

Кальдерное озеро Кольцевое: современное состояние и строение котловины (о. Онекотан, Курильские острова)

© Д. Н. Козлов*, А. В. Дегтерев, В. С. Зарочинцев

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

*E-mail: kozlovdn@bk.ru

Рассмотрены данные о современном строении котловины кальдерного озера Кольцевое (о. Онекотан, Северные Курилы), полученные в результате проведения эхолотной съемки. Съемка выполнялась современным высокоточным методом – при помощи цифрового эхолота и со спутниковой привязкой по профилю. По итогам работы получено 27 эхолотных профилей и составлена батиметрическая схема озера. На основе анализа схемы описана морфология дна озерной котловины и вычислены ее основные морфометрические характеристики. Установлено, что оз. Кольцевое в настоящее время занимает четвертую позицию в списке глубочайших озер России и является самым глубоким озером Дальнего Востока России и крупнейшим озером Сахалинской области. Значительный объем воды в озере делает его важным водохозяйственным объектом дальневосточного макрорегиона.

Ключевые слова: вулкан, кальдера, вулканическое озеро, морфология, батиметрическая съемка, Кольцевое, Пик Креницына, о. Онекотан.

Koltsevoe caldera lake: current state and structure of the basin (Onekotan Island, Kuril Islands)

Dmitrii N. Kozlov*, Artem V. Degterev, Vitaliy S. Zarochintsev

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

*E-mail: kozlovdn@bk.ru

The data on the modern structure of the caldera basin of the Koltsevoe lake (Onekotan Island, the Northern Kuriles), obtained as a result of echo sounder survey have been presented. The survey was carried out using a modern high-precision method – using a digital echo sounder and satellite-based profile. According to the results of the work, 27 echo sounder profiles have been obtained, on the basis of which the bathymetric scheme of the lake was compiled. The analysis of the scheme allowed to describe the morphology of the bottom of the lake basin and to calculate its main morphometric characteristics. It has been established that the Koltsevoe lake is currently ranked fourth in the list of Russia's deepest lakes. In the same time it is the largest freshwater lake in the Sakhalin region and the deepest lake in the Russian Far East. A significant amount of fresh water in the lake makes it an important water management facility in the Far Eastern macro-region.

Keywords: volcano, caldera, volcanic lake, morphology, bathymetry survey, Koltsevoe, Krenitsyna Peak, Onekotan Island.

Введение

Согласно данным Государственного водного реестра, на территории России насчитывается более 2 млн озер, при этом для большинства известных крупных озер, таких как Байкал, Ладожское озеро или Таймыр, были

проведены детальные батиметрические и лимнологические исследования [<http://www.sur-base.ru/water-base>] [Рянжин, Ульянова, 2000]. Изученность же озер российского Дальнего Востока до сих пор оставляет желать лучшего – на многих из них не были проведены

Исследования проведены в рамках госзадания ИМГиГ ДВО РАН при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-35-00138 мол_а) и ДВО РАН (проект № 16-I-1-039 э).

тривиальные промерные работы, не говоря о сложных дорогостоящих исследованиях. Поэтому, при известных по картографическим и спутниковым данным площадях водоемов, часто отсутствуют сведения о характере распределения глубин, их максимальных значениях и других важных морфометрических параметрах озерных котловин. Это затрудняет оценку запасов водных ресурсов в одном из наименее освоенных и наиболее перспективных для развития регионов Российской Федерации – на Дальнем Востоке.

До недавнего времени Сахалинская область не являлась исключением в этом отношении, так как на входящих в ее состав Курильских островах расположены одни из самых труднодоступных и слабоизученных водных объектов – вулканические озера. В период с 2005 по 2017 г. специалисты из Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (Южно-Сахалинск), Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена (Санкт-Петербург) и Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский) исследовали особенности строения и функционирования озер Горячее и Кипящее (кальдера Головнина, о. Кунашир), Бирюзовое (кальдера Заварицкого, о. Симушир), Малахитовое и Глазок (вулкан Кетой, о. Кетой), Черное (кальдера Немо, о. Онекотан) и оз. Красивое (кальдера Урбич,

о. Итуруп). Для них составлены детальные батиметрические профили и схемы в цифровом виде, при интерпретации которых выявлены и описаны подводные экструзивные купола, взрывные воронки и газогидротермальные выходы, определяющие специфику и разнообразие форм озерных котловин [Козлов, 2015; Козлов и др., 2016]. Последним объектом в этой серии стало оз. Кольцевое (кальдера Тао-Русыр на о. Онекотан), рассмотрению которого и посвящена настоящая публикация.

Целью данной работы является анализ современных батиметрических сведений о строении оз. Кольцевое. Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить батиметрическую съемку водоема, провести обработку и интерпретацию эхолотных данных и на их основе построить батиметрическую схему озера; вычислить морфометрические характеристики, сопоставить их с аналогичными характеристиками подобных водоемов.

Краткая характеристика района исследований

Оз. Кольцевое расположено в южной части о. Онекотан (рис. 1) в кальдере щитового вулкана Тао-Русыр (рис. 2), образовавшейся в результате катастрофического взрывного извержения около 8350 л. н. [Базанова и др., 2016; Горшков, 1967; Камчатка... , 1974;

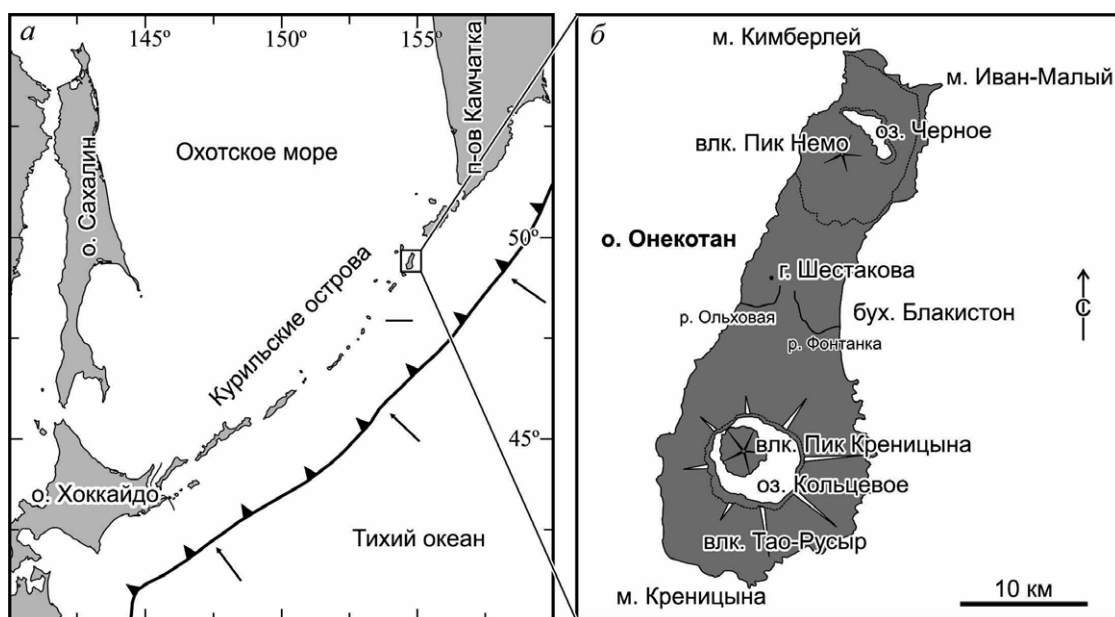


Рис. 1. Географическое положение о. Онекотан (а) и кальдеры Тао-Русыр с оз. Кольцевое (б).

Новейший ..., 2005; Weninger, Joris, 2004]. Кальдера полностью замкнута, имеет крутые, местами отвесные внутренние стенки, обнажающие слоистую структуру вулканической постройки. Высота гребня кальдеры варьирует от 495 до 916 м (среднее значение 643 м), максимальные высоты характерны для южного и западного секторов. Эксцентрично со сдвигом к северо-западу в кальдере Тао-Русыр расположен посткальдерный конус Пик Креницына (абс. выс. 1324 м) – современный действующий стратовулкан с вершинным кратером. Единственное известное историческое извержение влк. Пик Креницына произошло в ноябре 1952 г. [Горшков, 1958].

По состоянию на август 2015 г. видимых проявлений сольфатарной активности на вулкане не отмечено – ни в вершинном кратере, ни на экстррузивном куполе 1952 г. Выходы термальных вод визуально наблюдались лишь в районе купола 1952 г., у его восточного подножья, все они были малодобитными. По-видимому, они же были упомянуты в работе Г.С. Горшкова [1967].

Первые эхолотные промеры оз. Кольцевое были выполнены вулканологом А.Б. Белоусовым в 2006 г. с использованием цифрового эхолота со спутниковой привязкой профилей. По этим данным, максимальная глубина озера составила 264 м [Левин и др., 2007]. Эти промеры имели точечный характер и не опубликованы в виде схем и профи-

лей, однако важно отметить их существенное значение при апробации методики съемки на столь крупном и труднодоступном объекте.

Материал и методы

Наши промерные работы выполнены в период с 12 по 14 августа 2015 г. в ходе экспедиционных работ в рамках российско-белорусского проекта «Мониторинг Союзного государства: создание базы данных предметно-специфических признаков и спектральных характеристик, полученных на наземных контрольно-калибровочных полигонах и в сейсмически и вулканически активных зонах, на основе полевых измерений спектральным аппаратно-программным комплексом» [Рыбин и др., 2015 а, б; Козлов и др., 2016]. Работы проведены по апробированной методике [Козлов, 2013, 2015] при помощи эхолота Lowrance LMS-527cDFiGPS с синхронной спутниковой привязкой профилей и их обработкой при помощи программных пакетов Lowrance Sonar Viewer и Surfer, частота излучателя эхолота составляла 50–200 кГц, шаг съемки 1 м. Оборудование устанавливалось на легкую моторную лодку Cat Fish 240. Расчет морфометрических характеристик проведен по общепринятым методикам [Верещагин, 1930; Муравейский, 1960; Морфология... , 2004]. Необходимо отметить, что в связи с временным отсутствием спутникового сигнала при работе с эхолотом профили,



Рис. 2. Панорамное фото кальдеры Тао-Русыр с оз. Кольцевое и влк. Пик Креницына. 2015 г. Фото А.В. Дегтерева

покрывающие юго-западную часть озера, не были обработаны и изучены из-за отсутствия привязки, поэтому данный участок дна оставлен без графической интерпретации.

Результаты и обсуждение

В результате наших промеров получено 27 батиметрических профилей оз. Кольцевое суммарной протяженностью около 30 км, на основе этих данных построена его батиметрическая карта (рис. 3). По обновленным сведениям, озеро имеет следующие морфометрические параметры: общая площадь – 35 км², площадь зеркала без учета острова-вулкана Пик Креницына (10.2 км²) – 26 км², объем – 3.75 км³, максимальная длина – 6.5 км, максимальная ширина – 3.31 км, длина береговой линии – 22 км, площадь водосбора – 18 км².

Озерная котловина имеет следующие морфологические особенности: сложная кольцеобразная форма, близкая в профиле к полумесяцу за счет того, что ширина озера между Пиком Креницына и внутренней стенкой кальдеры Тао-Русыр в самом узком месте на северо-западе составляет всего 150 м, а в самом широком на юго-востоке – 3310 м, т.е. различается более чем в 20 раз. Действующий вулкан Пик Креницына существенно осложняет озерную депрессию, меняя ее форму

с чашеобразной на кольцевую, а также профиль дна – с дугообразного на W-образный.

По нашим сведениям, глубины в озере распределены следующим образом: в наиболее узких северной и западной частях они относительно небольшие – до 50 и 150 м соответственно (рис. 4), в северо-восточной части озера существенно увеличиваются и достигают 200–250 м, на восточную и юго-восточную части приходится их максимум – 300–360 м (рис. 4). Максимальная глубина – 369 м – соответствует наибольшему расстоянию между внутренними склонами кальдеры и постройкой вулкана Пик Креницына.

При сравнении оз. Кольцевое по глубине с другими озерами страны оказывается, что среди наиболее глубоких озер оно находится на четвертом месте после Байкала (1642 м), Каспийского моря (1025 м) и Хантайского озера (420 м). При этом оз. Кольцевое можно считать глубочайшим в Сахалинской области и на Дальнем Востоке России в целом (см. таблицу).

Значительный объем воды оз. Кольцевое (3.75 км³) позволяет говорить о важнейшем водохозяйственном значении озера для Сахалинской области и всего дальневосточного макрорегиона. Ключевыми моментами в решении этой задачи является возможность транспортировки воды в заинтересованные районы. При этом важно учитывать возможность использования также воды оз. Черное, расположенного на о. Онекотан в 22 км к северу от оз. Кольцевое. В настоящее время запас воды в оз. Черное оценивается в 0.17 км³. Одновременное использование водных ресурсов этих резервуаров позволит усилить экономический эффект при их освоении.

Слабые газогидротермальные выходы, расположенные вдоль уреза воды у восточного подножья экструзивного купола 1952 г., описанные Г.С. Горшковым как «...струи горячей минерализованной

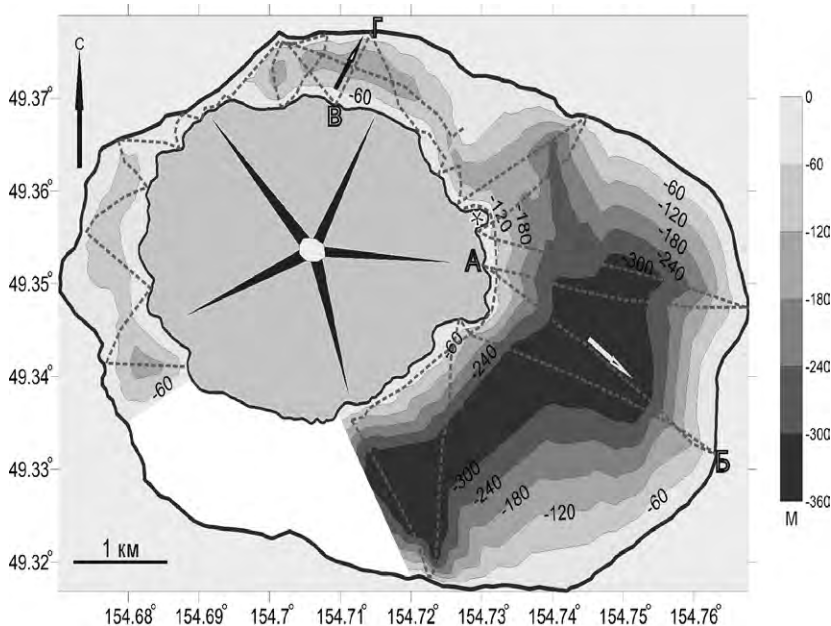


Рис. 3. Батиметрическая схема вулканического озера Кольцевое, изобаты даны через 60 м, положение профилей отмечено пунктиром. Стрелками показаны профили через озеро А–Б и В–Г.

Озера Дальнего Востока России с объемом воды более 1 км³

Озеро	Регион	Объем, км ³	Макс. глубина, м	Площадь водоема, км ²	Площадь водосбора, км ²	Относительная высота над ур. м., м
Ханка	Приморский край	18.5	6.5	4070	18 400	70
Курильское	Камчатский край	14.6	316	77.1	392	103
Кроноцкое	То же	14.2	136	245	2 330	372
Кольцевое	Сахалинская область	3.75	369	26	18	385
Большое Токо	Саха (Якутия)	3.47	80	82.6	919	903
Азабачье	Камчатский край	1.06	36.8	63.9	486	6
Ожогоино	Саха (Якутия)	1	15	157	592	31
Удыль	Хабаровский край	1	5	330	12 400	0

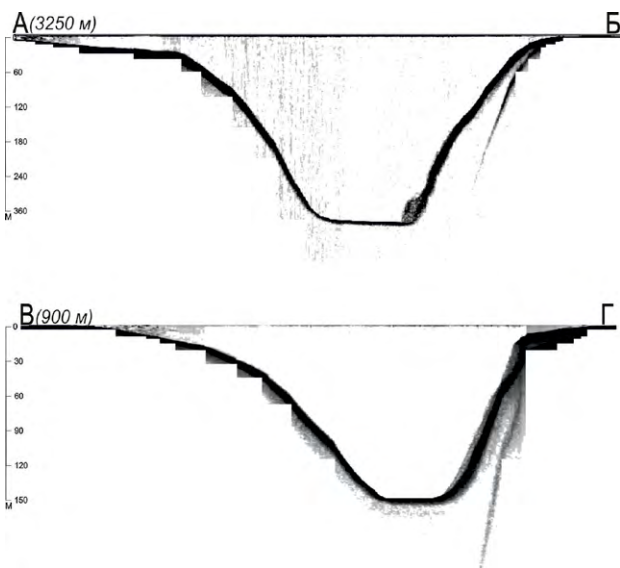


Рис. 4. Эхолотационные профили А–Б и В–Г, местоположение показано на рис. 3.

воды» (1967 г.), имели температуру до 30 °С, при средней температуре поверхностных вод озера 5–8 °С (данные получены при помощи автоматической записи в файл эхограммы с температурного датчика, встроенного в излучатель эхолота). Участок подводной газогидротермальной активности длиной 60 м четко маркируется колониями термофильных водорослей, что говорит о существовании здесь устойчивой локальной экосистемы, однако поступление гидротермального раствора в воды озера незначительно и не может оказать существенного влияния на качество и химический состав его воды.

Заключение

В ходе исследований для оз. Кольцевое выполнена эхолотная съемка и составлена

батиметрическая схема, позволившая получить новые данные о морфологии дна озерной котловины. Оз. Кольцевое занимает четвертую позицию в списке глубочайших озер России, являясь при этом крупнейшим озером Сахалинской области и самым глубоким озером Дальнего Востока России.

Интерпретация эхолокационных записей и их визуальный анализ показали отсутствие газогидротермальных выходов на изученной поверхности дна озера. Единственный слабый участок разгрузки термальных вод функционирует в районе экстрезивного купола 1952 г., однако с учетом истории вулканической активности Пика Креницына возможно резкое изменение температуры и состава воды в будущем.

Значительный объем воды в озере делает его одним из важнейших водохозяйственных объектов Дальневосточного региона. Успешное освоение его водных ресурсов подразумевает решение проблемы транспортировки воды с о. Онекотан, при этом экономический эффект может быть усилен за счет использования вод оз. Черное.

Для более полной характеристики озера в дальнейших полевых исследованиях планируется уточнить батиметрическую схему за счет полного покрытия озера эхолотной съемкой и провести анализ химического состава воды.

Авторы искренне благодарны коллегам А.В. Рыбину, И.Г. Коротееву, И.М. Климанцову, И.В. Чаплыгину, О.В. Чаплыгину за помощь в осуществлении полевых работ на о. Онекотан.

Список литературы

1. Базанова Л.И., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В., Дирксен О.В., Дирксен В.Г. Вулканические катастрофы позднего плейстоцена – голоцена на Камчатке и Курильских островах. Ч. 1. Типы и классы катастрофических извержений – главных компонентов вулканического катастрофизма // *Вулканология и сейсмология*. 2016. № 3. С. 3–21. [Bazanova L.I., Melekestsev I.V., Ponomareva V.V., Dirksen O.V., Dirksen V.G. Late Pleistocene and Holocene volcanic catastrophes in Kamchatka and in the Kuril Islands. Pt 1. Types and classes of catastrophic eruptions as the leading components of volcanic catastrophism. *J. of Volcanology and Seismology*, 2016, 10(3): 151–169. <https://doi.org/10.1134/s0742046316030027>].
2. Верещагин Г.Ю. Методы морфометрической характеристики озера // *Труды Олонецкой научной экспедиции*. 1930. Ч. 2, вып. 1. С. 3–114.
3. Горшков Г.С. Действующие вулканы Курильской островной дуги // *Молодой вулканизм СССР: Труды Лаборатории вулканологии АН СССР*. 1958. № 13. С. 22–24.
4. Горшков Г.С. *Вулканизм Курильской островной дуги*. М.: Наука, 1967. 287 с.
5. *Камчатка, Курильские и Командорские острова* / отв. ред. И.В. Лучицкий. М.: Наука, 1974. 528 с.
6. Козлов Д.Н. *Кратерные озера Курильских островов* / Сахалин. обл. краеведч. музей, Ин-т мор. геологии и геофизики ДВО РАН. Южно-Сахалинск, 2015. 112 с.
7. Козлов Д.Н., Дегтерев А.В., Рыбин А.В. и др. Предварительные результаты батиметрического исследования вулканического озера Кольцевое (о. Онекотан, Курильские острова) / *Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз: VI Сахалин. молодеж. науч. школа, Южно-Сахалинск, 3–8 октября 2016 г.: сб. материалов*. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2016. С. 248–250.
8. Левин Б.В., Фитцхью Б., Буржуа Д. и др. Комплексная экспедиция на Курильские острова в 2006 г. (I этап) // *Вестн. ДВО РАН*. 2007. № 1. С. 144–148.
9. *Морфология рельефа*. М.: Науч. мир, 2004. 184 с.
10. Муравейский С.Д. Очерки по теории и методам морфометрии озера // *Реки и озера*. М., 1960. С. 91–125.
11. *Новейший и современный вулканизм на территории России* / отв. ред. Н.П. Лаверов. М.: Наука, 2005. 604 с.
12. Рыбин А.В., Богомолов Л.М., Дегтерев А.В. и др. Полевые вулканологические и экологические исследования на Курильских островах в 2015 г. = [Rybin A.V., Bogomolov L.M., Degterev A.V., Chibisova M.V., Kopanina A.V., Vlasova I.I., Guryanov V.B., Koroteev I.G., Davydova M.Yu., Klimantsov I.M. The field volcanological and ecological researches on Kuril Islands in 2015] // *Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2015а. № 4(28). С. 94–99.
13. Рыбин А.В., Богомолов Л.М., Дегтерев А.В. и др. Международная экспедиция Курилы – 2015 // *Вестн. ДВО РАН*. 2015б. № 6. С. 181–192.
14. Рянжин С.В., Ульянова Т.Ю. Географическая информационная система «Озера мира» – GIS WORLDLAKE // *Докл. АН*. 2000. Т. 370. № 4. С. 18–25.
15. Weninger B., Joris O. Glacial Radiocarbon Age Calibration. The CalPal Program // *Radiocarbon and Archaeology: Proceedings of the 4th Symp., Oxford 2002* / Higham T., Bronk Ramsey C., Owen C. (Eds.). Oxford: Oxford Univ., 2004. P. 9–15.

Сведения об авторах

КОЗЛОВ Дмитрий Николаевич, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ДЕГТЕРЕВ Артем Владимирович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканоопасности, ЗАРОЧИНЦЕВ Виталий Сергеевич, научный сотрудник лаборатории волновой динамики и прибрежных течений – Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск.