



МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 551.21

<https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.4.427-438>
<https://www.elibrary.ru/zfyzzg>

Вулканическая активность на Курильских островах в 2022 г.

А. В. Дегтерев[@], М. В. Чибисова^{@E-mail:} d_a88@mail.ru*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия*

Резюме. В 2022 г. вулканическая активность на Курильских островах была повышенной. В состоянии извержения находились вулканы Алаид (о. Атласова), Эбеко, Чикурачки (о. Парамушир) и Чиринкотан (о. Чиринкотан, Северные Курилы). На вулкане Алаид в период с сентября по декабрь происходило вершинное эффузивно-эксплозивное извержение: по южному склону вулкана излилось два лавовых потока протяженностью 2.6 и 1 км, и произошло не менее 15 пепловых выбросов на высоту от 2.5 до 6 км н.у.м. Вулкан Эбеко, с декабря 2021 г. находившийся в состоянии покоя, в июне 2022 г. возобновил характерную для последних лет интенсивную активность вулканического типа, характеризующуюся частыми пепловыми выбросами. За 7 мес. деятельности вулкана (с июня по декабрь 2022 г.) зафиксировано более 600 пепловых выбросов, из них 253 на высоту 3 км и более н.у.м.). К июлю эксплозивная активность Эбеко резко усилилась: было отмечено 174 события (из них 51 на высоту 3 км и более н.у.м.), что стало максимальным значением за весь период видеонаблюдений, выполняемых с октября 2017 г. Вулкан Чикурачки на протяжении всего года характеризовался повышенной активностью: с января по октябрь отмечено не менее 5 эпизодов эксплозивной активности продолжительностью от 2 до 13 дней. Наблюдались как отдельные выбросы, так и серии эксплозий на высоту 2–5 км н.у.м., а также периоды относительно спокойной эмиссии пепло-газовой смеси различной интенсивности. На влк. Чиринкотан 22 марта зафиксирован единичный слабый пепловый выброс (3 км н.у.м.).

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

Volcanic activity on the Kuril Islands in 2022

Artem V. Degterev[@], Marina V. Chibisova^{@E-mail:} d_a88@mail.ru*Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

Abstract. In 2022, volcanic activity in the Kuril Islands was increased. Alaid (Atlasov Island), Ebeko, Chikurachki (Paramushir Island) and Chirinkotan volcanoes (Chirinkotan Island, Northern Kuriles) were erupting. A summit effusive-explosive eruption occurred on the Alaid volcano from September till December: two lava flows 2.6 and 1 km long erupted along the southern slope of the volcano and at least 15 explosions occurred to a height of 2.5 to 6 km a.s.l. Ebeko Volcano, which has been dormant since December 2021, in June 2022 resumed the intense volcanic activity characteristic for recent years, characterized by frequent ash emissions. Over 7 months of volcano activity (from June till December 2022) more than 600 ash ejections were recorded, 253 of which were at a height of 3 or more km above sea level). By July, explosive activity increased sharply – 174 events were recorded (51 of them at a height of 3 or more km a.s.l.), which became the maximum value for the entire period of video observations carried out since October 2017. The Chikurachki volcano was characterized by an increased activity, in the period from January till October, at least 5 episodes of explosive activity were observed. Both single ejections and series of explosions to a height of 2–5 km a.s.l., as well as periods of relatively quiet emission of ash-gas mixture of various intensity were observed. On March 22, a single weak ash ejection (3 km a.s.l.) was recorded at the Chirinkotan volcano.

Keywords: volcano, eruption, the Kuril Islands, volcanic ash, satellite images

Для цитирования: Дегтерев А.В., Чибисова М.В. Вулканическая активность на Курильских островах в 2022 г. *Геосистемы переходных зон*, 2023, т. 7, № 4, с. 427–438. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2023.7.4.427-438>; <https://www.elibrary.ru/zfyzzg>

For citation: Degterev A.V., Chibisova M.V. Volcanic activity on the Kuril Islands in 2022. *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2023, vol. 7, no. 4, pp. 427–438. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtrz.2023.7.4.427-438>; <https://www.elibrary.ru/zfyzzg>

Финансирование и благодарности

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (№ 121030100168-3).

Авторы признательны Сергею Петровичу Лакомову, Горанько Елене Константиновне, Сергею Захаровичу Смирнову (ИГМ СО РАН), Рафаэлю Владимировичу Жаркову (ИМГиГ ДВО РАН) за предоставленные фото-, видеоматериалы и информацию о состоянии активных вулканов в минувшем году.

Авторы благодарят уважаемых рецензентов, чьи рекомендации позволили улучшить текст этой статьи.

Funding and Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the state task of the Institute of Marine Geology and Geophysics of the FEB RAS (No. 121030100168-3).

The Authors are grateful to Sergei P. Lakomov, Elena K. Goranko, Sergei Z. Smirnov (IGM SB RAS), Rafael V. Zharkov (IMGG FEB RAS) for providing photo, video materials and information about condition of active volcanoes for last year.

The Authors would like to thank the respected Reviewers whose recommendations allowed to improve the text of this article.

Введение

В 2022 г. в состоянии извержения находились вулканы, расположенные на Северных Курилах, – Алаид (о. Атласова), Эбеко, Чикурачки (о. Парамушир) и Чиринкотан (о. Чиринкотан).

Наблюдение за вулканической активностью, осуществляемое Сахалинской группой реагирования на вулканические извержения (SVERT), традиционно проводилось на основе данных дистанционного зондирования: использовались космические снимки NOAA-18/19 (AVHRR/POES), Terra и Aqua (MODIS), SuomiNPP и JPSS-1 (VIIRS), Sentinel-2 и Himawari-8/9 по разности инфракрасных каналов 10–12 мкм (4–5 каналы AVHRR, 31–32 каналы MODIS, 14–15 каналы Himawari-8/9, VIIRS), обрабатываемые информационными системами «ВЕГА-Science» [1], и данные системы «Дистанционный мониторинг вулканов Камчатки и Курил» VolSatView [2, 3]. Наблюдение за активностью влк. Эбеко основывалось на изображениях, поступающих с IP-камеры AXIS (0526-001), установленной в октябре 2017 г. на территории Северо-Курильска Камчатским филиалом ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» совместно с Институтом морской геологии и геофизики ДВО РАН. Спутниковые данные, как показала практика, малопригодны для отслеживания эксплозий Эбеко.

Данное сообщение продолжает серию сводок по вулканической активности, посвя-

щенных описанию произошедших событий. Более подробная информация об активности вулканов Алаид и Чикурачки в 2022 г. приводится в ранее опубликованных работах [4, 5].

Вопросы изучения вещественного состава продуктов вулканической активности в данной публикации не рассматривались. Подробные сведения о геологическом строении, истории активности и петрохимии пород рассматриваемых вулканов содержатся в работах [5–12].

Результаты наблюдений

Вулкан Алаид

Базальтовый стратовулкан Алаид (о. Атласова) расположен в 20 км к северо-западу от о. Парамушир (Северные Курильские о-ва) (рис. 1). Он является самым северным и высочайшим вулканом Курильской островной дуги – высота надводной части постройки, формирующей о. Атласова, составляет 2339 м н.у.м., а превышение постройки над дном Охотского моря достигает 3000 м [7, 8, 10]. Вершину вулкана венчает кратер размером 800×1200 м, образованный несколькими разновозрастными эксплозивными формами. В его южной части расположены свежие шлаковые конусы и лавовые потоки, образовавшиеся в ходе извержения вулкана – в 2015–2016 гг. [8, 14].

В историческое время наблюдалось не менее 9 извержений влк. Алаид: 1793, 1854, 1860, 1894, 1933–1934, 1972, 1981, 2012, 2015–2016 гг. По своему характеру это были как

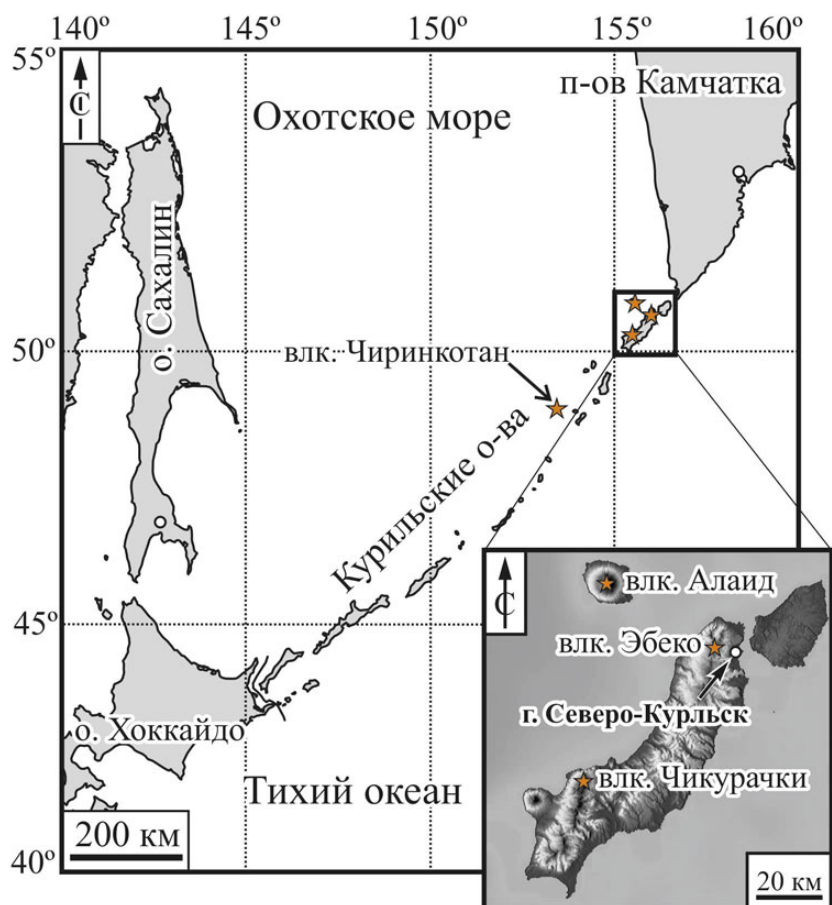


Рис. 1. Географическое положение вулканов Алаид, Эбеко, Чикурачки и Чиринкотан в системе Курильской островной дуги.

Fig. 1. Geographical location of Alaid, Ebeko, Chikurachki and Chirinkotan volcanoes in the system of the Kuril Island arc.

терминальные, так и побочные извержения вулканского, вулканско-стромболианского и субплинианского типов [7, 8, 14–17].

В сентябре 2022 г. началось очередное извержение влк. Алаид. 10 сентября в 6:20 UTC (здесь и далее приводится время по UTC, Coordinated Universal Time – всемирное координированное время) специалистами VAAC Токио (Volcanic Ash Advisories Center – Консультативный центр по вулканическому пеплу) зарегистрирован парогазовый выброс с примесью пепла на высоту 3 км н.у.м (космические снимки Himawari-8/9). Шлейф от него простирался на 65 км в восток-юго-восточном направлении (здесь и далее используется аэронавигационное обозначение направления движения пепловых облаков). 15 сентября на снимках Sentinel-2 была зафиксирована интенсивная термальная аномалия. В последующие дни наблюдался постепенный рост тепловой

мощности в пределах кратерной зоны (данные Sentinel-2, Suomi NPP, Aqua/Terra и др.), что свидетельствовало о заполнении кратера лавой. 19, 23, 29 сентября в телеграмм-канале (<https://t.me/kurilband>) были опубликованы ночные фотографии (авторы Я.Я. Яковлев и В.П. Петров) извержения влк. Алаид, на которых было запечатлено сильное свечение над кратером – проявление стромболианской активности. Поступление лавового материала сопровождалось парогазовыми выбросами с примесью пепла на высоту 2.5–3 км н.у.м. (18, 21 и 27 сентября 2022 г.) (рис. 2). Пепловые шлейфы имели протяженность 50–100 км и распространялись преимущественно в восточном и северо-восточном направлениях. Предположительно 27–28 сентября началось излияние лавового потока по южному склону вулкана, зафиксированное по спутниковым снимкам Sentinel-2. К 4 октября 2023 г.

его протяженность составляла ~1 км (рис. 3).

В период с 13 по 16 октября отмечалась очередная серия пепловых выбросов (не менее 5) на высоту 3–6 км н.у.м. (рис. 2). Эруп-

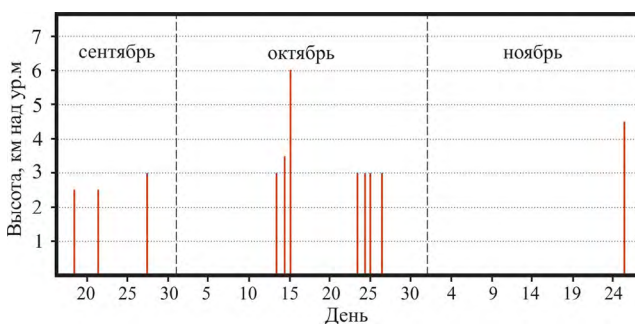
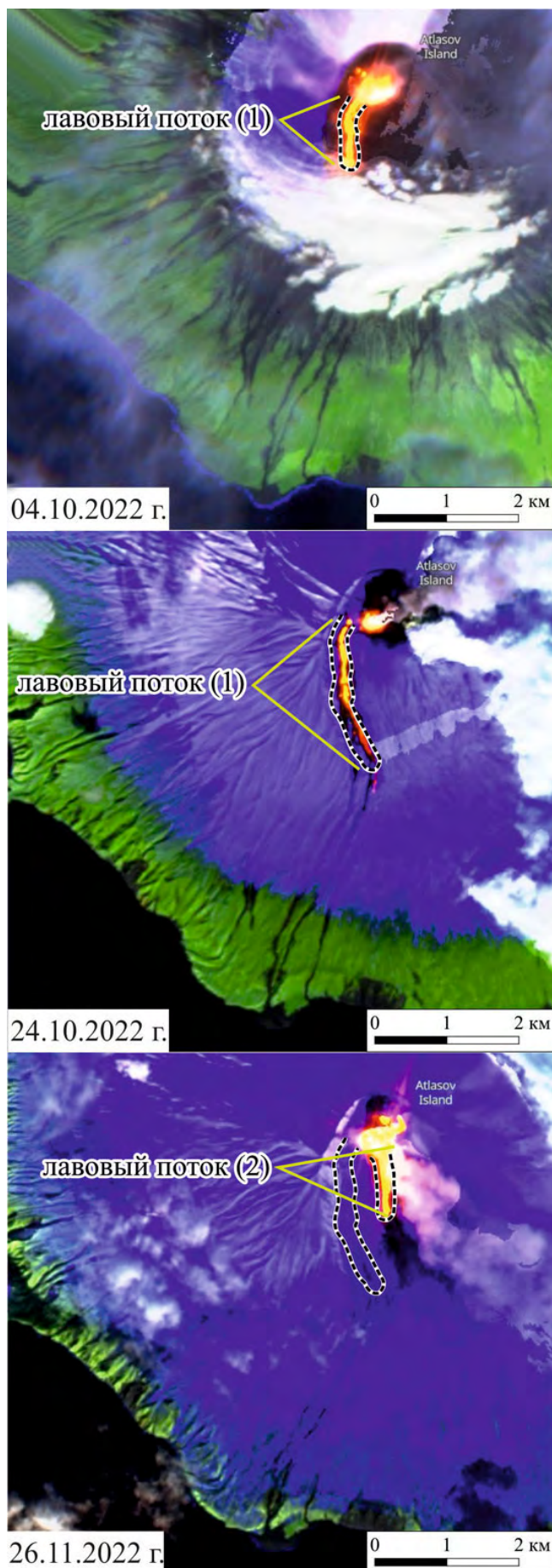


Рис. 2. Хронология эксплозивной активности влк. Алаид в период с сентября по ноябрь 2022 г. (по спутниковым данным NOAA-18/19 (AVHRR/POES), Terra и Aqua (MODIS), SuomiNPP и JPSS-1 (VIIRS) и Himawari-8/9).

Fig. 2. Chronology of the explosive activity of the Alaid volcano in the period from September till November 2022 (according to satellite data of NOAA-18/19 (AVHRR/POES), Terra and Aqua (MODIS), SuomiNPP and JPSS-1 (VIIRS) and Himawari-8/9).



тивные шлейфы распространялись главным образом на восток-юго-восток, восток и юго-восток. Поступление пепла фиксировалось до 7:30 UTC 16 октября 2022 г. Кроме того, 16 и 22 октября с о. Парамушир наблюдалось сильное свечение над лавовым потоком и кратером (по фотоматериалам телеграмм-канала https://t.me/elena_from_kurils). Примечательно, что в эти же дни синхронно с Алаидом эксплозивно извергались вулканы Чикурачки и Эбеко (о. Парамушир) (рис. 1), активность которых рассмотрена ниже. Подобная картина нетривиальна и за время наших наблюдений отмечена впервые.

23–26 октября зафиксировано 5 пепловых выбросов на высоту 3–3.2 км н.у.м. (VAAC Токио, Himawari-8/9). Пепловые шлейфы от них перемещались на восток-юго-восток, юго-восток, северо-восток и фиксировались на удалении до ~200 км от вулкана.

Протяженность лавового потока к этому времени достигала 2.6 км (данные Sentinel-2 от 24.10.2022) (рис. 3). В последующие дни, по имеющейся спутниковой информации, перемещение лавы не фиксировалось. На основе анализа данных инфракрасного излучения (Landsat 8/9, Sentinel-2, Suomi NPP, Aqua/Terra и др.) мы предполагаем, что поступление новых порций и активное продвижение лавового потока прекратилось еще примерно в середине октября 2022 г. С 16 по 21 октября термальные аномалии перестали фиксироваться, а те, что регистрировались позже, в период с 21 октября по 2 ноября, по своей мощности были существенно ниже (10^7 ватт) значений предыдущей активной эффузивной фазы (10^9 ватт с 24 сентября по 16 октября).

Излияние лавы спровоцировало формирование вулканических селей – лахаров, достигших побережья острова и образовавших конус выноса, который частично отложился за пределами береговой линии и впоследствии трансформировался в пляж. Максимальное приращение новообразованной суши составило 129 тыс. м² (19.10.2022). К началу следующего года оно сократилось более чем на треть – до 75 тыс. м² (2.01.2023 г.).

Рис. 3. Лавовые потоки влк. Алаид, излившиеся в октябре–ноябре 2022 г., на спутниковых снимках Sentinel-2 (false color (urban), каналы – 12, 11, 4).

Fig. 3. Alaid volcano lava flows that erupted in October–November 2022 on Sentinel-2 satellite images (false color (urban), channels – 12, 11, 4).

К концу октября 2022 г. активность вулкана существенно снизилась. Интенсивность термальной активности в районе кратерной зоны к 20 ноября достигла фонового уровня. До конца месяца никаких признаков возобновления вулканической активности не обнаруживалось.

25 ноября Алаид вновь активизировался: по спутниковым данным (Sentinel-2, Terra/Aqua и др.), с 13:20 UTC регулярно стали наблюдаться интенсивные термальные аномалии. В 19:40 UTC зафиксирован пепловый выброс на высоту 4–4.5 км н.у.м. (Himawari-8/9) (рис. 2). Эруптивный шлейф от него распространялся главным образом на юго-восток и прослеживался на расстоянии ~200 км. Около 23:00 UTC (26 ноября, ~10:00 утра по сахалинскому времени) житель г. Северо-Курильск С.П. Лакомов во время лыжного похода по северной оконечности о. Парамушир наблюдал проявление эруптивной активности на южном склоне Алаида. У фронтальной части лавового потока происходили фреатические парогазовые выбросы, возникавшие в результате контакта раскаленной лавы со снегом. В 02:00 UTC, по данным Himawari-8/9, был зарегистрирован выброс, пепловое облако от которого перемещалось в восток-юго-восточном и юго-восточном направлениях.

Начиная с 26 ноября мощность инфракрасного излучения резко выросла (Suomi NPP, Terra/Aqua), достигнув максимальных 10^9 ватт. 26 ноября на снимках Sentinel-2 был идентифицирован новый лавовый поток протяженностью ~1 км, сошедший также по южному склону конуса (рис. 3). После 28 ноября мощность теплового излучения резко снизилась.

Слабые термальные аномалии на вулкане отмечались в конце ноября и в течение декабря (спутниковые данные Landsat 8/9, Sentinel-2). 1 декабря 2022 г. эффузивно-эксплозивное извержение влк. Алаид закончилось.

Вулкан Эбеко

Действующий вулкан Эбеко (абс. выс. 1156 м) расположен в северной части о. Парамушир, в ~7 км к запад-северо-западу от г. Северо-Курильск (численность населения – 2439 чел на 1.01.2023 г.) (рис. 1). Его вытянутая с севера на юг постройка сформиро-

вана несколькими слившимися между собой разновозрастными конусами, насаженными на северную часть хр. Вернадского [7, 12, 18]. Вершина влк. Эбеко увенчана тремя крупными, соприкасающимися между собой кратерами (Северный, Средний, Южный). Северный кратер осложнен молодым, формирующимся с 2017 г., кратером Корбута (Новый Северный кратер), в котором локализованы современные активные жерла [12, 13, 19].

По частоте и продолжительности извержений влк. Эбеко является самым активным вулканом на Курильских островах. Исторические извержения вулкана происходили в 1793, 1833–1834, 1859, 1934–1935, 1963, 1965, 1967–1971, 1987–1991, 2005, 2009, 2010–2011 гг.

С октября 2016 по декабрь 2021 г. на влк. Эбеко происходило длительное эксплозивное извержение, протекающее в форме регулярных пепло-газовых взрывов фреатической и фреато-магматической природы [9, 12, 13]. Высота выбросов составляла 1–3 (до 5.5) км н.у.м., протяженность пепловых шлейфов, как правило, не превышала 10 км. Суммарно за этот период произошло не менее 3000 эксплозивных событий (600–800 в год), в отдельные месяцы их регистрировалось более 100 (в дневное время и при удовлетворительной видимости). В окрестностях Северо-Курильска регулярно отмечались пеплопады и регистрировалось превышение предельно допустимых концентраций SO_2 и H_2S .

Начиная с сентября 2021 г. наблюдалось заметное снижение эксплозивной активности вулкана. Всего за период с сентября по декабрь зафиксировано 28 выбросов, из них 1 на высоту 3 км н.у.м., остальные – до 3 км. В декабре 2021 г. было зафиксировано 2 слабых выброса, последний из которых произошел 19 декабря. Деятельность вулкана с декабря 2021 по май 2022 г. характеризовалась проявлением преимущественно парогазовой эмиссии различной интенсивности, редко происходили слабые фреатические взрывы на высоту 1.5–2 км н.у.м.: январь (1), февраль (16), март (5), апрель (10), май (8), июнь (18). Это был наиболее продолжительный период покоя за все время видеонаблюдений за влк. Эбеко (с 2017 г.). В декабре в кратере Корбута образовалось озеро размером 61×80 м [12,

13], длительное существование которого в условиях напряженной эксплозивной активности было невозможно. Судя по анализу спутниковых снимков Sentinel-2, кратерное озеро сохранялось вплоть до середины июня.

С июня 2022 г. начался новый этап эруптивной активности влк. Эбеко: парогазовые выбросы постепенно сменились пепло-газовыми, и к концу июня вулкан полностью перешел в «рабочий» режим. В течение июня зарегистрировано 29 пепловых выбросов, из них 1 на высоту 3 км н.у.м. (рис. 4, 5 а). Кроме того, усиление эксплозивной активности влк. Эбеко привело к исчезновению озера в кратере Корбута.

К июлю эксплозивная активность вулкана достигла пиковых значений – было зафиксировано 174 события (в 51 из них – высота 3 км и более н.у.м.), что стало максимальным значением за весь период видеонаблюдений, выполняемых с октября 2017 г. В последующие месяцы деятельность вулкана также характеризовалась высокой интенсивностью: август – 137 выбросов и в 69 из них высота 3 км и более н.у.м.; сентябрь – 120 и 61; октябрь – 72 и 40; декабрь – 29 и 15 соответственно (рис. 4).

Всего за 7 мес. деятельности влк. Эбеко (с июня по декабрь 2022 г.) зафиксировано (в светлое время суток и при хороших погодных условиях) более 600 пепловых выбросов, из них 253 на высоту 3 км и более н.у.м., что сопоставимо с количеством эксплозий, происшедших на протяжении прошлых лет за полные 12 мес. (2018 г. – 805; 2019 – 561; 2020 –

550; 2021 г. – 611). Это свидетельствует о высокой активности вулкана после перерыва, наблюдавшегося с декабря 2021 по май 2022 г. Наиболее мощные выбросы отмечались в конце июля и в августе (рис. 5 б, с): 30.07.2022 (высота 5 км н.у.м. – 2 события, 5.5 км – 1),

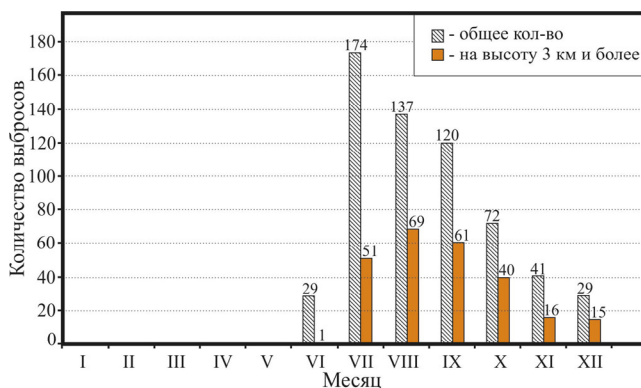


Рис. 4. Распределение общего количества выбросов и выбросов на высоту 3 км и более на влк. Эбеко в 2022 г. (по данным камеры видеонаблюдения).

Fig. 4. Distribution of total explosions and explosions above 3 km a.s.l. at Ebeko volcano in 2022 (according to video surveillance).

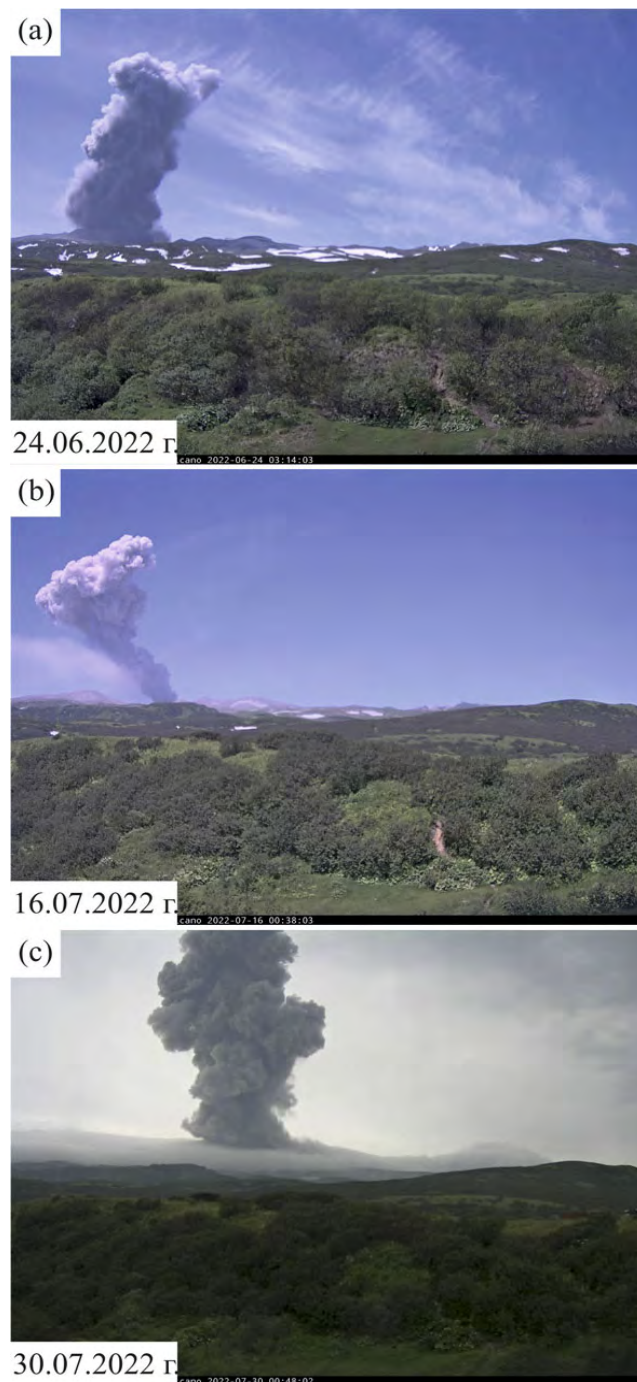


Рис. 5. Эксплозивная активность влк. Эбеко в 2022 г. Примеры пепловых выбросов, зафиксированных камерой видеонаблюдения. Высота выбросов на снимках: а – 4,5, б – 4, с – 5 км н.у.м.

Fig. 5. Explosive activity of Ebeko volcano in 2022. Examples of volcanic explosions recorded by a video surveillance camera.

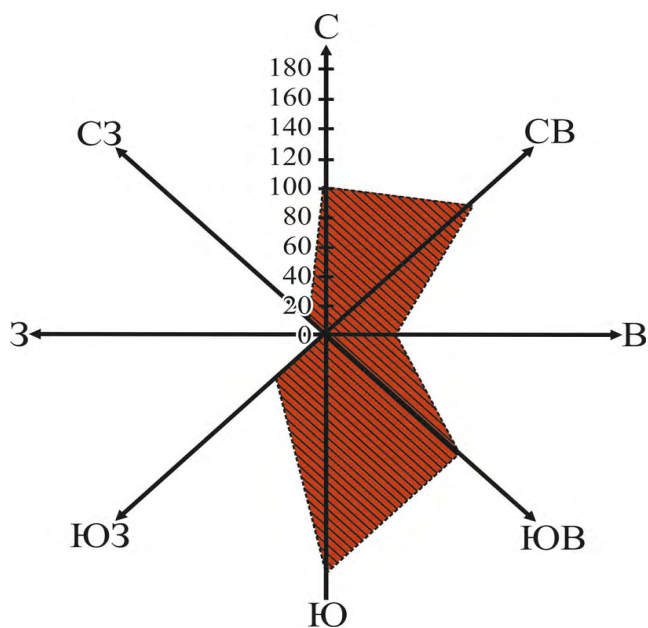


Рис. 6. Основные направления распространения пепловых облаков от влк. Эбеко в 2022 г. На оси отмечено количество наблюдавшихся выбросов.

Fig. 6. The main directions of distribution of ash clouds from Ebeko volcano in 2022. The number of observed emissions is marked on the axis.

03.08.2022 (5 км – 1), 19.08.2022 (5 км – 1). События с высотой выброса 4-4.5 км н.у.м. наблюдались с июня по декабрь: июнь – 1 событие, июль – 4, август – 13, сентябрь – 18, октябрь – 10, ноябрь – 3, декабрь – 2.

Протяженность пепловых шлейфов, как и в прошлые годы, составляла в среднем 5–10 км, распространялись они главным образом на юг, юго-восток, северо-восток и север (рис. 6). Дважды, по данным KVERT, пепловые шлейфы имели протяженность 65 и 110 км (17–18 августа и 1 ноября 2022 г. соответственно) (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=33-2022>; <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2022-11-01>). Периодически отмечались слабые термальные аномалии. На территории Северо-Курильска регулярно наблюдались пеплопады.

Вулкан Чикурачки

Преимущественно базальтовый стратовулкан Чикурачки (1816 м) «насажен» на северную оконечность хр. Карпинского, трассирующего южную часть о. Парамушир (Северные Курильские острова), в 60 км к юго-западу от г. Северо-Курильск (рис. 1). Чикурачки – один из активнейших вулканов Курильских островов и самый высокий вулкан о. Параму-

шир. На его вершине расположен неглубокий кратер, в юго-западной части которого находится колодеобразная бокка [6], являющаяся центром последних извержений вулкана.

Исторические извержения влк. Чикурачки происходили в 1853–1859, 1958, 1961, 1964, 1973, 1986, 2002, 2003, 2005, 2007, 2008, 2015, 2016 гг. [7, 20–22]. Преобладали умеренные и слабые (VEI 1-2) вулканские и стромболианские извержения; дважды, в 1853 и 1986 гг., имели место мощные плинианские события – исключительно редкое явление для вулкана, продуцирующего магмы основного состава [6, 9].

В 2022 г., после 6 лет покоя, Чикурачки вновь активизировался. По спутниковым и визуальным данным в течение года было зафиксировано не менее 5 эпизодов эксплозивной активности, продолжительность каждого из которых варьировала от 2 до 13 дней (рис. 7): 1) 30 января – 3 февраля; 2) 23–24 июня; 3) 30 июня – 1 июля; 4) 21 августа – 2 сентября; 5) 13–20 октября [4].

В период с 30 января по 3 февраля 2022 г. На вулкане произошло не менее 8 парогазовых и пепловых выбросов на высоту 2.5–5 км н.у.м. (рис. 7), происходивших на фоне постоянного интенсивного выноса парогазовой смеси с периодическим поступлением пеплового материала. Пепловые шлейфы и облака распространялись преимущественно в юго-западном, западном, южном и юго-восточном направлениях до 250 км от вулкана. Максимальная площадь пеплового шлейфа отмечена 2 февраля – 9460 км². Зонай интенсивного пеплопада на о. Парамушир стал сектор к юго-юго-востоку от вулкана площадью ~310 км².

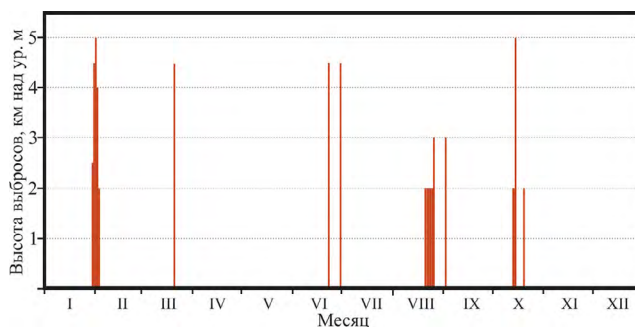


Рис. 7. Хронология эксплозивной активности влк. Чикурачки в 2022 г. (по данным VAAC Токио, KVERT, SVERT).

Fig. 7. Chronology of explosive activity of Chikurachki volcano in 2022 (according to data of VAAC Tokyo, KVERT, SVERT).

23–24 июня 2022 г. 23 июня в 20:00 UTC по космическим снимкам Himawari-8 был идентифицирован пепловый выброс на высоту 4–4.5 км н.у.м. (рис. 7), после которого началась интенсивная пепло-газовая эмиссия. К 22:00 UTC пепловый шлейф, распространявшийся в юго-восточном направлении, имел протяженность 48 км и площадь 386 км². В ~00:00 UTC поступающий из жерла пепловый материал начал менять направление, распространяясь сначала на восток, а позже на восток-северо-восток. Максимальная площадь пеплового облака по состоянию на 07:10 UTC 24 июня составляла 16 638 км² (по данным Himawari-8). По спутниковым данным поступление материала отслеживалось до 09:20 UTC 24 июня.

30 июня – 1 июля 2022 г. 30 июня в 01:00 UTC произошел одиночный пепловый выброс умеренной силы на высоту 4–4.5 км н.у.м. (рис. 7), зарегистрированный ВААС Токио по спутниковым данным Himawari-8. Пепловое облако сначала перемещалось в юго-западном, а затем в запад-юго-западном направлении на 180 км от вулкана. 30 июня в районе вулкана была отмечена термальная аномалия.

По данным KVERT, извержение продолжалось до 00:30 UTC 1 июля 2022 г. (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2022-61>).

21 августа – 2 сентября 2022 г. 21 августа между 16:30 и 18:00 ч по камчатскому времени (5:30–7:00 UTC), по сообщениям очевидцев, на влк. Чикурачки наблюдался небольшой пепловый выброс (рис. 7), после чего отмечалась слабая вулканская активность. Пепло-газовый шлейф серого цвета поднимался на ~200–250 м над кратером. 22–25 августа эксплозивная деятельность вулкана, по информации KVERT, продолжилась: на спутниковых снимках периодически наблюдались эруптивные облака и пепловые шлейфы (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=34-2022>). Их высота составляла ~2 км н.у.м., а протяженность 20 км. В течение 25–26 августа в районе кратера отмечались термальные аномалии.

26 августа вулкан характеризовался проявлением постоянной пепло-газовой эмиссии (~300 м над кратером). 27 августа наблюдалось интенсивное выделение пепла, клубящегося над кратером и образующего протяженный эруптивный шлейф (рис. 8). Его цвет, по словам очевидцев, заметно изменился – с



Рис. 8. Эксплозивная активность влк. Чикурачки, 26.08.2022. Вид с юго-запада. На переднем плане слева южный склон влк. Фусса. Фото Е.К. Горанько

Fig. 8. Explosive activity of Chikurachki volcano, August 26, 2022. Photo taken from the southwest, in the foreground on the left is the southern slope of the Fussa volcano. Photo by E.K. Goranko

преимущественно серого (21, 26 августа) до коричнево-серого (днем 27 августа). В последующие дни по спутниковым данным никаких признаков активности не регистрировалось.

2 сентября в 04:30 UTC на снимках Himawari-8 идентифицирован пепловый выброс на высоту 3 км н.у.м. (рис. 7), шлейф от которого простирался в юго-юго-западном направлении на 50 км от вулкана. После этого никаких проявлений эксплозивной активности замечено не было. 4 сентября на вулкане отмечалась слабая термальная аномалия.

13–20 октября 2022 г. 13–14 октября зафиксировано два пепловых выброса на высоту ~2 км н.у.м. (спутниковые данные Aqua MODIS, Suomi NPP (VIIRS)). 15 октября эксплозивная активность Чикурачки усилилась: в 10:50 UTC произошел слабый пепловый выброс (~2 км н.у.м., удаление шлейфа на 10–15 км в восток-юго-восточном направлении). Спустя 3 ч, в 14:00 UTC, последовал следующий, более сильный взрыв с выбросом пепла на высоту 4.5–5 км (данные Himawari-8) (рис. 7). После этого наблюдалась фаза интенсивной эксплозивной активности с непрерывным поступлением пеплового материала на высоту ~5 км н.у.м. По состоянию на 08:03 UTC (NOAA-19) общая площадь пеплового облака составляла 25 408 км². Поступление материала фиксировалось примерно до 15:30 UTC 16 октября.

20 октября зарегистрированы два слабых парогазовых выброса с примесью пепла на высоту до 2 км н.у.м. В последующие дни на вулкане отмечалась умеренная парогазовая активность.

Вулкан Чирикотан

Вулкан Чирикотан (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 вулкана, по данным [7], достигает 2500 м, т.е. общая высота вулкана составляет ~3000 м.

Исторические извержения вулкана происходили в 1760, 1878–1889(?), 1955(?), 1979–1980, 2004, 2013–2017, 2021 гг. [7, 22–24].

22 марта 2022 г. наблюдалась слабая эксплозивная активизация влк. Чирикотан: в 13:20 UTC зафиксирован пепловый выброс на высоту ~3 км н.у.м. (VAAC Токио). Образовавшееся в результате единичной эксплозии пепловое облако площадью 110 км² не образовывало протяженного пеплового шлейфа. По спутниковым снимкам VIIRS NPP оно прослеживалось на удалении до 230 км от вулкана (по состоянию на 15:42 UTC), перемещаясь преимущественно в восток-северо-восточном направлении.

Заключение

В 2022 г. вулканическая активность на Курильских островах была повышенной.

На влк. Алаид в период с 15 сентября по 1 декабря 2022 г. происходило умеренное эффузивно-эксплозивное извержение вершинного кратера. На основе спутниковых и визуальных данных (материалы SVERT, KVERT, VAAC Токио) установлено, что по южному склону вулкана излилось два лавовых потока протяженностью 2.6 и 1 км и произошло не менее 15 выбросов на высоту от 2.5 до 6 км н.у.м. Пепловые шлейфы распространялись в основном в юго-восточном и восток-юго-восточном направлениях, их максимальная протяженность достигала 300–500 км. Извержение представляло опасность для местных авиалиний. Кроме того, излияние лавы спровоцировало формирование вулканических селей – лавхаров, которые достигали побережья острова. Сформированный ими конус выноса частично отложился за пределами береговой линии, вызвав увеличение площади островной суши.

Вулкан Чикурачки с января по октябрь 2022 г. находился в состоянии повышенной активности. По спутниковым данным и результатам визуальных наблюдений было зафиксировано 5 эпизодов эксплозивной активности, продолжительность каждого из которых составляла от 2 до 13 дней: 30 января – 3 февраля, 23–24 июня, 30 июня – 1 июля, 21 августа – 2 сентября, 13–20 октября. По своему характеру и продолжительности все наблюдавшиеся события были аналогичны предыдущим извержениям вулкана, среди которых преобладали слабые и умеренные извержения

вулканского типа: наблюдались как единичные выбросы, так и серии эксплозий на высоту 2–5 км н.у.м., а также периоды относительно стабильной эмиссии пепло-газовой смеси различной интенсивности. Пепловые шлейфы и облака распространялись преимущественно в восточном, южном, юго-восточном, северо-восточном и юго-западном направлениях, их протяженность достигала 790 км, а площадь 25 408 км².

Вулкан Эбеко, с декабря 2021 г. находившийся в состоянии покоя, в июне 2022 г. возобновил характерную для последних лет его деятельности интенсивную вулканскую активность, характеризующуюся частыми пепловыми выбросами. Всего за 7 мес. активности (с июня по декабрь 2022 г.) зафиксировано более 600 пепловых выбросов, их них 253 на высоту 3 км и более н.у.м.). В июле зафиксировано 174 выброса (из них 51 – на высоту 3 км и более н.у.м.) – максимальное значение за весь период видеонаблюдений, выполняемых с октября 2017 г. Протяженность пепловых шлейфов не превышала 5–10 км, распространялись они главным образом на юг, юго-восток, северо-восток и север. Дважды, по данным KVERT, наблюдались пепловые шлейфы, имевшие протяженность 65 и 110 км.

На влк. Чиринкотан зафиксирован единичный слабый пепловый выброс (3 км н.у.м.). Пепловое облако от него распространялось в восток-северо-восточном направлении.

Наблюдавшаяся в октябре 2022 г. синхронная активность сразу трех вулканов – Алайд (о. Атласова), Чикурачки и Эбеко (о. Парамушир) – крайне редкое явление, отмечена впервые за время наших наблюдений.

Список литературы

1. Лупян Е.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Барталев 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.
2. 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. *Вулканология и сейсмология*, 6: 1–16. <https://doi.org/10.7868/S0203030616060043>
3. 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.
4. Дегтерев А.В., Чибисова М.В. **2022**. Эксплозивная активность вулкана Чикурачки в январе–октябре 2022 г. (о. Парамушир, Северные Курильские острова). *Геосистемы переходных зон*, 6(4): 328–338. <https://doi.org/10.30730/grtz.2022.6.4.328-338>
5. Дегтерев А.В., Чибисова М.В., Романюк Ф.А. **2023**. Эффузивно-эксплозивное извержение вулкана Алайд в 2022 г. (о. Атласова, Северные Курильские острова). *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 2(58): 17–28. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2023-2-58-17-28>
6. Белоусов А.Б., Белоусова М.Г., Гришин С.Ю., Крестов П.В. **2003**. Исторические извержения вулкана Чикурачки (о. Парамушир, Курильские острова). *Вулканология и сейсмология*, 3: 15–34. EDN: ONTZGR
7. Горшков Г.С. **1967**. *Вулканизм Курильской островной дуги*. М.: Наука, 287 с.
8. Диденко А.Н., Рашидов В.А., Марков Г.П., Трусенко М.С., Петрова В.В., Аникин Л.П. **2021**. Петромагнитная и геохимическая характеристики вулканических извержений 2015–2016 гг. вулкана Алайд, Курильская островная дуга. *Вулканология и сейсмология*, 1: 3–21. doi:10.31857/S0203030621010028
9. Belousov A., Belousova M., Auer A., Walter T.R., Kotenko T. **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>
10. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусов А.А. **2006**. Подводный вулкан Григорьева (Курильская островная дуга). *Вулканология и сейсмология*, 5: 17–26. EDN: HVKXET
11. Котенко Т.А. **2022**. Лахары на о. Атласова в сентябре–октябре 2022 г. (Курильские острова). *Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле*, 4(56): 117–122. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2022-4-56-117-122>
12. Котенко Т.А., Смирнов С.З., Тимина Т.Ю. **2023**. Активность вулкана Эбеко в 2022 г.: Механизм и продукты извержения. *Вулканология и сейсмология*, 4: 3–22.

13. Котенко Т.А., Котенко Л.В. **2022**. Новое озеро в кратере Корбута вулкана Эбеко (о. Парамушир, Курильские острова). *Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле*, 1(53): 5–11. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2022-1-53-5-11>; EDN: DA1EMV
14. Мельников Д.В., Маневич А.Г., Гирина О.А. **2018**. Динамика извержения вулкана Алаид в 2012 и 2015–2016 гг. по данным методов дистанционного зондирования. В кн.: *Вулканизм и связанные с ним процессы: Материалы региональной конф., посвящ. Дню вулканолога, 29–30 марта 2018 г.* Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, с. 68–71.
15. Рашидов В.А., Малик Н.А., Фирстов П.П. и др. **2012**. Активизация вулкана Алаид (Курильские острова) в 2012 году. *Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле*, 2(20): 9–15. EDN: PWRAMD
16. Федотов С.А., Иванов Б.В., Флеров Г.Б. и др. **1982**. Изучение извержения вулкана Алаид (Курильские острова) в 1981 г. *Вулканология и сейсмология*, 6: 9–27.
17. Меняйлов 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. *Вулканология и сейсмология*, 5–6: 21–33.
18. Котенко Т.А., Сандимирова Е.И., Котенко Л.В. **2018**. Извержения вулкана Эбеко (Курильские острова) в 2016–2017 гг. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 1(37): 32–42. EDN: YUMKHM
19. Котенко Т.А., Котенко Л.В., Шапарь В.Н. **2007**. Активизация вулкана Эбеко в 2005–2006 гг. (остров Парамушир, Северные Курильские о-ва). *Вулканология и сейсмология*, 5: 3–13.
20. Гирина О.А., Малик Н.А., Котенко Л.В. **2008**. Активность вулкана Чикурачки (о. Парамушир, Северные Курилы) в 2002–2007 гг. по данным KVERT. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 1(11): 67–73. EDN: IUKFGF
21. Гирина О.А., Маневич А.Г., Нуждаев А.А., Сорokin А.А. **2016**. Извержение вулкана Чикурачки (о. Парамушир, Северные Курилы) в 2016 г. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 13(2): 235–239. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2016-13-2-235-239>
22. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В. **2017**. Активность вулканов Курильских островов в 2016 г. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 1(33): 83–88. EDN: YIQXSF
23. 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.
24. 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>

References

1. 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 RAS 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.).
2. Gordeev E.I., Girina O.A., Lupyan E.A., Sorokin A.A., Kramareva L.S., Efremov V.Yu., Kashnitskii 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 VolSatView information system for monitoring of the volcanic activity in Kamchatka and the Kuril Islands. *J. of Volcanology and Seismology*, 10(6): 382–394. <https://doi.org/10.1134/s074204631606004x>
3. Efremov V.Yu., Girina O.A., Kramareva L.S., Lupyan 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.).
4. Degterev A.V., Chibisova M.V. **2022**. The explosive activity of Chikurachki volcano in January–October 2022 (Paramushir Island, Northern Kuriles). *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 6(4): 328–338. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.4.328-338>
5. Degterev A.V., Chibisova M.V., Romanyuk F.A. **2023**. Explosive-effusive eruption of Alaid volcano in 2022 (Atlasova Island, northern Kuril Islands). *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 2(58): 17–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2023-2-58-17-28>
6. Belousov A.B., Belousova M.G., Grishin S.Yu., Krestov P.V. **2003**. The historical eruptions of Chikurachki volcano. Paramushir I., Kuril Is. *Volcanology and Seismology*, 3: 15–34. (In Russ.). EDN: ONTZGR
7. Gorshkov G.S. **1967**. [Volcanism of the Kuril island arc]. Moscow: Nauka, 287 p. (In Russ.). URL: http://repo.kscnet.ru/156/1/Gorshkov_1967.pdf (accessed 15.10.2023).
8. Didenko A.N., Rashidov V.A., Markov G.P., Truseenko M.S., Petrova V.V., Anikin L.P. **2021**. Petro-magnetic and geochemical descriptions of volcanics discharged by Alaid volcano, Kuril Islands, in 2015–2016. *J. of Volcanology and Seismology*, 15(1): 1–18. <https://doi.org/10.1134/S0742046321010097>
9. Belousov A., Belousova M., Auer A., Walter T.R., Kotenko T. **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>

10. Blokh Yu.I., Bondarenko V.I., Rashidov V.A., Trusov A.A. **2006**. The Grigoriev submarine volcano, Kuril island arc. *Volcanology and Seismology*, 5: 17–26. (In Russ.). EDN: HVKXET
11. Kotenko T.A. **2022**. Lahars on Atlasov island in September–October 2022 (Kuril Islands). *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 4(56): 117–122. (In Russ.). <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2022-4-56-117-122>
12. Kotenko T.A., Smirnov S.Z., Timina T.Yu. **2023**. The 2022 Activity of Ebeko Volcano: The mechanism and ejecta. *Volcanology and Seismology*, 17(4): 259–277. <https://doi.org/10.1134/S0742046323700264>
13. Kotenko T.A., Kotenko L.V. **2022**. A new lake in the Korbut Crater on Ebeko Volcano, Paramushir, Kuril Islands. *Vestnik KRAUNTS, Nauki o Zemle*, 1(53): 5–11. (In Russ.). <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2022-1-53-5-11>; EDN: DAIEMV
14. Melnikov D.V., Manevich A.G., Girina O.A. **2018**. Dynamics of the Alaid volcano eruption in 2012 and 2015–2016 according to remote sensing methods. In: *Volcanism and related processes: Proceedings of the regional conf. ded. to the Day of the Volcanologist, March 29–30, 2018*. Petropavlovsk-Kamchatsky: IVS FEB RAS, p. 68–71. (In Russ.).
15. Rashidov V.A., Malik N.A., Firstov P.P. et al. **2012**. [Activation of the Alaid volcano (Kuril Islands) in 2012]. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 2(20): 9–15. (In Russ.). EDN: PWRAMD
16. Fedotov S.A., Ivanov B.V., Flerov G.B. et al. **1982**. The study of the Alaid Volcano eruption, Kuril Islands during 1981. *Vulkanology and Seismology*, 6: 9–27. (In Russ.).
17. Menyailov I.A., Nikitina L.P., Budnikov V.A. **1992**. Activity of Ebeko volcano in 1987–1991: style of eruptions, characteristics of their products and hazard for Severo-Kurilsk town. *Volcanology and Seismology*, 5–6: 21–33. (In Russ.).
18. 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.). EDN: YUMKHM
19. Kotenko T.A., Kotenko L.V., Shapar' V.N. **2007**. Increased activity on Ebeko Volcano, Paramushir I., North Kurils in 2005–2006. *J. of Volcanology and Seismology*, 1(5): 285–295. <https://doi.org/10.1134/s0742046307050016>
20. Girina O.A., Malik N.A., Kotenko L.V. **2008**. 2002–2007 activity of Chikurachki volcan (Paramushir Island, Northern Kuriles) based on KVERT data. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 1(11): 67–73. (In Russ.). EDN: IUKFGF
21. Girina O.A., Manevich A.G., Nuzhdaev A.A., Sorokin A.A. **2016**. 2016 explosive eruption of Chikurachki volcano (Paramushir Island, Northern Kuriles). *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*, 13(2): 235–239. (In Russ.).
22. Rybin A.V., Chibisova M.V., Degterev A.V. **2017**. Activity of the Kurile Islands volcanoes in 2016. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 1(33): 83–88. (In Russ.). EDN: YIQXSF
23. 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.
24. 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>

Об авторах

Дегтерев Артем Владимирович (<https://orcid.org/0000-0001-8291-2289>), кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория вулканологии и вулканопасности, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, d_a88@mail.ru

Чибисова Марина Владимировна (<https://orcid.org/0000-0003-0677-6945>), старший научный сотрудник, лаборатория вулканологии и вулканопасности, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, m.chibisova@imgg.ru

Поступила 25.09.2023

Принята к публикации 25.10.2023

About the Authors

Degterev, Artem V. (<https://orcid.org/0000-0001-8291-2289>), Cand. of Sci. (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Laboratory of volcanology and volcanic hazard, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, d_a88@mail.ru

Chibisova, Marina V. (<https://orcid.org/0000-0003-0677-6945>), Senior Researcher, Laboratory of volcanology and volcanic hazard, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, m.chibisova@imgg.ru

Received 25 September 2023

Accepted 25 October 2023