

Kobyakov K., Jakovle, J. (eds.) Atlas of high conservation value areas, and analysis of gaps and representativeness of the protected area network in northwest Russia: Arkhangelsk, Vologda, Leningrad, and Murmansk Regions, Republic of Karelia, and City of St. Petersburg. Finnish Environment Institute. Helsinki, 2013. 517 p.

SPATIO-TEMPORAL MODEL OF TERRESTRIAL ECOSYSTEMS IN LAKE ONEGO CATCHMENT

P. Yu. Litinsky

Forest Research Institute, KarRC RAS

Geoinformation model of the Onego Lake catchment area is created for integrated analysis of the heterotrophic lake ecosystem functioning and reflects the structure and dynamics of terrestrial ecosystems since the 1950s. The technique of modeling the spectral space of Landsat TM/ETM+ images in the LC1-LC2-MSI axes is used. LC1 and LC2 are the two first principal components of the image matrix in logarithmic form, and MSI is the moisture stress index. The spectral model is a mathematically formalized object describing the quantitative and qualitative characteristics of the biogeocoenosis. Being deployed in geographical space, it becomes an optimal structural basis for integrating the results of discrete field observations into a holistic space-time continuum.

УНИКАЛЬНОСТЬ КАРСТОВОГО ОЗЕРА ЦЕРИК-КЕЛЬ (ГОЛУБОЕ ОЗЕРО) В КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

Н. Г. Максимович, О. Ю. Мещерякова, А. Д. Деменев

*Естественнаучный институт Пермского государственного
национального исследовательского университета*

Голубое озеро (Церик-Кель) является уникальным объектом мирового уровня, оно самое глубокое карстовое озеро России и самое глубокое карстовое озеро-источник в мире. В статье приведены общая характеристика Церик-Кель, а также результаты полевых исследований, проведенных во время экспедиции в сентябре – октябре 2016 г., по изучению особенностей озера и его происхождения.

На Земном шаре более 8 млн озер, суммарный объем которых превышает в 80 раз объем воды всех рек мира. На территории России зафиксировано более 2 млн озер, глубочайшими из них являются озера Байкал (Бурятия, Иркутская область) (глубина 1642 м), Каспийское море (Дагестан, Калмыкия, Астраханская область) (1025 м), Хантайское озеро (Краснодарский край) (420 м), Телецкое озеро (Республика Алтай) (325 м), Курильское озеро (Камчатская область) (316 м), Лама (Красноярский край) (300 м), **Церик-Кель (Голубое озеро)** (Кабардино-Балкария)

(279 м). Первые шесть озер не являются карстовыми. Таким образом, самым глубоким карстовым озером России является Церик-Кель (Голубое озеро), которое отличается очень маленькой площадью (0,0216 км²) при довольно большой глубине.

Общая характеристика объекта изучения. Голубое озеро было детально описано И. Г. Кузнецовым [1928], которому принадлежит обстоятельная работа по исследованию озера и других форм карста Скалистого хребта. Кроме того, глубочайшее карстовое озеро России упоминается в работах И. С. Щукина [1925], проводившего географические исследования в Балкарии в 20-х гг. прошлого века, Л. А. Владимирова [1970], Н. А. Гвоздецкого [1954], Г. А. Максимовича [1969]. В конце XX в. исследованиями озера занимались Ю. В. Ефремов [1988], Г. Н. Гигинейшвили, а также коллектив авторов под его руководством [Гигинейшвили, 1979, 1982, 1983], К. А. Горбунова и Н. Г. Максимович [1991], В. Т. Хмурчик [2013] и др.

В мире существует множество карстовых озер, совершенно непохожих друг на друга. Они классифицируются по составу вмещающих пород, по принадлежности к разным гидродинамическим зонам, по условиям питания, степени проточности, термическому режиму, по минерализации и химическому составу воды и др. По некоторым параметрам Голубое озеро не имеет равных в мире.

Голубое озеро находится в Кабардино-Балкарской Республике, Черекском районе, в 4 км южнее населенного пункта Бабугент; расположено на северном склоне Скалистого хребта – одного из передовых хребтов Большого Кавказа в соседстве с двумя карстовыми озерами – Секретное и Верхнее – и карстовым провалом Кель-Кетчхен [Емузова, Хатухов, 2015].

Голубое озеро представляет собой одновременно несколько достаточно уникальных природных объектов: карстовую шахту (пропасть), карстовый источник и, естественно, озеро.

Общепринятое определение карстовой шахты – вертикальная или круто наклоненная полость, имеющая конусовидную, цилиндрическую, щелевидную форму при глубине более 20 м. Шахты с очень расширенным устьем, имеющим поперечник в десятки метров, называются пропастями, т. е. Голубое озеро стоит, скорее, относить к пропасти. Шахты бывают с почти вертикальным стволом, со спиральным, двухствольно разветвляющимся, многоэтажными и многие другие. Иногда шахты переходят в горизонтальный тоннель. Выделяют два типа карстовых шахт: коррозионные и провальные. Голубое озеро относится к классическим коррозионным озерам, образованным напорными водами зоны вертикальной восходящей (сифонной) циркуляции. В научной классификации такой тип шахт получил название цериккельский – в честь рассматриваемого озера.

Абсолютная высота зеркала озера составляет 805 м, площадь – 26 130 м². Озеро имеет форму удлинненного по меридиану четырехугольника, вершины которого закруглены, а стороны несколько волнисты вследствие наличия небольших мысов и заливчиков. Наибольшая длина по диагонали равна 233 м; наибольшая ширина – 146 м [Гигинейшвили, 1983]. Характер берегов определяется положением озера на флювиогляциальной террасе: так как эта терраса представляет ровную поверхность и так как вытекающая из озера речка еще не успела углубить в террасе своего русла, то, естественно, берега озера низкие, едва-едва возвышающиеся над его уровнем. Наибольшая высота берега на южном и юго-западном конце озера не превышает 3–4 м над зеркалом воды. Берега почти всюду крутые, обрывистые. Восточный берег представляет обрыв валанжинских известняков, на которых лишь местами сохранились отдельные валуны террасы; остальные берега сложены галечниками (рис. 1).

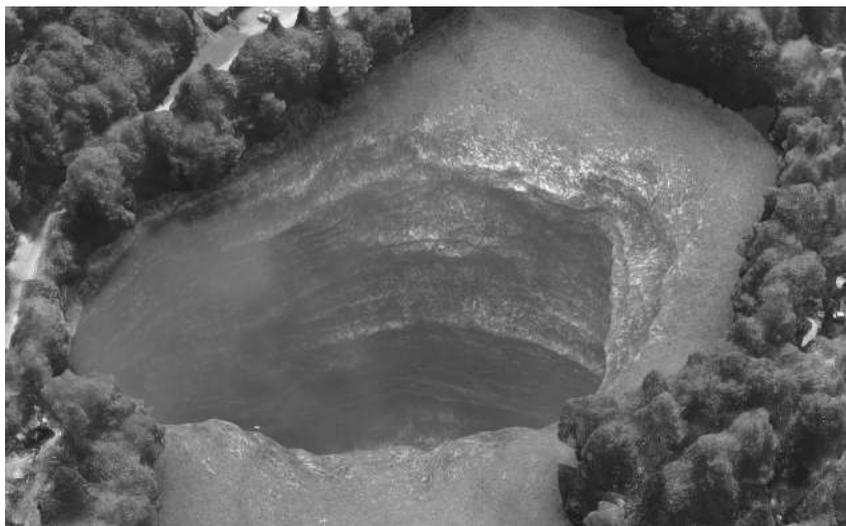


Рис. 1. Визуализация плана Голубого озера

Голубое озеро представляет собой расширенное устье восходящего карстового источника с достаточно большим дебитом. В мировой классификации такие источники относятся к исполиновым. Таким образом, Голубое озеро является самым глубоким карстовым озером-источником в мире.

Места выхода подобных источников часто представляют собой воронкообразные бассейны с прозрачной голубовато-зеленой водой, обладающей постоянством низкой температуры и дебита, со слабым запахом

сероводорода. По мнению В. Т. Хмурчика [2013], наличие сероводорода обусловлено развитием в водоносном горизонте анаэробных бактериальных процессов, в частности, восстановлением сульфатов, вследствие появления в воде сульфат-ионов при растворении гипса водоносных пород и поступления в водоносный горизонт с инфильтрационными водами водорастворенных органических веществ.

Поверхностного притока озеро не имеет. Оно полностью питается подземными карстовыми и глубинными минерализованными водами. Основную долю в питании озера составляют карстовые воды. Вытекает из озера единственная речка, впадающая затем в р. Черек. Она берет начало в северо-западном углу озера и имеет расход от 0,7 до 0,9 м³/с (в зависимости от сезона) [Кузнецов, 1928; Гигинейшвили, 1983].

Результаты полевых исследований. В период полевых исследований в сентябре – октябре 2016 г. во время экспедиции, организованной Центром подводных исследований Русского географического общества, на Голубом озере было произведено свыше 1350 замеров различных показателей вод озера, проведены режимные наблюдения за расходом реки, вытекающей из озера, уровнем и прозрачностью вод. Установлено, что воды в Голубом озере по кислотно-щелочному балансу относятся ближе к нейтральным, окислительно-восстановительный потенциал вод озера изменяется от –197 до +75 В, что говорит о изменении во времени отношения концентраций кислорода и сероводорода в водах озера.

Электропроводимость озера в среднем составляет 1158 мкСм, минимальные и максимальные значения электропроводимости составляют 1057 и 1395, соответственно. Показатель солености (TDS) варьируется в узких пределах от 503 до 652 ppm, что говорит о выдержанном составе вод озера по глубине и площади.

Прозрачность вод составляла от 20,3 до 29,5 м.

Воды Голубого озера имеют преимущественно сульфатно-кальциевый химический состав. Содержание сульфатов изменяется от 509,7 до 577,0 мг/дм³, при этом максимальные значения зафиксированы ближе к дневной поверхности озера, а минимальные – на глубине 250 м (рис. 2). Вероятно, это связано с тем, что разгрузка подземных вод происходит в глубоких частях озера и постепенно с подъемом к дневной поверхности вода насыщается сульфатами. На рис. 2 отображена четко выраженная тенденция уменьшения концентрации сульфатов с глубиной.

Среднее значение расхода воды в реке, вытекающей из озера, составляет 67 857,54 м³/сут. В период наблюдений была отмечена тенденция к сокращению расхода вод в реке, что может быть связано с уменьшением уровня вод в озере с 44,5 до 41,7 см.

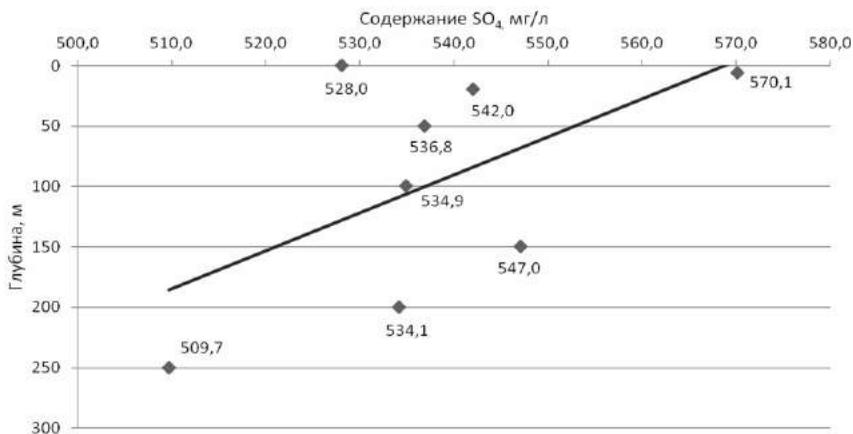


Рис. 2. Изменение содержания сульфатов с глубиной в Голубом озере

Средняя температура воды поверхности озера на период исследований составляла 10,5–11,5 °С. Выделена зона повышенных температур в юго-западной части озера и определена закономерность понижения температуры от центральной части в северо-западном направлении (к истоку реки).

Значение температуры с глубиной носит постоянный характер – 9,3 °С. Температурного скачка обнаружено не было.

В ходе проведения работ были уточнены морфометрические параметры озера, а также установлена новая глубина Голубого озера – 279 м, что является новым географическим открытием. Установлены новые форма и размеры озера, формирующиеся за счет активно протекающих процессов растворения пород и обрушения стенок на участках с их отрицательным залеганием. Обнаружено субгоризонтальное продолжение озера, из которого предположительно и идет поступление воды в озеро (рис. 3).

Результаты работ. Установлены новые форма и размеры озера, формирующиеся за счет активно протекающих процессов растворения пород и обрушения стенок на участках с их отрицательным залеганием. Обнаружено субгоризонтальное продолжение озера, из которого предположительно и идет поступление воды в озеро. Зафиксирована новая максимальная глубина озера – 279 м (ранее – 258 м). Установлены новые закономерности распределения химического состава вод по глубине. По итогам исследований разработаны меры охраны озера.

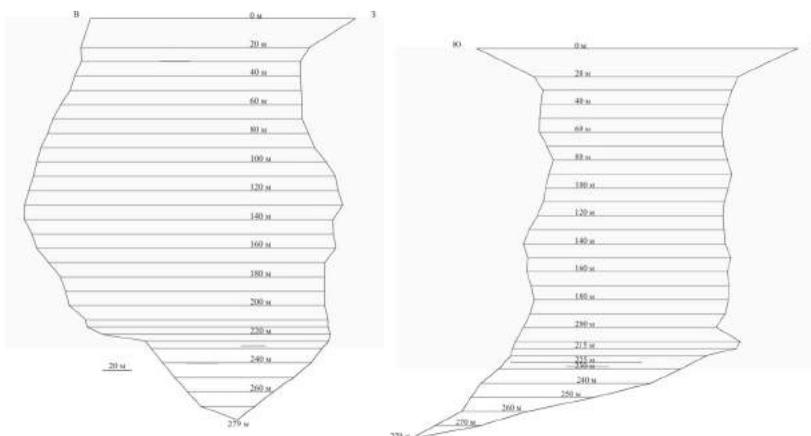


Рис. 3. Профиль Голубого озера (по данным 2016 г.)

Работа подготовлена при поддержке грантов РФФИ и РГО 17-0541114 и РФФИ 16-35-00104 мол_а, а также гранта Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания № 2014/153 № 269 в сфере научной деятельности.

Литература

- Владимиров Л. А.* Водный баланс Большого Кавказа (без азербайджанской и дагестанской частей). Тбилиси, 1970. 142 с.
- Гвоздецкий Н. А.* Физическая география Кавказа. М.: МГУ, 1954. Вып. 1. 208 с.
- Гигинейшвили Г. Н.* Карстовые воды Большого Кавказа и основные проблемы гидрологии карста. Тбилиси, 1979.
- Гигинейшвили Г. Н.* Температурные скачки озера Чирик-Кель // Природа. 1982. № 2.
- Гигинейшвили Г. Н., Гвахария В. К., Канделаки В. В. и др.* Чирик-Кель – глубочайшее карстовое озеро СССР // Известия Академии наук СССР, сер. Географическая. 1983. № 1.
- Горбунова К. А., Максимович Н. Г.* В мире карста и пещер. Пермь: ТГУ, 1991. 120 с.
- Музлова Л. З., Хатухов А. М.* Результаты комплексного исследования Кель-Кетчен-карстового провала на Центральном Кавказе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20139> (дата обращения: 11.03.2016).
- Ефремов Ю. В.* Голубое ожерелье Кавказа. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 160 с.
- Кузнецов И. Г.* Озеро Церик-кель и другие формы карста в известняках Скалистого хребта на Северном Кавказе // Изв. гос. Русского географического общества. 1928. Т. LX, вып. 2. С. 245–293.
- Максимович Г. А.* Основы карстования. Т. II. Пермь: Книжная типография № 2, 1969. 530 с.

Хмурчик В. Т. Микробиологические исследования озера Черик-Кель (Кабардино-Балкарская Республика) // Изв. высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Сер. Естественные науки. 2013. № 3 (175). С. 60–62.

Щукин И. С. В Балкарии // Землеведение. 1925. Т. XXVII, вып. 1–2. С. 37.

THE UNIQUENESS OF THE KARSTIC LAKE TSEK-KEL (BLUE LAKE) IN THE KABARDINO-BALKARIA (RUSSIA)

N. G. Maksimovich, O. Yu. Meshcheriakova, A. D. Demenev

Institute of Natural Science of Perm State National Research University

Blue Lake (Tserik-Kel) is a globally unique object, being the deepest karst lake in Russia and the deepest karst spring-lake in the world. A general description of Tserik-Kel, the results of field surveys conducted during the expedition in September-October 2016 for the study of the lake's characteristics and genesis are presented.

ИЗУЧЕНИЕ ВНУТРЕННИХ ВОД НА УРОКАХ ГЕОГРАФИИ

В. С. Михайлова*, Т. В. Вага

Петрозаводский государственный университет

Одним из основных вопросов, рассматриваемых в школьном курсе географии, является изучение внутренних вод: рек, озер, водохранилищ, болот, ледников и подземных вод. Знакомство со всеми этими водными объектами, особенностями их функционирования и использования человеком оказывает большое влияние на формирование личности школьника. Основная цель получения гидрологических знаний в школе – это формирование ценностного отношения к водным объектам, осознание причин одной из глобальных проблем человечества – дефицита водных ресурсов. Важнейшими причинами нехватки воды являются нерациональное использование и загрязнение водных ресурсов. Как любая система, блок гидрологических знаний имеет свою структуру, состоящую из взаимосвязанных компонентов.

Методика преподавания географии – одна из педагогических наук, частная дидактика, исследующая особенности процесса обучения географии в общеобразовательной школе. Наиболее тесные связи имеет с дидактикой, которая рассматривает общие закономерности образования и воспитания [Панчешникова и др., 1997]. Одним из основных вопросов, рассматриваемых в школьном курсе географии, является изучение внутренних вод: рек, озер, водохранилищ, болот, ледников и подземных вод. Знакомство со всеми этими водными объектами, особенностями их функционирования и использования человеком оказывает большое влияние на

* Студентка ПетрГУ.