

© Авторы 2022 г. Открытый доступ.
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Authors 2022. Open access.
Content is available under Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 556.5+551.4+550.4

<https://doi.org/10.30730/gtrz.2022.6.3.237-245>
<https://www.elibrary.ru/izrieo>

Первые результаты полевых работ 2021 г. на группе Новиковских Карьерных озер (о. Сахалин): морфология и морфометрические параметры котловин

Ф. А. Романюк*, Д. Н. Козлов, Р. В. Жарков

*E-mail: f.romanyuk2011@gmail.com

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

Реферат. Впервые рассмотрены данные о морфологии озерных котловин трех Новиковских Карьерных озер, образовавшихся после прекращения добычи угля на Новиковском бурогольном месторождении с германиевыми углями (с. Новиково, Корсаковский район Сахалинской области). Приведены батиметрические профили и схемы с изобатами, выполненные с помощью интерполяции данных 29 эхолотных профилей высокой детализации общей протяженностью около 25 км. Рассчитаны морфометрические параметры озер и описан морфологический облик их котловин. Уточнены данные о глубинах и химическом составе оз. Бирюзовое Карьерное – глубочайшего водного объекта на о. Сахалин. Выполнена сравнительная характеристика исследуемых озер.

Ключевые слова: остров Сахалин, Новиковские Карьерные озера, эхолотная съемка, морфология, морфометрические параметры, батиметрическая схема

First results of field work in 2021 on the group of Novikovskiye Karyernye lakes (Sakhalin Island): morphology and morphometric parameters of basins

Fedor A. Romanyuk*, Dmitriy N. Kozlov, Rafael' V. Zharkov

*E-mail: f.romanyuk2011@gmail.com

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

Abstract. Data on the morphology of the lake basins of three Novikovskiye Karyernye lakes, formed after the completion of coal mining at the Novikovo brown coal field with germanium-bearing coals (Novikovo village, Korsakov district of the Sakhalin region) were considered for the first time in the work. Bathymetric profiles and schemes with isobats made using interpolation of data from 29 high resolution echo-sounder profiles with a total length of about 25 km are given in the article. Morphometric indices of the lakes are calculated; the morphological appearance of their basins is described. The data on the depths and chemical composition of Biryuzovoye Karyernoye lake – the deepest waterbody on Sakhalin Island – are updated. The comparative characteristics of the lakes have been carried out.

Keywords: Sakhalin Island, Novikovskiye Karyernye lakes, echo-sounding survey, morphology, morphometric parameters, bathymetric scheme

Для цитирования: Романюк Ф.А., Козлов Д.Н., Жарков Р.В. Первые результаты полевых работ 2021 г. на группе Новиковских Карьерных озер (о. Сахалин): морфология и морфометрические параметры котловин. *Геосистемы переходных зон*, 2022, т. 6, № 3, с. 237–245. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2022.6.3.237-245>; <https://www.elibrary.ru/izrieo>

For citation: Romanyuk F.A., Kozlov D.N., Zharkov R.V. First results of field work in 2021 on the group of Novikovskiye Karyernye lakes (Sakhalin Island): morphology and morphometric parameters of basins. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2022, vol. 6, no. 3, pp. 237–245. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtrz.2022.6.3.237-245>; <https://www.elibrary.ru/izrieo>

Финансирование

Работа выполнена в соответствии с планом НИР лаборатории вулканологии и вулканопасности ИМГиГ ДВО РАН «Вулканизм Сахалина и Курильских островов: мониторинг, хронология активности, вещественный состав продуктов, гидротермальные системы» (ГР 121030100168-3; дата регистр. 24.02.2021; рук. А.В. Рыбин).

Funding

The work was carried out in accordance with the research plan of the Laboratory of volcanology and volcanic hazard IMGG FEB RAS “Volcanism of Sakhalin and the Kuril Islands: monitoring, chronology of activity, material composition of products, hydrothermal systems” (Registration number 121030100168-3; Date of registration 24.02.2021; Headed by A.V. Rybin).

Введение

Один из видов природных ресурсов, которым богата Сахалинская область, – уголь. В прошлом столетии его добыча велась открытым и закрытым способом по всему южному и центральному Сахалину, в настоящее время угольные разработки ведутся исключительно открытым способом. Близ с. Новиково (Корсаковский городской округ, Сахалинская область) расположено месторождение, отличающееся повышенным содержанием в углях германия – весьма ценного в производстве оптики и военной промышленности полуметалла [1]. В начале 2000-х годов эксплуатация месторождения была прекращена, в результате чего на месте карьеров образовались водоемы. Существующие ныне 20 водных объектов в пределах месторождения (6 крупных и 14 малых) корректнее называть обводненными карьерами, однако в СМИ и публикациях в наименованиях чаще используют более лаконичный вариант «озеро».

Новиковские Карьерные озера в настоящее время представляют собой не только весь-

ма популярный объект для посещения гостями и жителями острова, но и малоизученные источники пресной воды. В научной литературе имеются сведения о темпах сукцессионных процессов на территории Новиковского месторождения [2]. Однако, не имея должного представления об эрозионных процессах склонов котловин озер, их морфометрических характеристиках, объеме и качестве вод, затруднительно дать оценку этим природно-антропогенным резервуарам, ведь, несмотря на их искусственное происхождение, они, как и природные озера, являются расходно-накопительными системами, в которых накопление вещества играет важную роль в лимнических процессах. Ранее наша исследовательская группа уже проводила обследование наиболее популярного озера Бирюзовое Карьерное [3, 4], которое оказалось самым глубоким водоемом на о. Сахалин – глубина его более 100 м. В сентябре 2021 г. объектами исследования стали Бирюзовое Карьерное и два соседних с ним озера (рис. 1). Часто в СМИ и на туристических сайтах* фигурируют местные названия

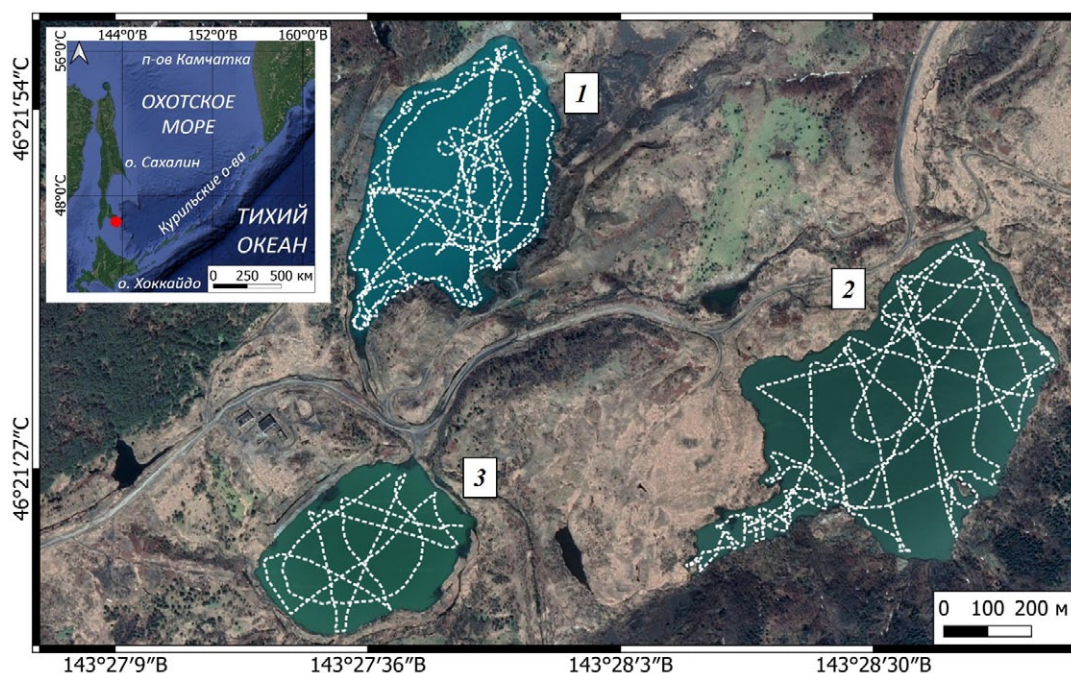


Рис. 1. Схема расположения обследованной группы Новиковских Карьерных озер. 1 – Бирюзовое Карьерное, 2 – Утиное Карьерное, 3 – Зеленое Карьерное. Белыми линиями отмечены треки выполнения эхолотной съемки.

Fig. 1. Location scheme of the surveyed group of the Novikovskiy Karyernye lakes. 1 – Biryuzovoye Karyernoye, 2 – Utinoye Karyernoye, 3 – Zelenoye Karyernoye. The white lines mark the tracks of the echo sounding survey.

* Голубые (Бирюзовые) озера на Сахалине [Blue (Biryuzovye) lakes on Sakhalin]. 2020. URL: <https://www.tourister.ru/world/europe/russia/city/novikovo/lakes/37699>; Описание маршрута «Мыс Евстафия и Бирюзовые озера на Сахалине» [Description of the route «Cape Eustathia and Biryuzovye lakes on Sakhalin»]. 2019. URL: <https://tourism.sakhalin.gov.ru/mys-evstafiya-i-biryuzovye-ozera/>; Места и маршруты для туризма и походов на Сахалине, Корсаковский район [Places and routes for tourism and hiking in Sakhalin, Korsakov district]. URL: <https://idilesom.com/sakh/places?district=7&sortby=views> (accessed 18.04.2022).

некоторых Новиковских Карьерных озер, однако какие из них даны тому или иному озеру (кроме общепризнанного названия Бирюзовое Карьерное), установить сложно. По этой причине в работе используются авторские наименования двух безымянных водоемов: Утиное Карьерное и Зеленое Карьерное.

Цель данной работы – выявить основные морфологические особенности нескольких крупных Новиковских Карьерных озер в центральной части месторождения германиевых углей. Задачи исследования: 1) провести рекогносцировочную съемку котловин озер Утиное Карьерное и Зеленое Карьерное с помощью цифрового эхолота; 2) составить батиметрические схемы обследованных озер; 3) уточнить ранее полученные сведения о морфологии для озера Бирюзовое Карьерное, составить обновленную батиметрическую схему.

Материалы и методы исследований

Эхолотные промеры озерных котловин осуществлялись по апробированной методике [3–6]. На легкую моторную лодку CatFish 240 с мотором был установлен эхолот Lowrance LMS-527 сDF iGPS со спутниковой навигацией и привязкой профилей. Точность привязки обеспечивалась 12-канальным спутниковым приемником, малым ходом лодки и частотой излучателя эхолота 200 кГц, шаг съемки 1 м. Всего на Бирюзовом Карьерном озере выполнено около 7 тыс. промеров, общая протяженность батиметрических профилей составила около 10 км; на Утином Карьерном озере – 8.5 тыс. промеров, протяженность профилей 12 км; на Зеленое Карьерное – 2.2 тыс. промеров, протяженность – 3.5 км.

При обработке полученных эхолотом данных использовали программные пакеты Lowrance Sonar Viewer 2.1.2 (экспорт данных эхолота с привязкой SR-ORG Projection 8230 – Lowrance Mercator), QGIS v. 3.20.3 (перепривязка данных в EPSG:32654 – WGS 84 / UTM zone 54N, измерение поверхностных морфометрических характеристик озера) и Surfer v. 20.0 (построение батиметрической схемы, расчет объема модели котловины озера). Расчет морфометрических характеристик озера проведен по общепринятым методикам [7–10]. Для визуализации батиме-

трических профилей и схем использовался графический инструментальный ПО Lowrance Sonar Viewer и Surfer. Карты и картосхемы составлены с помощью ПО QGIS. В работе использованы свободно распространяемые спутниковые снимки © 2022 Maxar Technologies.

Результаты и обсуждение

Бирюзовое Карьерное озеро

Первое подробное описание современной морфологии Бирюзового Карьерного озера (рис. 2) приведено в работах авторов [3, 4].

В настоящей работе уточнены имеющиеся сведения по данному озеру и их обработка. Обновлена батиметрическая схема озера (рис. 3). Полученные результаты измерений позволили определить более точную максимальную глубину для оз. Бирюзовое Карьерное – 105.5 м.

Таким образом, уточнены сведения о глубочайшем водоеме Сахалина, потеснившем прежнего рекордсмена по глубине – оз. Тунайча (с максимальной глубиной 42 м [11]). Обновлен также и зависящий от максимальной глубины коэффициент емкости – 0.36.

Физико-химический анализ воды оз. Бирюзовое Карьерное, выполненный в сентябре 2021 г., показал [3, 4], что вода не имеет запаха при температуре 20 и 60 °С, относится к слабощелочным (pH 7.8), пресным (0.2 г/дм^3), гидрокарбонатно-сульфатным натриево-кальциевым (содержание (в мг/дм^3): HCO_3^- – 124; SO_4^{2-} – 81; Cl^- – 8; Na^+ – 38; Ca^{2+} – 25; Mg^{2+} – 4.6). Из опробованных компонентов в воде в незначительных количествах содержатся железо (менее 0.05 мг/дм^3), растворенный сероводород (менее 0.002 мг/дм^3), кремний (менее 1.9 мг/дм^3) [3]. Для полной характеристики химизма вод озера необходимы дальнейшие комплексные исследования макро- и микроэлементного состава, что позволит окончательно развеять миф об опасности купаний в этом водоеме из-за большого содержания «солей германия» и других «ядовитых компонентов». На самом деле насыщенный бирюзовый цвет воды, меняющий оттенки и интенсивность в зависимости от погодных условий и освещенности, обусловлен опалесценцией сульфатов и различных взвешенных



Рис. 2. Бирюзовое Карьерное озеро (вид с запада). Фото Д.Н. Козлова
Fig. 2. Biryuzovoye Karyernoye lake (view from the west). Photo by D.N. Kozlov

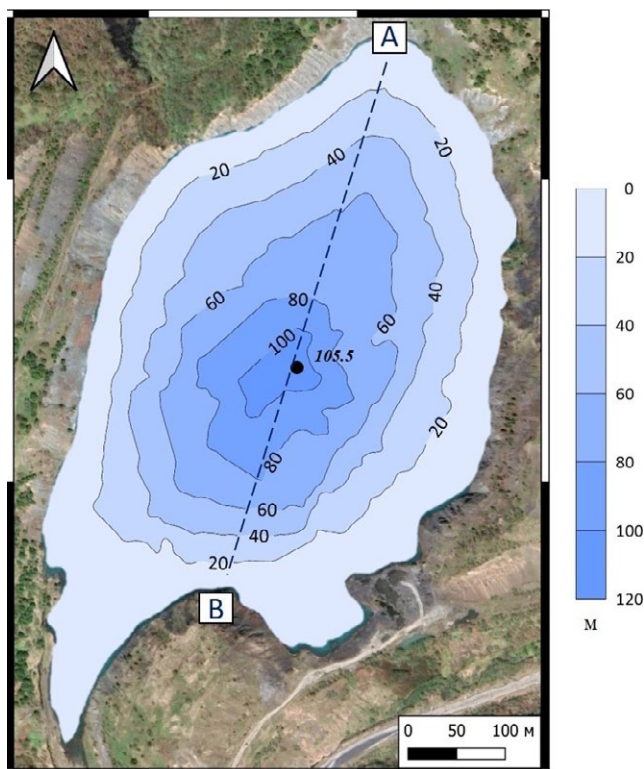


Рис. 3. Батиметрическая схема оз. Бирюзовое Карьерное, изобаты даны через 20 м. Пунктиром отмечено расположение профиля А–В.

Fig. 3. Bathymetric scheme of Biryuzovoye Karyernoye lake, isobaths are given at 20 m intervals. The dotted line in the scheme marks the location of A–B profile.

частиц, что характерно, например, для многих сульфатных вулканогенных кратерных озер Курило-Камчатского региона, имеющих аналогичный цвет воды. Для пресных водоемов юго-восточной части Сахалина в целом характерно наличие сульфатов в воде. Примером может служить оз. Большое Чибисанское, расположенное в 30 км к северу от Новиковских Карьерных озер. Грязевой отжим исследованных в 2016 г. донных отложений прибрежной части этого озера [12] по ионному составу относится к гидрокарбонатно-сульфатному магниево-натриево-кальциевому типу вод (содержание, в мг/дм³: HCO_3^- – 158.6; SO_4^{2-} – 316; Cl^- – 25.524; $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ – 69.46; Ca^{2+} – 88.176; Mg^{2+} – 29.184) и имеет общую минерализацию 0.688 г/дм³ и pH 6.95 [12].

Утинное Карьерное озеро

Данное озеро является наибольшим по площади во всей группе Новиковских Карьерных озер. Северные берега, поросшие разнотравьем и кустарниками, по преимуществу легко проходимы. Южные формируют небольшие крупнообломочные пляжи, северо-восточная и юго-западная части озера мелководны, обильно развита водная растительность (рис. 4).



Рис. 4. Утиное Карьерное озеро (вид с северо-востока). Фото Р.В. Жаркова

Fig. 4. Utinoye Karyernoye lake (view from the northeast). Photo by R.V. Zharkov

Несмотря на большую площадь озера, степень выработки карьера здесь оказалась относительно небольшой, а максимальная измеренная эхолотом глубина составила всего 51.5 м (рис. 5).

Зеленое Карьерное озеро

Самое маленькое по площади в обследованной группе озер. Довольно простая овальная форма зеркала в плане, слабая степень развития береговой линии (рис. 6). Северные берега легкодоступны и относительно пологи, с развитой многоярусной растительностью, в то время как южные преимущественно отвесны, заняты лесной растительностью. В наиболее мелководных северной и северо-восточной частях обильная водная растительность. Глубина центральной части озера превышает 60 м, максимально измеренная глубина составила 64.9 м (рис. 7).

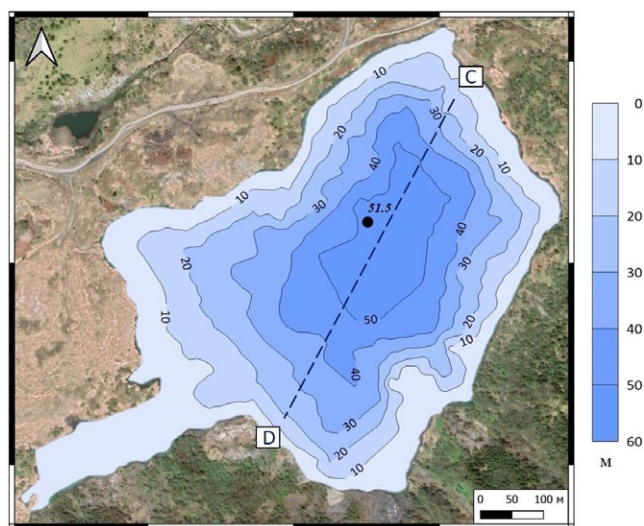


Рис. 5. Батиметрическая схема оз. Утиное Карьерное, изобаты даны через 10 м. Пунктиром отмечено расположение профиля C–D.

Fig. 5. Bathymetric scheme of Utinoye Karyernoye lake, isobaths are given at 10 m intervals. The dotted line in the scheme marks the location of C–D profile.



Рис. 6. Зеленое Карьерное озеро (вид с северо-востока). Фото Ф.А. Романюка
Fig. 6. Zelenoye Karyernoye lake (view from the northeast). Photo by F.A. Romanuk

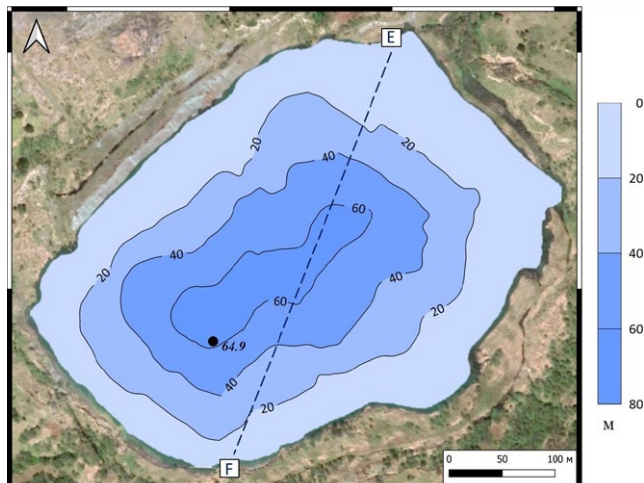


Рис. 7. Батиметрическая схема оз. Зеленое Карьерное, изобаты даны через 20 м. Пунктиром отмечено расположение профиля Е–F.
Fig. 7. Bathymetric scheme of Zelenoye Karyernoye lake, isobaths are given at 20 m intervals. The dotted line in the scheme marks the location of E–F profile.

Сравнительная характеристика исследованных Новиковских Карьерных озер

При описании морфологического облика озер использовались диаметральные батиметрические профили (А–В, рис. 3; С–D, рис. 5;

Е–F, рис. 7), пролегающие через все диапазоны глубин (рис. 8).

Батиметрический профиль оз. Бирюзовое Карьерное ранее уже был описан авторами [3, 4], в целом его можно охарактеризовать как U-образный, с весьма резкими свалами глубин по бортам до отметок более 100 м, особенно выражен перепад глубины в его южной части («В» на профиле рис. 7). На профиле отчетливо прослеживаются многочисленные уступы серпантина дороги для карьерной техники. Пло-

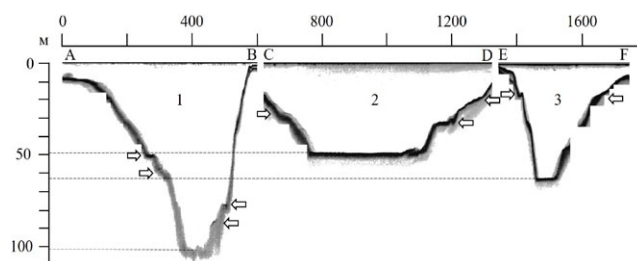


Рис. 8. Батиметрические профили Новиковских Карьерных озер: 1 – Бирюзовое Карьерное, 2 – Утиное Карьерное, 3 – Зеленое Карьерное. Стрелками обозначены подводные уступы.

Fig. 8. Bathymetric profiles of the Novikovskiy Karyernoye lakes: 1 – Biryuzovoye Karyernoye, 2 – Utinoye Karyernoye, 3 – Zelenoye Karyernoye. Arrows indicate underwater ledges.

ская глубинная часть дна котловины весьма небольшая, около 200 м в диаметре. Профиль оз. Утиное Карьерное имеет трапециевидную форму – наиболее характерную для антропогенных карьерных озер [13], на стенках котловины также четко прослеживаются уступы серпантинных дорог. В отличие от оз. Бирюзовое Карьерное, здесь прослеживается четко выраженная и большая в размерах глубинная часть котловины, ее диаметр составляет около 400 м. Батиметрические профили озер Зеленое Карьерное и Бирюзовое Карьерное весьма схожи – геоморфически они подобны, и их легко спутать. Характерна конусовидная форма котловины этих антропогенных озер, что весьма типично в природе для вулканогенных кратерных и карстовых озер [6, 13], на стенках котловины также имеются подводные уступы дорог, серпантином спускающихся на дно карьерной выемки.

Все морфометрические характеристики озер, в том числе и обновленные для Бирюзового Карьерного, представлены в таблице. Ниже приведены некоторые особенности озерных котловин и дана их сравнительная характеристика.

Коэффициент извилистости береговой линии – это весьма показательная характеристика зеркала озера, рассчитываемая по отношению длины береговой линии к длине окружности кру-

га, площадь которого равна площади исследуемого водоема. Сравнивая рассматриваемые озера, можно отметить, что берег оз. Утиное Карьерное наиболее извилист, особенно в выраженной и обособленной юго-западной части водоема. Береговая линия оз. Бирюзовое Карьерное также весьма извилиста, что особенно заметно в расчлененной южной части котловины. Озеро же Зеленое Карьерное, имеющее овальную (и наиболее приближенную к кругу) форму зеркала, обладает близким к единице коэффициентом извилистости.

Площадь водосбора озер существенно различается. Например, у самого глубокого и среднего по площади Бирюзового Карьерного она составляет 0.9 км², а у оз. Утиное Карьерное, при равных с Бирюзовым объемах вод (по 0.008 км³), площадь водосбора более 2 км², а глубина самая маленькая в данной группе водоемов.

Показатель площади водоемов, рассчитанный как отношение площади зеркала к площади водосбора, находится в диапазоне 0.16–0.23, что весьма характерно для небольших искусственных или вулканогенных кратерных водоемов. В соответствии с этим рассчитан и обратный показатель – удельный водосбор, его диапазон 4.29–6.24.

Коэффициент емкости, рассчитанный как отношение средней и максимальной глубины

Таблица. Морфометрические характеристики обследованных озер

Table. Morphometric characteristics of surveyed lakes

Характеристика	Бирюзовое Карьерное	Утиное Карьерное	Зеленое Карьерное
Площадь зеркала, км ²	0.21	0.34	0.13
Высота зеркала н.у.м., м	45	40	40
Коэффициент извилистости береговой линии	1.34	1.50	1.13
Длина береговой линии, км	2.17	3.1	1.44
Длина зеркала, км	0.78	1	0.52
Наибольшая ширина, км	0.4	0.64	0.36
Объем воды, км ³	0.008	0.008	0.0035
Максимальная глубина, м	108.5	51.5	64.9
Площадь водосбора, км ²	0.9	2.12	0.58
Показатель площади	0.23	0.16	0.22
Удельный водосбор	4.29	6.24	4.46
Средняя ширина, км	0.27	0.34	0.25
Средняя глубина, м	38.1	23.5	26.9
Коэффициент емкости	0.36	0.46	0.41
Показатель открытости	0.006	0.014	0.005

у каждого из трех озер, находится в интервале 0.36–0.46. Это говорит о том, что воронкообразные формы котловин озер имеют относительно большие глубины с характерными резкими свалами глубин от берегов к центральной части.

Наряду с описанными особенностями весьма показателен относительно формы котловины показатель открытости, рассчитанный как отношение площади озера к его средней глубине. Все рассмотренные озера являются слабо открытыми (показатель открытости <0.1), что характерно для небольших, но глубоких водоемов.

Потенциал обследованных водоемов как источников пресной воды зависит от нескольких факторов. Если сравнить озера Утиное Карьерное и Бирюзовое Карьерное, можно отметить, что при полуторакратной разнице по площади объем водной массы практически такой же – разница составляет доли процента. Однако различия в морфологии котловин могут обусловить более стабильное длительное существование именно Утиному Карьерному озеру. Неодинаковым может впоследствии оказаться влияние идентичных в целом эрозионных условий и седиментационной обстановки. Так, на больших глубинах при малых площадях изобат затруднено движение водных масс, что впоследствии может способствовать более быстрому накоплению слоя осадков, постепенно повышая уровень дна озера и тем самым сокращая объем водных масс. Это касается Бирюзового Карьерного озера и схожего с ним по строению озера Зеленого Карьерного. Как упомянуто выше, для данных водных объектов характерны такие же, как и для природных расходно-накопительных систем, закономерности лимнических процессов, отмеченные Г.Ю. Верещагиным [14].

Заключение

По результатам проведенных исследований трех Новиковских Карьерных озер были получены данные о морфологии их котловин, рассчитаны морфологические характеристики и составлены батиметрические схемы. Новые данные по оз. Бирюзовое Карьерное подтвердили, что это самый глубокий водоем о. Сахалин: максимальная глубина его составляет 105.5 м. Для озера приведена обновленная ба-

тиметрическая схема с изобатами через 20 м, а также представлены его уточненные морфометрические характеристики. Впервые проведенными батиметрическими исследованиями двух соседних озер, получивших от авторов названия Зеленое Карьерное и Утиное Карьерное, установлены их современные максимальные глубины (64.9 м и 51.5 м соответственно). Составлена сводная таблица морфометрических характеристик трех озер. Проведенные ранее геохимические исследования вод оз. Бирюзовое Карьерное позволили отнести их к пресному гидрокарбонатно-сульфатному магниевому-натриево-кальциевому типу, не имеющему ограничений для купаний в этом озере. Для детальной оценки исследованных озер как источников питьевой воды необходимо в дальнейшем провести комплексные геохимические и гидрологические изыскания.

Список литературы

1. *Недра Сахалинской области* (ред. А.В. Тарасов). 2013. Южно-Сахалинск: Сахалин – Приамурские ведомости, 120 с.
2. Верхотуров А.А., Попова А.А. 2021. Мониторинг нарушенных земель территории Новиковского бурогоугольного месторождения (юго-восток острова Сахалин). В кн.: *Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопрограммное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения*, 1: 175–180.
3. Козлов Д.Н., Романюк Ф.А., Жарков Р.В. 2021. Новые данные о морфологии котловины и геохимии вод озера Бирюзовое Карьерное (о. Сахалин). *Мониторинг. Наука и Технологии*, 4: 22–26. URL: <http://csmos.ru/index.php?page=mnt-issue-2021-4-06> (дата обращения 5.06.2022).
4. Kozlov D.N., Romanyuk F.A., Zharkov R.V. 2021. Hydroacoustic study of the basin of Biryuzovoe Karьерное lake (Korsakovsky district, Sakhalin Island). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 946(012026). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/946/1/012026>
5. Козлов Д.Н., Дегтерев А.В., Зарочинцев В.С. 2018. Кальдерное озеро Кольцевое: современное состояние и строение котловины (о. Онекотан, Курильские острова). *Геосистемы переходных зон*, 2(4): 359–364. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.4.359-364>
6. Козлов Д.Н., Лебедева Е.В., Жарков Р.В. 2019. Строение котловин вулканических озер Ключевого и Штубеля (кальдера Ксудач, Камчатка). *География и природные ресурсы*, 4: 153–164. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4\(153-164\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4(153-164))
7. Верещагин Г.Ю. 1930. Методы морфометрической характеристики озер. *Труды Олонецкой науч. эксп.*, 1: 3–114.
8. Чеботарев А.И. 1953. *Гидрология суши и речного стока*. Л.: Гидрометеиздат, 562 с.
9. Муравьевский С.Д. 1948. Очерки по теории и методам морфометрии озер. *Вопросы географии*, 7: 65–100.

10. Тимофеев Д.А., Уфимцев Г.Ф. (ред.) **2004.** *Морфология рельефа*. М.: Научный мир, 184 с.
11. Бровко П. Ф., Дзен Г. Н. **2016.** Некоторые особенности рельефа и донных осадков озера Тунайча (Южный Сахалин). *Вестник Сахалинского краеведческого музея*, 1: 239–242.
12. Жарков Р.В. **2019.** Физико-химические свойства и перспективы использования сапропелевых грязей озера Большое Чибисанское (остров Сахалин). *Геосистемы переходных зон*, 3(3): 318–324. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.2.318-324>
13. Шигапов И.С., Мингазова Н.М., Мусин А.Г. **2011.** Особенности морфологии котловин озер г. Казани. *Вестник ТГТУ*, 2(24): 66–71.
14. Верещагин Г.Ю. **1921.** Из результатов исследования озер Пудожского уезда Олонецкой губернии летом 1918 г. *Изв. Российского гидрологического ин-та*, 1–3: 145–157.

References

1. *Nedra Sakhalinskoy oblasti [Subsoil of the Sakhalin Region]* (ed. A.V. Tarasov). **2013.** Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhalin – Primorskies vedomosti, 120 p. (In Russ.).
2. Verkhoturov A.A., Popova A.A. **2021.** Monitoring of disturbed land on the territory of the Novikov brown coal deposit (south-east of Sakhalin Island). In: *Regulirovaniye zemel'nomushchestvennykh otnosheniy v Rossii: pravovoye i geoprostranstvennoye obespecheniye, otsenka nedvizhimosti, ekologiya, tekhnologicheskiye resheniya [Regulation of land and property relations in Russia: legal and geospatial support, real estate appraisal, ecology, technological solutions]*, 1: 175–180. (In Russ.). <https://doi.org/10.33764/2687-041X-2021-1-175-180>
3. Kozlov D.N., Romanyuk F.A., Zharkov R.V. **2021.** New data on the morphology of basin and water geochemistry of lake Biryuzovoe Karyernoe (Sakhalin island). *Monitoring. Nauka i Tekhnologii = Monitoring. Science and Technologies*, 4: 22–26. (In Russ.). <http://csmos.ru/index.php?page=mnt-issue-2021-4-06>
4. Kozlov D.N., Romanyuk F.A., Zharkov R.V. **2021.** Hydro-acoustic study of the basin of Biryuzovoe Karyernoe lake (Korsakovsky district, Sakhalin Island). *IOP Conf. Series:*

- Earth and Environmental Science*, 946(012026). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/946/1/012026>
5. Kozlov D.N., Degterev A.V., Zarochintsev V.S. **2018.** Koltsevoe caldera lake: current state and structure of the basin (Onkotan Island, Kuril Islands). *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2(4): 359–364. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.4.359-364>
6. Kozlov D.N., Lebedeva E.V., Zharkov R.V. **2019.** Structure of volcanic Lake Klyuchevoe and Lake Stubel basins (Ksudach caldera, Kamchatka). *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*, 4: 153–164. (In Russ.).
7. Vereshagin G.Yu. **1930.** Methods for the morphometric characterization of lakes. *Trudy Olonetskoj nauchnoy ekspeditsii = Proceedings of the Olonets Scientific Expedition*, 1: 3–114. (In Russ.).
8. Chebotarev A.I. **1953.** *Gidrologiya sushi i rechnogo stoka [Hydrology of land and river flow]*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 562 p. (In Russ.).
9. Murav'evskiy S.D. **1948.** [Essays on the theory and methods of lake morphometry]. *Voprosy geografii*, 7: 65–100. (In Russ.).
10. Timofeev D.A., Ufimtsev G.F. (eds) **2004.** *Morfologiya rel'efa [Relief morphology]*. Moscow: Nauchnyy mir, 184 p. (In Russ.).
11. Brovko P.F., Dzen G.N. **2016.** [Some features of the relief and bottom sediments of Lake Tunaicha (Southern Sakhalin)]. *Vestnik Sakhalinskogo kraevedcheskogo muzeya = Bulletin of the Sakhalin museum of local lore*, 1: 239–242. (In Russ.).
12. Zharkov R.V. **2019.** Physical and chemical properties and prospects of use of sapropelic mud of the Bolshoe Chibisanskoe Lake (Sakhalin Island). *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 3(3): 318–324. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.3.318-324>
13. Shigapov I.S., Mingazova N.M., Musin A.G. **2011.** Features of the morphology of the basins of the lakes of Kazan. *Bulletin of TSHPU*, 2 (24): 66–71. (In Russ.).
14. Vereshagin G.Yu. **1921.** [From the results of study of the lakes of the Pudozh district of the Olonets province in the summer of 1918]. *Izv. Rossiyskogo gidrologicheskogo instituta [Proceedings of the Russian Hydrological Institute]*, 1-3: 145–157. (In Russ.).

Об авторах

Сотрудники лаборатории вулканологии и вулканопасности, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск:

Романюк Федор Александрович (<https://orcid.org/0000-0003-1581-1503>), младший научный сотрудник, f.romanyuk2011@gmail.com

Козлов Дмитрий Николаевич (<https://orcid.org/0000-0002-8640-086X>), кандидат географических наук, старший научный сотрудник, kozlovdn@bk.ru

Жарков Рафаэль Владимирович (<https://orcid.org/0000-0002-9753-0627>), кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, rafael_zharkov@mail.ru

About the Authors

Employees of the Laboratory of volcanology and volcanic hazard, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far East Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk:

Romanyuk, Fedor A. (<https://orcid.org/0000-0003-1581-1503>), Junior Researcher, f.romanyuk2011@gmail.com

Kozlov, Dmitriy N. (<https://orcid.org/0000-0002-8640-086X>), Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher, kozlovdn@bk.ru

Zharkov, Rafael V. (<https://orcid.org/0000-0002-9753-0627>), Cand. Sci. (Geography), Leading Researcher, rafael_zharkov@mail.ru

Поступила 14.04.2022

После доработки 30.07.2022

Принята к печати 05.08.2022

Received 14 April 2022

Revised 30 July 2022

Accepted 5 August 2022