

## Современные геологические процессы

УДК 551.21

DOI: 10.31431/1816-5524-2022-1-53-5-11

### НОВОЕ ОЗЕРО В КРАТЕРЕ КОРБУТА ВУЛКАНА ЭБЕКО (о. ПАРАМУШИР, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

© 2022 Т.А. Котенко, Л.В. Котенко

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия, 683006;  
e-mail: sinarka2017@mail.ru*

Поступила в редакцию 25. 01.2022; после доработки 19.02.2022; принята в печать 27.03.2022

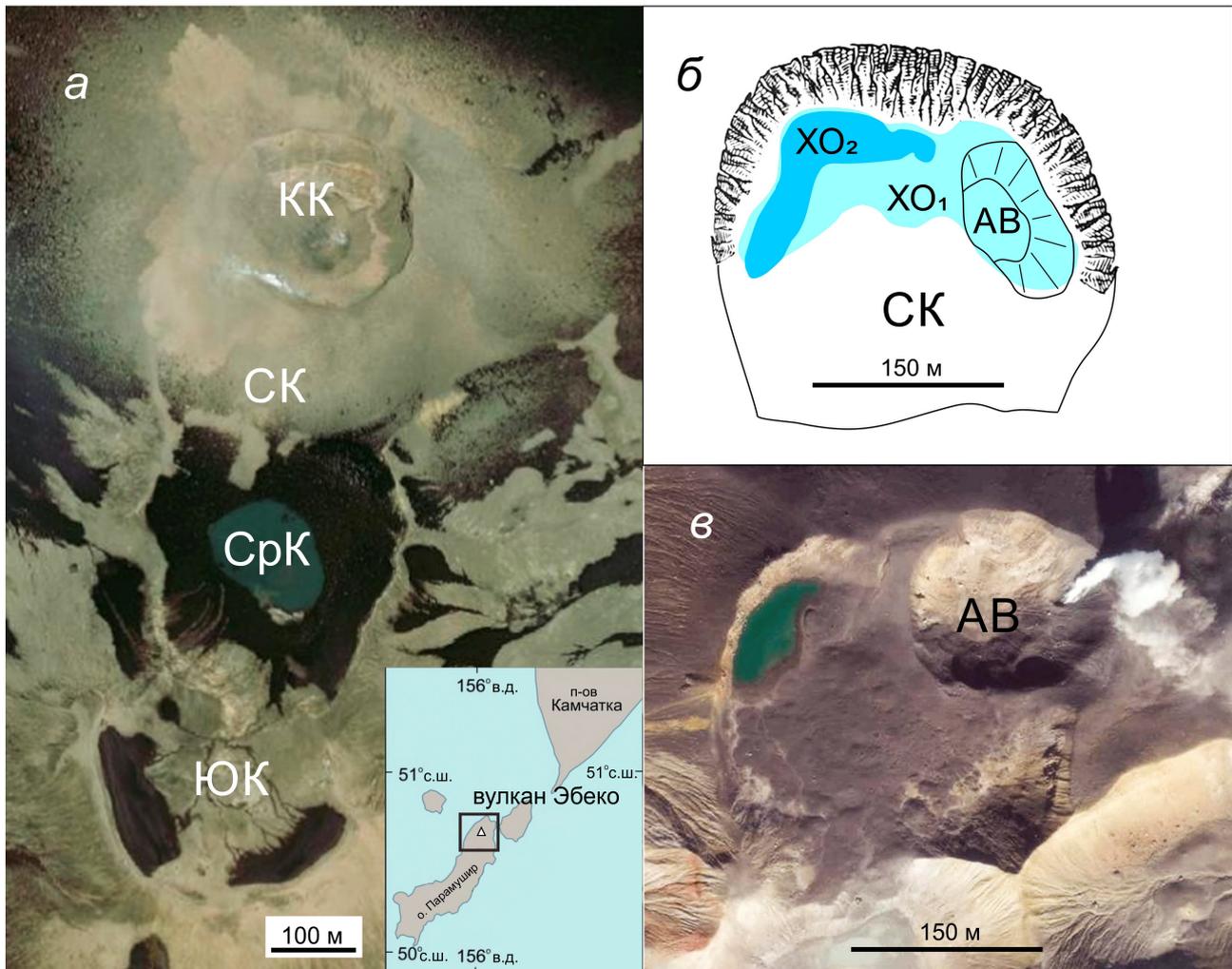
В работе сообщается о появлении нового кратерного озера на вулкане Эбеко. Термального озера в пределах Северного кратера не было с середины 2006 г. Последнее извержение вулкана Эбеко началось 19 октября 2016 г. и завершилось 19 ноября 2021 г. Пирокластический конус нового кратера, который был назван кратером Корбута, поднялся внутри Северного кратера. В кратере Корбута наблюдалась мощная фумарольная активность, которая сохраняется в настоящее время. Озеро в еще извергающемся кратере Корбута было впервые зафиксировано авторами на спутниковом снимке за 17 сентября 2021 г., уже на спутниковом снимке за 25 сентября кратер снова был сухим. После окончания извержения вулкана Эбеко, благодаря интенсивному поступлению флюида с донными фумаролами и за счет большого количества метеорных осадков, в кратере Корбута вновь сформировалось озеро (данные спутника Sentinel 2 за 11 декабря 2021 г.). В январе 2022 г. авторы обследовали кратер Корбута: диаметры озера составили 61 и 80 м (по широте и меридиану, соответственно), площадь зеркала 4.5 тыс. м<sup>2</sup>, температура воды 43°C. Приводится краткий литературный обзор существования термальных озера на северном фланге вулкана Эбеко.

*Ключевые слова: вулкан, Эбеко, кратер Корбута, термальное озеро, извержение.*

Вулкан Эбеко — один из самых активных вулканов Курильских островов (<http://geoportal.kscnet.ru/volcanoes/eruptions>). Последнее эксплозивное извержение длилось с 19 октября 2016 г. по 19 ноября 2021 г. (<http://geoportal.kscnet.ru/volcanoes/volc?name=Ebeko>). В настоящее время конус вулкана Эбеко состоит из четырех последовательно сформированных кратеров (рис. 1а): Южного, Среднего, Северного и молодого кратера Корбута, вложенного в Северный кратер. Кратер Корбута начал формироваться в августе 2018 г. (Котенко и др., 2019; Belousov et al., 2021) и был назван авторами в честь жителя г. Северо-Курильска: Корбут Юрий Антонович, профессиональный водолаз, впервые в истории нашей страны в 1952 г. погрузился в кратерное озеро действующего вулкана (озеро Горячее Среднего кратера вулкана Эбеко) в водолазном снаряжении.

Возникновение и существование термальных кратерных озера на действующих вулканах по (Pasternak, Varecamp, 1997) возможно при наличии подводной фумарольной (или водной) разгрузки и достаточного количества атмосферных осадков, заполняющих котловину кратера. В настоящей работе рассматриваются кислые термальные озера, существовавшие только в пределах Северного кратера вулкана Эбеко.

До 1967 г. Северный кратер имел такую же форму, как и остальные кратеры вулкана Эбеко (рис. 1б): широкая впадина с относительно ровным дном, окруженная крутыми бортами (Горшков, 1957; Мелекесцев и др., 1993а). Более половины дна занимало оз. Холодное. В дальнейшем морфология Северного кратера сильно менялась в результате происшедших из него извержений в 1967–1971 гг., 1987–1991 гг. и 2016–2021 гг. (Котенко и др., 2019, 2021;



**Рис. 1.** Вулкан Эбеко на спутниковом снимке Sentinel 2 19.07.2020 г. (retromap.ru) (а); схема Северного кратера по (Мархинин, Сидоров, 1966; Меняйлов и др., 1988) (б); Северный кратер и Активная Воронка 10 октября 2012 г., снимок спутника Landsat (Google Earth) (в). КК — кратер Корбута, СК — Северный кратер, CpK — Средний кратер, ЮК — Южный кратер, АВ — Активная Воронка, XO<sub>1</sub> и XO<sub>2</sub> — холодное озеро, соответственно, до извержения вулкана в 1967 г. и после него.

**Fig. 1.** Ebeko volcano on the Sentinel 2 satellite image of July 19, 2020 (retromap.ru) (a); the scheme of the Northern crater according to (Markhinin and Sidorov, 1966; Menyailov et al., 1988) (b); the Northern crater and the Active Funnel on October 10, 2012, Landsat satellite image (Google Earth) (c). KK — Korbut crater, CK — Northern crater, CpK — Middle crater, YOK — Southern crater, AB — Active Funnel, XO<sub>1</sub> and XO<sub>2</sub> — cold lake, respectively, before and after the 1967 volcanic eruption.

Мелекесцев и др., 1993а, 1993б; Меняйлов и др., 1969; Belousov et al., 2021; Walter et al., 2020). Общая динамика изменений такова: сначала вулканические взрывы осложняли морфологию дна кратера, образуя внутренний кратер — глубокую воронку (рис. 1б). Впоследствии новый кратер (Активная Воронка) углублялся и расширялся (рис. 1в). Во время последнего извержения этот кратер засыпался при формировании нового внутреннего кратера. Постэруптивная фумарольная активность на дне внутренних кратеров и большое количество осадков создавали благоприятные условия для возникновения горячих озер. Каждое последующее эксплозивное извержение уничтожало озеро.

Термальные озера, локализованные во внутреннем кратере Северного кратера, существовали или отсутствовали в следующие периоды:

– 1967 г. — 13 октября 1987 г. По данным (Меняйлова и др., 1969) летом 1967 г. озеро появилось в западной части дна Активной Воронки, глубина которой составляла 20–25 м, температура фумарол на дне достигала 400°C. В 1969 г. озеро имело размер 40×35 м и температуру 33°C (Мелекесцев и др., 1993а);

– 14 октября 1987 г. — февраль 1989 г. Новое извержение увеличило размер Активной Воронки, но горячее озеро в кратере сохранилось благодаря тому, что жерла извержения располагались выше уреза воды (Меняйлов

и др., 1992). Диаметр Активной Воронки 3 октября 1988 г. составлял 110 м при максимальной глубине 56 м, озеро имело площадь зеркала 1725 м<sup>2</sup> с урезом воды 1009.3 м (Мелекесцев и др., 1993а). Термальное озеро в Активной Воронке просуществовало более 21 года;

– март 1989 г. — январь 2005 г. Усиление извержения в начале марта 1989 г. и перемещение его жерла на дно кратера уничтожили озеро (Меняйлов и др., 1992). Вплоть до января 2005 г. в Активной Воронке не было термального озера. По авторским наблюдениям в период 2002–2004 гг. на дне этого кратера также не было фумарольной активности (Котенко, Котенко, 2006);

– 29 января 2005 г. — середина июля 2007 г. Очередное появление озера сопряжено с усилением фумарольной активности в Активной Воронке (Котенко и др., 2007, 2010). Небольшое термальное озеро овальной формы (7×12 м) бирюзового цвета авторы впервые наблюдали на дне кратера 29 января 2005 г., температура воды составляла 30–40°С. Озеро просуществовало до середины июля 2007 г. с максимальной глубиной 15 м;

– 20 июля 2007 г. — октябрь 2016 г. Фумарольная разгрузка ниже уреза воды прекратилась, озеро обмелело и остыло и стало пересыхать при малом количестве атмосферных осадков.

– 19 октября 2016 г. — сентябрь 2021 г. Период отсутствия термального озера, приуроченный к времени продолжительного вулканического извержения, начавшегося осенью 2016 г. Механизм извержения, изменение морфологии, состав изверженных продуктов были рассмотрены в работах (Котенко и др., 2018, 2019, 2021; Фирстов

и др., 2021; Belousov et al., 2021; Walter et al., 2020). До 2018 г. извержение происходило из Среднего кратера и Активной Воронки, затем только из Активной Воронки. Озера не было. В августе–сентябре 2018 г. Активная Воронка была засыпана пирокластикой при выработке нового кратера, названного кратером Корбута (Котенко и др., 2019; Belousov et al., 2021) (рис. 2 на 1 стр. обложки). В англоязычной литературе кратер получил название Новый северный (New-North-Crater) (Walter et al., 2020). С августа 2018 г. извержение происходило только из кратера Корбута.

– 17 сентября 2021 — январь 2022 г. В 2021 г. по авторским данным (визуальные наблюдения, фото- и аэрофотосъемка) на дне кратера Корбута в перерыве между вулканическими взрывами действовало не менее десятка мощных фумарол. По нашим данным с начала года до июля еще наблюдалась высокая частота взрывов (11–21 в сутки), которая в дальнейшем стала снижаться, и в июле–августе составляла от 7 до 13 взрывов в сутки. Со второй половины сентября частота вулканических взрывов резко сократилась. Записи таймлапс камеры с периодом съемки 5 с, показали, что стали происходить умеренные и слабые пепловые выбросы не чаще 1–2 раз в сутки и сильные взрывы с паузами в 11–18 дней. Во время сильных взрывов, (например, 25 августа) выбрасывалось большое количество бомб типа «хлебная корка», представляющих собой обломки разрушенной корки остывающей головной части магматического тела. Дно кратера поэтому имело бугристую поверхность, разбитую трещинами, из которых происходила дегазация (рис. 3).



Рис. 3. Кратер Корбута 26 августа 2021 г. Фото Ю.А. Витушко.

Fig. 3. Korbut crater on August 26, 2021. Photo by Yu.A. Vitushko.

При анализе спутникового снимка Sentinel 2 (<http://www.eos.com/landviewer/>) установлено, что диаметры кратера 17.09.2021 г. составляли 230 м и 205 м. Надне кратера Корбута находилось озеро размером 63×60 м, площадь зеркала составляла ~3 тыс. м<sup>2</sup>. Следующий спутниковый снимок, на котором кратер не был загазован и дно его было открыто, был получен только 25.09.2021: кратер был сухим. Таким образом, продолжающееся извержение вулкана не позволяло озеру в кратере сохраняться длительное время.

19 ноября извержение вулкана закончилось. Озеро вновь было обнаружено авторами на снимках спутника Sentinel 2 11 декабря. 8 и 12 января 2022 г. нам удалось осмотреть кратер Корбута с его бровки: озеро заполняло все дно и имело молочно-голубой цвет (рис. 4, 5). На внутренних стенках кратера с восточной и западной стороны выше уреза воды работали мощные фумаролы. Ближе к западному берегу кипение поверхности фиксировало подводную фумарольную разгрузку. Измеренная инфракрасным термометром температура воды составила 43°C. Глубина кратера с южной бровки до

уреза воды равнялась 85 м, диаметры 61 м и 80 м (по широте и меридиану, соответственно), площадь зеркала 4.5 тыс. м<sup>2</sup>. Озеро было немного смещено к западу относительно центра кратера.

Появление озера, которое мы наблюдали 17 сентября, было обусловлено выпадением интенсивных осадков (~300 мм за двое суток на высоте кратера) (рис. 6). Суточные суммы осадков получены после коррекции с использованием высотного коэффициента ( $K=3.11$  для высоты 1000 м н.у.м) для о. Парамушир (Калачева, 2008). В период с 26 сентября по 19 ноября мы не располагаем информацией о наличии или отсутствии озера в кратере, 20 ноября на спутниковом снимке озера в кратере не было.

Прекращение извержения вулкана 19 ноября, значительные осадки, установление снежного покрова, высокая постэруптивная фумарольная активность на дне кратера создали благоприятные условия для, возможно, длительного существования термального озера в кратере Корбута.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-05-00517/20.



**Рис. 4.** Кратер Корбута 12 января 2022 г. Фото М.Л. Котенко.

**Fig. 4.** Korbut crater on January 12, 2022. Photo by M.L. Kotenko.



Рис. 5. Термальное озеро в кратере Корбута 12 января 2022 г. Фото М.Л. Котенко.

Fig. 5. Thermal Lake inside the Korbut crater on January 12, 2022. Photo by M.L. Kotenko.

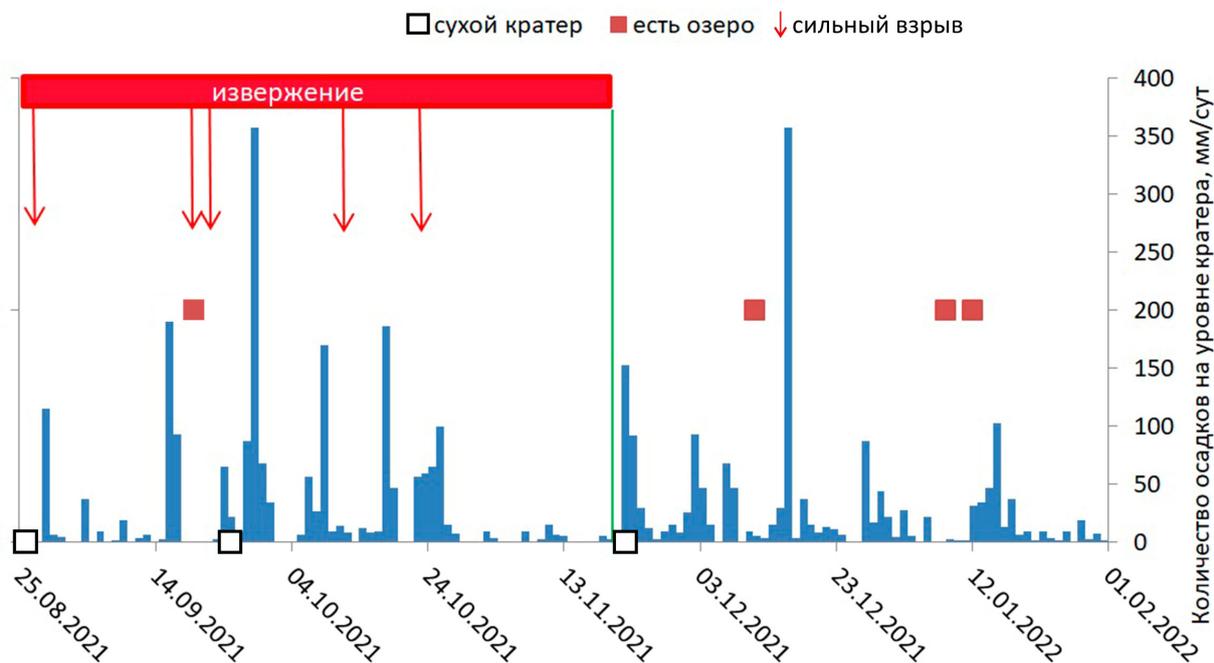


Рис 6. Плувиограмма осадков на высоте кратера вулкана, даты сильных взрывов и наличие или отсутствие озера в кратере Корбута в августе 2021 г. – январе 2022 г.

Fig. 6. Pluviogram of precipitation at the height of the volcano crater, dates of strong explosions and the presence or absence of a lake in the Korbut crater in August 2021 – January 2022.

## Список литературы [References]

- Горшков Г.С. Каталог действующих вулканов Курильских островов // Бюллетень вулканологических станций. 1957. № 25. С. 96–178 [Gorshkov G.S. Catalogue of active volcanoes of the Kuril Islands // Byulleten volkanologicheskikh stantsiy. 1957. № 25. P. 96–178 (in Russian)].
- Калачева Е.Г. Применение метода водного баланса для изучения условий питания подземных вод северной части острова Парамушир, Курильские острова // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 2. Вып. 12. С. 87–94 [Kalacheva E.G. Application of the method of water balance for the study of the feeding conditions of underground waters of the north part of Paramushir Island // Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle. 2008. № 2(12). P. 87–94 (in Russian)].
- Котенко Т.А., Котенко Л.В. Гидротермальные проявления и тепловой поток вулканов Эбеко и Крашенинникова (о. Парамушир, Курильские о-ва) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 1. С. 129–137 [Kotenko T.A., Kotenko L.V. Hydrothermal phenomena and heat flow of the Ebeko and Krashenninikov volcanoes (Paramushir Island, Kuril Islands) // Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle. 2006. № 1(6). P. 129–137 (in Russian)].
- Котенко Т.А., Котенко Л.В., Сандиминова Е.И. и др. Извержение вулкана Эбеко в январе-июне 2009 г. (о. Парамушир, Курильские острова) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2010. Вып. 15. № 1. С. 56–68 [Kotenko T.A., Kotenko L.V., Sandimirova E.I. et al. Eruption of Ebeko volcano in January-June 2009. (Paramushir Island, Kuril Islands) // Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle. 2010. № 1(15). P. 56–68 (in Russian)].
- Котенко Т.А., Котенко Л.В., Шапарь В.Н. Активизация вулкана Эбеко в 2005–2006 гг. // Вулканология и сейсмология. 2007. № 5. С. 3–13 [Kotenko T.A., Kotenko L.V., Shapar V.N. Increased activity on Ebeko volcano, Paramushir I., North Kurils in 2005–2006 // Journal of Volcanology and Seismology. 2007. V. 1. № 5. P. 285–295].
- Котенко Т.А., Сандиминова Е.И., Котенко Л.В. Извержение вулкана Эбеко (Курильские острова) в 2016–2017 гг. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2018. № 1. Вып. 37. С. 32–42 [Kotenko T.A., Sandimirova E.I., Kotenko L.V. Eruption of Ebeko volcano (the Kuril Islands) in 2016–2017 // Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle. 2018. № 1(37). P. 32–42 (in Russian)].
- Котенко Т.А., Сандиминова Е.И., Котенко Л.В. Извержение вулкана Эбеко (о. Парамушир) в 2018 г. // Материалы XXII региональной научной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвященной Дню вулканолога, 28–29 марта 2019 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2019. С. 82–85 [Kotenko T.A., Sandimirova E.I., Kotenko L.V. Eruption of Ebeko volcano in 2018 // Materials of the XXII regional scientific conference «Volcanism and related processes», dedicated to the day of the volcanologist, March 28–29, 2019. Petropavlovsk-Kamchatsky: IViS FEB RAS, 2019. P. 82–85].
- Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю. и др. Вулкан Эбеко (Курильские о-ва): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч. 1 // Вулканология и сейсмология. 1993а. № 3. С. 69–81 [Melekestsev I.V., Dvigalo V.N., Kirianov V.Yu. et al. Ebeko volcano, Kuril Islands: eruptive history and apotential hazards. Pt. 1 // Vulkanology and Seismology. 1994a. V. 15. № 3. P. 339–354].
- Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю. и др. Вулкан Эбеко (Курильские о-ва): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч. 2 // Вулканология и сейсмология. 1993б. № 4. С. 24–42 [Melekestsev I.V., Dvigalo V.N., Kirianov V.Yu. et al. Ebeko volcano, Kuril Islands: eruptive history and apotential hazards. Pt. 2 // Vulkanology and Seismology. 1994b. V. 15. № 4. P. 411–430].
- Мархинин Е.К., Сидоров С.С. Систематическое описание гидротермальных проявлений вулканов Эбеко и Влодавца по состоянию на 1959–1960 гг. / Опыт комплексного исследования района современного и новейшего вулканизма (на примере хр. Вернадского, о. Парамушир). Труды СахКНИИ СО АН СССР. Южно-Сахалинск: Дальневосточное книжное изд-во. 1966. Вып. 16. С. 135–147 [Markhinin E.K., Sidorov S.S. Systematic description of hydrothermal manifestations of the volcanoes Ebeko and Vlodavets as of 1959–1960 / Experience of a comprehensive study of the area of modern and newest volcanism (on the example of Vernadsky ridge of Paramushir Island). Proceedings of the Sakhkni SB of the USSR Academy of Sciences. Yuzhno-Sakhalinsk: Far East. publishing house. 1966. Iss. 16. P. 135–147 (in Russian)].
- Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Храмова Г.Г. Газо-гидротермальное извержение вулкана Эбеко в феврале-апреле 1967 г. // Бюллетень вулканологических станций. 1969. № 45. С. 3–6 [Menyailov I.A., Nikitina L.P., Khranova G.G. Gas-hydrothermal eruption of Ebeko volcano in February-April 1967 // Byulleten volkanologicheskikh stantsiy. 1969. № 45. P. 3–6 (in Russian)].
- Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Шапарь В.Н. Особенности химического и изотопного состава фумарольных газов в межэруптивный период деятельности вулкана Эбеко // Вулканология и сейсмология. 1988. № 4. С. 21–36 [Menyailov I.A., Nikitina L.P., Shapar V.N. Features of chemical and isotopic composition of fumarole gases of the Ebeko volcano in the inter-eruptive period of activity // Vulkanology and Seismology. 1988. № 4. P. 21–36 (in Russian)].
- Фирстов П.П., Котенко Т.А., Акбашев Р.Р. Усиление эксплозивной активности вулкана Эбеко в апреле-июне 2020 // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. Вып. 46. № 2. С. 10–15. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2020-2-46-10-15> [Firstov P.P., Kotenko T.A., Akbashev R.R. Growth of explosive activity of Ebeko volcano in April–June 2020 // Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle. 2020. № 2(46). P. 10–15 (in Russian)].
- Belousov A., Belousova M., Auer A. et al. Mechanism of the historical and the ongoing Vulcanian eruptions

- of Ebeko volcano, Northern Kuriles // *Bulletin of Volcanology*. 2021. V. 83. № 4. <https://doi.org/10.1007/s00445-020-01426-z>
- Pasternack G., Varekam J.C.* Volcanic lake systematics, I. Physical constraints // *Bulletin of Volcanology*. 1997. № 58. P. 528–538.
- Walter T.R., Belousov A., Belousova M. et al.* The 2019 Eruption Dynamics and Morphology at Ebeko Volcano Monitored by Unoccupied Aircraft Systems (UAS) and Field Stations // *Remote Sens.* 2020. Iss. 12/1961. <https://doi.org/10.3390/rs12121961>

## A NEW LAKE IN THE KORBUT CRATER OF EBeko VOLCANO (PARAMUSHIR ISLAND, KURILES ISLANDS)

**T.A. Kotenko, L.V. Kotenko**

*Institute of Volcanology and Seismology, Far East Branch Russian Academy of Sciences,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 683006; e-mail: sinarka2017@mail.ru*

Received January 25, 2022; revised February 19, 2022; accepted March 27, 2022

The paper reports the appearance of a new crater lake on the Ebeko volcano. There has been no thermal lake within the Northern Crater since mid-2006. The last eruption began on October 19, 2016 and ended on November 19, 2021. The pyroclastic cone of the new crater, which was named Korbuto Crater, rose within the Northern Crater. There was strong fumarolic activity in the Korbuto crater, which persists today. The lake in the still erupting Korbuto crater was first recorded by the authors on a satellite image from September 17, 2021; already on a satellite image from September 25, the crater was dry again. After the end of the Ebeko eruption, due to the intensive flow of fluid with bottom fumaroles and due to a large amount of meteoric precipitation, a lake was formed in the Korbuto crater (Sentinel 2 satellite data of December 11, 2021). In January 2022, the authors examined the Korbuto crater: the diameters of the lake were 61 and 80 m (latitude and meridian, respectively), the mirror area was 4.5 thousand m<sup>2</sup>, and water temperature was 43°C. A brief literature review of the existence of thermal lakes on the northern flank of the Ebeko volcano is given.

*Keywords: volcano, Ebeko, Korbuto crater, thermal lake, eruption.*