



КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

УДК 551.432.7+556.5

<https://doi.org/10.30730/gtr.2025.9.2.213-220>
<https://www.elibrary.ru/kqsgqa>

Новые данные о морфологии котловины озера Кипящее (вулкан Головнина, о. Кунашир, Курильские о-ва): по результатам работ 2023 г.

Д. Н. Козлов[@], Р. В. Жарков

^{@E-mail:} kozlovdn@bk.ru

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

Резюме. Вулкан Головнина (о. Кунашир, Курильские острова) представляет собой кальдеру, возникшую около 39 тыс. л.н., в которой в настоящее время расположено два вулканогенных озера: кальдерное Горячее и кратерное Кипящее. Исторически сложилось, что морфология наземной части кальдеры была изучена достаточно подробно, а ее подводный рельеф – рельеф озерных котловин – исследовался несколькими научными коллективами лишь эпизодически, эти сведения имели весьма упрощенный характер, необходимый для таких задач, как, например, оценка потенциала сероносных районов. Данные по морфометрическим параметрам за разные годы не сопоставлялись. С середины 2000-х годов эту работу начал проводить коллектив лаборатории вулканологии и вулканопасности ИМГиГ ДВО РАН. До 2023 г. выполнена серия таких работ на озерах кальдеры. В этих исследованиях впервые с помощью эхолота был получен уникальный высокоточный материал о морфометрических параметрах котловин в цифровом виде. Целью исследований в 2023 г. было установить современное строение котловины оз. Кипящее и провести предварительную оценку изменений в морфологии котловины за период наблюдений с 2005 г. Впервые представлена высокоточная батиметрическая модель оз. Кипящее с шагом изобат 0.5 м, построенная на основе 23 эхолотных профилей со спутниковой привязкой. По состоянию на сентябрь 2023 г. максимальная длина озера составила 330 м, ширина 190 м, длина береговой линии 870 м, площадь зеркала 0.0462 км², максимальная глубина 24 м. Наши предыдущие работы, выполненные два десятилетия назад, показывали максимальные отметки глубины в 16 м, а по промерам камчатских коллег в 2020–2021 гг. была зафиксирована отметка 25 м. Таким образом, за период наблюдений с 2005 г. в воронке оз. Кипящее произошли изменения глубины минимум на 50 %, что характеризует водоем как один из самых динамичных в регионе.

Ключевые слова: вулкан Головнина, озеро Кипящее, эхолот, морфология, батиметрическая съемка, газогидротермы

New data on the morphology of Kipyashchee lake (Golovnin volcano, Kunashir Isl., Kuril Islands) based on the 2023 study results

Dmitrii N. Kozlov[@], Rafael V. Zharkov

^{@E-mail:} kozlovdn@bk.ru

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

Abstract. Golovnin volcano (Kunashir Island, Kuril Islands) is a caldera that arose approximately 39 thousand years ago, in which two volcanic lakes are currently located: Goryachee caldera lake and Kipyashchee crater lake. The morphology of the terrestrial part of the caldera has been studied sufficiently, whereas its underwater relief – the relief of lake basins – has been studied by several scientific teams only sporadically. This information was rather simplified, which was necessary for such tasks as assessing the potential of sulfur-bearing areas. Data on morphometric parameters

for different years were not compared. Since the mid-2000s, such study has been carried out by the team of the Laboratory of volcanology and volcanic hazard of the IMGG FEB RAS, having completed a series of studies on the lakes of the caldera until 2023. In these studies, for the first time a unique high-precision digital material was obtained using a sonar, describing in detail the morphometric parameters of the basins. The aim of the study in 2023 was to establish the current structure of the Kipyashchee lake basin and to conduct a preliminary assessment of changes in the morphology of the basin over the observation period since 2005. In this paper, we analyzed current parameters and changes in the morphology of the Kipyashchee lake basin, as well as the events that occurred during the period of the observations since 2005, and compared these results with the studies of other authors. A high-precision bathymetric model of the Kipyashchee lake is presented for the first time with an isobath spacing of 0.5 m, built on the basis of 23 sonar profiles with satellite reference. As of September 2023, the maximum length of the lake was 330 m, the width was 190 m, the length of the coastline was 870 m, the mirror area was 0.0462 km², and the maximum depth was 24 m. Our previous studies, carried out two decades ago, showed a maximum depth of 16 m, and, according to the measurements of our colleagues from Kamchatka in 2020–2021, the depth of 25 m was recorded. Thus, during the period of observations since 2005, there were changes in the depth of at least 50 % in the Kipyashchee lake crater, which characterizes the reservoir as one of the most dynamic in the region.

Keywords: Golovnin volcano, Kipyashchee lake, sonar, morphology, bathymetric survey, gas hydrotherms

Для цитирования: Козлов Д.Н., Жарков Р.В. Новые данные о морфологии котловины озера Кипящее (вулкан Головнина, о. Кунашир, Курильские о-ва): по результатам работ 2023 г. *Геосистемы переходных зон*, 2025, т. 9, № 2, с. 213–220. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2025.9.2.213-220>; <https://www.elibrary.ru/kqsgqa>

For citation: Kozlov D.N., Zharkov R.V. New data on the morphology of Kipyashchee lake (Golovnin volcano, Kunashir Isl., Kuril Islands) based on the 2023 study results. *Geosistemy perexodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2025, vol. 9, No. 2, pp. 213–220. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtrz.2025.9.2.213-220>; <https://www.elibrary.ru/kqsgqa>

Финансирование и благодарности

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН по темам «Вулканизм Сахалина и Курильских островов: мониторинг, хронология активности, вещественный состав продуктов, гидротермальные системы» (FWWM-2021-0003) и «Вулканизм Сахалина и Курильских островов: хронология, петролого-геохимические особенности, гидротермальные проявления, мониторинг вулканической активности» (FWWM-2024-0003).

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам заповедника «Курильский» за неоценимую помощь при организации полевых работ в кальдере вулкана Головнина, особенно директору Александру Александровичу Кислейко и заместителю директора по научной работе Елене Викторовне Линник.

Funding and Acknowledgements

The study was carried out within the framework of the state task of the Institute of Marine Geology and Geophysics of the FEB RAS “Volcanism of Sakhalin and the Kuril Islands: monitoring, chronology of activity, material composition of products, and hydrothermal systems” (FWWM-2021-0003) and “Volcanism of Sakhalin and the Kuril Islands: chronology, petrological and geochemical features, hydrothermal manifestations, and monitoring of volcanic activity” (FWWM-2024-0003).

The authors express their sincere gratitude to the team of the Kurilsky Nature Reserve for their invaluable assistance in organizing field work in the Golovnin volcano caldera, especially to Director Alexander Kisleyko and Deputy Director Elena Linnik.

Введение

Вулкан Головнина (547 м) расположен на юге о. Кунашир (рис. 1 а). По морфогенетической классификации вулканов Курильских островов [2] он относится к кальдерным пемзово-пирокластическим вулканам. Около 39 тыс. л.н. в результате мощного извержения и разрушения постройки вулкана образовалась кальдера, при этом было выброшено около 15 км³ андезидацитов пирокластических

ки [1]. По данным наших последних измерений, выполненных при помощи открытых веб-геоинформационных и картографических сервисов SAS-Planet и Google Earth Pro, диаметр кальдеры достигает более 10 км в основании и 4.5 км по гребню. Дно ее преимущественно ровное с небольшим уклоном на северо-восток, значительную часть кальдеры занимает вулканогенное озеро Горячее. В центре кальдеры вулкана Головнина (рис. 1 б) расположено небольшое кратерное озеро Кипящее

и два экструзивных купола – Центральный Восточный и Центральный Западный, подобные купола имеются в северо-западной (Подушечный) и юго-восточной (Крутой) частях кальдеры [3].

Кратер, заполненный водами озера (рис. 2), врезан в озерные отложения и южную часть экструзивного купола Центральный Восточный. В настоящее время на периферии

куполов и в озерах наблюдается газогидротермальная активность, внутри кальдеры и на побережье выделяют шесть наземных и одно подводное гидротермальное поле.

Морфология наземной части кальдеры изучена достаточно подробно, а ее подводный рельеф в разные годы исследовался при помощи лота несколькими научными коллективами: оз. Горячее промеряли С.М. Фазлуллин

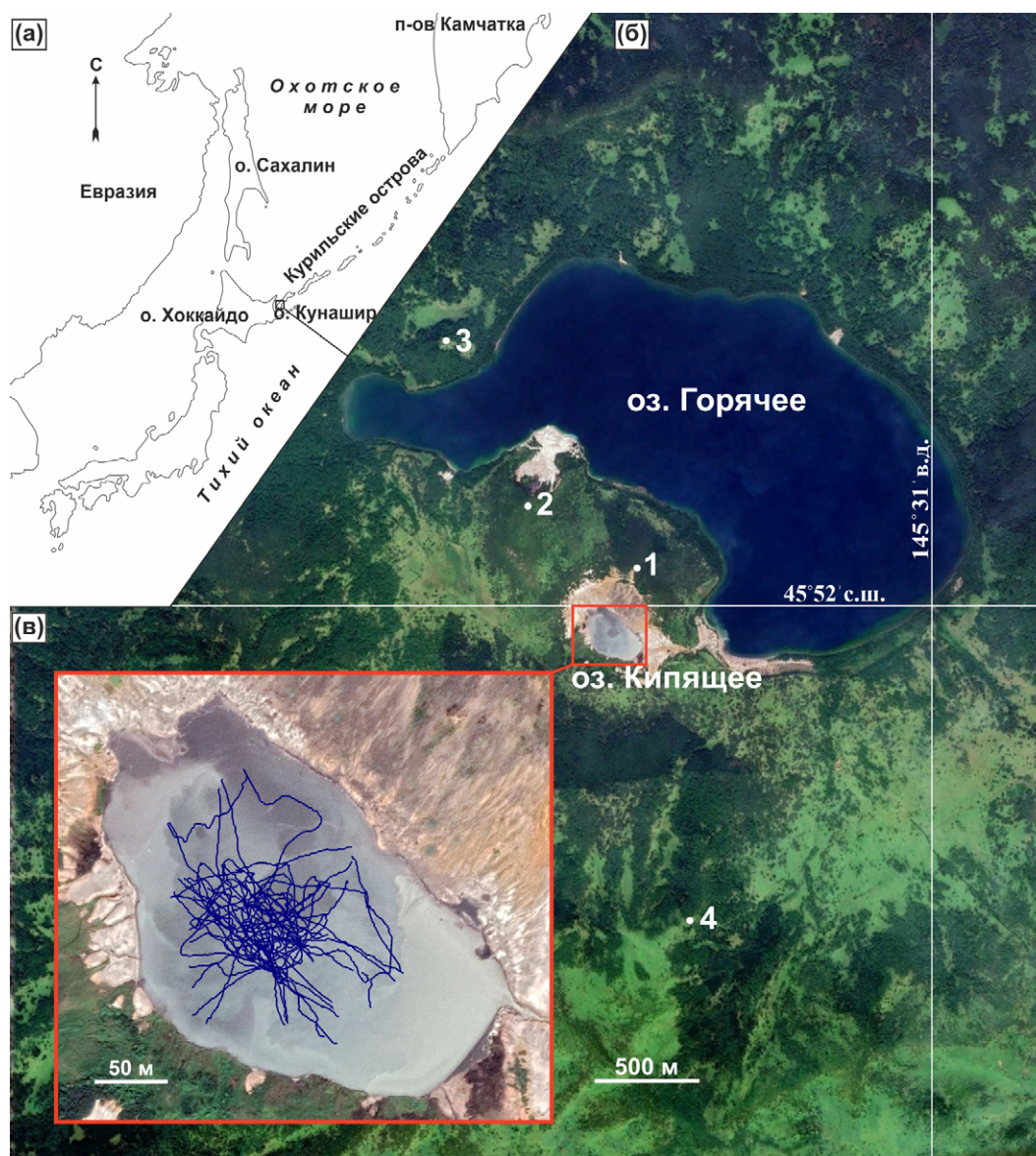


Рис. 1. Вулкан Головнина (о. Кунашир, Курильские острова): район проведения работ (а); расположение вулканогенных озер в центральной части кальдеры вулкана Головнина (б); схема промеров цифровым эхолотом на оз. Кипящее (в) на спутниковом снимке © 2022 Maxar Technologies из Google Earth Pro от 23.07.2021 г. Экструзивные купола (по [3]): 1 – Центральный Восточный; 2 – Центральный Западный; 3 – Подушечный; 4 – Крутой.

Fig. 1. Golovnin volcano (Kunashir Island, Kuril Islands): study area (a); location of volcanic lakes in the central part of the Golovnin volcano caldera (b); scheme of measurements by a digital sonar on Kipyashchee lake (c) from a satellite image © 2022 Maxar Technologies from Google Earth Pro dated 07/23/2021. Extrusive domes according to [3]: 1, Tsentral'nyy Vostochnyy; 2, Tsentral'nyy Zapadnyy; 3, Podushechnyy; 4, Krutoy.



Рис. 2. Кратерное озеро Кипящее. Панорамный снимок выполнен с юго-восточной части кратера. 2023 г. *Фото Д.Н. Козлова*
Fig. 2. Kipyashchee crater lake. A panoramic image taken from the southeastern part of the crater. 2023. *Photo by D. Kozlov*

и В.В. Батоян [4], оз. Кипящее – А.К. Марков [5], А.В. Зотов, В.И. Сорокин и И.Б. Никитина [6]. В ИМГиГ ДВО РАН работы по изучению морфологии кальдерных озер ведутся с 2005 г. [7–9]. В 2020–2021 гг. сотрудниками ИВиС ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский) в ходе полевых исследований [10; <https://kurilskiy.ru/tpost/9095m31pl2-kamchatskie-vulkanologi-issledovali-vulk>; <https://kurilskiy.ru/tpost/ec7sm37n91-polucheni-novie-dannie-po-vulkanicheskim>] были получены новые данные, указывающие на значительные изменения морфологии котловины оз. Кипящее. Важно также отметить работу Н.Г. Разжигасовой и Л.А. Ганзей [11], в которой они получили актуальную датировку образования воронки, занятой оз. Кипящее, – 1 тыс. л.н. [11].

Целью наших исследований в сентябре 2023 г. было путем детальных промеров цифровым эхолотом (рис. 1 в) уточнить современное строение котловины оз. Кипящее и провести предварительную оценку изменений морфологии котловины этого уникального вулканогенного водоема за период наблюдений с 2005 г.

Материалы и методы

В сентябре 2023 г. нами выполнены плановые вулканологические работы по обследованию оз. Кипящее. Основной составляющей этих работ была батиметрическая съемка озерной котловины при помощи цифрового эхолота

Lowrance LMS-527 cDF iGPS (частота излучателя 200 кГц) со спутниковой привязкой профилей, съемка выполнялась с маломерного судна. Данная методика ранее успешно апробирована в наших исследованиях [7–9].

Результаты и обсуждение

По данным, полученным нами в 2005 г. [7], в центральной части оз. Кипящее находилась воронка глубиной около 16 м (рис. 3), со

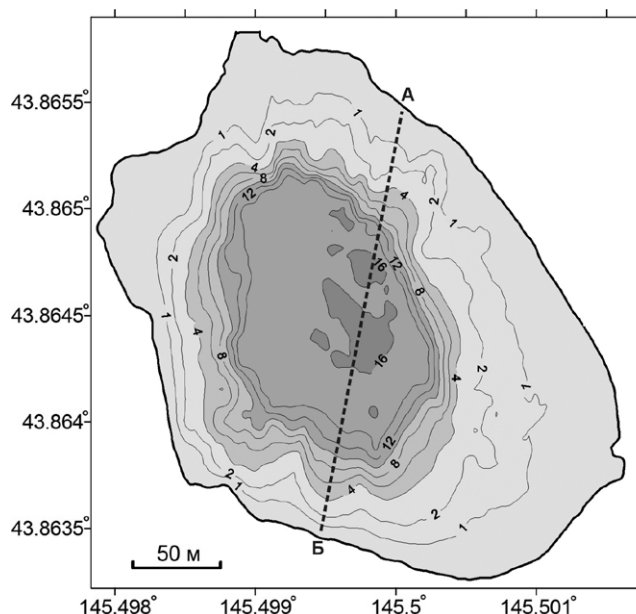


Рис. 3. Батиметрическая карта озера Кипящее по данным [7].
Fig. 3. Bathymetric map of Kipyashchee lake according to data from [7].

дна которой поднимались газогидротермальные струи.

В июле 2021 г. сотрудниками ИВиС ДВО РАН было выполнено эхолотное профилирование, по результатам которого построена батиметрическая карта и рассчитаны морфометрические параметры оз. Кипящее. Отметим, что максимальная глубина озера – 25 м (рис. 4) – превысила предыдущее значение за 2005 г. (16 м) более чем наполовину. Рассчитанный в 2021 г. объем водных масс составил $2.9 \times 10^5 \text{ м}^3$ [10].

По результатам эхолотной съемки оз. Кипящее в сентябре 2023 г. нами получены 23 высокоточных профиля со спутниковой привязкой, которые покрыли практически всю центральную часть котловины озера (рис. 1 в) и представляют собой детализированное изображение озерной котловины в вертикальной плоскости. На основе обработки и интерпретации полученного массива профилей была составлена батиметрическая карта водоема (рис. 5). В ходе работ выполнен анализ профилей на наличие и интенсивность подводных газогидротермальных выходов и взрывных

воронок в озере, рассчитаны их морфометрические параметры. В результате получены представления о современном морфологическом облике оз. Кипящее. Его основные морфометрические параметры следующие: максимальная длина зеркала озера 330 м, ширина 190 м, длина береговой линии 870 м, площадь зеркала 0.0462 км². Максимальная глубина в 24 м была зафиксирована на небольшом участке дна котловины, в ее центральной части. Котловина оз. Кипящее имеет форму воронки, сжатой в горизонтальной плоскости, с существенным углублением в центральной части. Важно отметить, что на новой, высокодетализированной карте нам впервые удалось выделить характерный микрорельеф, представленный набором из 5 небольших воронок (обозначены римскими цифрами на рис. 5), осложняющих рельеф основной воронки-котловины. К каждой из этих воронок приурочены интенсивные подводные газогидротермы (ПГ). В центре водоема сосредоточены 4 из 5 найденных и выделенных нами в 2023 г. воронок, каждая из которых представляет собой четко оконтуренную на карте и эхограммах структуру. Эти воронки

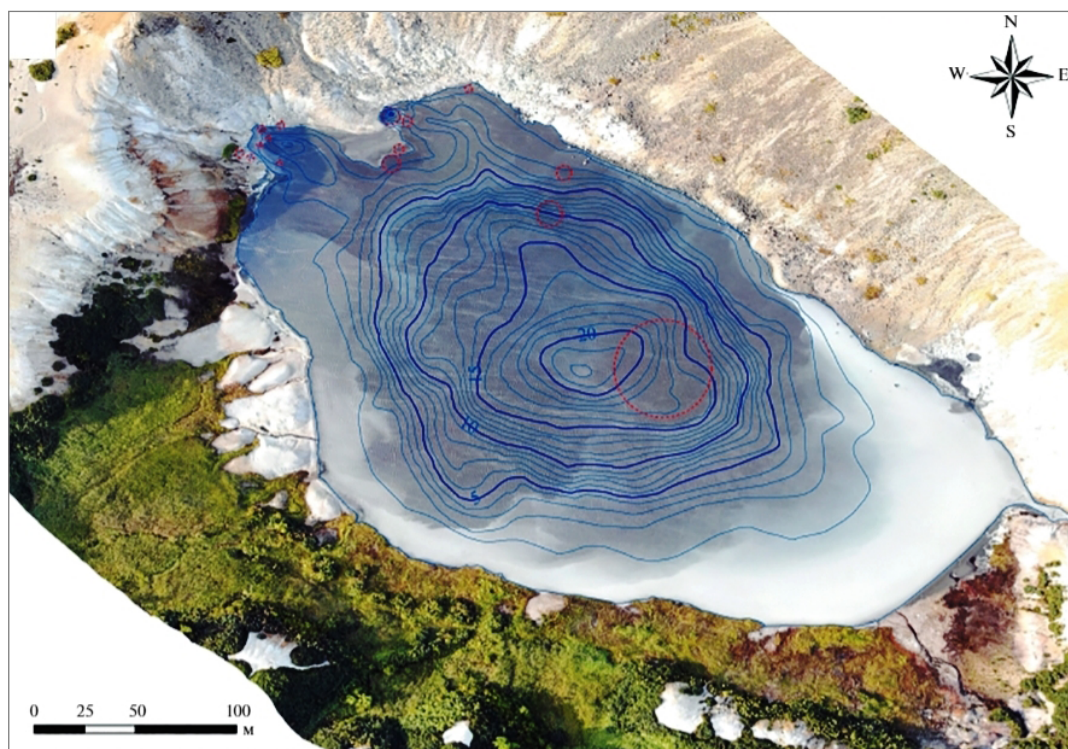


Рис. 4. Батиметрическая карта оз. Кипящее в 2021 г. [10].

Fig. 4. Bathymetric map of Kipyashchee lake in 2021 [10].

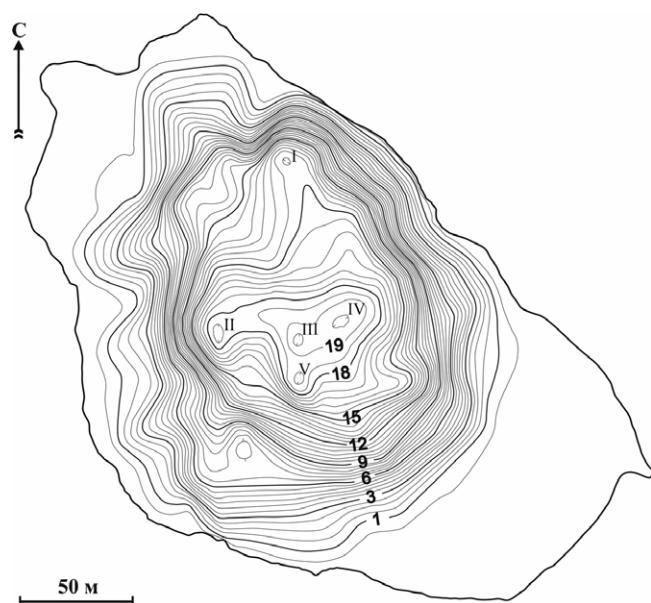


Рис. 5. Батиметрическая карта оз. Кипящее, изобаты даны через 0.5 м. Римскими цифрами обозначены обнаруженные в 2023 г. воронки. 1–19 – изобаты.

Fig. 5. Bathymetric map of Kipyashchee lake, isobaths are given every 0.5 m. Roman numerals indicate craters discovered in 2023. 1–19 indicate isobaths.

объединены в рельефе дна изобатой 18 м, а их наиболее глубокие части достигают отметок 19–24 м. Помимо них на севере озера отмечена отдельная небольшая воронка глубиной около 15 м (рис. 5, I). В нескольких точках на эхолотных профилях прослеживаются подводные газогидротермы (ПГ на рис. 6), поднимающиеся со дна озерной котловины. Их можно часто визуальнo наблюдать и на поверхности озера.

В дальнейшем мы планируем провести сравнительный анализ имеющихся материалов по морфологии оз. Кипящее за разные годы, с учетом как современных исследований за три последних десятилетия, так и работ авторов советского периода и более ранних японских трудов. Помимо фактического сравнения считаем важным определение условий, при которых происходили изменения морфологии озерной котловины: в каких случаях это происходило стремительно и было связано с усилением поствулканической активности, а в каких, возможно, было обусловлено и другими факторами, например антропогенными, которые имели место непосредственно на берегу озера

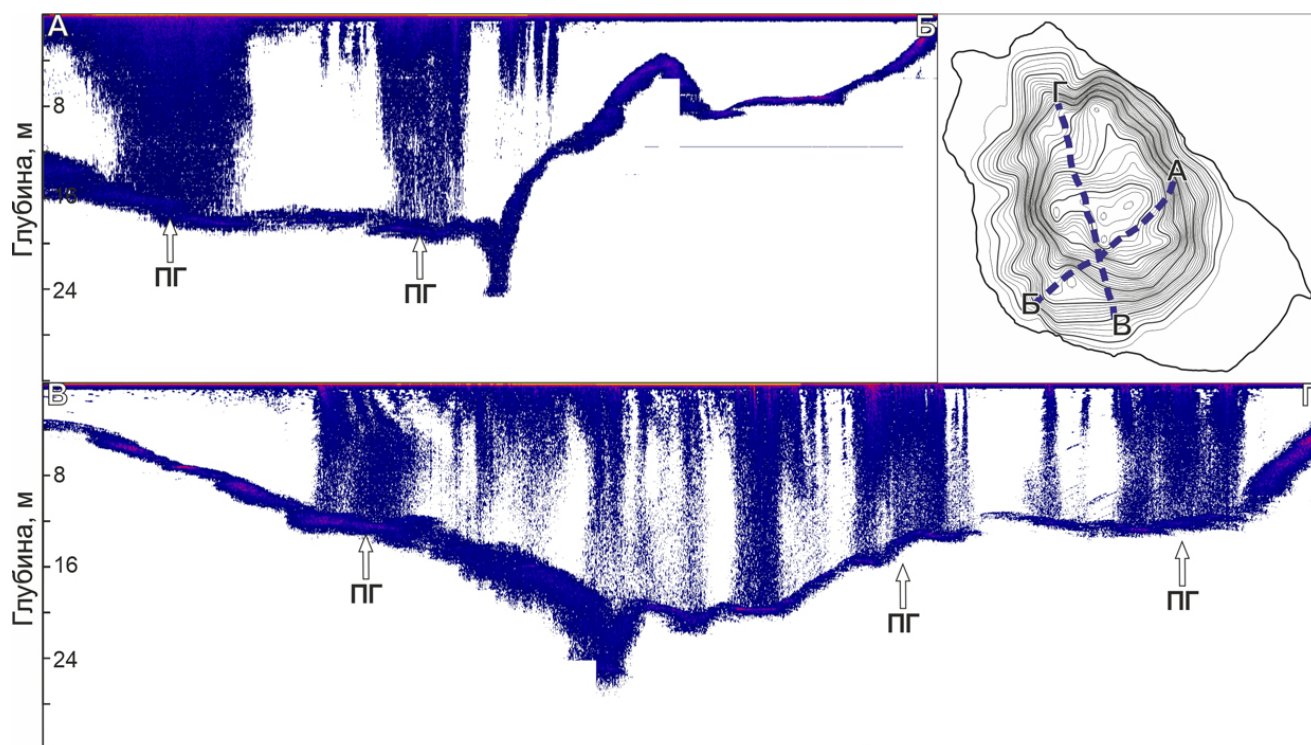


Рис. 6. Фрагменты эхолотных профилей по галсам АБ и ВГ на оз. Кипящее (на врезке показано положение профилей). ПГ – подводные газогидротермы.

Fig. 6. Fragments of sonar profiles along AB and BG lines on Kipyashchee lake (the inset shows the position of the profiles). ПГ, underwater gas and hydrothermal vents.

(разработка серного месторождения). В настоящее время мы можем говорить об отсутствии каких-либо зафиксированных свидетельств по гидротермальным и/или фреатическим извержениям за последние десятилетия, поскольку исследователями, туристами и работниками заповедника «Курильский» не отмечены заплески по берегам водоема, непосредственные отложения выбросов, взрывов, излияний серы и других процессов, способных резко изменить котловину озера. Вероятно, процессы изменения морфологии идут постепенно, хотя и протекают быстрее, чем в обычных озерах, газогидротермы интенсивнее вымывают и переотлагают донные отложения, мощность которых, по данным А.К. Маркова [5], достигает 9 м.

Заключение

Работы, проведенные нами в сентябре 2023 г. на оз. Кипящее, подтвердили существенные изменения морфологии его котловины. В результате наших промеров впервые составлена актуальная высокодетализированная батиметрическая карта оз. Кипящее с шагом изобат 0.5 м, подсчитаны его основные морфометрические параметры, выделены отдельные подводные воронки и выходы газогидротерм. Максимальная длина зеркала озера составила 330 м, ширина – 190 м, длина береговой линии – 870 м, площадь зеркала – 0.0462 км², а максимальная глубина – 24 м. В пределах озерной котловины нами впервые выделены 5 воронок, осложняющих ее рельеф. К этим воронкам приурочены интенсивные подводные газогидротермы, которые фиксируются эхолотом на профилях и наблюдаются визуально на поверхности озера.

В дальнейшей работе предполагается выяснить причины увеличения глубины озера. До середины 2000-х годов она составляла 16–17 м, а измерения 2021–2023 гг. показывают максимальные глубины до 24–25 м. Научная значимость этих исследований связана с тем, что динамика изменений морфометрических параметров активного кратерного озера является важным индикатором как прошедших, так

и потенциально возможных поствулканических процессов в кальдерном комплексе вулкана Головнина.

Список литературы

1. Лаверов Н.П. (ред.) **2005.** *Новейший и современный вулканизм на территории России.* М.: Наука, 604 с.
2. Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И. **1989.** *Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенез.* М.: Наука, 239 с.
3. Мархинин Е.К. **1959.** Вулканы острова Кунашир. *Труды лаборатории вулканологии АН СССР*, 17: 64–110.
4. Фазлуллин С.М., Батоян В.В. **1989.** Донные осадки кратерного озера вулкана Головнина. *Вулканология и сейсмология*, 2: 44–55.
5. Марков А.К. **1958.** Геологические условия, поиски и разведка некоторых вулканических месторождений самородной серы. *Записки Горного института*, 33(2): 194–208.
6. Зотов А.В., Сорокин В.И., Никитина И.Б. **1988.** Некоторые особенности современной гидротермальной деятельности в кальдере вулк. Головнина (о-в Кунашир). В кн.: *Современные гидротермы и минералообразование.* М.: Наука, с. 54–69.
7. Козлов Д.Н., Белоусов А.Б. **2007.** Современные методы исследований внутрикальдерных озер активных вулканов (на примере вулкана Головнина, о. Кунашир, Курильские о-ва). В кн.: *Материалы XIII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока, 27–29 ноября 2007, Иркутск.* Иркутск: ИГ СО РАН, т. 1, с. 142–144.
8. Козлов Д.Н., Жарков Р.В. **2010.** Морфология и генезис озер кальдерных комплексов Головнина и Заварицкого (Курильские острова). *Вестник ДВО РАН*, 3: 103–106.
9. Kozlov D.N., Lebedeva E.V. **2024.** Morphology of crater and caldera lakes in the Far Eastern region of Russia and the features of their development. *Journal of Mountain Science*, 21(4): 1246–1258. <https://doi.org/10.1007/s11629-023-8253-9>
10. Калачева Е.Г., Таран Ю.А., Волошина Е.В., Тарасов К.В., Мельников Д.В., Котенко Т.А., Эрдниева Д.Ю. **2023.** Кратерное озеро Кипящее в кальдере вулкана Головнина: геохимия воды и газов, вынос магматических летучих (о. Кунашир). *Вулканология и сейсмология*, 1: 3–20. <https://doi.org/10.31857/s0203030622700018>; EDN: <https://elibrary.ru/ARDAAU>
11. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А. **2006.** *Обстановки осадконакопления островных территорий в плейстоцен-голоцене.* Владивосток: Дальнаука, 247 с.

References

1. Laverov N.P. (ed.) **2005**. [*Most recent and modern volcanism on the territory of Russia*]. Moscow: Nauka, 604 p. (In Russ.).
2. Fedorchenko V.I., Abdurakhmanov A.I., Rodionova R.I. **1989**. [*Volcanism of the Kuril island arc: Geology and petrogenesis*]. Moscow: Nauka, 239 p. (In Russ.).
3. Markhinin E.K. **1959**. Volcanoes of Kunashir Island. *Proceedings of the Volcanology Laboratory of the USSR Academy of Sciences*, 17: 64–110. (In Russ.).
4. Fazlullin S.M., Batoyan V.V. **1989**. [Bottom sediments of the crater lake of Golovnin volcano]. *Volcanology and Seismology*, 2: 44–55. (In Russ.).
5. Markov A.K. **1958**. [Geological conditions, prospecting and exploration of some volcanic deposits of native sulfur]. *Zapiski Gornogo Instituta*, 33(2): 194–208. (In Russ.).
6. Zotov A.V., Sorokin V.I., Nikitina I.B. **1988**. [Some features of modern hydrothermal activity in the caldera of Golovnin volcano (Kunashir Island)]. In: *Modern hydrothermal springs and mineral formation*. Moscow: Nauka, p. 54–69. (In Russ.).
7. Kozlov D.N., Belousov A.B. **2007**. [Modern methods of studying intracaldera lakes of active volcanoes (using the example of Golovnin volcano, Kunashir Island, Kuril Islands)]. In: *Proceedings of the XIII scientific conference of geographers of Siberia and the Far East, November 27–29, 2007, Irkutsk*. Irkutsk: IG SB RAS, vol. 1, p. 142–144. (In Russ.).
8. Kozlov D.N., Zharkov R.V. **2010**. Morphology and genesis of the lakes of Golovnin and Zavaritsky calderal complexes (Kuril Islands). *Vestnik DVO RAN = Vestnik of the FEB RAS*, 3: 103–106. (In Russ.).
9. Kozlov D.N., Lebedeva E.V. **2024**. Morphology of crater and caldera lakes in the Far Eastern region of Russia and the features of their development. *Journal of Mountain Science*, 21(4): 1246–1258. <https://doi.org/10.1007/s11629-023-8253-9>
10. Kalacheva E.G., Taran Yu.A., Voloshina E.V., Tarasov K.V., Melnikov D.V., Kotenko T.A., Erdnieva D.Yu. **2023**. Crater Lake Kipyashchee in the caldera of Golovnin volcano: Water and gas geochemistry, output of magmatic volatiles (Kunashir Island). *Journal of Volcanology and Seismology*, 17: 1–16. <https://doi.org/10.1134/S0742046322700063>
11. Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A. **2006**. *Sedimentary environments on islands in Pleistocene-Holocene*. Vladivostok: Dal'nauka, 247 p. (In Russ.).

Об авторах

Козлов Дмитрий Николаевич (<https://orcid.org/0000-0002-8640-086X>), кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканопасности, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (ИМГиГ ДВО РАН), Южно-Сахалинск, Россия, kozlovdn@bk.ru

Жарков Рафаэль Владимирович (<https://orcid.org/0000-0002-9753-0627>), кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканопасности, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (ИМГиГ ДВО РАН), Южно-Сахалинск, Россия, rafael_zharkov@mail.ru

About the Authors

Kozlov, Dmitrii N. (<https://orcid.org/0000-0002-8640-086X>), Cand. of Sci. (Geography), Senior Researcher, Laboratory of volcanology and volcanic hazard, Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, kozlovdn@bk.ru

Zharkov, Rafael V. (<https://orcid.org/0000-0002-9753-0627>), Cand. of Sci. (Geography), Leading Researcher, Laboratory of volcanology and volcanic hazard, Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, rafael_zharkov@mail.ru

Поступила 07.05.2025

Принята к публикации 16.06.2025

Received 7 May 2025

Accepted 16 June 2025