

© Авторы 2022 г. Открытый доступ.
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Authors 2022. Open access.
Content is available under Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 551.21

<https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.195-205>
<https://www.elibrary.ru/dxcfhz>

Активность вулканов Курильских островов в 2020–2021 гг.

А. В. Дегтерев*, М. В. Чибисова

*E-mail: d_a88@mail.ru

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

Реферат. Приводятся данные по вулканической активности на Курильских островах в течение 2020–2021 гг. На основе спутниковых данных и результатов визуальных наблюдений охарактеризована активность вулканов Эбеко (о. Парамушир), Чиринкотан (о. Чиринкотан) и Пик Сарычева (о. Матуа). В 2020–2021 гг. на влк. Эбеко продолжилось слабое (до умеренного) эксплозивное извержение (VEI 1-2), начавшееся осенью 2016 г. На протяжении рассматриваемого периода было зафиксировано не менее 1169 выбросов на высоту 1.5–3 (до 5) км н.у.м. В интервале с мая по июль отмечено резкое усиление эксплозивной деятельности вулкана, за это время произошло более половины от общего числа взрывов: 2020 г. – 298 из 558, 2021 г. – 344 из 611. В г. Северо-Курильск периодически отмечались пеплопады различной интенсивности. В декабре 2021 г. активная фаза извержения закончилась, произошло лишь 2 слабых выброса. На влк. Чиринкотан в период с 8 по 23 августа 2021 г. имело место умеренное (VEI 2) эксплозивное извержение. Зафиксировано не менее 12 вулканических взрывов на высоту от 1.5 до 4.5 км н.у.м. На влк. Пик Сарычева с декабря 2020 по февраль 2021 г. имело место эффузивное извержение: кратер заполнялся лавой, после чего произошло ее излияние по северо-западному склону постройки. В 2021 г. наблюдались проявления нескольких эпизодов эксплозивного характера: 29 июня, 1 июля, 6 августа и 26 ноября 2021 г. зафиксированы единичные, относительно слабые выбросы на высоту около 2.2–3 км н.у.м. (VEI 2).

Ключевые слова: Курильские острова, вулкан, извержение, вулканический пепел, спутниковые снимки, данные дистанционного зондирования

Volcanic activity of the Kuril Islands in 2020–2021

Artem V. Degterev*, Marina V. Chibisova

*E-mail: d_a88@mail.ru

Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. The data on volcanic activity in the Kuril Islands during 2020–2021 are presented. The activity of Ebeko (Paramushir Island), Chirinkotan (Chirinkotan Island) and Sarychev Peak (Matua Island) volcanoes is characterized on the basis of satellite data and results of visual observations. In 2020–2021 a weak (to moderate) explosive eruption (VEI 1-2), which has begun in autumn 2016, continued on Ebeko volcano. During the period under review, at least 1169 emissions were recorded at a height of 1.5–3 (up to 5) km a.s.l. In the interval from May till July, a sharp increase in the explosive activity of the volcano was noted, during this time more than half of the total number of explosions occurred: 2020 – 298 out of 558, 2021 – 344 out of 611. The ashfalls of varying intensity were periodically observed in Severo-Kurilsk. The active phase of the eruption has ended in December 2021, only 2 weak explosions occurred. A moderate (VEI 2) explosive eruption took place on Chirinkotan volcano from August 8 to August 23, 2021. At least 12 volcanic explosions were recorded at a height of 1.5 to 4.5 km a.s.l. An effusive eruption was observed on the Sarychev Peak volcano from December 2020 till February 2021: the crater was filled with lava, after which it erupted along the northeastern slope of the edifice. In 2021, the activity of the volcano was characterized by manifestations of several episodes of an explosive nature: on June 29, July 1, August 6, and November 26, single, relatively weak ejections to a height of about 2.2–3 km a.s.l. were recorded (VEI 2).

Keywords: Kuril Islands, volcano, eruption, volcanic ash, satellite images, remote sensing data

Для цитирования: Дегтерев А.В., Чибисова М.В. Активность вулканов Курильских островов в 2020–2021 гг. *Геосистемы переходных зон*, 2022, т. 6, № 3, с. 195–205. <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.195-205>; <https://www.elibrary.ru/dxcfhz>

For citation: Degterev A.V., Chibisova M.V. Volcanic activity of the Kuril Islands in 2020–2021. *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2022, vol. 6, no. 3, pp. 195–205. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.195-205>; <https://www.elibrary.ru/dxcfhz>

Благодарности и финансирование

Авторы признательны участникам российско-белорусской экспедиции, выполнявшим работы на Курильских островах в рамках составной части НИР «Интеграция-СГ-3.2.5.1», за предоставленные сведения об активности вулканов Чиринкотан и Пик Сарычева в 2021 г.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР лаборатории вулканологии и вулcanoопасности ИМГиГ ДВО РАН (№ 121030100168-3; рук. А.В. Дегтерев), а также при поддержке гранта Президента РФ «Современные газогеохимические особенности газогидротермальных систем, грязевых вулканов, термальных и минеральных источников острова Сахалин, их связь с сейсмичностью и формированием газоопасных зон заселенных территорий», 2021–2022 гг. (рук. Н.С. Сырбу, Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН им. В.И. Ильичева).

Введение

Курильские острова, входящие в состав Сахалинской области РФ, являются ареной проявления современного активного вулканизма – здесь расположено 36 действующих вулканов (рис. 1), с которыми за историческое время (последние ~270 лет) связано не менее 136 различных по силе и типу проявлений вулканической активности [1–3], из них 38 имели место

Acknowledgements and funding

The authors are grateful to the participants of the Russian-Belarusian expedition, who performed the work on the Kuril Islands as part of the research scientific work «Integration-SG-3.2.5.1» for providing information about the activity of the Chirinkotan and Sarychev Peak volcanoes in 2021.

The work was performed in accordance with the research plan of the Laboratory of volcanology and volcanic hazard, IMGG FEB RAS (no. 121030100168-3; headed by A.V. Degterev), as well as with the support of the Russian Presidential grant «Modern gas-geochemical features of gas hydrothermal systems, mud volcanoes, thermal and mineral springs of Sakhalin Island, their relation to seismicity and formation of gas hazardous zones of the populated territories», 2021–2022. (headed by N.S. Syrbu, V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS).

в текущем столетии [4]. Некоторые извержения приводили к негативным последствиям, включая человеческие жертвы (вулканы Райкоке (о. Райкоке, 1778 г.), Синарка (о. Шиашкотан, 1872), Пик Севергина (о. Харимкотан, 1933) [1]). Вулканическая деятельность оказывает неблагоприятное воздействие на качество жизни населения, проживающего на островах (регулярные пеплопады и газовые эманации в г. Северо-Курильск, связанные с активностью влк. Эбеко, о. Парамушир).

В настоящее время на островах Кунашир, Итуруп (Южные Курилы) и Парамушир (Северные Курилы) проживает постоянное гражданское население ~23 тыс. человек, регулярно прибывают сезонные работники и туристы. Активно функционируют объекты инфраструктуры (морские порты, аэропорты) и производства (главным образом предприятия рыбопромышленного комплекса); создана территория опережающего развития, подразумевающая интенсификацию развития рыбной и туристической отрасли [<https://erdc.ru/tors/kurily.html>]. Количество туристов в последние годы резко выросло из-за интенсификации внутреннего туризма в 2021–2022 гг. (при этом действующие вулканы и их окрестности являются популярными местами посещения).

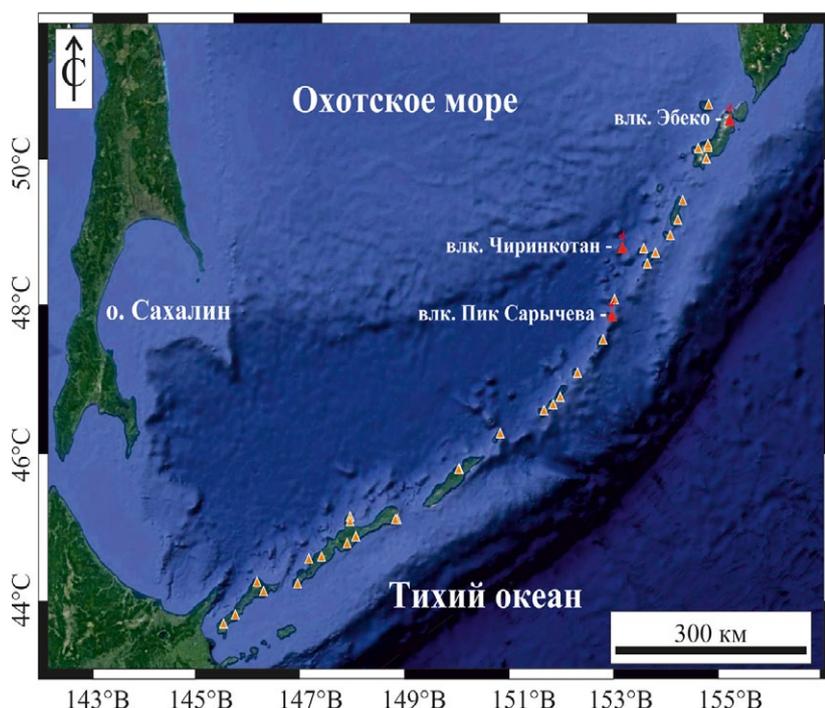


Рис. 1. Географическое положение вулканов Эбеко (о. Парамушир), Чиринкотан (о. Чиринкотан) и Пик Сарычева (о. Матуа) в системе Курильской островной дуги. Красными треугольниками отмечены действующие вулканы.

Fig. 1. Geographical position of the volcanoes Ebeko (Paramushir Island), Chirinkotan (Chirinkotan Island), and Sarychev Peak (Matua Island) in the system of the Kuril Island Arc. Red triangles mark the active volcanoes.

Кроме того, вдоль Курильской островной гряды проложено большое количество международных и региональных авиатрасс, характеризующихся постоянной загруженностью трафика (<https://www.flightradar24.com/46.73,150.95/6#>). А вулканический пепел, выбрасываемый при эксплозивных извержениях, как известно, представляет серьезную опасность для авиатранспорта.

Для своевременного обнаружения активизации вулканической деятельности на островах и последующего оповещения населения и административных структур необходим постоянный оперативный мониторинг вулканической активности. С 2003 г. такой мониторинг на Курильских островах осуществляет Сахалинская группа реагирования на вулканические извержения (Sakhalin Volcanic Eruption Response Team, SVERT), созданная на базе лаборатории вулканологии и вулканопасности Института морской геологии и геофизики ДВО РАН. В целях предупреждения опасности и минимизации возможного риска, связанного с вулканическими извержениями, SVERT анализирует все доступные данные о состоянии действующих вулканов Курильских островов, на основе которых создаются ежедневные и еженедельные информационные отчеты на сайте ИМГиГ ДВО РАН. Они рассылаются во все заинтересованные организации (ГУ МЧС России по Сахалинской области, VAAC Токио).

В 2020–2021 гг. на Курильских островах активность проявляли вулканы Эбеко (о. Парамушир), Чиринкотан (о. Чиринкотан) и Пик Сарычева (о. Матуа) (рис. 1). Мониторинг вулканической активности основывался на спутниковых данных, поставляемых лабораторией дистанционного зондирования Земли (СахГУ, г. Южно-Сахалинск), а также данных информационных систем «ВЕГА-Science» [5] и «Дистанционный мониторинг вулканов Камчатки и Курил» VolSatView [6, 7]. Для выявления термальных аномалий и пепловых облаков использовались возможности сервисов MOUNTS (<http://www.mounts-project.com/home>; [8]) и MIROVA (<http://www.mirovaweb.it/>). Данные этих информационных систем позволяют изучать динамику извержений – отслеживать перемещение пепловых облаков и шлейфов, определять их площадь, направление и высоту. Использо-

вались главным образом снимки среднего и низкого разрешения: NOAA-18/19 (AVHRR/POES), Terra/Aqua (MODIS), SuomiNPP и JPSS-1 (VIIRS) и Himawari-8. По разности инфракрасных каналов 10–12 мкм (4–5 каналы AVHRR, 31–32 каналы MODIS, 14–15 каналы Himawari-8, VIIRS) хорошо фиксируются пепловые шлейфы и эруптивные облака.

Активность влк. Эбеко на о. Парамушир отслеживали преимущественно при помощи камеры видеонаблюдения AXIS (0526-001), установленной в октябре 2017 г. на территории г. Северо-Курильск Камчатским филиалом ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» совместно с ИМГиГ ДВО РАН. Изображения с камеры обновляются каждые 2 мин, позволяя при благоприятных погодных условиях осуществлять оперативный мониторинг вулканической активности с высокой степенью детальности. Спутниковые данные, как показала практика, малопригодны для отслеживания эксплозий влк. Эбеко ввиду кратковременности выбросов, их относительно небольшой высоты и неблагоприятных погодных условий.

Дополнительно, после проверки и подтверждения, привлекались сведения из СМИ, полученные случайными очевидцами – туристами, местными жителями и др. (фото- и видеоматериалы, описательные данные).

Активность вулканов Эбеко, Чиринкотан, Пик Сарычева в 2020–2021 гг.

Вулкан Эбеко (абс. выс. 1156 м), расположенный в хр. Вернадского, трассирующем северную часть о. Парамушир (Северные Курильские о-ва) (рис. 1), по частоте и продолжительности извержений является наиболее активным вулканом на Курильских островах. Для него характерны продолжительные (до нескольких лет) периоды эксплозивной активности, состоящие из регулярных относительно слабых вулканических взрывов на высоту до 2–3, реже до 5–6 км н.у.м. В среднем за месяц может наблюдаться порядка 40–70 таких эксплозий (от 5–10 до 100 и более, по данным наблюдений за период 2018–2021 гг.) (рис. 2). В историческое время извержения влк. Эбеко происходили в 1793, 1833–1834, 1859, 1934–1935, 1963, 1965, 1967–1971, 1987–1991, 2009, 2010–2011 гг. [1, 9, 10], механизмы их варьировали

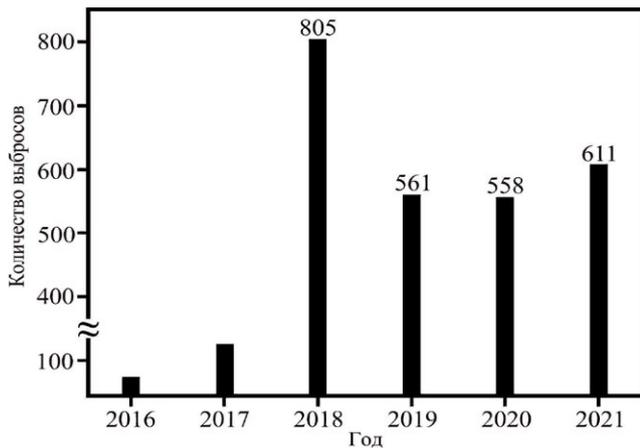


Рис. 2. Распределение количества выбросов на вулкане Эбеко с 2016 по 2021 г.

Fig. 2. Distribution of the emission amount at Ebeko volcano from 2016 till 2021.

от чисто фреатических до фреато-магматических и магматических [11].

В 7 км к востоку от влк. Эбеко расположен г. Северо-Курильск с численностью населения 2691 чел. (по состоянию на 01.01.2021 г.), что делает мониторинг его активности важной практической задачей: извержение вулкана нередко сопровождается пеплопадами и выделением вулканических газов, кроме того, существует вероятность схода грязекаменных потоков – лахаров [12].

В октябре 2016 г. начался очередной период эксплозивной активности влк. Эбеко, продолжающийся вплоть до декабря 2021 г., в форме регулярных пепло-газовых выбросов умеренной силы [13–16]. Высота выбросов составляла 1–3 (до 5.5) км н.у.м., а протяженность пепловых шлейфов, как правило, не превышала 5–10 км [14, 15]. Состав изверженных пород соответствовал андезитам (преобладают) и андезибазальтам высококаалиевой серии [11]. В окрестностях Северо-Курильска неоднократно наблюдались пеплопады и регистрировалось превышение предельно допустимых концентраций SO_2 и H_2S [16].

На протяжении всего времени группа SVERT осуществляла оперативный мониторинг активности влк. Эбеко, используя спутниковые и опросные данные, а с октября 2017 г. – результаты видеонаблюдения. Статистика по количеству зарегистрированных выбросов представлена на рис. 2: в 2016 г. их было отмечено около 45, в 2017 г. 120, в 2018 г. их количество

резко возросло – до 805, что связано с началом использования данных с камеры видеонаблюдения, которая позволила осуществлять мониторинг эксплозивной активности влк. Эбеко непрерывно (определенные ограничения накладывали лишь погодные условия и темное время суток, тем не менее детальность наблюдений стала на порядок выше). Более подробно детали активности вулкана в 2016–2019 гг. рассмотрены в [13, 15].

В 2020–2021 гг. характер эруптивной деятельности влк. Эбеко принципиально не изменился: происходили частые пепло-газовые выбросы (рис. 3, 4) фреатической природы из жерл, локализованных в Новом Северном кратере (кратер Корбута) [15, 17].

В 2020 г. за год камерой видеонаблюдения было зафиксировано 558 выбросов (в светлое время суток, при отсутствии облачности и тумана) на высоту от 1.5 до 5 км н.у.м., из них 226 – на высоту 3 км н.у.м. и более. Пепловые шлейфы имели протяженность 5–10 км и были направлены главным образом на юг, юго-восток, северо-восток и север [18].

В период с мая по июль наблюдалась фаза повышенной эксплозивной активности вулкана, выражавшаяся в увеличении количества

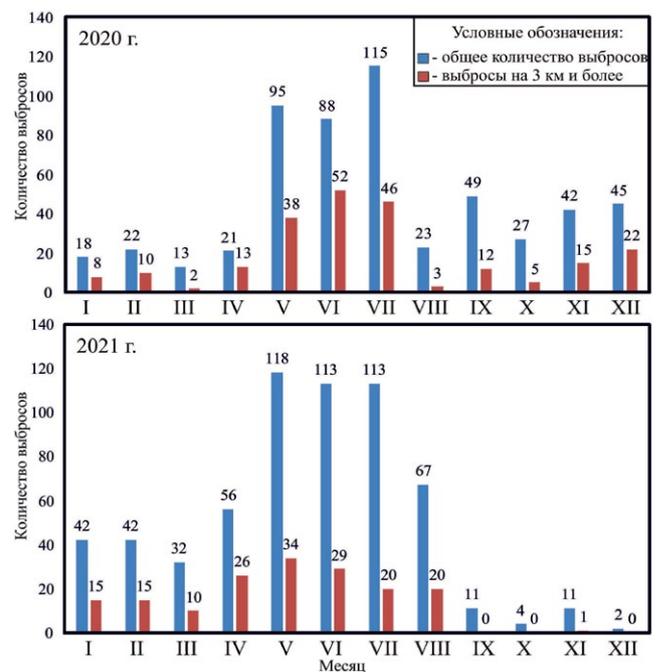


Рис. 3. Распределение по месяцам общего количества выбросов и выбросов выше 3 км н.у.м на вулкане Эбеко в 2020 и 2021 гг.

Fig. 3. Monthly distribution of total emissions and emissions above 3 km a.s.l. at Ebeko volcano in 2020 and 2021.

выбросов и их высоты. Следует отметить, что в работе [17] на основе изучения напряженности электрического поля атмосферы в районе вулкана и визуальных данных был сделан аналогичный вывод об активизации вулкана начиная с конца апреля 2020 г. За это время произошло более половины от общего числа зарегистри-

рованных взрывов: 298 из 558 (53.41 %) (при этом 136 событий (45.64 %) были на высоту 3 км и более). Наиболее четко активизация проявилась в распределении выбросов на высоту более 3 км н.у.м.: в апреле было зарегистрировано 21 такое событие, а в мае их количество возросло до 95, увеличившись более чем

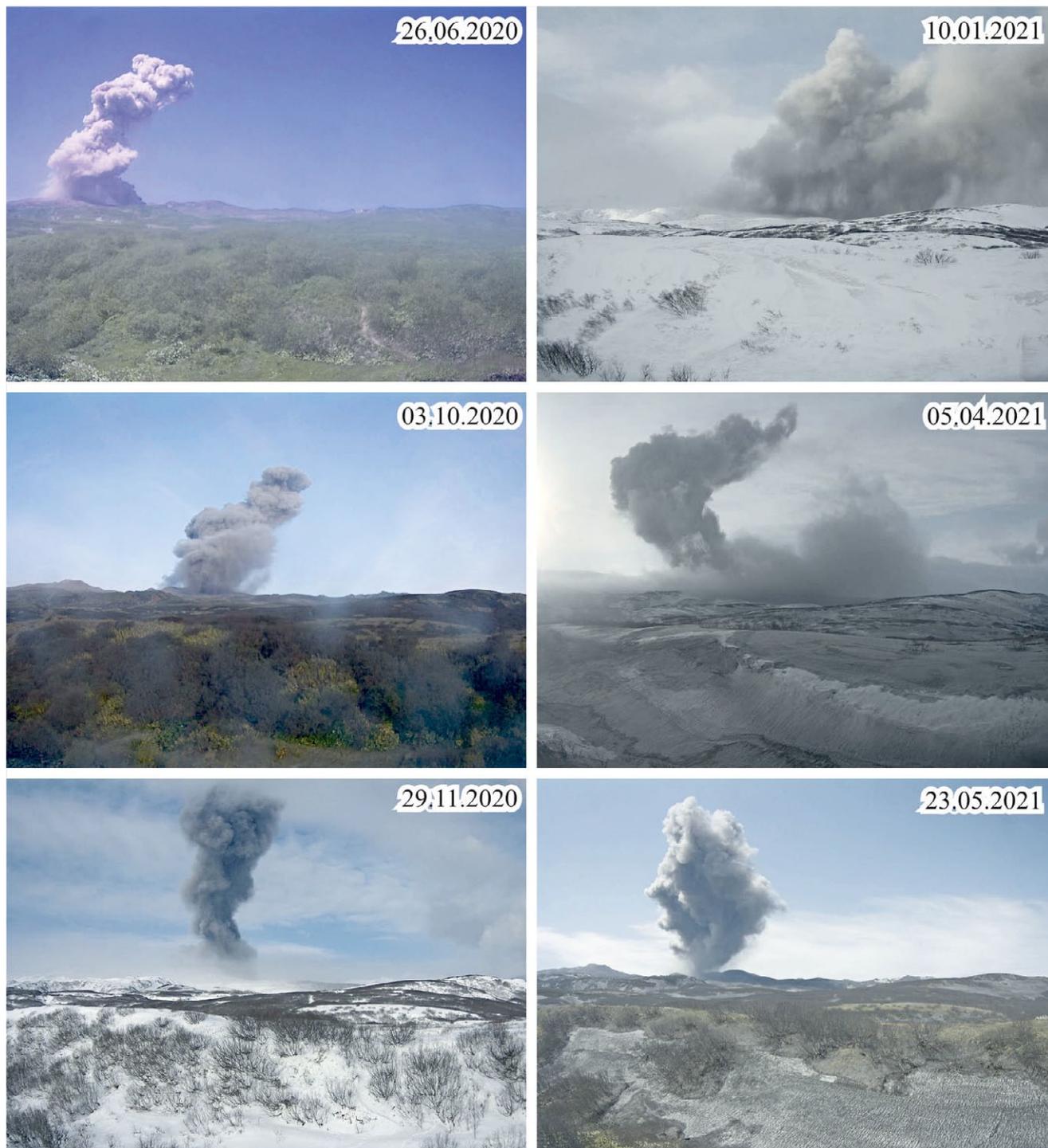


Рис. 4. Эксплозивная активность вулкана Эбеко в 2020–2021 гг. Фото с камеры видеонаблюдения.

Fig. 4. Explosive activity of Ebeko volcano in 2020–2021. Photo from a surveillance camera

в 4.5 раза (рис. 3). Далее на протяжении 3 мес. сохранялась максимальная за рассматриваемый период частота эксплозий: в среднем не менее 3 выбросов в день, один из которых на высоту 3 км и более (рис. 3). В июле было зафиксировано 115 взрывов, что стало максимальным значением для 2020 г.

В 2021 г. Эбеко продолжил работу в прежнем режиме, суммарно за год было зафиксировано 611 выбросов на высоту от 1.5 до 5 км н.у.м., из них 170 – на высоту 3 км и более (рис. 5). С мая по август, как и в предыдущем году, отмечалось существенное повышение активности вулкана (зафиксировано 344 события из 611 в 2021 г. (56.3 %)): в мае по сравнению с апрелем количество эксплозий выросло более чем в 2 раза (с 56 до 118) (рекордное значение за период 2018–2021 гг. было зарегистрировано в сентябре 2018 г. – 133 события).

Сравнивая между собой периоды повышенной активности влк. Эбеко за 2020

и 2021 гг., следует отметить их некоторые различия. В 2021 г. общее количество выбросов было заметно выше (май – 118, июнь – 113, июль – 113), чем в 2020 (май – 95, июнь – 88, июль – 115), однако их сила (высота) была меньше: в 2020 г. с мая по июль отмечено 136 эксплозий на высоту 3 км и более, в то время как в 2021 их было 83. Начиная с сентября отмечается заметное снижение эруптивной деятельности вулкана. Всего за сентябрь–декабрь зафиксировано 28 выбросов, из них 1 на высоту 3 км н.у.м (рис. 3). Активная фаза извержения закончилась в декабре 2021 г.: было зафиксировано всего 2 слабых выброса, последний из которых произошел 19 декабря, после чего наблюдалась лишь парогозовая активность. Это был наиболее продолжительный период покоя за все время видеонаблюдений за влк. Эбеко (с 2018 г.).

Вулкан Чиринкотан (абс. выс. 724 м) расположен в западной вулканической зоне, к западу от островов Экарма и Шиашкотан (рис. 1). Его постройка представляет собой одиночный остров-вулкан с высотой надводного основания 724 м н.у.м. и крупным (диаметр ~800 м) кратером, открытым на юго-запад. Подводная часть, по данным [1], достигает 2500 м, т.е. общая высота вулкана составляет ~3000 м. Исторические извержения влк. Чиринкотан происходили в 1760, 1878–1889(?), 1955(?), 1979–1980, 2004, 2013–2017 гг. [1, 4, 19–22].

В 2021 г. на влк. Чиринкотан началось очередное извержение: 8 августа в 06:45 UTC (Coordinated Universal Time – всемирное координированное время) VAAC Токио (Volcanic Ash Advisory Center – Консультативный центр по вулканическому пеплу) по спутниковым данным Himawari-8 был зафиксирован взрыв, поднявший пепловую колонну на высоту 2.5 км н.у.м. В течение следующих дней 9–10, 14–15, 17–18, 22–23 августа 2021 г. происходили выбросы на высоту от 1.5 до 4.5 км н.у.м. Пепловые облака перемещались преимущественно на юго-запад, юг, восток, юго-восток и северо-восток (рис. 6). Наиболее интенсивно эксплозивная активность вулкана проявлялась 14 и 15 августа, в это время произошло наибольшее количество вулканических взрывов на максимальную высоту, а площадь пепловых облаков достигала 10 417.9 км². Пепловое облако,



Рис. 5. Пепловая колонна одного из взрывов на влк. Эбеко, 21.06.2021 г. Фото С.З. Смирнова

Fig. 5. Ash column of one of the explosions of Ebeko volcano, June 21, 2021. Photo by S.Z. Smirnov

перемещавшееся в юго-восточном направлении, по состоянию на 16 августа 2021 г. удалилось от вулкана на расстояние 215 км [23].

6 августа 2021 г. (за 2 дня до извержения) на вершине вулкана и на прилегающей к острову акватории проходила работа научно-исследовательской экспедиции [24]. Ее участниками была отмечена интенсивная фумарольная деятельность влк. Чиринкотан. Вечером 8 августа наблюдалось усиление активности вулкана: происходили слабые выбросы на фоне постоянной сильной парогазовой активности. Фиксировались небольшие пирокластические потоки, сходящие по южному склону вулкана. 13 августа участники экспедиции, находившиеся на о. Шиашкотан, отмечали интенсивную парогазовую деятельность вулкана, сопровождаемую поступлением небольшого количества пепла. Высота парогазовых струй, поднимавшихся над кратером, составляла примерно 400–500 м. 14 августа в 13:15 по сахалинскому времени с рейда о. Шиашкотан на вулкане наблюдался еще один пирокластический поток, перемещавшийся сначала по южному склону, а затем и по прилегающей акватории более чем на 1 км.

Вулкан Пик Сарычева (абс. выс. 1446 м) формирует северо-западную часть о. Матуа, расположенного в центральной части Курильской островной дуги (рис. 1). Его постройка представляет собой типичный стратовулкан, образованный чередованием лав и пирокластиков, увенчанный вершинным кратером (рис. 7). Пик Сарычева – один из наиболее активных вулканов архипелага, его извержения происходили в 1765±5, 1878–1879, 1923, 1928, 1930, 1946, 1954, 1960, 1976, 2009, 2017–2018, 2020–2021 гг. [1, 25–28].

В 2020–2021 гг. имело место эффузивное извержение влк. Пик Сарычева, не характерное для исторического этапа его деятельности: с декабря 2020 г. до середины января 2021 происходило наполнение кратера вулкана лавой. Во второй половине января началось ее изливание

через расщелину в северо-северо-западном секторе кратера. Общая длина излившегося лавового потока составила 2 км, при ширине 80–90 м [28] (рис. 8). После этого на протяжении 2021 г. по данным сервисов MOUNTS (<http://www.mounts-project.com/home>; [8]) и MIROVA (<http://www.mirovaweb.it/>) регулярно отмечались термальные аномалии.

29 июня 2021 г. в 13:20 UTC по спутниковым данным Himawari-8 VAAC Токио был зафиксирован пепловый выброс на высоту 3 км н.у.м., шлейф которого распространялся в западно-северо-западном направлении на 30 км от вулкана. 1 июля в 05:10 UTC произошел еще один выброс высотой 3 км н.у.м., пепловый шлейф протяженностью 93 км распространялся в юго-восточном направлении. В момент взрывов и непосредственно перед ними регистрировались термальные аномалии – 25, 29, 30 июня, 1 июля 2021 г. В июле (4, 7, 9,

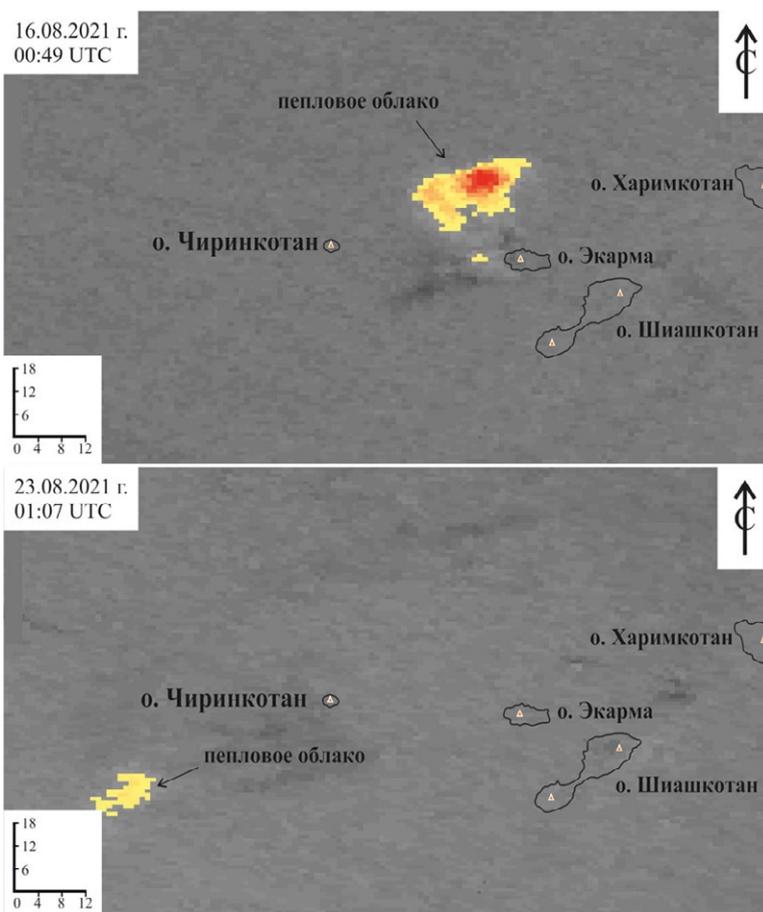


Рис. 6. Пепловые облака вулкана Чиринкотан на спутниковых снимках NOAA-18 (AVHRR/POES) из информационной системы «VEGA-Science».

Fig. 6. Ash clouds of Chirinkotan volcano on the NOAA-18 (AVHRR/POES) satellite images from the VEGA-Science information system.



Рис. 7. Вулкан Пик Сарычева, вид с юга. 2017 г. Фото А.В. Дегтерева
 Fig. 7. Sarychev Peak volcano, view from the south. 2017. Photo by A.V. Degterev

12, 17–19, 26, 27, 29, 30) также отмечены слабые термальные аномалии различной интенсивности (<http://www.mirovaweb.it/>; <http://www.mounts-project.com/home>).

5 августа 2021 г. члены экипажа экспедиционного судна «Курилгео», проходившего вблизи о. Матуа, никаких признаков активности влк. Пик Сарычева не отмечали, в том числе и характерной для него интенсивной сольфатарной деятельности. Однако на следующий день, 6 августа в 14:30, был отмечен единственный слабый выброс, на высоту приблизительно 750–800 м над кратером. После этого никаких визуально видимых признаков вулканической активности не наблюдалось.

26 ноября в 00:49 UTC по данным сервиса MOUNTS (<http://www.mounts-project.com/home>) зафиксировано последнее в 2021 г. эксплозивное событие на влк. Пик Сарычева: на снимке Sentinel-2 (SWIR) были зафиксированы слабый пепловый выброс и термальная аномалия (рис. 8). В связи с тем, что на спутниковом изображении был запечатлен начальный момент выброса, его высоту определить не удалось.

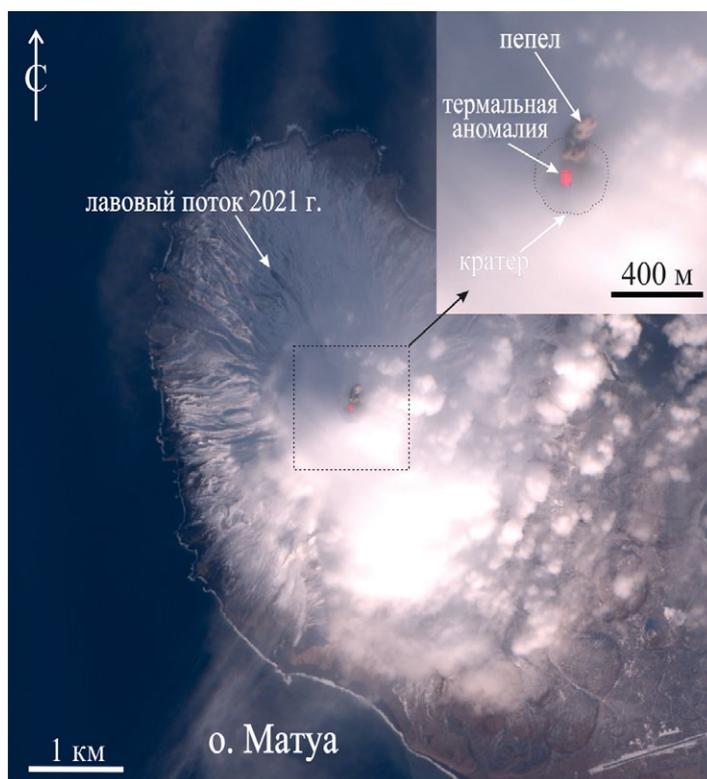


Рис. 8. Термальная аномалия и момент пеплового выброса на вулкане Пик Сарычева. Спутниковый снимок Sentinel-2, 26 ноября 2021 г.

Fig. 8. Thermal anomaly and the moment of ash ejection on Sarychev Peak volcano. Satellite image of Sentinel-2, November 26, 2021.

Заключение

1. В 2020–2021 гг. на влк. Эбеко продолжалось эксплозивное извержение, начавшееся в 2016 г. и выражавшееся в регулярных паро- и пепло-газовых выбросах слабой и умеренной силы. Всего за 2020–2021 гг. было зафиксировано более 1169 выбросов на высоту от 2 до 5 км. В 2020 и 2021 гг. в период с мая по июль наблюдались периоды существенного усиления активности, в течение которых резко увеличилась частота и высота выбросов. Эксплозивная активность вулкана сопровождалась периодическими пеплопадами в г. Северо-Курильск.

2. Камера видеонаблюдения показала себя весьма эффективным инструментом при мониторинге активности влк. Эбеко. Несмотря на ограничения, связанные с погодными условиями (облачность, туман, дождь и пр.), а также темным временем суток, она позволяет выполнять оперативное слежение за работой вулкана с высоким временным разрешением и детальностью.

3. На влк. Чиринкотан в период с 8 по 23 августа 2021 г. происходило умеренное (VEI 2) эксплозивное извержение: по спутниковым данным и наблюдениям очевидцев зафиксировано не менее 12 вулканических взрывов на высоту от 1.5 до 4.5 км н.у.м. Наиболее интенсивно эксплозивная активность вулкана наблюдалась 14 и 15 августа, в эти дни отмечено наибольшее количество выбросов на максимальную высоту. Площадь пепловых облаков оценивалась в 10 417.9 км², при этом их удаление достигало 215 км в юго-восточном направлении. Произошедшее событие было схоже с предыдущими извержениями вулкана в 2013–2017 гг.

4. На влк. Пик Сарычева с декабря 2020 по февраль 2021 г. наблюдалось эффузивное извержение: фиксировалось заполнение кратера лавой, после чего произошло ее излияние по северо-западному склону постройки. В 2021 г. активность вулкана проявилась несколькими эпизодами эксплозивного характера: 29 июня, 1 июля, 6 августа и 26 ноября 2021 г. зарегистрированы единичные, относительно слабые выбросы на высоту около 2.2–3 км н.у.м.

Дистанционный мониторинг является достаточно эффективным и при этом единственным доступным инструментом наблюдения за действующими вулканами Курильских остро-

вов. Для реализации прогностических задач необходимо создание полноценной системы мониторинга вулканической активности, включающей пункты наземных геофизических наблюдений (сеть радиотелеметрических сейсмо- и TILT/GPS-станций), которые будут независимо от погодных условий и времени суток осуществлять передачу данных о состоянии вулcano-магматической системы в режиме реального времени.

Список литературы

1. Горшков Г.С. 1967. *Вулканизм Курильской островной дуги*. М.: Наука, 287 с.
2. Сноу Г. 1992. Записки о Курильских островах. *Краеведческий бюллетень*, 1: 89–127.
3. Полонский А.С. 1994. Курилы. *Краеведческий бюллетень*, 3: 3–86.
4. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В., Гурьянов В.Б. 2017. Вулканическая активность на Курильских островах в XXI в. *Вестник ДВО РАН*, 1: 51–62.
5. Лупян Е.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Бартаев С.А., Ефремов В.Ю., Кашницкий А.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Суднева О.А., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. 2015. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 12(5): 263–284.
6. Ефремов В.Ю., Гирина О.А., Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Маневич А.Г., Матвеев А.М., Мельников Д.В., Прошин А.А., Сорокин А.А., Флитман Е.В. 2012. Создание информационного сервиса «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил». *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 9(5): 155–170.
7. Гордеев Е.И., Гирина О.А., Лупян Е.А., Сорокин А.А., Крамарева Л.С., Ефремов В.Ю., Кашницкий А.В., Уваров И.А., Бурцев М.А., Романова И.М., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Королев С.П., Верхотуров А.Л. 2016. Информационная система VOLSATVIEW для решения задач мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил. *Вулканонология и сейсмология*, 6: 1–16.
8. Valade S., Ley A., Massimetti F., D'Hondt O., Laiolo M., Coppola D., Loibl D., Hellwich O., Walter T.R. 2019. Towards global volcano monitoring using multisensor sentinel missions and artificial intelligence: The MOUNTS monitoring system. *Remote Sensing*, 11: 1528. <https://doi.org/10.3390/rs11131528>
9. Котенко Т.А., Котенко Л.В., Сандиминова Е.И. и др. 2010. Извержение вулкана Эбеко в январе–июне 2009 г. (о Парамушир, Курильские острова). *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 1(15): 56–68.
10. Меньяйлов И.А., Никитина Л.П., Будников В.А. 1992. Активность вулкана Эбеко в 1987–1991 гг.: характер извержений, особенности их продуктов, опасность для г. Северо-Курильск. *Вулканонология и сейсмология*, 5–6: 21–33.
11. Belousov A., Belousova M., Auer A. et al. 2021. Mechanism of the historical and the ongoing Vulcanian eruptions of Ebe-ko volcano, Northern Kuriles. *Bull. of Volcanology*, 83(4). <https://doi.org/10.1007/s00445-020-01426-z>

12. *Новейший и современный вулканизм на территории России*. 2005. М.: Наука, 604 с.
13. Дегтерев А.В., Чибисова М.В. 2020. Вулканическая активность на Курильских островах в 2019 г. *Геосистемы переходных зон*, 4(1): 93–102. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2020.4.1.093-102>
14. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В. 2018. Мониторинг вулканической активности на Курильских островах: 15 лет деятельности группы SVERT. *Геосистемы переходных зон*, 2(3): 259–266. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.3.259-266>
15. Котенко Т.А., Сандимирова Е.И., Котенко Л.В. 2018. Извержение вулкана Эбеко (Курильские острова) в 2016–2017 гг. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 1(37): 32–42.
16. Фирстов П.П., Котенко Т.А., Акбашев Р.Р. 2020. Усиление эксплозивной активности вулкана Эбеко в апреле–июне 2020. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 1(46): 10–15. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2020-2-46-10-15>
17. Фирстов П.П., Акбашев Р.Р., Макаров Е.О., Котенко Т.А., Будилов Д.И., Лобачева М.А. 2020. Комплексный мониторинг извержения вулкана Эбеко (о. Парамушир, Россия) в конце 2018 г. – начале 2019 г. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 1(45): 89–99. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2019-3-43-89-99>
18. Дегтерев А.В., Чибисова М.В. 2020. Активизация вулкана Эбеко в мае–июле 2020 г. (о. Парамушир, Северные Курилы). *Геосистемы переходных зон*, 4(4): 500–505. <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.4.500-505>
19. Иванов Б.В., Кирсанов И.Т., Хренов А.П., Чирков А.М. 1979. Действующие вулканы Камчатки и Курильских островов в 1978–1979 гг. *Вулканология и сейсмология*, 6: 94–100.
20. Rybin A.V., Karagusov Y.V., Izbekov P.E. et al. 2004. Monitoring of active volcanoes of the Kurile Islands: Present and future. In: *The 2nd International Conference on Volcanic Ash and Aviation Safety, June 21–24, Washington, USA*, p. 55–61.
21. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В. 2017. Активность вулкана Чиринкотан (о. Чиринкотан, Северные Курильские острова) в 2013–2016 гг. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 14(4): 76–84. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2017-14-4-76-84>
22. Чибисова М.В. Рыбин А.В., Дегтерев А.В. 2018. Извержение вулкана Чиринкотан в 2017 году по спутниковым данным Himawari-8. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 15(4): 112–118. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-4-112-118>
23. Гирина О.А., Маневич А.Г., Мельников Д.В., Нуждаев А.А., Кашницкий А.В., Уваров И.А., Романова И.М., Сорокин А.А., Мальковский С.И., Королев С.П., Крамарева Л.С. 2021. Спутниковый мониторинг эксплозивного извержения вулкана Чиринкотан (Северные Курилы) в 2021 г. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 18(5): 321–327. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-5-321-327>
24. Дегтерев А.В., Чибисова М.В., Жарков Р.В. 2021. Активность вулканов Чиринкотан и Пик Сарычева в 2021 г. (Курильские острова). *Геосистемы переходных зон*, 5(4): 354–360. <https://doi.org/10.30730/gtr.2021.5.4.354-360>
25. Андреев В.Н., Шанцер А.Е., Хренов А.П. и др. 1978. Извержение вулкана Пик Сарычева в 1976 г. *Бюл. вулканологических станций*, 55: 35–40.
26. Шилов В.Н. 1962. Извержение вулкана Пик Сарычева в 1960 году. *Труды СахКНИИ*, 12: 143–149.
27. Rybin A., Chibisova M., Webley P. et al. 2011. Satellite and ground observations of the June 2009 eruption of Sarychev Peak volcano, Matua Island, Central Kuriles. *Bull. of Volcanology*, 73(4): 40–56. <https://doi.org/10.1007/s00445-011-0481-0>
28. Дегтерев А.В., Чибисова М.В. 2021. Активизация вулкана Пик Сарычева в 2020–2021 гг. (Магуа, Центральные Курильские острова). *Геосистемы переходных зон*, 5(2): 167–171. <https://doi.org/10.30730/gtr.2021.5.2.167-171>

References

1. Gorshkov G.S. 1967. [Volcanism of the Kuril island arc]. Moscow: Nauka, 287 p. (In Russ.).
2. Snou G. 1992. Zapiski o Kuril'skih ostrovah [Notes on the Kuril Islands]. *Krayevedcheskiy byulleten'*, 1: 89–127. (In Russ.).
3. Polonskiy A.S. 1994. Kurily [The Kurils]. *Krayevedcheskiy byulleten'*, 3: 3–86.
4. Rybin A.V., Chibisova M.V., Degtarev A.V., Guryanov V.B. 2017. Volcanic eruptions in the Kuril Islands during XXI century. *Vestnik DVO RAN = Vestnik of the FEB RAS*, 1: 51–62. (In Russ.).
5. Loupian E.A., Bourtsev M.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sudneva O.A., Suchugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A. 2015. IKI Center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*, 12(5): 263–284. (In Russ.).
6. Efremov V.Yu., Girina O.A., Kramareva L.S., Loupian E.A., Manevich A.G., Matveev A.M., Mel'nikov D.V., Proshin A.A., Sorokin A.A., Flitman E.V. 2012. Creating an Information Service “Monitoring of active volcanoes of Kamchatka and the Kuril Islands”. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*, 9(5): 155–170. (In Russ.).
7. Gordeev E.I., Girina O.A., Lupyan E.A., Sorokin A.A., Kramareva L.S., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Uvarov I.A., Burtsev M.A., Romanova I.M., Mel'nikov D.V., Manevich A.G., Korolev S.P., Verkhoturov A.L. 2016. The VolSat-View information system for monitoring the volcanic activity in Kamchatka and on the Kuril Islands. *J. of Volcanology and Seismology*, 10(6): 382–394. <https://doi.org/10.1134/s074204631606004x>
8. Valade S., Ley A., Massimetti F., D'Hondt O., Laiolo M., Coppola D., Loibl D., Hellwich O., Walter T.R. 2019. Towards global volcano monitoring using multisensor sentinel missions and artificial intelligence: The MOUNTS monitoring system. *Remote Sensing*, 11: 1528. <https://doi.org/10.3390/rs11131528>
9. Kotenko T.A., Kotenko L.V., Stanimirova E.I. et al. 2010. The eruption of the Ebeko volcano in January – June 2009 (Paramushir Island, Kuril Islands). *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle*, 1(15): 56–68. (In Russ.).
10. Menyajlov I.A., Nikitina L.P., Budnikov V.A. 1992. [Activity of Ebeko volcano in 1987–1991: eruption character, their product features, danger for the city of Severo-Kurilsk]. *Volcanology and Seismology*, 5-6: 21–33. (In Russ.).
11. Belousov A., Belousova M., Auer A. et al. 2021. Mechanism of the historical and the ongoing vulcanian eruptions of Ebeko volcano, Northern Kuriles. *Bull. of Volcanology*, 83(4). <https://doi.org/10.1007/s00445-020-01426-z>
12. Noveyskiy i sovremennyy vulkanizim na territorii Rossii [The latest and modern volcanism in Russia]. 2005. Moscow: Nauka, 604 p.

13. Degtyarev A.V., Chibisova M.V. **2020**. Volcanic activity on the Kuril Islands in 2019. *Geosistemy perekhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 1(4): 93–102. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2020.4.1.093-102>
14. Rybin A.V., Chibisova M.V., Degterev A.V. **2018**. Monitoring of volcanic activity in the Kurile Islands: 15 years of work SVERT group. *Geosistemy perekhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2(3): 259–266. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.3.259-266>
15. Kotenko T.A., Sandimirova E.I., Kotenko L.V. **2018**. Eruptions of the Ebeko volcano (Kuril Islands) in 2016–2017. *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 1(37): 32–42 (In Russ.).
16. Firstov P.P., Kotenko T.A., Akbashev R.R. **2020**. Growth of explosive activity of Ebeko volcano in April–June 2020. *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 2(46): 10–15 (In Russ.).
17. Firstov P.P., Akbashev R.R., Makarov E.O., Kotenko T.A., Budilov D.I., Lobacheva M.A. **2020**. Geophysical observations of the Ebeko volcano's eruption (Paramushir Island, Russia) over the period September 2018 – April 2019. *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 1(45): 89–99. (In Russ.). <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2019-3-43-89-99>
18. Degterev A.V., Chibisova M.V. **2020**. Activation of the Ebeko volcano in May–July, 2020 (Paramushir Island, Northern Kuril Islands). *Geosistemy perekhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 4(4): 500–505. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.4.500-505>
19. Ivanov B.V., Kirsanov I.T., Khrenov A.P., Chirkov A.M. **1979**. [Active volcanoes of Kamchatka and Kuril Islands in 1978–1979]. *Vulkanologiya i seismologiya*, 6: 94–100. (In Russ.).
20. Rybin A.V., Karagusov Y.V., Izbekov P. E. et al. **2004**. Monitoring of active volcanoes of the Kurile Islands: Present and future. In: *The 2nd International Conference on Volcanic Ash and Aviation Safety, June 21–24, Washington, USA*, p. 55–61.
21. Rybin A.V., Chibisova M.V., Degterev A.V. **2017**. Activity of Chirinkotan volcano (Chirinkotan Isl., the Northern Kuriles) in 2013–2016. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*, 14(4): 76–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2017-14-4-76-84>
22. Chibisova M.V., Rybin A.V., Degterev A.V. **2018**. The eruption of Chirinkotan volcano in 2017 according to Himawari-8 satellite data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*, 15(4): 112–118. (In Russ.). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-4-112-118>
23. Girina O.A., Manevich A.G., Melnikov D.V., Nuzhdaev A.A., Kashnitskiy A.V., Uvarov I.A., Romanova I.M., Sorokin A.A., Malkovsky S.I., Korolev S.P., Kramareva L.S. **2021**. Satellite monitoring of the explosive eruption of Chirinkotan volcano (Northern Kuriles) in 2021. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*, 18(5): 321–327. (In Russ.). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-5-321-327>
24. Degterev A.V., Chibisova M.V., Zharkov R.V. **2021**. Activity of Chirinkotan and Sarychev Peak volcanoes in 2021 (Kuril Islands). *Geosistemy perekhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 5(4): 354–360. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2021.5.4.354-360>
25. Andreev V.N., Shancer A.E., Khrenov A.P. et al. **1978**. [Eruption of Sarychev Peak volcano in 1976]. *Bull. of the Volcanological Stations*, 55: 35–40. (In Russ.).
26. Shilov V.N. **1962**. [Eruption of Sarychev Peak volcano in 1960]. *Trudy SakhKNII*, 12: 143–149. (In Russ.).
27. Rybin A., Chibisova M., Webley P. et al. **2011**. Satellite and ground observations of the June 2009 eruption of Sarychev Peak volcano, Matua Island, Central Kuriles. *Bull. of Volcanology*, 73(4): 40–56. <https://doi.org/10.1007/s00445-011-0481-0>
28. Degterev A.V., Chibisova M.V. **2021**. Activation of Sarychev Peak Volcano in 2020–2021 (Matua Isl., the Central Kuril Islands). *Geosistemy perekhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 5(2): 167–171. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2021.5.2.167-171>

Об авторах

Сотрудники лаборатории вулканологии и вулканопасности, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск:

Дегтерев Артем Владимирович (<https://orcid.org/0000-0001-8291-2289>), кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, d_a88@mail.ru

Чибисова Марина Владимировна (<https://orcid.org/0000-0003-0677-6945>), старший научный сотрудник, m.chibisova@imgg.ru

Поступила 15.07.2022
После доработки 01.08.2022
Принята к печати 05.08.2022

About the Authors

Employees of the Laboratory of volcanology and volcanic hazard, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk:

Degterev, Artem V. (<https://orcid.org/0000-0001-8291-2289>), Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, d_a88@mail.ru

Chibisova, Marina V. (<https://orcid.org/0000-0003-0677-6945>), Senior Researcher, m.chibisova@imgg.ru

Received 15 July 2022
Revised 1 August 2022
Accepted 5 August 2022