.61	0.57	0.42
MnO	1.05	0.25	0.42	0.10	0.00	0.00	0.00
MgO	23.67	14.16	13.47	4.52	0.02	0.02	0.00
CaO	1.29	20.96	11.01	10.38	7.45	11.18	7.17
Na ₂ O	0.14	0.38	2.62	4.69	6.51	4.83	6.93
K ₂ O	1.03	0.01	0.54	0.91	0.61	0.32	0.49
Сумма	99.69	93.25	96.66	95.07	100.10	99.76	99.63

Примечание. 1, 2 – орто- и клинопироксен мелкозернистых зерен; 3 – амфибол, ядро зерна; 4 – амфибол (?) каймы распада (AmphI и AmphII на рис. 1в, соответственно); 5-7 – плагиоклазы.

Итак, главные характеристики пеплов извержения вулканов Шивелуч в апреле 2023 г., крупнейшего за последние годы, пока малоотличимы от показателей менее интенсивных выбросов (андезитовый состав пеплов, риодацитовый-риолитовый состав вулканического стекла, состав и соотношения вкрапленников). Необычными оказались структуры основной массы в некоторых пепловых частицах, а также специфический состав опацитовых кайм, развившихся по амфиболу на контакте с неравновесным расплавом, и этот своеобразный материал нуждается в дальнейшем изучении.

Работа выполнена в соответствии с Госзаданием ИГЕМ РАН, ГЕОХИ РАН и ИВиС ДВО РАН.

Список литературы

1. *Гирин О.А., Лупян Е.А., Хорват А. и др.* Анализ развития пароксизмального извержения вулкана Шивелуч 10-13 апреля 2023 года на основе данных различных спутниковых систем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 2. С. 283-291. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2023-20-2-283-291>
2. *Горбач Н.В., Гавриленко М.Г., Философова Т.М.* Химический и минеральный составы продуктов извержения вулкана Молодой Шивелуч в сентябре 2016 г. // Материалы XX региональной научной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвященной Дню вулканолога, 30-31 марта 2017 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2017. С. 26-29.
3. *Горбач Н.В., Портнягин М.В.* Геологическое строение и петрология лавового комплекса вулкана Молодой Шивелуч // Петрология. 2011. Т. 19. № 2. С. 140-172.
4. *Плечов П.Ю., Цай А.Е., Щербаков В.Д., Дирксен О.В.* Роговые обманки андезитов извержения 30 марта 1956 года вулкана Безымянного и условия их «опацинизации» // Петрология. 2007. Т. 16. № 1. С. 21-37.
5. *Толстых М.Л., Бабанский А.Д., Горбач Н.В., Мельников Д.В.* Характеристики пеплов вулкана Шивелуч извержений декабря 2018 г. и августа 2019 г. // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXIII ежегодной научной конференции, посвященной Дню вулканолога, 2020 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2020. С. 56-59.
6. *Portnyagin M.V., Ponomareva V.V., Zelenin E.A. et al.* TephraKam: Geochemical database of glass composition in tephra and welded tuffs from the Kamchatka volcanic arc (NW Pacific) // Earth Syst. Sci. Data Discuss. 2019. V. 12. № 1. P. 469-486. <https://doi.org/10.5194/essd-12-469-2020>