

ГЕОЭКОЛОГИЯ
(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 551.448
doi 10.54398/2077-6322_2022_1_117

Мониторинг карстовых провалов в районе озера Баскунчак

Илья Владимирович Головачев

Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия
bask_speleo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3460-1501>

Аннотация. В работе дается краткое описание некоторых карстовых провалов, найденных и обследованных в окрестностях озера Баскунчак в ходе научно-исследовательской экспедиции «Баскунчак–2022, осень», организованной членами секции спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества. Сульфатный карст в этом районе обусловлен выходом на дневную поверхность древних осадочных пород позднепалеозойского возраста, поднятых на дневную поверхность вследствие соляного тектогенеза и составляющих верхнюю часть кепрока соляно-купольного массива. Карстовый рельеф района нестабилен и характеризуется активностью. В ходе своей эволюции вертикальные карстовые провалы постепенно развиваются в выположенные провальные карстовые воронки, как правило, характеризующиеся округлой формой и симметричностью. На активность развития провалообразования оказывают влияние различные природные и антропогенные факторы. Прибаскунчакский карстовый район является перспективным для дальнейших карстологических исследований.

Ключевые слова: гипсовые кепроки, соляные купола, сульфатный карст, провалообразование, провальные воронки, карстовые провалы, суффозионно-карстовые провалы, карстовый рельеф, озеро Баскунчак

Для цитирования: Головачев И. В. Мониторинг карстовых провалов в районе озера Баскунчак // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 1(84). С. 117–124. https://doi.org/10.54398/2077-6322_2022_1_117.

GEOECOLOGY
(GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

Original article

Monitoring of karst failures in the region of Lake Baskunchak

Ilya V. Golovachev

Astrakhan State University, Russia
bask_speleo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3460-1501>

Annotation. The article gives a brief description of some karst sinkholes found and surveyed in the vicinity of Lake Baskunchak during the research expedition "Baskunchak–2022, autumn", organized by members of the speleology and karst section of the Astrakhan branch of the Russian Geographical Society. Sulfate karst in this area is due to the outcrop of ancient sedimentary rocks of the Late Paleozoic age, raised to the surface due to salt tectogenesis and constituting the upper part of the caprock of the salt-dome massif. The karst relief of the area is unstable and is characterized by activity. In the course of their evolution, vertical karst failures gradually develop into flattened karst sinkholes, usually characterized by a rounded shape and symmetry. Various natural and anthropogenic factors influence the development of sinkhole formation. The Baskunchak karst region is promising for further karstological research.

Keywords: gypsum keprok, salt domes, sulphatic karst, collapsed sinkholes, karst failures, suffusion-karst sinkholes, karst relief, Lake Baskunchak

For citation: Golovachev I. V. Monitoring of karst sinkholes in the area of Lake Baskunchak. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* = *Geology, Geography and Global Energy*. 2022;1(84):117–124. (In Russ.). https://doi.org/10.54398/2077-6322_2022_1_117.¹⁵

В период с 04 по 13 октября 2021 г. членами секции спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества была проведена в районе окрестностей озера Баскунчак, расположенного на территории Ахтубинского района Астраханской области научно-исследовательская спелеологическая экспедиция «Баскунчак–2021, осень». Целью экспедиции было проведение геодинамического мониторинга карстовых провалов на восточном и западном берегах озера Баскунчак. В задачи экспедиции входило обследование состояния имеющихся карстовых провалов, их морфологическая и морфометрическая характеристика, а также фото- и видеофиксация поверхностных и подземных форм карстового рельефа. Для решения поставленных задач использовались следующие методы исследования: натурное обследование объектов, математического сравнительного анализа, морфометрическая характеристика, морфологическая характеристика, фотофиксация.

Экспедиционные работы проходили на участках территории, прилегающей к солёному озеру Баскунчак. Восточный исследуемый участок расположен вдоль русла реки Горькая на землях государственного природного заповедника «Богдинско-Баскунчакский», а западный участок в окрестностях посёлка Нижний Баскунчак на территории регионального природного парка «Баскунчак». В пределах этих участков широко развиты карстовые процессы и встречаются разнообразные формы карстового рельефа: карстово-эрозионные балки, воронки, котловины, провалы, и пр. [3]. Среди различных карстовых форм рельефа наиболее опасной и, к счастью наименее распространённой, являются карстовые провалы. Опасность провалов состоит в том, что они происходят внезапно, их место и время образования очень сложно предсказать. Наблюдения за динамикой карстового рельефа ведутся членами секции спелеологии и карстоведения Астраханского отделения РГО с 1986 года [1–10].

Провальные воронки (или провалы) встречаются двух типов: суффозионно-провальные (или суффозионно-карстовые) и коррозионно-провальные (или коррозионно-гравитационные) [6]. В первом случае образование воронки происходит за счёт обрушения свода полости, образовавшейся в рыхлых отложениях, вследствие вымывания покровных отложений в нижележащие полости, расположенные внутри карстующихся пород. Во втором случае провал образуется за счёт обрушения свода карстовой полости в коренной породе.

Нами были обследованы несколько суффозионно-карстовых провалов, расположенных вдоль центральной части русла Горькой речки на восточном берегу озера Баскунчак. Провалы образовались в разное время и в настоящее время находятся на стадии своего медленного развития в ширину. Они имеют карстовую провокацию и гравитационный генезис. Все провалы заложены в рыхлых грунтовых отложениях хвалынского возраста и имеют вертикальные стенки, либо крутонаклонные стенки. Дно провалов, как правило, выположенное, а бровка горловины резкая. Старые провалы выположены и заросли травой.



Рис. 1. Провал т.н. 437
(фото И. В. Головачева)



Рис. 2. Провал т.н. 438
(фото И. В. Головачева)

Старый провал (т.н. 437: $N=48^{\circ}14'17,3''$, $E=046^{\circ}58'59,4''$) (рис. 1) находится на северном берегу речки Горькая. Форма: симметричный усечённый тупой конус. Диаметр горловины провала 6,0 м, глубина около 1,5 м. Диаметр дна 2,0 м. Карстующиеся породы не обнажаются.

Старый провал (т.н. 438: $N=48^{\circ}14'16,5''$, $E=046^{\circ}58'54,2''$) (рис. 2) находится на северном берегу речки Горькая. Форма: симметричный усечённый тупой конус. Диаметр горловины провала 7,0 м, глубина около 1,5 м. Диаметр дна до 2,5 м. Карстующиеся породы не обнажаются. Стенки сложены тонким алевролитом с наличием раковин *Dressena*.

Старый провал (т.н. 439: $N=48^{\circ}14'12,7''$, $E=046^{\circ}58'51,4''$) (рис. 3) находится на северном берегу речки Горькая на бровке русла. Форма: глубокая асимметричная чаша, вытянутая

широотно по длинной оси на 5,5 м, при ширине до 4,7 м. Глубина около 1,6 м. Карстующиеся породы не обнажаются. Дно и склоны обильно поросли травой, но бровка ещё резкая и обрывистая.

Свежий провал (т.н. 440: N=48°14'11,9", E=046°58'51,7") (рис. 4) находится в русле реки Горькая. Форма: цилиндр. Диаметр горловины провала 1,0 м, глубина около 1,0 м. В нижней части провала в стенках обнажаются карстующиеся субгоризонтально залегающие светлые среднезернистые гипсы. На дне просматривается подтопленный канал, уходящий на восток.



Рис. 3. Провал т.н. 439
(фото И. В. Головачева)



Рис. 4. Провал т.н. 440
(фото И. В. Головачева)

Свежий провал (т.н. 441 N=48°14'07,4", E=046°58'46,9") (рис. 5) находится в русле реки Горькая. Форма: бутылка. Диаметр горловины провала 1,1 м, глубина около 0,65 м (максимально до 1,15 м). В нижней части провала стенки расширяются, и диаметр дна достигает до 2,4 м. В центральной части дна располагается конус обрушенного грунта. Карстующиеся породы не обнажаются.

Старый провал (т.н. 442: N=48°14'02,7", E=046°58'47,5") (рис. 6) находится на южном берегу реки Горькая. Форма: слегка асимметричная чаша. Диаметр горловины провала 5,8 м, глубина около 1,50 м. Карстующиеся породы не обнажаются.

Старый провал (т.н. 444 N=48°14'16,0", E=046°58'35,9") (рис. 7) находится на южном берегу реки Горькая. Форма: симметричная чаша. Диаметр горловины провала 8,6 м, глубина около 2,6 м. Диаметр дна до 2,2 м. Карстующиеся породы не обнажаются.

Старый провал (т.н. 445 N=48°14'16,3", E=046°58'36,5") (рис. 8) находится на южном берегу реки Горькая. Форма: симметричная чаша. Диаметр горловины провала 4,6 м, глубина около 1,5 м. Диаметр дна до 1,6 м. Карстующиеся породы не обнажаются.



Рис. 5. Провал т.н. 441
(фото И. В. Головачева)



Рис. 6. Провал т.н. 442
(фото И. В. Головачева)



Рис. 7. Провал т.н. 444
(фото И. В. Головачева)



Рис. 8. Провал т.н. 445
(фото И. В. Головачева)



Рис. 9. Провал т.н. 446
(фото И. В. Головачева)



Рис. 10. Провал т.н. 447
(фото И. В. Головачева)

Старый провал (т.н. 446 $N=48^{\circ}14'11,3''$, $E=046^{\circ}58'40,6''$) (рис. 9) находится на южном берегу речки Горькая. Форма: симметричная чаша. Диаметр горловины провала 5,0 м, глубина около 1,65 м. Карстующиеся породы не обнажаются.

Свежий провал, возрастом не более 2–3 лет (т.н. 447: $N=48^{\circ}14'10,2''$, $E=046^{\circ}58'52,0''$) (рис. 10) находится на южном берегу речки Горькая. Форма: асимметричный конус. Горловина провала имеет грушевидную форму и вытянута субмеридионально (более узким концом на север). Провал развился вдоль вертикальной разрывной трещины в гипсовых карстующихся породах. Размер горловины провала 5,5 м, на 4,0 м. Глубина около 1,0 м. В нижней части провала на глубине 3,0 м от поверхности в стенках обнажаются карстующиеся субгоризонтально залегающие светлые среднезернистые гипсы. На дне просматривается окно понора диаметром около 1,0 м, сидящего на разрывной трещине (Азимут простирания: $320^{\circ}-140^{\circ}$). Ширина трещины 0,5–0,7 м. Нижняя часть трещины затоплена водой. Зеркало воды стоит на глубине 5,5 м от поверхности. Расстояние от горловины понора до водного зеркала 2,2 м. Глубина воды 2,8 м. Ниже уреза воды гипсы тёмные, сильно закарстованные (с обилием карров), имеют форму вертикальных перьев. В длину трещина просматривается до 3,0 м. Взята проба воды в объеме 1,5 л на химический анализ.



Рис. 11. Озеро Круглое т.н. 443
(фото И. В. Головачева)



Рис. 12. Озеро Круглое т.н. 443
(фото И. В. Головачева)

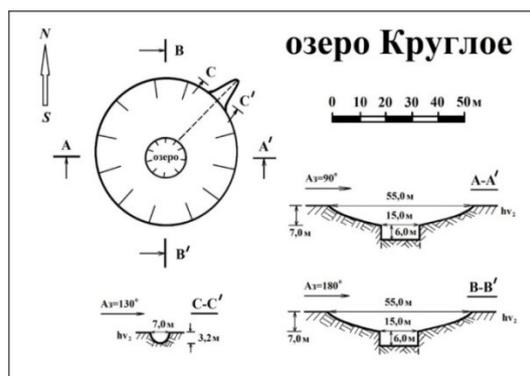


Рис. 13. План и сечения озера Круглое т.н. 443 (съемка И. В. Головачева, Д. С. Каткова, 2021 г.)

В ходе обследования провалов, расположенных вдоль русла речки Горькая, было обследовано карстовое озеро Круглое (т.н. 443 на западном краю воронки: $N=48^{\circ}14'16,7''$, $E=046^{\circ}58'31,6''$) (рис. 11–12).

Озеро располагается на северном берегу реки Горькая в старой округлой карстовой провальной воронке диаметром около 55,0 м, и глубиной до 13,0 м (рис. 13). Диаметр водного зеркала около 15,0 м. Глубина озера до 5,5–6,0 м. Средняя площадь водного зеркала около 177,0 м², а объем озера около 1062,0 м³. Взята проба воды в объеме 1,5 л на химический анализ. Берега озера обильно заросли камышом (тростник южный), вследствие чего озеро скрыто от глаз. На восточном берегу озера имеется эрозионный врез длиной до 10,5 м. В его устьевой части ширина достигает 7,0 м, а глубина 3,2 м. Описание и промеры озера Круглое сделаны впервые. Название также дано нами впервые для дальнейшего использования, т. к. собственного названия оно не имело.

На западном берегу озера Баскунчак был обследован свежий крупный суффозионно-карстовый провал (т.н. 448: $N=48^{\circ}14'04,6''$; $E=046^{\circ}49'31,1''$) образовавшийся весной 2021 года севернее пос. Нижний Баскунчак на территории природного парка «Баскунчак» (рис. 14–15) [9].



Рис. 14. Внешний вид провала (фото Д. С. Каткова)



Рис. 15. Внутренний вид провала (фото И. В. Головачева)

Провал был случайно обнаружен 19 апреля 2021 г. группой туристов. Горловина провала на момент обследования имеет слабо овальную форму, вытянутую

в меридиональном направлении. Её размер составил 2,4 м × 2,7 м., при максимальной глубине провала до 6,0 м (рис. 16).

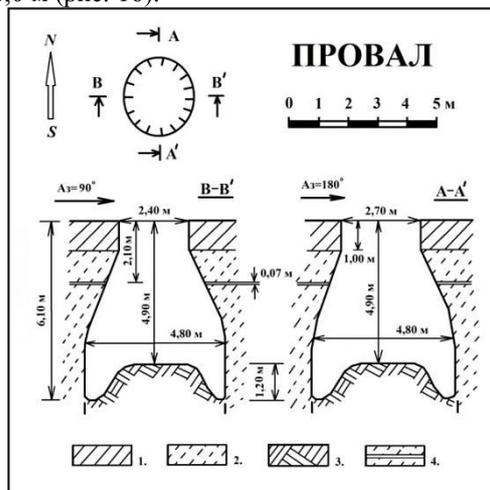


Рис. 16. План и разрез провала 2021 года т.н. 448 (Съёмка И. В. Головачева, Д. С. Каткова, октябрь 2021 г.) [9]
Условные обозначения: 1. Суглинок; 2. Супесь; 3. Обрушенный материал; 4. Прослойка белесых гипсовых мунистых образований.

Провал заложен в горизонтально залегающих рыхлых песчано-глинистых отложениях. В стенках провала сверху вниз обнажаются следующие слои:

1. тёмно-коричневые (тёмно-охристые) лёгкие и средние суглинки, однородные, без включений (мощность слоя – 1,0 м);
 2. серо-жёлтые супеси, рыхлые, тонкие, однородные (мощность слоя – 1,1 м);
 3. плотная прослойка белесых гипсовых мунистых образований (мощность слоя – 5,0–7,0 см);
 4. серо-жёлтые супеси, рыхлые, тонкие, однородные (мощность слоя – около 4,0 м);
- Ниже залегающие слои неразличимы.

Гипсовые породы в стенках и в дне провала не обнажаются. Провал имеет «бутылкообразную» форму (рис. 16). Стенки провала вертикальные, сходящиеся к горловине. Дно сухое. На дне под входной горловиной расположен конус гравитационных рыхлых отложений высотой 1,2 м. Суффозионные каналы также не обнаружены.

Провал произошёл внезапно и без предварительного проседания грунта. На момент обследования по периметру горловины провала трещины отседания не наблюдаются. Бровка провала резкая. Провал остался не засыпанным и в дальнейшем можно проводить наблюдения за его развитием. Однако требуется его обязательное ограждение от случайного падения в провал людей и животных. За полгода существования провала, т. е. с апреля по октябрь, никаких заметных изменения в его морфологии не произошло.

При обследовании поверхности степи, прилегающей к провалу, было установлено, что в непосредственной близости от провала расположены ещё два старых провала. Они в ходе своей эволюции уже развились в выположенные провальные воронки. Все три провальные формы лежат на одной линии в субмеридиональном направлении и развились в сторону карстово-эрозионной балки Улан-Благ. По всей видимости, на глубине, под этими провалами в основании толщи рыхлых покровных отложений происходит медленный переток подземных вод в направлении балки Улан-Благ, которая дренирует прилегающую территорию.

Обследованные в ходе экспедиционных работ естественные пещеры, расположенные на южном карстовом поле в урочище Шарбулак, находятся в удовлетворительном состоянии. Это обусловлено тем, что карстовое урочище Шарбулак расположено на заповедной территории и посещение пещер резко ограничено. Активность карстовых процессов на закарстованных территориях низкая. Поверхностный рельеф относительно стабилен. Скорее всего, это связано с малым количеством выпадающих осадков, с малоснежными зимами, соответственно с малым объёмом тало-дождевых вод в весенний период. Образующиеся новые карстовые провалы требуется срочно огораживать в целях предотвращения несчастных случаев (падения людей и животных). Необходимо продолжать многолетний геодинамический мониторинг за состоянием карстовых форм на территории, прилегающей к озеру Баскунчак.

Список источников

1. Головачев И. В. Особенности современной динамики карстового рельефа в районе озера Баскунчак // Многообразие современных геологических процессов и их инженерно-геологическая оценка: труды Междунар. науч. конф. Москва, геологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 29–30 января 2009 г. МГУ. М.: Издательство Московского университета, 2009. С. 111–112.
2. Головачев И. В. О факторах активизации карстового рельефа в районе озера Баскунчак // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2009. № 2 (33). С. 143–146.
3. Головачев И. В. Карст и пещеры Северного Прикаспия: монография. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2010. 215 с.
4. Головачев И. В. Характеристика карстового поверхностного рельефа в окрестностях озера Баскунчак // Теоретические проблемы современной геоморфологии. Теория и практика изучения геоморфологических систем: мат-лы XXXI Пленума. Геоморфологической Комиссии РАН (5–9 октября 2011 г.). Астрахань: типография «Техноград», 2011. Ч. I. С. 28–33.
5. Головачев И. В. Активизация карста под влиянием природных и антропогенных факторов в окрестностях озера Баскунчак // Радиационная и промышленная экология. Мат-лы Всерос. семинара с междунар. участием; Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. С. 300–303.
6. Головачев И. В. О карстовых провалах в окрестностях озера Баскунчак // Научная и эколого-просветительская деятельность на ООПТ: современное состояние и перспективы развития: мат-лы Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участием, посвящённой 20-летию государственного природного заповедника «Богдинско-Баскунчакский» (Ахтубинск, 19–21 апреля 2018 г.). М.: Планета, 2018. С. 63–70.
7. Головачев И. В. Карстовые провалы в Астраханской области // Астраханские краеведческие чтения: сб. статей / под ред. А. А. Курапова, Е. И. Герасимиди, А. Н. Алиевой. Астрахань: Издатель: Сорokin Роман Васильевич, 2018. Вып. X. С. 33–41.
8. Головачев И. В. Карстовые провалы в районе озера Баскунчак // Геология, география и глобальная энергия. 2018. № 3. Вып. 70. С. 115–127.
9. Головачев И. В. О новом карстовом провале в окрестностях посёлка Нижний Баскунчак // «Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы»: мат-лы IV Междунар. науч.-практич. конф. (26 ноября 2021 г.). Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2021. С. 122–126.
10. Golovachev I. V. Karst failures in the Northern Caspian // Bulletin of the WKU, № 4 (84) 2021. Pp. 178–189.

References

1. Golovachev I. V. Features of modern dynamics of karst relief in the area of Lake Baskunchak. *Mnogoobrazie sovremennykh geologicheskikh protsessov i ikh inzhenerno-geologicheskaya otsenka: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Moskva, geologicheskii fakultet Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta imeni M.V. Lomonosova, 29–30 yanvarya 2009 g. Moskovskiy gosudarstvennyy universitet = Diversity of modern geological processes and their engineering-geological assessment: proceedings of the International Scientific Conference. Moscow, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, January 29–30, 2009 Moscow State University. Moscow: Moscow University Press, 2009:111-112. (In Russ.)*
2. Golovachev I. V. On the factors of activation of karst relief in the area of Lake Baskunchak. *Geologiya, geografiya i globalnaya energetika = Geology, Geography and Global Energy. Astrakhan: Publishing House "Astrakhan University", 2009; 2(33):143–146. (In Russ.)*
3. Golovachev I. V. Karst and caves of the Northern Caspian: monograph. Astrakhan: Publishing house "Astrakhan University", 2010(215). (In Russ.)
4. Golovachev I. V. Characteristics of karst surface relief in the vicinity of Lake Baskunchak / Theoretical problems of modern geomorphology. Theory and practice of studying geomorphological systems: Proceedings of the XXXI Plenum (P. I). Geomorphological Commission of the Russian Academy of Sciences (October 5–9, 2011). Printed in the printing house "Technograd", Astrakhan, 2011:28-33. (In Russ.)
5. Golovachev I. V. Activation of karst under the influence of natural and anthropogenic factors in the vicinity of Lake Baskunchak. Radiation and industrial ecology. *Materialy Vserossiyskogo seminar s mezhdunarodnym uchastiem; Yuzhnyy federalnyy universitet = Materials of the All-Russian seminar with international participation; Southern Federal University. Rostov-on-Don: Southern Federal University Press, 2016:300–303. (In Russ.)*
6. Golovachev I. V. About karst sinkholes in the vicinity of Lake Baskunchak. *Nauchnaya i e'kologo-prosvetitel'skaya deyatel'nost' na osobo ohranyaemyx prirodnix territoriyax: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: materialy Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashhennoj 20-letiyu Bogdinsko-Baskunchakskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika (Axtubinsk, 19-21 aprelya 2018 g.) = Scientific and ecological and educational activities in protected areas: current state and prospects of development: materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 20th anniversary of the Bogdinsko-Baskunchaksky State Nature Reserve (Akhhtubinsk, April 19–21, 2018). Moscow: Planeta, 2018:63–70. (In Russ.)*
7. Golovachev I. V. Karst failures in the Astrakhan region. *Astraxanskije kraevedcheskie chteniya: sbornik statej = Astrakhan regional studies readings: collection of articles / ed. by A. A. Kurapov, E. I. Gerasimidi, A. N. Aliyeva. Astrakhan: Publisher: Sorokin Roman Vasilyevich, 2018; Iss. X:33–41. (In Russ.)*
8. Golovachev I. V. Karst failures in the area of Lake Baskunchak. *Geologiya, geografiya i global'naya e'nergetika = Geology, Geography and Global Energy. 2018;3(70):115–127. (In Russ.)*

9. Golovachev I. V. *About a new karst sinkhole in the vicinity of the village of Nizhny Baskunchak. Estestvenny'e nauki: aktual'ny'e problemy' i social'ny'e vy'zovy'": materialy' IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (26 noyabrya 2021 g.) = "Natural sciences: current issues and social challenges": materials of the IV International Scientific and Practical Conference (November 26, 2021).* Astrakhan: Publishing House "Astrakhan University", 2021:122-126. (In Russ.).

10. Golovachev I. V. Karst failures in the Northern Caspian. *Byulleten' ZKU = Bulletin of the WKU*, 2021;4(84):178–189. (In Russ.).

Информация об авторе

И. В. Головачев – кандидат географических наук, доцент.

Information about the author

I. V. Golovachev – Candidate of Sciences (Geography), Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 15.02.2022; одобрена после рецензирования 17.02.2022; принята к публикации 20.02.2022.

The article was submitted 15.02.2022; approved after reviewing 17.02.2022; accepted for publication 20.02.2022.