

УДК 551.432.7, 556.55, 912.644.4+912.648

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ОЗЕРА КОЛЬЦЕВОЕ (о. ОНЕКОТАН, СЕВЕРНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

© 2017 Д.Н. Козлов¹, А.В. Дегтерев¹, А.В. Рыбин¹, И.Г. Коротеев¹,
И.М. Климанцов¹, О.В. Чаплыгин², И.В. Чаплыгин²

¹ИМГиГ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, 693022; kozlovdn@bk.ru

²ИГЕМ РАН, г. Москва, 119017

В работе приводятся первые результаты батиметрической съемки вулканического озера Кольцевое (о. Онекотан, Северные Курильские острова). Описаны его основные морфологические элементы и морфометрические параметры, представлена батиметрическая схема.

Ключевые слова: вулкан, кальдера, вулканическое озеро, морфология.

ВВЕДЕНИЕ

В течение последнего десятилетия сотрудники лаборатории вулканологии и вулканоопасности Института морской геологии и геофизики (ИМГиГ) ДВО РАН изучают уникальные и труднодоступные объекты — вулканические (кратерные) озера Большой Курильской гряды. Исследования проводятся при помощи современной методики цифровой эхолокационной съемки с синхронной спутниковой привязкой профилей (Козлов, 2010, 2013, 2015, 2016; Козлов, Белоусов, 2007; Козлов и др., 2016; Козлов, Жарков, 2009а, 2009б; Козлов и др., 2012). В результате проведенных работ выявлены особенности морфологии вулканических озер и вычислены их точные морфометрические характеристики (табл. 1), установлена специфика генезиса, функционирования и эволюции озерных систем, а также описано их современное состояние.

Озеро Кольцевое на о. Онекотан — одно из наименее изученных вулканических водоемов Курильских островов. Геоморфологи и лимнологи практически не исследовали этот уникальный и поистине грандиозный водный объект, являющийся крупным резервуаром пресной воды.

Впервые эхолотные промеры озера были выполнены А.Б. Белоусовым в 2006 г. (Левин и др., 2007) с использованием высокоточного цифрового эхолота и спутниковой привязки профилей. Сведения об этих промерах не опубли-

кованы в виде профилей или схем, однако они являются первым литературным упоминанием о максимальной глубине озера в 264 м. Краткая информация по морфологии озера (по данным А.Б. Белоусова и нашим сведениям) содержится в монографии «Кратерные озера Курильских островов» (Козлов, 2015).

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА

Вулканическое оз. Кольцевое расположено в кальдере вулкана Тао-Русыр, формирующего южную часть о. Онекотан (рис. 1). Его постройка представлена пологим щитовым вулканом Тао-Русыр, которая выступает докальдерным основанием в составе массива, построенного по типу Сомма-Везувий. Диаметр основания постройки составляет ~15–16 км, диаметр кальдеры — 7.5 км, а ее площадь — 45 км². Формирование кальдеры произошло в результате катастрофического эксплозивного извержения, которое по данным радиоуглеродного датирования древесного угля из пирокластических потоков (Горшков, 1967; Камчатка ..., 1974; Новейший ..., 2005) происходило ~8350 л.н. (калибровка возраста по (Weninger, Joris, 2004). Суммарный объем ювенильного и резургентного материала (тефра, взрывные отложения, отложения пирокластических потоков) кальдерного извержения Тао-

Таблица 1. Морфометрические характеристики вулканических озер Курильских островов.

Название озера	Горячее	Кипящее	Красивое	Бирюзовое	Броутона	Малахитовое	Глазок	Черное	Кольцевое		Средний показатель
									Кунашир	Итуруп	
остров	Кунашир	Кунашир	Итуруп	Симушир	Симушир	Кетой	Кетой	Онекотан	Онекотан	Тао-Руеыр	
вулкан	Головнина	Головнина	Урбич	Заварицкого	Уратман	Кетой	Палласа	Пик Немо	Тао-Руеыр		
координаты	43°52' с.ш., 145°30' в.д.	43°51' с.ш., 145°29' в.д.	44°37' с.ш., 147°12' в.д.	46°54' с.ш., 151°57' в.д.	47°08' с.ш., 152°13' в.д.	47°19' с.ш., 152°27' в.д.	47°20' с.ш., 152°28' в.д.	49°34' с.ш., 154°50' в.д.	49°20' с.ш., 154°43' в.д.		
относительная высота над ур. моря	128	137	82	50	0	648	821	72	385		258,11
площадь зеркала, км ²	3.1	0.033	5.8	3.2	15	1.5	0.02	5.8	26		6.72
длина береговой линии, км	8.48	0.9	9.35	8.2	18	5	0.55	13	22		9.50
объем, км ³	0.16	0.00122	0.15	0.11	2.45	0.08	0.0033	0.17	3.75		0.76
длина, км	3	0.33	3	2.7	5.7	1.55	0.2	4.5	6.5		3.05
ширина макс., км	1.7	0.2	2.5	1.8	2.7	1.32	0.16	1.5	3.3		1.59
глубина макс., м	62.3	16	50	87	250	110	40	110	369		121.6
pH	2.48	2.5	н.д.	7.5	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.		-\\-
возраст, тыс. лет	~30	0.6-1	~60-80	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	~10	~8		-\\-
гидротермы	(до 80°С)	(до 95°С)	нет	(до 40°С)	нет	есть	есть	нет	до 30°С		-\\-

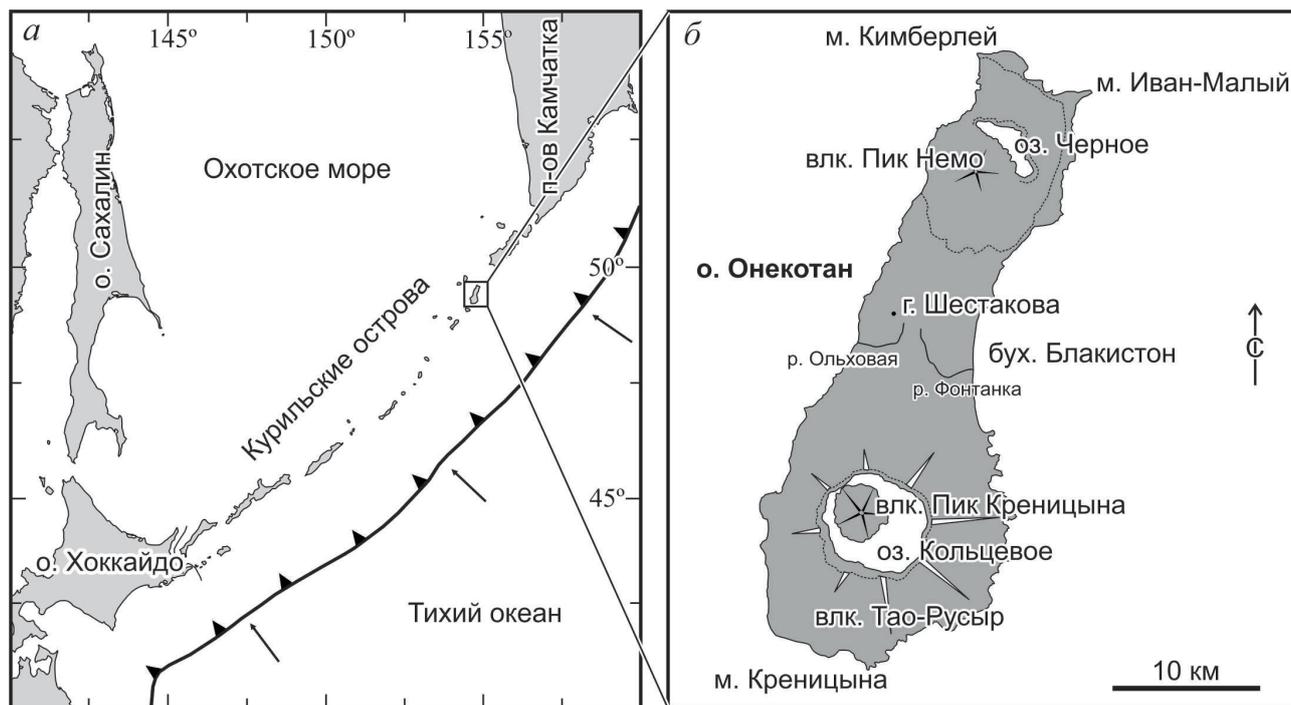


Рис. 1. Схема расположения острова Онекотан (а), кальдеры Тао-Русыр и вулканического озера Кольцевое (б).

Русыр по данным (Базанова и др., 2016) составил 50–60 км³, при весе (100–120)×10⁹ т.

Отложения пирокластических потоков, связанных с этим событием, в настоящее время занимают значительную часть восточного побережья острова, постепенно уменьшаясь в мощности с юга на север. Кроме того, отложениями пирокластиков выполнено также понижение между соммой Тао-Русыр и массивом горы Шестакова (абс. высота 784.5 м) вдоль рек Фонтанка и Ольховая. Гора названа в честь русского землепроходца Василия Афанасьевича Шестакова, участвовавшего в экспедиции к Курильским островам в 1728–1730 гг. (Браславец, 1983). Ювенильные обломки из пирокластических потоков имеют пемзовидный облик и по своему составу соответствуют андезиту (SiO₂ — 58.7 масс.%) (Горшков, 1967).

Кальдера вулкана Тао-Русыр полностью замкнута, имеет крутые, местами почти отвесные стенки. Внутренняя часть кальдеры занята водами бессточного оз. Кольцевое (рис. 2 на 1 стр. обложки). В северо-западной части кальдеры со дна озера возвышается посткальдерный стратовулкан Пик Креницына (абс. высота 1324 м), увенчанный вершинным кратером (рис. 3). Вулкан назван в честь исследователя Алеутских островов, начальника правительственной экспедиции 1768–1770 гг., капитана I ранга Петра Кузьмича Креницына (Браславец, 1983). Конус имеет относительную высоту 900 м, диаметр его основания составляет 3.5 км. Кратер центрального конуса имеет диаметр ~250 м и глубину ~100 м. Действующий вулкан Пик Креницына

(абс. высота 1326 м) — считается одним из самых красивых вулканов Большой Курильской гряды и является своеобразным эталоном вулканической постройки типа Сомма-Везувий.

Идеальная геоморфологическая выраженность, пропорциональность и своеобразие элементов постройки Пик Креницына—Тао-Русыр великолепно описаны известным отечественным вулканологом Г.С. Горшковым (1967, с. 26): «Общий вид гигантской кальдерной чаши на вершине горы, где в обрамлении мрачных скал сверкает озеро глубокого синего тона, из которого поднимается конус, покрытый зеленой травой и пестро окрашенными вулканическими породами, представляет незабываемо прекрасную картину ...».

Постройка вулкана Тао-Русыр сложена базальтами, андезибазальтами и андезитами (SiO₂ — 50.60–59.86 масс.%). Экструзивный купол извержения 1952 г. имеет дациандезитовый и дацитовый состав (SiO₂ — 61.67–63.41 масс.%) (Горшков, 1967; Федорченко и др., 1989).

Данные об исторической активности вулкана Пик Креницына ограничены. В работе Г.С. Горшкова (1967) упоминается о том, что в 1846 и 1879 гг. вулкан проявлял сольфатарную активность. После этого, вплоть до 1952 г., какие-либо сведения об эруптивной активности вулкана в доступной нам литературе отсутствуют. В ноябре 1952 г. произошло единственное достоверно известное историческое извержение вулкана Пик Креницына, детали которого известны достаточно хорошо благодаря тому, что его удалось наблюдать очевидцам (Горшков, 1958).



Рис. 3. Кратер вулкана Пик Креницына, август 2015 г. Фото О.В. Чаплыгина.

По состоянию на август 2015 г. видимых проявлений сольфатарной активности на вулкане не наблюдалось — ни в вершинном кратере, ни на экструзивном куполе 1952 г. (рис. 4а на 4 стр. обложки). Выходы термальных вод визуально наблюдались лишь в районе купола 1952 г.: вдоль уреза воды на протяжении 80–100 метров к северо-западу (рис. 4б на 4 стр. обложки). Все они были малодобитными и, по-видимому, они же были описаны в работе Г.С. Горшкова (1967). Температура в источниках, разгружающихся непосредственно в пределах уреза воды и не успевших смешаться с озерными водами, достигала $\sim 30^{\circ}\text{C}$. В пределах участков подводной разгрузки, по данным замеров температурным датчиком, встроенным в излучатель эхолота, она оказалась существенно ниже — до 14°C .

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы, составляющие основу настоящего исследования, были получены в ходе выполнения экспедиционных работ на Курильских островах в период с 25 июля по 21 августа 2015 г., проводившихся 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., 2015а; Рыбин и др., 2015б).

Батиметрическая съемка озера выполнялась в период с 12 по 14 августа 2015 г. отрядом исследователей из ИМГиГ ДВО РАН и Института геологии рудных месторождений, петрографии,

минералогии и геохимии РАН (Козлов и др., 2016).

Работы проводились по апробированной методике (Козлов, 2013; 2015) при помощи эхолота Lowrance «LMS-527cDF iGPS» с интегрированным навигационным приемником (GPS), и надувной лодки «Cat Fish 240» с подвесным мотором малой мощности (2.5 ЛС). В сжатые сроки, обусловленные жестким графиком работы экспедиционного судна и необходимостью проведения плановых исследований на других объектах, удалось получить информацию о строении озерной котловины.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в ходе работ было получено 27 эхолотационных профилей общей протяженностью ~ 30.5 км, в результате обработки которых была построена батиметрическая схема озера (рис. 5).

Согласно нашим данным максимальная глубина озера достигает отметки 369 м. Это позволяет говорить о том, что озеро Кольцевое является самым глубоководным пресным водоемом не только Курильских островов и Сахалинской области в целом, но и всего Дальнего Востока, а также находится на четвертом месте в списке самых глубоких озер России (Рянжин, Ульянова, 2000) (табл. 2). По глубине оно уступает лишь Байкалу (1642 м), Каспийскому морю (1025 м) и Хантайскому озеру (420 м). Расхождение максимальных глубин по нашим данным (369 м) и данным А.Б. Белоусова (Левин и др., 2007) (264 м), обусловлено тем, что в 2006 г. А.Б. Белоусовым был обследован северо-западный участок озера, а наиболее глубоководным местом (до 300–369 м) является его юго-восточная часть (рис. 5).

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

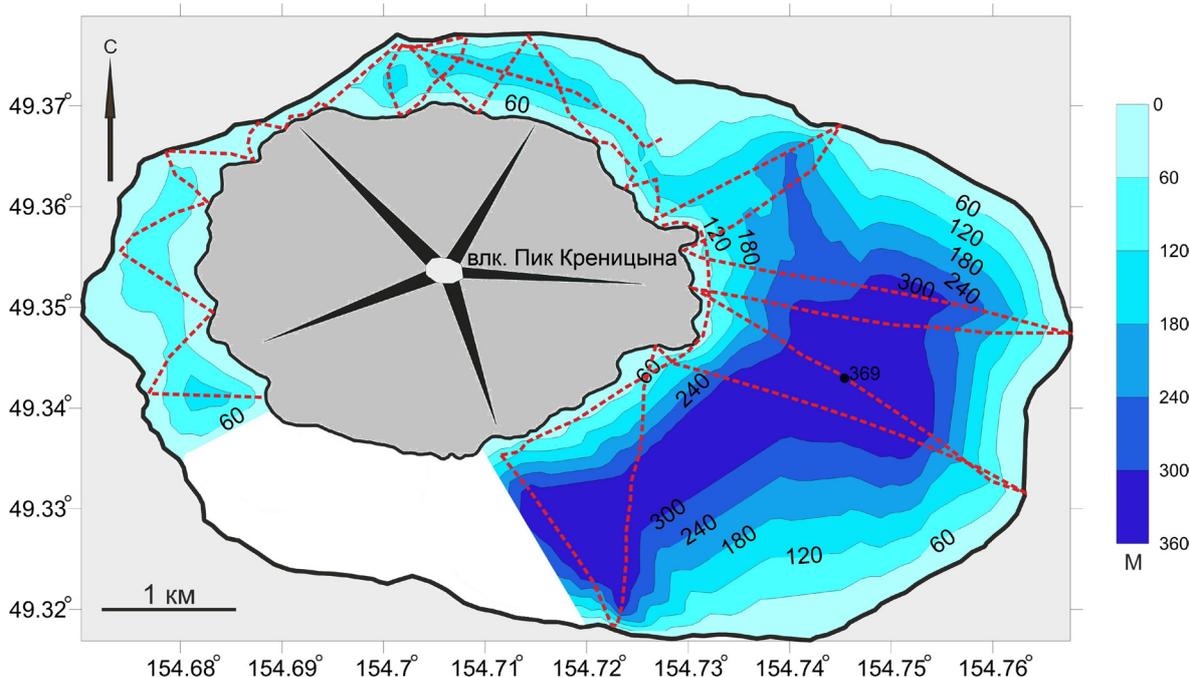


Рис. 5. Батиметрическая схема вулканического озера Кольцевое (изобаты проведены через 60 м, положение профилей отмечено пунктиром).

Таблица 2. Озера России с глубинами более 300 м (по данным государственного водного реестра РФ).

№	Название озера	Субъект РФ	Максимальная глубина, м	Площадь, км ²
1	Байкал	Бурятия. Иркутская область	1642	31722
2	Каспийское море	Дагестан. Калмыкия. Астраханская область	1025	371000
3	Хантайское	Красноярский край	420	822
4	Кольцевое	Сахалинская обл.	369	26
5	Телецкое	Республика Алтай	325	223
6	Курильское	Камчатский край	316	77

Выполненные исследования (Козлов и др., 2016) позволили получить следующие морфометрические параметры озера: общая площадь — 35 км² (площадь зеркала 26 км²), объем — 3.75 км³, длина — 6.5 км, длина береговой линии — 22 км.

Морфологически водоем представляет собой кольцеобразную котловину, заключенную между внутренними склонами голоценовой кальдеры Тао-Русыр и внешними склонами постройки действующего вулкана Пик Креницына. Название озера полностью себя оправдывает. Форму озерной котловины со сложным строением дна можно считать сходной с серповидной.

Во время батиметрической съемки средняя температура водной поверхности озера составляла 5–8°С. Газогидротермальные выходы, расположенные вдоль уреза воды, во время проведения исследований в 2015 г. достигали температуры 30°С (данные были получены при помощи температурного датчика, встроенного в излучатель эхолота). Эти выходы были описаны ранее Г.С. Горшковым (1967). Также было

отмечено, что зона разгрузки термальных вод маркировалась колониями термофильных водорослей, что свидетельствует о существовании здесь устойчиво функционирующей локальной экосистемы.

Компьютерная интерпретация эхолотных профилей и анализ батиметрической схемы позволили установить характер распределения глубин в озерной котловине. В северном и северо-западном секторе озера наблюдались относительно небольшие глубины 50–120 м. В северо-восточной части озера глубины значительно больше и достигают 200–250 м, при этом на восточную и юго-восточную части приходится их максимум — 300–360 м, что соответствует наибольшему расстоянию между подводными склонами кальдеры и вулкана Пик Креницына.

Необходимо отметить, что часть данных по юго-западной части озера была утрачена из-за сбоя в работе спутникового оборудования. При проведении съемки в этом месте GPS-привязка была прервана, а данные по глубинам продол-

жали записываться. В связи с этим покрытие батиметрической схемы в этой части озера отсутствует.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных исследований была выполнена эхолотная съемка оз. Кольцевое, на основе которой впервые составлена батиметрическая схема, позволяющая получить оригинальные данные о морфологии дна озера. Полученные данные позволяют говорить о том, что озеро находится на четвертом месте в списке самых глубоких озер России (табл. 2).

Интерпретация и анализ эхолокационных записей показали, что на изученных участках дна озера подводных газогидротермальных выходов не наблюдается, за исключением участка в районе экстрезивного купола 1952 г.

Полученные данные необходимо интегрировать в специализированные каталоги и базы данных по водным объектам, а также в учебные, научно-популярные и справочные издания.

Исследования поддержаны грантами ДВО РАН (№ 16-I-1-039 э) и РФФИ (16-35-00138 мол_а).

Список литературы

- Базанова Л.И., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В. и др.* 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.
- Браславец К.М.* История в названиях на карте Сахалинской области // Южно-Сахалинск: Дальневосточное книжное издательство, Сахалинское отделение, 1983. 144 с.
- Горшков Г.С.* Действующие вулканы Курильской островной дуги // Молодой вулканизм СССР. Труды Лаборатории вулканологии АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1958. № 13. С. 22–24.
- Горшков Г.С.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. С. 287.
- Камчатка, Курильские и Командорские острова / Отв. ред. И.В. Лучицкий. М.: Наука, 1974. 528 с.
- Козлов Д.Н.* Новые данные о внутрикальдерном озере Черное (о. Онекотан) // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии. Всерос. науч. конф. Сборник докладов. Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2010. С. 163–166.
- Козлов Д.Н.* Особенности морфологии кратерных озер Курильских островов. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. Санкт-Петербург, 2013. 24 с.
- Козлов Д.Н.* Кратерные озера Курильских островов. Южно-Сахалинск: Государственное бюджетное учреждение культуры «Сахалинский областной краеведческий музей», Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, 2015. 112 с.
- Козлов Д.Н.* Морфология кратерного озера Красивое // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2016. Вып. 31. С. 65–71.
- Козлов Д.Н., Белоусов А.Б.* Современные методы исследований внутрикальдерных озер активных вулканов (на примере вулкана Головинна, 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.
- 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 Сахалинская молодежная научная школа, Южно-Сахалинск, 3–8 октября 2016 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2016. С. 248–250.
- Козлов Д.Н., Жарков Р.В.* Результаты исследования внутрикальдерного озера Бирюзовое на вулкане Заварицкого (о. Симушир, Курильские острова) // Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз: III Сахалинская молодежная научная школа, Южно-Сахалинск, 3–6 июня 2008 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2009а. С. 57–62.
- Козлов Д.Н., Жарков Р.В.* Новые данные по морфологии внутрикальдерных озер островов Кунашир и Симушир // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. 2009б. № 2. Вып. 14. С. 159–164.
- Новейший и современный вулканизм на территории России / Отв. ред. Н.П. Лаверов, М.: Наука, 2005. 604 с.
- Козлов Д.Н., Рашидов В.А., Коротеев И.Г.* Морфология бухты Броутона (о. Симушир, Курильские острова) // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. 2012 № 2. Вып. 20. С. 71–77.
- Левин Б.В., Фитцхью Б., Буржуа Д. и др.* Комплексная экспедиция на Курильские острова в 2006 г. (I этап) // Вестник ДВО РАН. 2007. № 1. С. 144–148.
- Государственный водный реестр Российской Федерации <http://www.sur-base.ru/water-base/>.
- Рянжин С.В., Ульянова Т.Ю.* Географическая информационная система «Озера мира» — GIS WORLDLAKE // ДАН. 2000. Т. 370. № 4. С. 18–25.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Рыбин А.В., Богомолов Л.М., Дегтерев А.В. и др.
Полевые вулканологические и экологические исследования на Курильских островах в 2015 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2015. № 4. Вып. 28. С. 94–99.
Рыбин А.В., Богомолов Л.М., Дегтерев А.В. и др. Международная экспедиция Курилы –

2015 // Вестник ДВО РАН, 2015. № 6. С. 181–192.
Weninger B., Joris O. Glacial Radiocarbon Calibration. The CalPal Program // Radiocarbon and Archaeology / Higham T., Bronk Ramsey C., Owen C. (Eds.). Fourth International Symposium. Oxford, 2002. 2004.

**PRELIMINARY RESULTS FROM BATHYMETRIC RESEARCH
OF KOLTSEVOYE VOLCANIC LAKE
(ONEKOTAN ISLAND, THE NORTHERN KURILES)**

**D.N. Kozlov¹, A.V. Degterev¹, A.V. Rybin¹, I.G. Koroteev¹,
I.M. Klimantsov¹, O.V. Chaplygin², I.V. Chaplygin²**

¹*IMGG FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

²*IGEM RAS, Moscow, Russia*

The paper provides preliminary results from the bathymetric studies of Koltsevoye volcanic lake (Onekotan Island, the Northern Kuriles). We describe the main morphological and morphometric parameters and represent a bathymetric scheme.

Keywords: volcano, caldera, volcanic lake, morphology.