

КРАТЕРНЫЕ ОЗЕРА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Д.Н. Козлов, Р.В. Жарков

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск,
e-mail: kozlovdn@bk.ru; raf@imgg.ru

Изучение кратерных озер актуальная тема для вулканологии, поскольку они являются часто встречающимся природным объектом на вулканах. Вулканы Курильских островов не являются исключением. До сих пор кратерные озера Курильских островов оставались мало изученными. Появившиеся в последние годы цифровые эхолоты позволили нам провести детальное батиметрическое картографирование озер с последующей оценкой их морфологических и генетических особенностей.

Для проведения эхолотной съемки использовалась надувная резиновая лодка Язь 12-М, рассчитанная на двух человек. На нее был установлен эхолот Lowrance Eagle SeaChart 320 DX, имеющий встроенный 12-канальный GPS-приемник с выносной антенной. Частота излучения звуковых волн эхолота была установлена на 200 Гц, т.к. такая частота наиболее эффективна на глубинах до 100-150 м. Объем каждого профиля составил около 15-20 тыс. значений, поэтому была сделана выборка значений глубин и координат таким образом, чтобы на каждый квадратный метр площади озера приходилось одно усредненное значение глубины. Следует отметить, что используемый метод эхолотной съемки позволяет измерять глубины непосредственно в точке положения лодки с эхолотом, поэтому количество профилей повышает качество конечных батиметрических схем. Расположение и направление профилей было выбрано таким образом, чтобы плотность покрытия ими озера была максимально равномерной. Эхолотный профиль анализируется в программе Sonar Viewer для устранения помех от поверхности воды, посторонних шумов, обнаружение неоднородностей водной массы в виде газов и т.д. На этом этапе возможно изучение донного рельефа, также на эхолотном профиле можно увидеть подводные газогидротермальные выходы. Далее данные экспортируются в таблицу, в ней производится фильтрация информационного массива с целью получения только уникальных значений координат и глубин. Полученная таблица экспортируется в программу Surfer, где после коррекции визуализируется. На этом этапе мы получаем площадную картину озера и можем оставить только необходимые данные, например основные изобаты. Далее создается графический файл, который обрабатывается в графическом редакторе для устранения ошибок, добавления недостающих фрагментов изображения или условных обозначений и глубин. По мере необходимости, осуществляется координатная привязка схемы в навигационных программах.

Наиболее интересные результаты получены на озерах Горячее и Кипящее (влк. Головнина, о. Кунашир) и Бирюзовое (влк. Заварицкого, о. Симушир).

Озера Горячее и Кипящее располагаются в кальдере вулкана Головнина (541 м), который находится на юге острова Кунашир. Дно кальдеры в основном ровное с небольшим уклоном на северо-восток. В центре кальдеры находятся два экструзивных купола андезито-дацитового состава. В настоящее время, на отдельных участках дна кальдеры проявляется постоянная сольфатарная деятельность с температурой сольфатар не более 101°C. Последнее проявление эруптивной деятельности в кальдере связано с фреатическим взрывом, в результате, которого образовался кратер диаметром около 350 м, заполненный озером Кипящее. Образование этой воронки взрыва по разным оценкам произошло от 640-680 л.н. [Фазлуллин, Батоян, 1989] до 1000 л.н. [Разжигаяева, Ганзей, 2006]. В 2005-2006 г, в ходе работ по вулканическому районированию острова Кунашир были проведены исследования отложений тефры фреатического извержения, предположительно, образовавшего воронку взрыва – озеро Кипящее. На основании проведенного площадного картирования был вычислен объем выброшенного материала, который составил 2410000 м³, что почти совпало с объемом воронки озера, который равен 2449000 м³. Эти данные еще раз доказывают то, что воронка озера Кипящее была образована фреатическим извержением [Kozlov, Belousov, 2006; Козлов, Белоусов, 2007]. Кратер озера Кипящего врезан в озерные отложения и южную часть экструзивного купола Центральный Восточный. Высота кромки кратера 195 м над уровнем моря, общая глубина кратера 30 м, глубина озера по данным Зотова А.В. [1988] 17 м, по нашим данным 16 м, площадь 66000 м². Температура воды в районе выходов термальных вод не

превышает 80-100°C, температура водной поверхности в других частях озера варьирует от 30 до 60°C. Северная часть кальдеры занята озером Горячее. Максимальная глубина озера по нашим данным – 62.3 м. В настоящее время озеро занимает 3.1 км², что составляет около одной трети всей площади кальдеры.

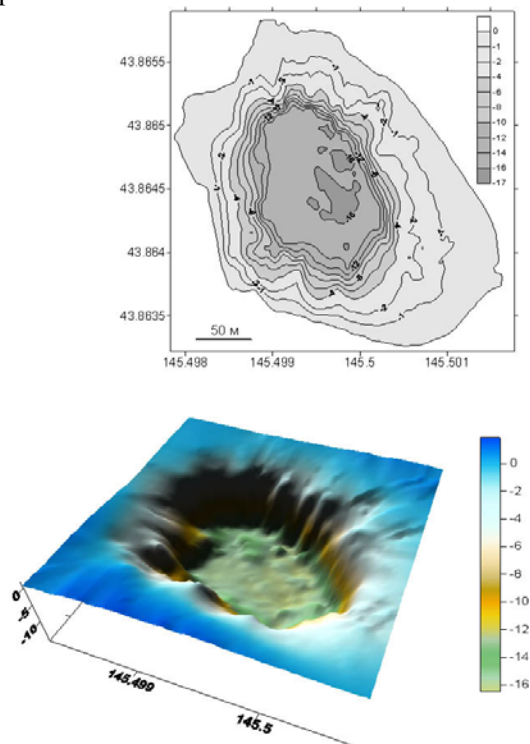


Рис. 1. Батиметрическая карта озера Кипящее.

Озеро сообщается с Охотским морем рекой Озерной. С помощью эхолота Eagle SeaCharter 320 DX была проведена съемка и получены батиметрические профили озер с их координатной привязкой [Kozlov, Belousov, 2006; Козлов, Белоусов, 2007]. В результате составлены батиметрические карты озер Кипящее (рис.1) и Горячее (рис.2), на которых отчетливо виден их донный рельеф и особенности строения.

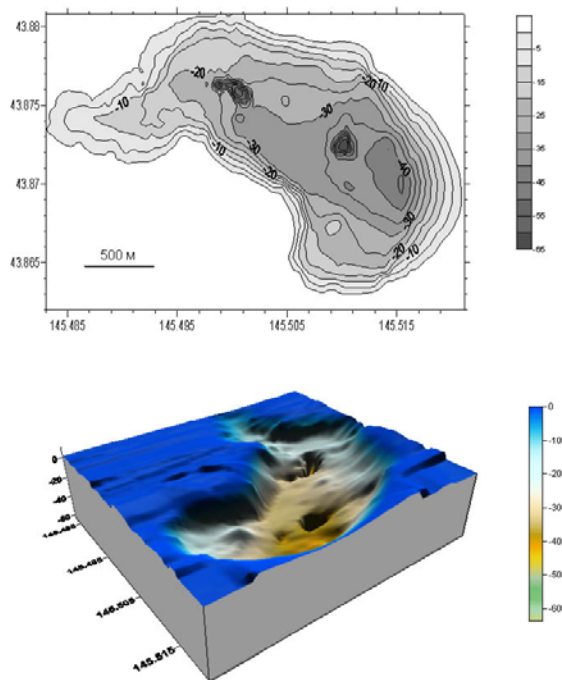


Рис. 2. Батиметрическая карта озера Горячее.

Можно предположить, что две воронки на дне оз. Горячее, образовались в результате фреатических извержений, аналогичных извержению, образовавшему воронку оз. Кипящее. Кроме того, на эхолотных профилях отчетливо прослеживаются подводные выходы газов, что свидетельствует о постоянной гидротермальной активности на дне внутрикальдерных озер вулкана Головнина. Ранее рельеф дна этих озер изучался при помощи закидывания грузила на веревке: на озере Горячее донный рельеф картировали С.М. Фазлуллин и В.В. Батоян [1986], на озере Кипящее – А.В. Зотов [1987]. Эти промеры давали лишь примерное представление о строении озер.

Озеро Бирюзовое расположено в кальдере вулкана Заварицкого (624 м) находящегося в центральной части острова Симушир. Вулкан представляет собой три вложенных друг в друга кальдеры, размер самой молодой кальдеры около 2.5 км в диаметре, она заполнена водами Бирюзового озера. Внутренние стенки молодой кальдеры, местами почти отвесные, имеют высоту 300-350 м, в некоторых местах мощные слои отложений грубообломочного материала кальдерообразующих извержений и лавовых потоков, прорезаны ручьями, и только с южной стороны имеется возможность для спуска без специального снаряжения. Размер озера составляет около 1.5 км, его площадь равна примерно 3 км², уровень озера превышает уровень Океана на 50 м. В северной части кальдеры располагаются Северный экструзивный и Восточный эффузивный купола. 12 ноября 1957 г. произошло сильное извержение, в результате которого образовался Северный экструзивный купол. После извержения, в районе купола, длительное время проявлялась сольфатарная активность [Мархинин, 1960; Горшков, 1967]. В юго-западной части кальдеры на берегу озера находились термальные источники с температурой 90-100 °С [Зеленов, Канакина, 1962].

В 2007 году нами была проведена эхолотная съемка внутрикальдерного озера Бирюзовое, на основании результатов которой впервые составлена батиметрическая схема (рис.3). На этой схеме отчетливо видна морфология озера и его структурные элементы. Подтвердилось наличие на дне субмеридиональной впадины с максимальной глубиной 87 метров, простирающейся с юго-запада на северо-восток. Г.С. Горшков [1960] называл эту впадину «эксплозивным рвом меридионального простираения», за счет образования и частичного обрушения которого и возникла внутренняя кальдера вулкана Заварицкого. Кроме того, были обнаружены три воронки на дне озера, которые видны на батиметрической схеме. Одна воронка находится в южной части озера, и имеет глубину 87 метров. Вторая воронка находится южнее купола Восточный, в северо-восточной части озера, ее глубина составила 81 м. Третья воронка обнаружена в северо-западной части озера и имеет глубину 42 м. Эти воронки, предположительно, имеют эксплозивный генезис. По своим морфологическим характеристикам они схожи с воронками, изученными [Белоусов, Козлов, 2007] во внутрикальдерных озерах Горячее и Кипящее. Здесь нужно обратить внимание на то, что в пределах воронок внутрикальдерных озер Горячее и Кипящее существуют интенсивные выходы подводных газогидротерм, а в пределах воронок озера Бирюзовое таких выходов не обнаружено. Тот факт, что воронки не были засыпаны продуктами извержений и донными осадками, может говорить о том, что они образовались сравнительно недавно. По сравнению с данными промеров, сделанными К.К. Зеленовым и М.А. Канакиной [1962] 50 лет назад, глубина озера увеличилась на 12 метров. Однако, по их данным, после извержения 1957 года уровень озера понизился на 6-8 м, а к 1959 г. – еще на 2 м. На профилях, полученных в юго-западной части озера, хорошо виден участок, на котором располагались термальные источники, описанные исследователями в 1940-50-х годах [Корсунская, 1958; Мархинин, 1960; Зеленов, Канакина, 1962]. Здесь были выходы щелочных (рН 8.4), хлоридных натриевых термальных вод с температурой 90-100°С и минерализацией около 4 г/л. В настоящее время в этом месте вода прогрета до 40°С, при средней температуре вод озера около 14°С, а на ее поверхности видны пузырьки газов и парение. По нашим измерениям, произведенным портативным рН-метром HANNA-Hi9025 и электронным термометром Digitron T200KC, песок на берегу озера в этом районе прогрет до температуры 20-91.2°С, рН воды составляет 7.5.

По нашим данным, за последние 50 лет после извержения 1957 г, уровень озера Бирюзовое поднялся примерно на 10 м. Основным результатом работы в кальдере вулкана Заварицкого стало создание батиметрической схемы озера Бирюзовое. Главное преимущество этой схемы перед созданной в 1958 г. [Зеленов, Канакина, 1962], состоит в том, что на ней с большей точностью отображена структура дна озера. Благодаря этому, впервые на дне озера обнаружены три воронки, которые, по-видимому, имеют схожий генезис с воронками

внутрикальдерных озер Горячее и Кипящее. Воронки озера Бириозового приурочены к взрывному рву, наличие которого мы так же подтвердили при составлении схемы. Имеется и существенное отличие этих воронок от подобных в кальдере вулкана Головнина.

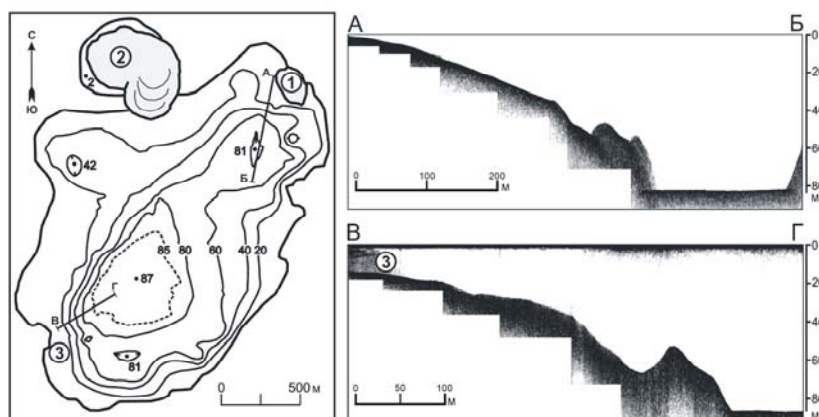


Рис. 3. Батиметрическая карта-схема и эхолотные профили кратерного озера Бириозовое. 1 – Восточный эффузивный купол; 2 – Северный экструзивный купол и лавовый поток; 3 – место выхода со дна газогидротерм.

Оно состоит в том, что в них не было установлено признаков выходов газов и термальных вод. Это может быть связано с тем, что в кальдере вулкана Заварицкого активность в последнее время существенно снизилась, по сравнению с наблюдениями 1950-60х гг., а ее видимые проявления сохранились только в юго-западной части кальдеры, на месте затопленных термальных источников. По-видимому, прекращение сольфатарной активности в северной части кальдеры Заварицкого, связано с тем, что продукты последнего извержения вулкана были представлены в основном средне-основными породами. Эти породы менее продуктивны для стационарной сольфатарной активности, чем более кислые породы кальдеры Головнина. Большую роль играет глубина и размеры магматического очага, а так же возможность доступа к нему грунтовых вод.

Список литературы

- Горшков Г.С.** Кальдера Заварицкого // Бюллетень вулканологической станции. М.: Издательство АН СССР, 1967. № 30. С. 31-49.
- Зеленов К.К., Канакина М.А.** Бириозовое озеро (кальдера Заварицкого) и изменение химизма его вод в результате извержения 1957 г. // Бюллетень вулканологической станции. М.: Издательство АН СССР, 1962. № 32. С. 33-44.
- Зотов А.В.** и др. Некоторые особенности современной гидротермальной деятельности в кальдере вулкана Головнина (о-в Кунашир) // Современные гидротермы и минералообразование. М.: Наука, 1988. С. 168.
- Козлов Д.Н., Белоусов А.Б.** Современные методы исследований внутрикальдерных озер активных вулканов (на примере вулкана Головнина, о. Кунашир, Курильские о-ва) // Материалы XIII научного совещания географов Сибири и дальнего востока, Иркутск, 2007 г. Т. 1. Иркутск. Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. С. 142-144.
- Корсунская Г.В.** Вулканы острова Симушир // Бюллетень вулканологической станции. М.: Изд. АН СССР, 1956. №24. С. 61-65.
- Мархинин Е.К.** Извержение вулкана Заварицкого на острове Симушир осенью 1957 г // Бюллетень вулканологической станции. М.: Изд. АН СССР, 1960. № 29. С. 7-15.
- Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А.** Обстановки осадконакопления островных территорий в плейстоцен-голоцене // Владивосток. Дальнаука, 2006. С. 247.
- Фазлуллин С.М., Батоян В.В.** Донные соадки кратерного озера вулкана Головнина // Вулканология и сейсмология, 1989. № 2. С. 44-55.
- Kozlov D.N., Belousov A.B.** Hydrothermal eruption – the most probable scenario of volcanic disaster in the Golovkina Caldera, Kunashir Island, Southern Kuriles // 5th Biennial Workshop on Subduction Processes emphasizing the Japan-Kuril-Kamchatka-Aleutian Arcs (JKASP-5) and International Volcanological Field School for Graduate Students. 2006. P. 140-141.