

УДК 551.435.8(479)

НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О КАРСТОВОМ ПРОВАЛЕ КЕЛЬ-КЕТЧХЕН НА ЦЕНТРАЛЬНОМ КАВКАЗЕ

Хатухов А.М., Шагин С.И., Емузова Л.З., Барагунова Е.А., Татаренко Н.В.

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»,
Нальчик, e-mail: bsk@kbsu.ru

В статье приведены новые сведения о грандиозном (площадь – 46000 м², глубина – 177 м) карстовом провале Кель-Кетчхен, который входит в группу карстовых озер Центрального Кавказа под общим названием «Голубые озера». В результате впервые осуществленного с научной целью спуска в провал составлена общая картина ландшафтного покрова его днища. Даны характеристики рельефа и растительного покрова. Рельеф отличается сильной расчлененностью, так как сформирован падающим с отвесных стен провала обломочным материалом. За исключением немногих мест свежего отложения такого материала дно провала покрыто типичной растительностью, сливающейся с окружающим лесным ландшафтом. Проведено гидрологическое и гидробиологическое описание небольшого водоема на дне провала, сохранившегося как вырожденный остаток бывшего озера. Определена истинная глубина (11,8 м) и составлена схема профиля его котловины. В нем обнаружена скрытая от глаз подземная проточность, свидетельствующая о сохраняющейся гидрологической связи провала Кель-Кетчхен с единой системой карстового дренажа комплекса Голубых озер. Найденное в этом водоеме биоразнообразие характеризует его как полноценную экосистему. С учетом прямой связи происхождения провала Кель-Кетчхен и сопутствующих ему озер с лесным ландшафтом подчеркнута важность сохранения лесного покрова территории для поддержания естественного состояния этих уникальных памятников природы и объектов рекреации. Обращено внимание на присущие карстовым территориям опасности и необходимость их учета при вовлечении Кель-Кетчхен в рекреационную сферу. Актуальность исследования связана со значением Кель-Кетчхен в контексте проблем карстологии региона и перспективой его туристско-рекреационного использования.

Ключевые слова: Центральный Кавказ, карстовые озера, провал, днище, рельеф, растительность, остаточный водоем, экосистема

NEW INFORMATION ON THE KEL-KETCHKHEN KARST HOLE IN THE CENTRAL CAUCASUS

Khatukhov A.M., Shagin S.I., Emuzova L.Z., Baragunova E.A., Tatarenko N.V.

Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: bsk@kbsu.ru

The article provides new information about the grand (area – 46000 m², depth – 177 m) Kel-Ketchkhen karst hole, which is part of a group of karst lakes in the Central Caucasus under the general name «Blue Lakes». As a result of the descent into the hole, which was carried out for the first time for scientific purposes, a general picture of the landscape cover of its bottom has been compiled. The characteristics of the relief and vegetation are given in the article. The relief is highly dissected, as it is formed by fragmentary material falling from the sheer walls of the hole. With the exception of a few places of fresh deposition of such material, the bottom of the hole is covered with typical vegetation, merging with the surrounding forest landscape. A hydrological and hydrobiological description of a small reservoir at the bottom of the hole, preserved as a degenerate remnant of a former lake, has been made. The true depth (11.8 m) was determined and a profile diagram of its basin was compiled. An underground water flow hidden from the eyes has been discovered in it, indicating a continuing hydrological connection between the Kel-Ketchkhen hole and the unified karst drainage system of the Blue Lakes complex. The biodiversity found in the reservoir characterizes it as a full-fledged ecosystem. Given the direct connection between the origin of the Kel-Ketchkhen hole and its accompanying lakes with a forest landscape, the importance of preserving the forest cover of the territory to maintain the natural state of these unique natural monuments and recreation objects is underlined. Attention is drawn to the need to take into account the dangers emanating from the karst landscape when they are used for recreational purposes. Attention is drawn to the dangers inherent in karst territories and the need to take them into account when Kel-Ketchkhen is involved in the recreational sphere. The relevance of the study is connected with the significance of Kel-Ketchkhen in the context of the problems of karstology in the region and the prospect of its tourist and recreational use.

Keywords: Central Caucasus, karst lakes, hole, bottom, relief, vegetation, residual reservoir, ecosystem

Провал Кель-Кетчхен входит в каскад из пяти карстовых озер под общим названием «Голубые озера», расположенный на северных склонах Скалистого хребта Центрального Кавказа в пределах Кабардино-Балкарской Республики (КБР). Другое название «Сухое озеро» провал получил из-за безводности, не считая небольшого водоема на его дне. К данному геоморфо-

логическому объекту применимы такие определения, как карстовая воронка, провальная, или гравитационная, воронка, а с учетом большой глубины – провальная, или гравитационная, шахта.

Голубые озера, размещенные в горно-лесном поясе в интервале высот 809–996 м, составляют одни из наиболее примечательных объектов рекреационного комплек-

са КБР. Среди них Нижнее Голубое озеро привлекает отечественных и зарубежных дайверов своей до сих пор окончательно не установленной рекордной глубиной. Провал Кель-Кетчхен, скрытый под пологом мощного букowego леса в стороне от туристических маршрутов, гораздо менее известен. На фоне генетически родственных соседних озер его практически сухая котловина со своей особой геологической историей выглядит как необычное природное явление. С другой стороны, тот факт, что в последние годы Кель-Кетчхен сделался открытием для самостоятельных джемперов, устраивающих свои прыжки в его бездну, свидетельствует о его перспективности как туристско-рекреационного объекта.

Несмотря на научную привлекательность, Кель-Кетчхен не стал объектом специального исследования: небезопасность зияющей пропасти и невозможность спуска на его дно без специальной подготовки выступают почти неодолимым препятствием. Поэтому лишь размерные параметры провала (длина – 405 м, ширина 213 м, глубина 177 м) и факт наличия на его дне небольшого водоема, обнаруженные еще 90 лет назад в работе геолога И.Г. Кузнецова [1], остаются до сих пор главной информацией о нем.

Цель работы: составить комплексную эколого-географическую характеристику дна карстового провала Кель-Кетчхен. Дополняя ранее опубликованные материалы [2], она должна дать более полное представление о данном геоморфологическом объекте.

Актуальность исследования обусловлена значением Кель-Кетчхен в контексте проблем карстования региона и перспективой его туристско-рекреационного использования как части природного комплекса карстовых Голубых озер КБР.

Материалы и методы исследования

Материалом послужили результаты натуральных съемок и наблюдений, проведенных на дне провала Кель-Кетчхен во время спуска на его дно 27 июля 2018 г. Использованы общепринятые географические, гидрологические и гидробиологические методы и оборудование [3, 4]. Промеры глубин донного водоема и взятие гидробиологических проб осуществлены с двухместной надувной лодки. Пробы зоопланктона отобраны на трех станциях (в центре и у противоположных берегов) конической планктонной сетью (газ № 64)

путем процеживания 100 л поверхностной воды. Пробы зоо- и пелагобентоса брались вручную с помощью гидробиологического сачка и драги, а также в ходе просмотра поднятого с доступной глубины обломочного материала. Соскобы грунта промывались через бентосное сито (газ № 23). Разбор проб частью осуществлен на месте. Камеральная обработка фиксированного полевого материала проведена в лабораторных условиях с использованием оптических приборов – бинокля МБС-1 и микроскопа Биомед-5. Подсчет планктонтов проведен в камере Богорова. Снимок водоема с близкого расстояния (вид сверху) сделан с вертолета. Обработка полученного снимка выполнена в графическом редакторе, профиль котловины водоема построен по компьютерной программе MS Excel. Весь материал, включая гербарий собранных растений, хранится в Музее живой природы Кабардино-Балкарского госуниверситета.

Результаты исследования и их обсуждение

Рельеф и растительный покров дна провала. Денудационные процессы, идущие с разной интенсивностью на разных участках отвесных стен провала, и отложение продуктов обрушения обломочного материала создали сложно пересеченный рельеф его дна. Обломки горных пород сконцентрированы в основном по периметру дна, но и по центру они образовали завалы, и выровненных участков мало. В северо-западной части имеется несоразмерный с площадью самого провала (4,6 га по верхней кромке) небольшой округлой формы водоем. Следуя направлению падения горного склона, дна понижается с севера на юг и достигает низшей точки в донном водоеме.

За исключением отдельных мест принятия падающего сверху «свежего» обломочного материала дна в целом покрыто растительностью, сливающейся с окружающим лесным ландшафтом. К буку восточному (*Fagus orientalis*) примешивается липа сердцевидная (*Tilia cordata*). В подлеске встречаются бересклет европейский (*Euonymus europaea*), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa*), бузина черная (*Sambucus nigra*). В составе травянистого покрова выявлены очиток кавказский (*Sedum caucasicum*), вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris*), волжанка обыкновенная (*Arunca vulgaris*), подмаренник душистый (*Galium*

odoratum), подмаренник вайантиевый (*Galium valantioides*), паслен сладко-горький (*Solanum dulcamara*), кирказон обыкновенный (*Aristolochia clematitis*), папоротники листовник сколопендровый (*Phyllitis scolopendrium*) и щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*). Последний вид на относительно ровном понижении восточной половины днища образует сплошные заросли в человеческий рост (рис. 1).



Рис. 1. Заросли папоротника в северо-восточной части днища Кель-Кетчхен (фото участника экспедиции М. Балагова)

Приведенный перечень видов растений показывает, что днище провала занято типичной неморальной флорой, характерной для данной местности. При этом наблюдается преобладание травянистых многолетников, что также отмечено и другими авторами [5] для карстовых форм рельефа лесного ландшафта.

Морфометрия водоема. Размерные параметры водоема, рассчитанные по космическому снимку [2], были следующие: периметр – 225 м, диаметр – 51 м, площадь водного зеркала – 2418 м². Непосредственный промер диаметра по протянутому шнуру в том же направлении (юг – север) дал сходный результат – 51,4 м. Перпендику-

лярный диаметр оказался на несколько метров больше.

По центру, со стороны собственно днища, водоем имеет четкий конусовидный русловой врез с горлом в 1,5 и длиной в несколько метров. Поверхностный сток по нему с днища провала «оживляется», судя по всему, во время частых здесь летних ливневых дождей и весеннего таяния скопившегося за зиму снега. Крупнообломочный материал, выкладываемый русловой врез, свидетельствует о мощности ливневых потоков. Зыбкий грунт дна водоема в непосредственной близости от него состоит из того же обломочного материала с заилением.

Котловина водоема, очевидно, имела конусовидную форму. Сейчас она, скорее, чашевидна, с асимметричным профилем (рис. 2). От вертикальной стены провала, окаймляющей водоем полуовалом, дно круто уходит до глубины 7 м. В 12–13 м от стены нарастание глубины водоема нарушено несколько возвышающейся со дна неровностью, связанной, очевидно, с отложением скальных пород, обрушившихся с нависающей под отрицательным углом стены. Со стороны пологого берега (от руслового вреза) дно относительно плавно опускается, достигая 7-метровой глубины на удалении 8 м от берега. При этом выраженного мелководья нет. Максимальная глубина (11,8 м) зафиксирована ближе к центру водоема. Указание на глубину в 5 м некоторых источниках в сравнении с нашим результатом можно было бы трактовать как следствие периодического колебания уровня воды, если в них же не приводилась сходная с нашими расчетами площадь водоема (2500 м²).

Достаточно большая глубина обусловила температурную стратификацию водоема: 22 °С на поверхности и 19 °С на глубине 6 м при температуре воздуха 25 °С. Прозрачность воды составила 40 см.

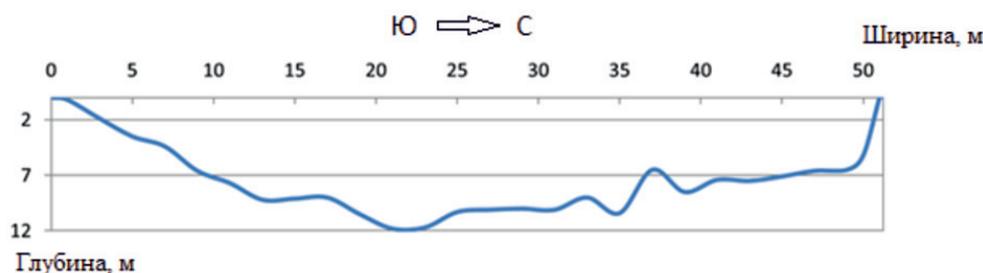


Рис. 2. Профиль котловины водоема на дне Кель-Кетчхен

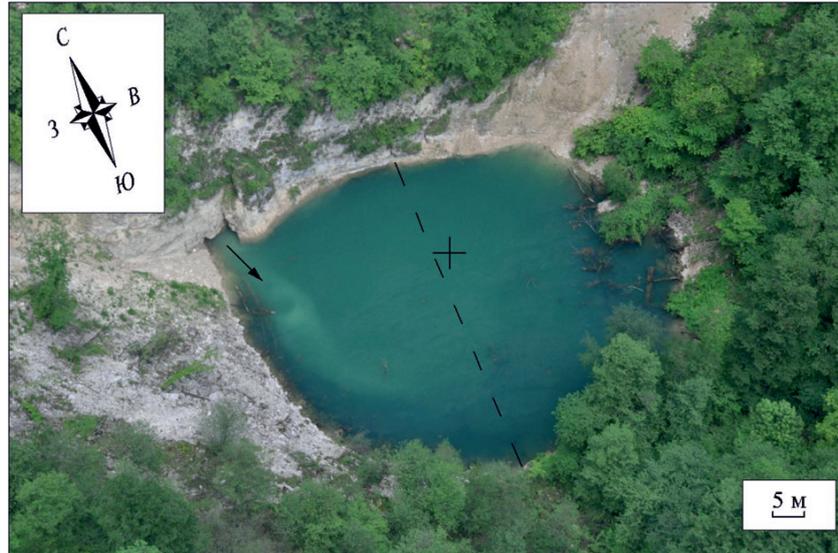


Рис. 3. Схема скрытого водообмена в остаточном водоеме на дне провала Кель-Кетчхен

→ – выход потока из подводного грота;
 + – предполагаемое местоположение понора;
 ---- линия профиля

О водном балансе водоема. Постоянство уровня воды, судя по сходству площади водоема в разных источниках, свидетельствует о равновесии в нем приходной и расходной частей водного баланса. Видимого притока и стока водоем не имеет. В связи с этим приходную часть можно было ограничить атмосферными осадками и инфильтрацией поглощающихся трещиноватыми породами вод небольшого родника, выбивающегося из восточной стены провала, а расходную – уравнивающим испарением. Однако признаков испарительного концентрирования воды не обнаружено. К тому же в водоеме представлена типичная и достаточно разнообразная пресноводная фауна.

Существование скрытого от глаз притока выявил снимок с вертолета, который зафиксировал водный поток из грота в северо-западном углу водоема. На фоне темной стоячей воды он просматривается как светлый шлейф вследствие различий показателей преломления световых лучей покоящейся и движущейся воды (рис. 3). Переменяющаяся смена теплой и холодной воды, которая ощущалась в ходе пересечения водоема при промере глубин, особенно ближе к центру водоема, подтверждала поступление холодного потока из грота в прогретую воду. Протянутый через водоем направляющий шнур, по которому проводился промер глубин, выгибался, указывая

на существование напора воды. Более того, чуть далее середины водоема нагруженную (два человека) резиновую лодку крутило и тянуло невидимым течением в сторону от шнура; каждый раз приходилось возвращать лодку к нему для промера глубины.

Все эти факты еще раз подтверждают проточность водоема и существование в нем скрытого притока, а равно – и понора (возможно, на месте кручения лодки), по которому вода уходит. Высказанное ранее утверждение о его разгрузке через дно [6], можно сказать, не лишено оснований. Эта вода, судя по всему, поступает из соседнего Секретного озера ($h = 902$ м) и стекает в ниже расположенное Нижнее Голубое озеро ($h = 809$ м), сбрасывающее ее, в свою очередь, в реку Черек.

Биота водоема. Водоем несет на себе выраженные признаки эвтрофикации, проявляющиеся в «цветении» прогретой и небольшой прозрачности воды, плавающих на поверхности нитчатых водорослей. Биота водоема включает, кроме рыб и макрофитов, практически все обычные компоненты пресноводных экосистем. В планктоне присутствовали коловратки (*Rotatoria*), веслоногие (*Copepoda*), ветвистоусые (*Cladocera*) и ракушковые (*Ostracoda*) рачки. Четвертый рачок – бокоплав (*Gammarus pulex*) отмечен среди бентонтов прибрежья. Здесь же, в донном субстрате из мелкозема с неболь-

шим заилением и разлагающейся листвой, обнаружены червь семейства трубочниковых (*Limnodrilus sp.*), малая ложноконская пиявка (*Herpobdella octoculata*), два вида моллюсков – аплекса (*Aplexa hipnorum*) и малый прудовик (*Lymnaea truncatula*), фрагменты личинок нескольких мелких насекомых, личинка стрекозы коромысло (*Aeschna cyanea*). Редкие имаго этого вида летали над водоемом. Повсеместно в поверхностной толще воды просматривался хищный водяной жук (*Hydaticus schelkoni-kovi*). Здесь же довольно часто встречался тритон Ланца (*Tritus vulgaris lantzi*).

В целом биота водоема состоит из обычных для данной местности видов со своеобразным их количественным сочетанием (возможно, в связи с отсутствием рыб). Так, необычно высокой была численность водяного жука (до 8 экз. в поле зрения), тритона (1–2 экз. в поле зрения), а также ракушкового рачка в планктоне (151,0 тыс. экз / м³). Представленность всех трофических уровней от детритофагов до хищников свидетельствует о функциональной полноценности и стабильности экосистемы водоема. Судя по обитателям, водоем характеризуется как мезосапробный.

К генезису водоема. О происхождении водоема на дне провала, очевидно, следует судить в контексте такового всего комплекса Голубых озер. Специфика карста данного региона, отраженная в эпитетах «кавказский» и «задернованный» и заключающаяся в скрытости подверженных карсту пород под мощным почвенным слоем, обусловила особый характер сформировавшегося здесь карстового ландшафта. Спускающаяся в долину реки Черек на протяжении всего нескольких километров цепь геоморфологических структур (Секретное озеро – Кель-Кетчхен – Нижнее Голубое озеро) – это результат подземного выщелачивания известняка и обрушения кровли над образовавшимися пустотами. Среди них современное практически безводное состояние Кель-Кетчхен можно объяснить вмешательством тектонических процессов, нарушивших нормальный ход развития гидрографии карста данной территории.

Взброс известнякового массива на месте Кель-Кетчхен (наиболее вероятная версия), сместивший его на наивысшую точку (996 м) в каскаде озер, привел к утрате им воды. Однако, судя по факту обнаружения подземной проточности водоема на дне Кель-Кетчхен, это не привело к его полному отрыву от единой системы карстового дре-

нажа озер. Отсюда можно заключить, что водоем на дне провала – это остаточное явление озерного этапа Кель-Кетчхен и поверхностное проявление, как и сопутствующие озера, единой подземной водоносной галереи.

Для развития карста в рассматриваемом районе среди сложившейся комбинации благоприятных факторов велика роль лесной растительности, способствующей переводу поверхностного стока в подземный сток, а равно пополнению подземных водоносных горизонтов. Обезлесение, как свидетельствуют исторические факты, приводит к высыханию водоносного горизонта и деградации карстового ландшафта. Поэтому в сохранении естественного облика и рекреационной привлекательности комплекса Голубых озер первостепенное значение имеет защита лесного покрова. С другой стороны, при намечавшемся форсировании рекреационного использования данного комплекса необходимо учитывать риски, связанные с особенностями карстового ландшафта. Хозяйственное освоение такого ландшафта чревато образованием провалов и проседаний грунта, что порождает дополнительные технические проблемы [7]. Скрытость, внезапность, катастрофичность последствий и трудности прогнозирования обуславливают особую опасность карстовых территорий [8, 9]. При этом едва ли не самую большую опасность представляет именно «покрытый» карст [10], характерный для данного региона и проявившийся в виде грандиозного провала Кель-Кетчхен и сопутствующих озер.

Выводы

1. Впервые проведенное эколого-географическое исследование днища карстового провала Кель-Кетчхен дало дополнительные аргументы в пользу его озерного прошлого.

2. Современный сложно пересеченный рельеф днища провала сформирован непрерывно идущими денудационными процессами и поступлением обломочного материала с его разрушающихся отвесных стен. В целом днище занято типичной неморальной растительностью, сливающейся с окружающим лесным ландшафтом.

3. Небольшой водоем на дне Кель-Кетчхен, представляющий собой полноценную экосистему, является остаточным явлением озерного этапа в его геологической истории. Обнаруженная в нем скрытая (подземная) проточность – объективное свидетельство гидрологической связи Кель-

Кетчхен с единой дренажной системой карстовых Голубых озер.

4. Провал Кель-Кетчхен и сопутствующие озера в своем генезисе непосредственно связаны с лесным ландшафтом, поэтому усилия по их сохранению как уникальных памятников природы и важных рекреационных объектов должны быть направлены, прежде всего, на охрану лесного покрова. Наметившееся вовлечение провала Кель-Кетчхен в сферу рекреационной деятельности и форсирование этой деятельности в традиционном туристическом комплексе «Голубые озера» Кабардино-Балкарии должны сопровождаться тщательным учетом уровня карстовой опасности.

Авторы выражают благодарность команде профессионалов-спасателей Эльбрусского отряда МЧС КБР, обеспечившей спуск научной группы на дно провала Кель-Кетчхен.

Список литературы / References

1. Кузнецов И.Г. Озеро Церик-Кель и другие формы карста в известняках Скалистого хребта на Северном Кавказе // Известия Русского географического общества. 1928. Т. 60. № 2. С. 277–288.
2. Kuznetsov I.G. Lake Tserik-Kel and Other Forms of Karst in the Limestone of the Rocky Range in the North Caucasus // *Izvestiya russkogo geograficheskogo obshchestva*. 1928. Vol. 60. № 2. P. 277–288 (in Russian).
3. Емузова Л.З., Хатухов А.М. Результаты комплексного исследования Кель-Кетчхен – карстового провала на Центральном Кавказе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20139> (дата обращения: 18.06.2020).
4. Emuzova L.Z., Khatukhov A.M. Results of a Comprehensive Study of Kel-Ketchkhen, a Karst Collapse in the Central Caucasus // *Modern problems of science and education*. 2015. № 3. [Electronic resource]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20139> (date of access: 18.06.2020) (in Russian).
5. Жучкова В.К., Раковская Э.М. Методы комплексных физико-географических исследований. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 368 с.
6. Zhuchkova V.K., Rakovskaya E.M. *Methods of Comprehensive Physical and Geographical Research*. M.: Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 2004. 368 p. (in Russian).
7. 4. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. М.: Наука, 1975. 240 с.
Methodology for Study of Biogeocenoses of Inland Waters / Edited by F.D. Mordukhay-Boltovskiy. M.: Nauka, 1975. 240 p. (in Russian).
8. Кулешова Н.А., Митрошенкова А.Е. Эколого-биологическая характеристика флоры карстовых форм рельефа пригородных лесов города Самары // Успехи современного естествознания. 2012. № 6. С. 208–209.
Kuleshova N.A., Mitroshenkova A.Ye. Ecological and biological characteristics of karst landforms flora of the suburban forests of the city of Samara // *Advances in current natural sciences*. 2012. № 6 P. 208–209 (in Russian).
9. Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю., Деменив А.Д. Результаты комплексной экспедиции по исследованию Голубого озера (Церик-Кель) // Пещеры: сборник научных трудов. Пермь, 2017. Вып. 40. С. 23–36.
Maksimovich N.G., Meshcheryakova O.Yu., Demenev A.D. Results of a Comprehensive Expedition to Study the Blue Lake (Tserik-Kel) // *Peshchery: sbornik nauchnykh trudov*. Perm', 2017. Vyp. 40. P. 23–36 (in Russian).
10. Щербаков С.В. Интегральная оценка карстоопасности районов развития карбонатно-сульфатного карста на примере Среднего Предуралья: дис. ... канд. геол.-минер. наук. Екатеринбург, 2013. 272 с.
Scherbakov S.V. Integral assessment of karst hazard of carbonate-sulfate karst development areas on the example of the Middle Cis-Ural region: dis. ... kand. geol.- miner. nauk. Ekaterinburg, 2013. 272 p. (in Russian).
11. Мельник В.В. Обоснование геомеханических факторов для диагностики опасности карстопоявлений при недрапользовании: дис. ... канд. тех. наук. Екатеринбург, 2010. 189 с.
Melnik V.V. Substantiation of geomechanical factors for diagnosing the danger of karst occurrences during subsoil use: dis. ... kand. tekhn. nauk. Ekaterinburg, 2010. 189 p. (in Russian).
12. Ковалева Т.Г. Основные проблемы карстологического прогноза на урбанизированных территориях // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16143> (дата обращения: 06.06.2020).
13. Kovaleva T.G. Main problems of the karstological forecast in urban areas // *Modern problems of science and education*. 2014. № 6. [Electronic resource]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16143> (date of access: 06.06.2020) (in Russian).
14. Аникийев А.В. Провалы и воронки оседания в карстовых районах: механизмы образования, прогноз и оценка риска. М.: РУДН, 2017. 328 с.
Anikeyev A.V. Holes and subsidence craters in karst areas: formation mechanisms, forecast and risk assessment. M.: RUDN, 2017. 328 p. (in Russian).