

Опыт применения квадрокоптера Mavic 2 PRO для изучения побочного извержения им. Г.С. Горшкова на вулкане Ключевской в феврале-марте 2021 г.

Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В., Цветков В.А.

The experience of using the quadcopter Mavic 2 PRO to study the flank eruption named after Gorshkov on the Klyuchevskoy volcano in February-March 2021

Zharinov N.A., Demyanchuk Yu.V., Tsvetkov V.A.

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

e-mail: nzhar@kscnet.ru

Приводятся сведения о побочном извержении им. Г.С. Горшкова на вулкане Ключевской в феврале-марте 2021 г., полученные с применением квадрокоптера Mavic 2 PRO.

Введение

Крупнейший базальтовый вулкан Камчатки – Ключевской (56.1°с.ш., 160.6°в.д.) характеризуется вершинными и побочными извержениями на его склонах (рис. 1). Можно выделить определенные циклы в извержениях вулкана. Побочные прорывы поднимались с высоты 450 м в 1932 г. до высоты 4200 м в 1989 г. [2]. Затем в течение 26 лет с 1990 г. по 2016 г. на вулкане происходили только вершинные извержения. В ходе вершинного извержения 2016 г. в восточном Апахончичском желобе произошел обвал, и вслед за ним на отметке 4600 м началось субтерминальное побочное извержение им. Е.К. Мархина. В дальнейшем активность продолжилась вершинными извержениями с 11.11.2019 г. по 03.06.2020 г. и с 02.10.2020 г. по 08.02.2021 г. 20 февраля 2021 г., через 10 дней после завершения вершинного извержения вулкана Ключевской, началось новое побочное извержение, названное позже им. Г.С. Горшкова. С 2016 г. в активности вулкана вновь произошла перестройка, одновременно с вершинными извержениями в 2016 и 2021 гг. снова происходят побочные прорывы.



Рис. 1. Вид с севера из пос. Ключи на вулкан Ключевской и побочный прорыв им. Г.С. Горшкова, 03.02.2021 г. Фото Демянчука Ю.В.

Побочный прорыв им. Г.С. Горшкова

Побочный прорыв начался на СЗ склоне вулкана в Крестовском желобе на отметке 2900 м [1]. В первые дни лава поступала из двух центров, расположенных в полукилометре друг от друга. Основные события происходили в верхнем центре. В нижнем центре лава вышла на поверхность и через некоторое время застыла, и больше активности там не наблюдалось.

Верхний центр получил название Прорыв имени Г.С. Горшкова. Он проработал 30 дней, после чего извержение закончилось. С первых дней работы прорыва начал расти шлаковый конус. Максимальная высота конуса была близка 50 м (рис. 2). В кратере происходили выбросы лавы с частотой до 50 в минуту. У подножья шлакового конуса образовалась бокка, из которой изливалась лава.

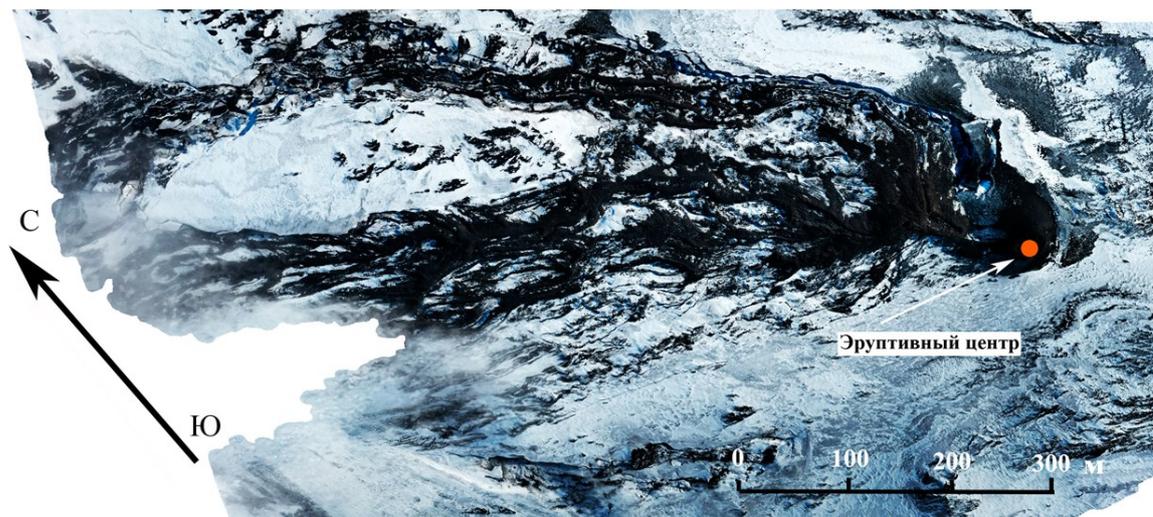


Рис. 2. Цифровая модель побочного прорыва им. Г.С. Горшкова. Съемка Цветкова В.А. 23 апреля 2021 г.

Лавовый поток распространился в 3-СЗ направлении, где достиг ледника Эрмана и углубился в него. Поток лавы протаял ледник на глубину более 10 м., что вызвало образование глубоких трещин и обвалов больших блоков фирна и льда. На рис. 3 показан разрез ледника, где просматривается слоистая структура с отложениями в нем материала множества предыдущих извержений вулкана Ключевской. Хорошо видно, что активность вулкана Ключевской чередовалась с длительными периодами покоя.

Таяние снега и льда вызвало небольшие грязевые потоки по р. Крутенький. 23 февраля, через три дня после начала извержения, фронт грязевого потока появился в 30 км от прорыва и в 6 км восточнее п. Ключи. Следует отметить, что в верхней части ледника Эрмана грязевой поток не наблюдался. Скорее всего, лахар прошел под ледником и вышел на поверхность только в нижней его части.

Выполнение аэрофотосъемки с помощью квадрокоптера Mavic 2 PRO

Для получения количественной оценки происходящих на земной поверхности изменений в 2021 г. были начаты работы по выполнению аэрофотосъемки с помощью квадрокоптера. В программу работ входила полевая съемка (фотографирование земной поверхности в интересующем месте, на определенной площади, с заданной высоты) и последующая камеральная обработка полученных материалов. Создавалась так называемая цифровая модель местности, которая позволяет получать все необходимые данные для оценки произошедших изменений (линейный размер любой интересующей области, высоту и координаты любой точки земной поверхности). При дальнейшей обработке существует возможность подсчета объемов изверженных продуктов.

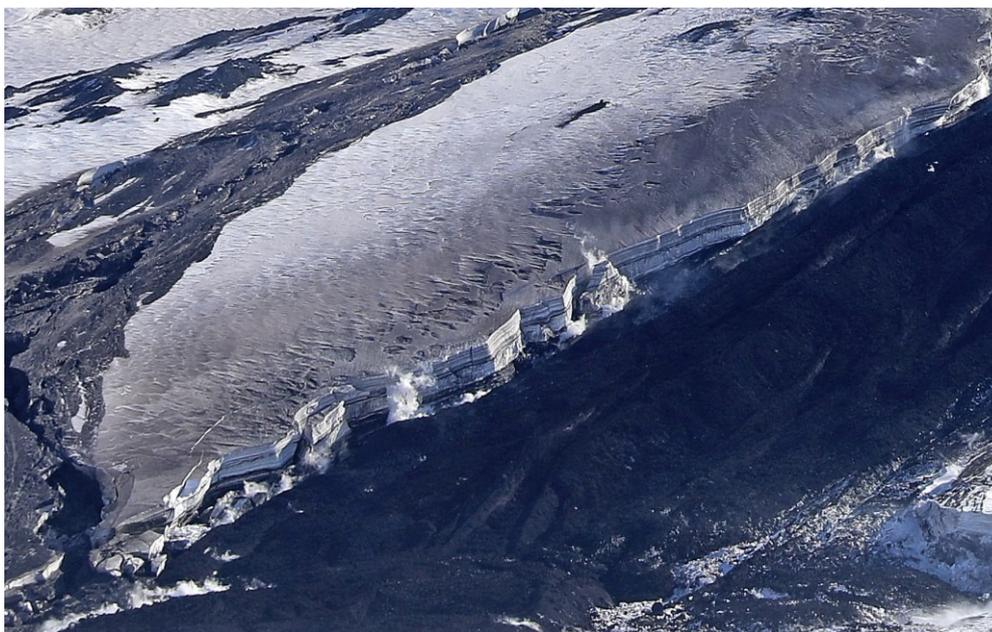


Рис. 3. Лавовый поток побочного прорыва им. Г.С. Горшкова 23.04.2021 г. На разрезе ледника Эрмана слева от потока видны темные слои от предыдущих извержений вулкана Ключевской. Фото Демянчука Ю.В.

Аэрофотосъемка прорыва им. Г.С. Горшкова на вулкане Ключевской с использованием квадрокоптера Mavic 2 Pro была выполнена 23 апреля 2021 г. Для съемки применили квадрокоптер со следующими техническими характеристиками:

Камера Mavic 2 Pro

Матрица: Матрица 1" CMOS

Число эффективных пикселей: 20 миллионов

Объектив: FOV: около 77°

28 мм (эквивалент формата 35 мм)

Диафрагма: f/2.8–f/11

Диапазон ISO: Видео: 100-6400

Выдержка: Скорость электронного затвора: 8-1/8000 с

Макс. размер изображения: 5472×3648

Разрешение видео: 4K: 3840×2160 24/25/30p

2.7K: 2688×1512 24/25/30/48/50/60p

FHD: 1920×1080 24/25/30/48/50/60/120p

Фотоформаты: JPEG / DNG (RAW)

Видеоформаты: MP4 / MOV (MPEG-4 AVC/H.264, HEVC/H.265)

Летательный аппарат

Взлетная масса Mavic 2 Pro: 907 г

Макс. время полета (в штиль): 31 минут (при скорости 25 км/ч)

Макс. время зависания (в штиль): 29 минут

Макс. расстояние полета (в штиль): 18 км (при скорости 50 км/ч)

Макс. допустимая скорость ветра: 29-38 км/ч

Диапазон рабочих температур: -10°...+40 °С

GNSS: GPS+ГЛОНАСС

Точность позиционирования

В вертикальной плоскости: +/-0.5 м (позиционирование по спутникам)

В горизонтальной плоскости: +/-1.5 м (позиционирование по спутникам)

Объем внутренней памяти: 8 Гбайт

Существенное влияние на время работы квадрокоптера оказывает температура внешнего воздуха. Поэтому в зимних условиях необходимо использовать специальные аккумуляторы с подогревом. При съемке больших площадей необходимо разбивать их на части. Используя несколько аккумуляторов, можно выполнять съемку большого участка по частям. Ограничение высоты полета в 500 м над точкой пуска требует максимального приближения к объекту съемки.

Съемка была привязана к опознакам, координаты которых получены с помощью GPS-измерений спутниковыми геодезическими приемниками Topcon. Затем была построена цифровая модель прорыва. Общая протяженность лавового потока прорыва составила порядка 1350-1400 м. Средняя ширина лавового потока – 300 м. Максимальная отметка на шлаковом конусе на дату съемки (23 апреля 2021 г.) составила 2909 м, средняя высота конуса – 35 м. По результатам выполненной аэрофотосъемки были получены также данные о втором центре выхода лавы. Вторым центром прорыва находился в 500 м на юго-запад от шлакового конуса им. Г.С. Горшкова. Через неделю после образования этого центра извержение в нем закончилось. Протяженность трещины прорыва второго центра была близка 230 м, отметка верхней кромки трещины 2744 м. Применяя цифровую модель, были определены объемы шлакового конуса и получены предварительные оценки объема лавового потока прорыва Горшкова: V конуса – 0.00014 км³, V потока – 0.00515 км³.

Выводы

Побочный прорыв им. Г.С. Горшкова происходил с 20 февраля по 20 марта 2021 г. на высоте 2900 м. Несмотря на относительно большую высоту эруптивного центра побочного прорыва, по условиям местности в это время года до места извержения можно было добраться на снегоходах. Это позволило выполнить аэросъемку через месяц после окончания извержения. При этом стоимость выполненных работ была на порядок ниже, чем в случае выполнения аэросъемки с применением самолета или вертолета. Это показывает на перспективность применения квадрокоптеров для изучения вулканических объектов в дальнейшем.

Список литературы

1. *Озеров А.Ю., Гирина О.А., Мельников Д.В. и др.* Вулкан Ключевской: новый побочный прорыв им. Г.С. Горшкова, 2021 г. (п-ов Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2021. № 1. Вып. 49. С. 5-9. DOI: 10.31431/1816-5524-2021-1-49-5-9
2. *Федотов С.А.* Вулкан Ключевской (Камчатка): деятельность, магматическая питающая система, сейсмоотография. В кн.: С.А. Федотов, Н.А. Жаринов, Л.И. Гонтовая, А.Л. Собисевич Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы: в 8 т. Т. 2. М.: ИГЕМ РАН, 2008. С. 273-294.