

**ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ,
ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ
(ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

КАРСТОВЫЕ ПРОВАЛЫ В РАЙОНЕ ОЗЕРА ИНДЕР

Головачев Илья Владимирович, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1; Астраханское отделение Русского географического общества, Российская Федерация, 414025, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: bask_speleo@mail.ru

Кузнецова Марина Александровна, магистр, Санкт-Петербургский государственный университет, Российская Федерация, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9, e-mail: kuz.m.1998@mail.ru

В работе даётся краткое описание нескольких карстовых провалов, найденных и обследованных на северном берегу озера Индер (Атырауская область, Казахстан) в ходе научно-исследовательских экспедиций, организованных 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. Современные карстовые процессы в окрестностях озера Индер протекают на протяжении около 40 тыс. лет, по окончании раннехвалынской трансгрессии Каспия. Карстовый рельеф района нестабилен и характеризуется активностью. На активность развития провалообразования оказывают влияние различные природные и антропогенные факторы. Индерский 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 Индер, Северный Прикаспий

KARST SINKHOLES IN LAKE INDER AREA

Golovachev Ilya V., Ph. D. in Geography, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, Astrakhan Branch of the Russian Geographical Society, 16 Tatishcheva St., Astrakhan, 414025, Russian Federation, e-mail: bask_speleo@mail.ru

Kuznetsova Marina A., master's degree, St. Petersburg State University, 7/9 Universitetskaya naberezhnaya, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, e-mail: kuz.m.1998@mail.ru

The article gives a brief description of several karst sinkholes discovered and investigated on the northern shore of Lake Inder (Atyrau region, Kazakhstan) during research expeditions organized by members of the speleology and karst section of the Astrakhan branch of Russian Geographical Society. Sulfate karst in this area is due to the outcropping of ancient sedimentary rocks of the Late Paleozoic age, raised to the day surface as a result of salt tectogenesis and composing the upper part of the cover of the salt dome massif. Modern karst processes in the area of Lake Inder continue for about 40 thousand years, after the end of the early Khvalynian transgression of the Caspian. The karst topography of the region is unstable and characterized by activity. The activity of fracturing development is influenced by various natural and anthropogenic factors. The Inder karst region is promising for further karstological research.

Keywords: gypsum keprok, salt domes, sulphatic karst, collapsed sinkholes, karst failures, sulfation-karst sinkholes, karst relief, Lake Inder, Northern Caspian Sea

Введение. Карстовые провалы являются наиболее опасной и к счастью наименее распространённой формой карстового рельефа. Опасность провалов состоит во внезапности их образования. Место и время образования очередного провала очень сложно предсказать, без детальных дорогостоящих широкомасштабных геологических исследований при помощи проведения бурения и геофизических исследований. Предметом исследования в данной работе являются карстовые провалы, встреченные в окрестностях озера Индер в ходе экспедиционных исследований. В задачи данного исследования входит морфологическая и морфометрическая характеристика обнаруженных карстовых провалов, а также установление причин их образования.

Провальные воронки в окрестностях оз. Индер упоминаются в трудах многих исследователей [1; 2; 17–20].

Однако все описания «падей», «провалов», «провальных ям» и «провальных воронок» были сделаны бегло, вскользь, без должных описаний форм и размеров, при общей характеристике рельефа данного района. Часто под этими терминами понимаются любые карстовые воронки, без учёта их происхождения.

Изучением карста и пещер на территории Индерского карстового района с 2011 г. и по настоящее время занимается секция спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества. В том числе, много внимания во время научно-исследовательских экспедиций уделяется мониторингу за динамикой карстового рельефа, а также выявлению и обследованию новых образующихся провалов.

Общие сведения о районе работ. Солёное оз. Индер располагается в Республике Казахстан на землях Индерборского района Атырауской области. Северный и северо-восточный берега озера подвержены сульфатному карсту. Карстовые процессы и явления развиты в окрестностях оз. Индер благодаря выходу на поверхность древних карстующихся пород, которые подняты из глубин Прикаспийской низменности вследствие соляного тектогенеза. Эти породы составляют верхнюю часть кепрока Индерского соляно-купольного массива. Отложения кепрока представлены толщей элювиального гипса (eP₂-Q) мощностью гипсовых отложений до 60 м [12; 13]. Карст Индерского карстового района относится к Индерско-Эмбенскому карстовому округу Западно-Прикаспийской карстовой провинции Нижневолжско-Уральской карстовой области Восточно-Европейской карстовой страны [2].

Материалы и методы исследования. В процессе подготовки статьи авторами использовались имеющиеся литературные источники, а также собственные многолетние полевые материалы, собранные в ходе научно-исследовательских экспедиций Астраханского отделения РГО в период с 2011 по 2020 г. [3–11; 14]. Для описания карстовых провалов использовались материалы полевых маршрутных спелеологических, карстологических, геоморфологических и геологических исследований. Морфометрические показатели провалов обсчитывались на основании проведённых топографических съёмок и замеров. Также проводилась фотографическая съёмка исследуемых объектов на цифровой фотоаппарат «Olympus».

Результаты исследований. В ходе полевых работ было встречено всего несколько свежих карстовых провалов, образовавшихся в недавнем прошлом и развивающихся в настоящее время. Например, провал (N=48°31'43,7"; E=051°51'24,5"), обнаруженный нами во время экспедиции в мае 2011 г. (рис. 1).

Можно предположить, что образование данного провала было вызвано вибрацией грунта, во время движения крупной тяжёлой карьерной техники, так как провал образовался на обочине крупной автодороги [3].



Рис. 1. Карстовый провал
(фото И. В. Головачева)

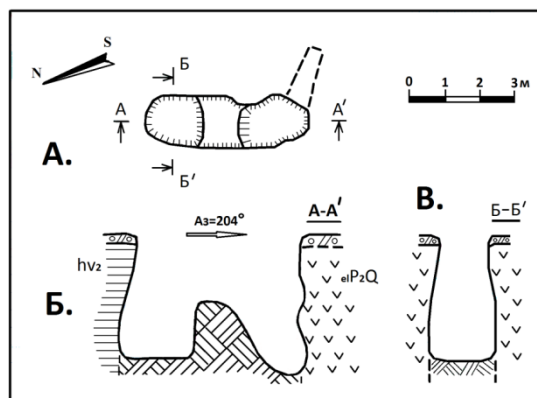


Рис. 2. План и разрез провала
(съёмка: И. В. Головачев, 2011 г.)

На момент обследования (май 2011 г.) горловина провала имела длину 4,6 м, ширину до 1,5 м, а глубина провала достигала 4 м. Однако, в октябре 2019 г. (т. е. через 8,5 лет!) его длина составила 5,1 м, ширина 1,6 м, а глубина максимально до 2,6 м (рис. 2). Таким образом, можно сделать вывод, что провал увеличивается в длину за счёт обрушения рыхлого материала северной стенки провала, обращённой в сторону грейдера. Ширина провала остаётся почти не изменой, т. к. ограничена гипсовыми стенками, а вот глубина уменьшилась почти вдвое. Уменьшение глубины вызвано как поступлением и накоплением делювиального и гравитационного материала, так и попыткой работников карьера засыпать провал при расчистке грейдера. В обеих стенках провала обнажаются чёрные, битуминозные, мелко и среднезернистые гипсы со следами карста. Гипсовые породы залегают субгоризонтально, с небольшим 10–20° падением к западу. Гипсы перекрыты с поверхности 0,3 м чехлом галечниково-валунного материала в гравийно-крупнопесчанной массе грязно-коричневого цвета. Литологически окатанный материал представлен серым известняком, красноцветным мелкозернистым песчаником, мелким гравием кремнево-кварцевого состава, и пр. Под юго-восточную стенку провала по $Az=126^\circ$ уходит нисходящий карстовый субгоризонтальный трубообразный понор – канал длиной 1,5 м и диаметром около 0,6 м. Дно провала перекрыто делювиальными и гравитационными отложениями вперемешку с рыхлым материалом заполнителем – светло-жёлто-коричневой супесью однородной по цвету и составу, морского генезиса. Судя по внешнему виду провала и характеру отложений, здесь происходит процесс вскрытия (реставрации) древнего погребённого карста [3].

В мае 2017 г. был обнаружен относительно свежий суффозионно-карстовый провал ($N=48^\circ30'48,8''$; $E=051^\circ57'21,2''$). Судя по его внешнему виду, можно предположить, что он образовался около 2–3 лет назад (рис. 3).

Провал бутылкообразной внутренней формы, то есть к поверхности он заужается. Горловина провала слегка овальная, её длина 3,6 м, а ширина 3,3 м. В глубину провал достигает 8,0 м (рис. 4).



Рис. 3. Свежий провал
 (фото М. А. Кузнецовой)

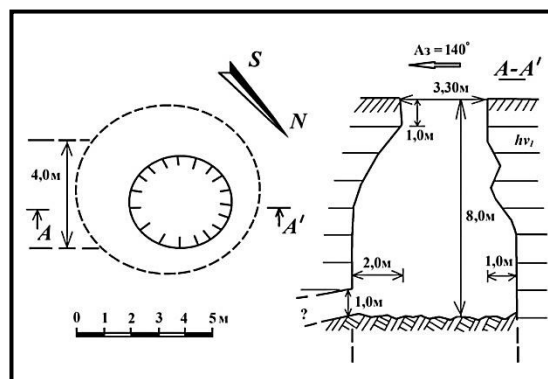


Рис. 4. План и разрез провала
 (съёмка: И. В. Головачев, 2017 г.)

Бровка горловины провала резкая. По периметру вокруг неё видны трещины отседания. Это говорит о постепенном дальнейшем расширении горловины. В стенках провала обнажаются горизонтально залегающие хвалынские отложения представленные алевритом и тонким песком в верхней части и жёлтыми суглинками в нижней части разреза. Карстующиеся породы в стенках провала не обнажаются. Под основание юго-восточной стены уходит широкий (до 4,0 м), но низкий канал.

Этот провал расположен в непосредственной близости от грунтовой автодороги на северном берегу озера Индер. Его образование, скорее всего, также спровоцировано вибрацией грунтов от проезжающего тяжёлого карьерного автотранспорта.

Рыхлый грунт на контакте с нижележащими дислоцированными гипсами, подверженными карстованию, постепенно выносился подземными водами в карстующиеся породы. Вследствие этого формировалась подземная полость. В дальнейшем при обрушении свода образовался суффозионно-карстовый провал.

Три подобных небольших суффозионно-карстовых провала в мае 2015 г. были обнаружены нами на подошве восточного склона бугра Суатбайтау. Провалы образовались вдоль грунтовой автодороги. Они похожи между собой. Их диаметр около 1,0 м, а глубины от 0,8 до 1,0 м. В одном из них на дне провала вскрывается небольшой суффозионный горизонтальный канал, идущий в сторону гипсового бугра Суатбайтау. В стенках провалов гипсовые породы не обнажаются, но явно залегают ниже под рыхлыми хвалынскими отложениями. Образование этих небольших провалов идентично описанному выше суффозионно-карстовому провалу.

Однако встречаются не только свежие, но и старые выполаживающиеся провалы. Подобный старый провал (N=48°35'16,9"; E=052°01'20,7") был встречен нами в мае 2016 г. (рис. 5).

Провал имел овальную форму, вытянутую в субмеридиональном направлении по Az=330°. Длина горловины провала около 30 м, а ширина около 25 м. Глубина провала достигала 15 м. Провал образовался в сводовой части перемятой антиклинальной куполообразной складки. Обрушение породы, предположительно, было вызвано образованием вблизи дневной поверхности крупной подземной полости, сформировавшейся в деформированных гипсах, за счёт вымывания соляного ядра вследствие развития процессов гипогенного карста. На возможность такого способа формирования указывает в своей работе З.В. Яцкевич [20]. Гипсы, в которых заложен провал, серые, грязно-серые, средне- и крупнозернистые, среднеслоистые. Слои различной толщины от 0,2–0,3 до 0,5–1,0 м. Дно провала чашеобразное, каменисто-глыбовое. Провал ещё не остановился в своём развитии. На поверхности окружающей степи вдоль западной бровки горловины провала наблюдаются две свежих трещины бортового отпора. В скором времени провал закончит свою эволюцию, перейдя в чашеобразную карстовую воронку провального генезиса.



Рис. 5. Старый выположенный карстовый провал (фото И. В. Головачева)

Выводы. По результатам проведённого исследования можно сделать ряд выводов. Провалы являются не самой характерной формой поверхностного карстового рельефа и встречаются довольно редко на территории окрестностей оз. Индер. В Индерском карстовом районе провалы встречаются двух основных типов: суффозионно-провальные (или суффозионно-карстовые) и коррозионно-провальные (или коррозионно-гравитационные). В первом случае образование воронки происходит за счёт обрушения свода полости, образовавшейся в рыхлых отложениях, вследствие вымывания покровных отложений в нижележащие полости (в т. ч. различные по размеру каверны, каналы, закарстованные трещины и пр.), расположенные на поверхности карстующихся пород, либо за счёт освобождения от рыхлого заполнителя погребённых карстовых форм. Во втором случае провал образуется за счёт обрушения свода карстовой полости в коренной породе, сформировавшейся, как правило, в результате гипогенного карста. Аналогичные провалы характерны для карста возвышенности Биш-чохо (Бесшоқы) в Курмангазинском районе Атырауской области Республики Казахстан. Провалы первого типа, т.е. суффозионные провалы с карстовой провокацией довольно редко встречаются в окрестностях озёра Индер, по сравнению с Прибаскунчакским карстовым районом, расположенным в Астраханской области.

Карстовые процессы представляют определённую опасность при освоении закарстованных территорий, вследствие образования всевозможных провалов и просадок на земной поверхности и обвалов под землёй. В связи с чем, хозяйственное и туристско-рекреационное освоение таких территорий в дальнейшем без учёта воздействия карста недопустимо.

Необходимо дальнейшее планомерное, полномасштабное обследование карстовых форм и явлений, а также проведение многолетнего геодинамического мониторинга на территории Индерского карстового района.

Список литературы

1. Алещенко Г.Р. Гипсовый карст на примере соляного купола Северного Прикаспия. // Труды Казахстанского НИИ минерального сырья. Выпуск 6. - Алма-Ата, 1961. – С. 134-146.
2. Гвоздецкий Н.А. Карст. М.: Мысль, 1981. – 214 с. – (Природа мира).
3. Головачев И.В. Карст и пещеры Северного Прикаспия [Текст]: монография / И.В. Головачёв. - Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2010. – 215 с.
4. Головачев И.В. Развитие древнего карста на территории Прикаспийской низменности / И. В. Головачев // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2012. - № 1 (44). – С. 155-159.

5. Головачев И.В. Карст окрестностей озера Индер / И.В. Головачев // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2012. – № 2 (45). – С. 7-16.
6. Головачев И.В. Сульфатный карст и его особенности / И.В. Головачев, И.В. Быстрова // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2012. – № 4 (47). – С.193-202.
7. Головачев И.В. Типизация особенностей сульфатного карста солянокупольных структур Северного Прикаспия / И.В. Головачев, Е.И. Головачева // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2013. – № 1 (48) – С. 207-212.
8. Головачев И.В. Характеристика карстового поверхностного рельефа в окрестностях озера Индер / И.В. Головачев // Геоморфология и картография: материалы XXXIII Пленума Геоморфологической комиссии РАН. – Саратов: Изд-во Саратов. Ун-та, 2013. – С. 161-166.
9. Головачев И.В. Карстовый рельеф окрестностей озера Индер / И.В. Головачев В.П. Петрищев, К.М. Ахмеденов, А.Т. Сейткиреева // Опустынивание Центральной Азии: оценка, прогноз, управление. Материалы 1-ой Международной научно-практической конференции - Астана, 2014.- С.178-184.
10. Головачев И.В. Карст и пещеры окрестностей озера Индер / И.В. Головачев // Индер – перспективный геопарк Приуралья: монография / Под ред. К.М. Ахмеденова. – Уральск: Изд-во Зап. Казахст. аграр.-техн. ун.-т им. Жангир хана, 2018. – С. 49-78.
11. Головачев И.В. Особенности сульфатного карста Северного Прикаспия / И.В. Головачев // Современные проблемы географии: межвузовский сборник научных трудов / сост.: В. В. Занозин, М. М. Июлин, А. Н. Бармин, А. З. Карабаева, М. В. Валов. – Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2019. – Вып. 3. – С. 26-36.
12. Горбунова К.А. Карст гипса СССР. - Пермь: изд-во ПГУ, 1977. – 84 с.
13. Горбунова К.А. Морфология и гидрогеология гипсового карста. - Пермь: изд-во ПГУ, 1979. - 95 с.
14. Индерский солянокупольный ландшафт – заповедная жемчужина Западного Казахстана: монография / К.М. Ахмеденов В.П. Петрищев, И.В. Головачев, А.Г. Бакиев, Р.А. Горелов, О.Г. Калмыкова, Н.С. Майканов / под ред. Ахмеденова К.М., - Уральск: Зап.-Казахст. агр.- техн. ун-т им. Жангир хана, 2017. – 142 с.
15. Коробов С.С., Поленов И.К. Карст одного солянокупольного поднятия Прикаспийской впадины. // Гидрогеология соляных месторождений и минеральные воды. - Л.: Недра, 1964. – С. 84-97.
16. Косыгин Ю.А. Соляная и гипсовая тектоника Актюбинской области. // Изв. АН СССР, сер. геол., Вып. 1, - М.: АН СССР, 1940.
17. Нурмамбетов Э.И. О связи подземных вод Индерского солянокупольного поднятия с водами реки Урал. // Известия АН Казахской ССР, серия геологическая, №3. - Алма-Ата, 1964. – С. 93-97.
18. Нурмамбетов Э.И. О закарстованности гипсовой шляпы одного из соляных куполов. // Вестник АН Казахской ССР, Выпуск 10. - Алма-Ата, 1965. - С. 50-55.
19. Сотников А.В., Архидьяконских Ю.В. О карстовых водах соляных куполов Прикаспийской впадины. // Гидрогеология и карстоведение. Выпуск 5, - Пермь: изд-во ПГУ, 1974. – С. 150-153.
20. Яцкевич З.В. Материалы к изучению карста Индерского поднятия. // Известия Всесоюзного географического общества. Т. 69, выпуск 6, 1937. - С. 937-955.

References

1. Aleshchenko G.R. Gypsum karst on the example of the Salt Dome of the Northern Caspian Region. // Proceedings of the Kazakhstan Research Institute of Mineral Raw Materials. Issue 6. - Alma-Ata, 1961. - P. 134-146.
2. Gvozdetzky N.A. Karst. Moscow: Mysl, 1981. – 214 p. - (The nature of the world).
3. Golovachev I.V. Karst and caves of the Northern Caspian region [Text]: monograph / I.V. Golovachev. - Astrakhan: Astrakhan University Publishing House, 2010. - 215 p.
4. Golovachev I.V. The development of ancient karst in the Caspian lowland / IV Golovachev // Geology, geography and global energy. - Astrakhan: Publishing House "Astrakhan University", 2012. - № 1 (44). - P. 155-159.

5. Golovachev I.V. Karst in the vicinity of Lake Inder / I.V. Golovachev // *Geology, Geography and Global Energy*. - Astrakhan: Publishing house "Astrakhan University", 2012. - № 2 (45). - P. 7-16.
6. Golovachev I.V. Sulfate karst and its features / I.V. Golovachev, I. V. Bystrova // *Geology, Geography and Global Energy*. - Astrakhan: Publishing House "Astrakhan University", 2012. - № 4 (47). - P.193-202.
7. Golovachev I.V. Typification of the features of sulfate karst in salt-domed structures of the Northern Caspian region / I.V. Golovachev, E.I. Golovacheva // *Geology, Geography and Global Energy*. - Astrakhan: Publishing House "Astrakhan University", 2013. - № 1 (48) - P. 207-212.
8. Golovachev I.V. Characteristics of the karst surface relief in the vicinity of Lake Inder / I.V. Golovachev // *Geomorphology and Cartography: Materials of the XXXIII Plenum of the Geomorphological Commission of the Russian Academy of Sciences*. - Saratov: Publishing house Sarat. University, 2013. – P. 161-166.
9. Golovachev I.V. Karst relief of the environs of Lake Inder / I.V. Golovachev, V.P. Petrishchev, K.M. Akhmedenov, A.T. Seitkireyeva // *Desertification of Central Asia: assessment, forecast, management. Materials of the 1st International Scientific and Practical Conference* - Astana, 2014. - P.178-184.
10. Golovachev I.V. Karst and caves in the vicinity of Lake Inder / I.V. Golovachev // *Inder - a promising geopark of the Urals: monograph* / Ed. K.M. Akhmedenova. - Uralsk: Publishing house W. Kazakhst. agrarian-technical un.-t Zhangir Khan, 2018. – P. 49-78.
11. Golovachev I.V. Features of sulfate karst of the Northern Caspian region / I.V. Golovachev // *Modern problems of geography: interuniversity collection of scientific papers / comp.: V.V. Zanozin, M.M. Iolin, A.N. Barmin, A.Z. Karabaeva, M.V. Valov*. - Astrakhan: Astrakhan State University, Astrakhan University Publishing House, 2019. - Issue. 3. - P. 26-36.
12. Gorbunova K.A. Gypsum karst of the USSR. - Perm: PSU publishing house, 1977. – 84 p.
13. Gorbunova K.A. Morphology and hydrogeology of gypsum karst. - Perm: PSU publishing house, 1979. – 95 p.
14. Inder salt-dome landscape - a reserved pearl of Western Kazakhstan: monograph / K.M. Akhmedenov, V.P. Petrishchev, I. V. Golovachev, A.G. Bakiyev, R.A. Gorelov, O. G. Kalmykova, N.S. Maikanov / ed. Akhmedenova K.M., - Uralsk: West-Kazakhst. agr. - tech. un-t them. Zhangir Khan, 2017. – 142 p.
15. Korobov S.S., Polenov I.K. Karst of one salt-domed uplift of the Caspian basin. // *Hydrogeology of salt deposits and mineral waters*. - L.: Nedra, 1964. – P. 84-97.
16. Kosygin Yu.A. Salt and gypsum tectonics of the Aktobe region. // *Izv. USSR Academy of Sciences, ser. geol.*, № 1, - M.: AN SSSR, 1940.
17. Nurmambetov E.I. On the connection of underground waters of the Indersky salt-dome rise with the waters of the Ural River. // *Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, geological series*, № 3. - Alma-Ata, 1964. – P. 93-97.
18. Nurmambetov E.I. About karsting of the plaster hat of one of the salt domes. // *Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR*, Issue 10. - Alma-Ata, 1965. - P. 50-55.
19. Sotnikov A.V., Arhidyakonskikh Yu.V. About the karst waters of the salt domes of the Caspian basin. // *Hydrogeology and Karst Science*. Issue 5, - Perm: PSU publishing house, 1974. - P. 150-153.
20. Yatskevich Z. V. Materials for the study of the karst of the Inder uplift. // *News of the All-Union Geographical Society*. T. 69, issue 6, 1937. – P. 937-955.