

5. Лисовский А.А., Новик В.А., Тимченко З.В., Мустафаева З.Р. Поверхностные водные объекты Крыма (справочник) / Под ред. А.А. Лисовского. Симферополь: Рескомводхоз АРК, 2004. 114 с.

6. Олиферов А.Н., Тимченко З.В. Реки и озера Крыма. Симферополь: Доля, 2005. 216 с.

7. Тимченко З.В. Реки Симферополя // Устойчивый Крым. Симферополь – южная столица. Киев-Симферополь: Сонат, 2001. С. 264-275.

УДК: 551.435.8

## КАРСТОВЫЕ ПРОВАЛЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

**Головачев И.В.**

*Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Россия*

*Русское географическое общество, Астраханское отделение; bask\_speleo@mail.ru*

**Аннотация:** На территории Западного Казахстана расположенного в восточной части Прикаспийской низменности имеются небольшие по площади разрозненные карстовые районы. Они связаны с выходом на дневную поверхность древних позднепалеозойских пород, представленных, как правило, сильно дислоцированными нижнепермскими гипсами в ядрах соляных куполов. В статье на основе анализа работ различных исследователей и собственных полевых данных, автор даёт краткий обзор карстовых провалов имеющих в границах этих карстовых районов.

**Ключевые слова:** карстовый ландшафт, карстовый рельеф, карстовый провал, сульфатный карст, Западный Казахстан.

## KARST SINKHOLES IN WESTERN KAZAKHSTAN

**Golovachev I.V.**

*Astrakhan State University, Astrakhan city, Russia*

*Russian Geographical Society, Astrakhan Branch; bask\_speleo@mail.ru*

**Annotation:** There are small disparate karst areas on the territory of Western Kazakhstan located in the eastern part of the Caspian lowland. They occurs due to emergence on the surface of the ancient Late Paleozoic rocks represented as a rule by strongly deployed Lower Perm gypsums in the nuclei of salt domes. In the article based on an analysis of the work of various researchers and their own field data the author gives a brief overview of the karst dips within the boundaries of these karst regions.

**Keywords:** karst landscape, karst relief, karst sinkholes, sulfate karst, Western Kazakhstan.

На территории Западного Казахстана в границах Прикаспийской низменности имеется несколько солянокупольных поднятий, на которых разви-

ты карстовые формы рельефа. Сульфатный карст там протекает в дислоцированных нижнепермских гипсах, слагающих кепроки. К таким карстовым районам относятся территории, прилегающие к озёрам Индер и Челкар, а также солянокупольные поднятия: горы Чапчачи и Малое Богдо (Джамантау), бугор Худайберген, и возвышенность Бешоки (Биш-чохо).

Провальные воронки, в границах этих районов, начиная с XVIII века, часто упоминаются в трудах многих исследователей. 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.

Среди различных карстовых форм рельефа наиболее опасной и, к счастью наименее распространённой, являются карстовые провалы.

Провальные воронки (или провалы) на территории Западного Казахстана 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, расположенные внутри карстующихся пород. Во втором случае провал образуется за счёт обрушения свода полости в коренной карстующейся гипсовой породе.

С 1997 г. и по настоящее время изучением карста и пещер на территории Западного Казахстана занимается секция спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества [2], по результатам исследований которой можно сделать вывод, что карстовые провалы наиболее характерны только для двух карстовых районов: возвышенности Бешоки (Биш-чохо) и окрестностей озера Индер. В остальных карстовых районах имеются единичные провалы на поднятии Худайберген и горе Малое Богдо (Джамантау), или они вообще отсутствуют как в окрестностях озера Шалкар (Челкар) и на горе Чапчачи.

Возвышенность Бешоки (кирг.: «пять бугров») расположена в Атырауской области Республики Казахстан и находится в западной части Рынопесков на территории Прикаспийской низменности.

Провальные воронки на Бешоки наблюдал во время своего посещения в 1793 году естествоиспытатель и путешественник Петер Симон Паллас [2]. В 1854 году возвышенность Бешоки обследовал известный российский геолог Иван Богданович Ауэрбах по заданию Императорского Русского географического общества [1]. Он упоминает в своей работе «гипсовые провалы, которые здесь встречаются ещё в большем количестве, ежели на Большом Богдо...» [1, с. 67].

На возвышенности Бешоки за счёт небольшой мощности рыхлых древнекаспийских отложений встречены провалы только второго типа. В некоторых случаях к таким провалам приурочены пещеры, представляющие собой мешкообразные полости.

Наиболее интересным является крупный карстовый провал, расположенный в южной части возвышенности Бешоки. Он относится к коррозионно-гравитационному типу.

В 1934 году этот провал посетил саратовский зоолог Ю.М. Ралль. В своей статье посвящённой возвышенности Бешоки (Биш-чохо) он указывает, что её достопримечательностью являются «карсты, по-казахски «унгуры» - обвалившиеся и осевшие пустоты, промытые подземными водами в гипсовых пластах иногда на значительной глубине...» [5, с. 58].

От местных жителей он узнал о крупном провале с водой, расположенном на границе возвышенности с песками, и в течение нескольких дней проводил его обследование. Со слов местных жителей, провал образовался в 1924 – 1925 годах, и что «вода едва виднелась в его глубине, но затем соседний бархан был почти целиком пересыпан сюда ветрами и уровень воды повысился...» [5, с. 59]. Также исследователь указывает, что «вода, употреблявшаяся нами, не взирая на плавающие трупы сычей и ящериц, не имела дурного вкуса, но была чрезвычайно жестка...» [5, с. 59], то есть была пригодна для питья!

С этим карстовым провалом астраханским спелеологам впервые удалось познакомиться в 1987 году. Более подробно он был обследован в 1997-1999 г.г., 2009 и 2019 годах [2, 4]. В ходе этих экспедиционных работ проводились наблюдения за изменениями морфометрии и морфологии провала, а также проводились отборы проб воды на химический анализ.

В результате изучения данного провала была выявлена динамика изменения размеров провального колодца. В 1934 году размер горловины провала 4,90 м × 6,50 м, через 65 лет в 1999 году горловина стала округлой и имела диаметр около 8,0 м! В 2009 году диаметр составил 10,0 м. А в 2019 году размер горловины провала уже достиг 10,0 м × 11,0 м (т.е. вытянулся в широтном направлении). Таким образом, горловина расширилась почти в два раза за 85 лет!

Интересным также является тот факт, что за такой продолжительный период стенки провала не выположились, а так и остались вертикальными.

Расширение претерпела и внутренняя часть провала. В 1934 году она мало отличалась от входной горловины своими размерами и составляла, по видимому, максимально 5,0 м × 6,7 м. Через 65 лет в 1999 году диаметр составил около 11,0 м. А в 2009 году – 12,5 м.

Глубина расположения зеркала воды в провале от поверхности на момент образования его в 1924-25 г.г. неизвестна, но, по словам очевидцев,

«вода едва виднелась в его глубине, но затем соседний бархан был почти целиком пересыпан сюда ветрами и уровень воды повысился» [5, с. 59]. В 1934 году глубина залегания водного зеркала от поверхности составила 6,85 м. При этом вода занимала всё дно провала! Однако уже к концу 90-х годов прошлого века уровень воды располагался на глубине 9,0 м от поверхности, и вода занимала почти половину площади дна провала. Всего через 10 лет в 2009 году на водную поверхность приходилось уже всего одна треть площади дна. Но глубина залегания уреза воды от поверхности осталась прежней. К весне 2019 года эти параметры сохранились. За период с 1934 по 2019 годы уровень воды в провале понизился на 2,15 м.

Наибольшая глубина воды в провале весной 1934 года составляла 5,50 м. В 1997–99 гг. максимальная глубина воды уже была около 2,5 м. А к 2009 году озеро на дне колодца обмелело до 1,5 м. Весной 2019 года глубина воды максимально составила 1,0 м. То есть за 85 лет глубина воды уменьшилась более чем в 5 раз! Это, скорее всего, объясняется тампонированием нижележащих водоподводящих каналов и трещин поступившим в провал рыхлым песчано-глинистым материалом, погребение провала обрушивающимся обломочным гипсовым материалом и заиливанием отложений на дне озера.

Таким образом, можно смело констатировать, что за прошедшие 85 лет (с 1934 по 2019 гг.) произошло расширение входной горловины и внутренней части колодца почти в 2 раза за счёт обрушения вмещающих гипсовых пород. Озеро на дне провала в настоящее время имеет весьма слабую (а возможно уже не имеет) связь с карстовыми водами возвышенности. Вода в провале сильно засолилась и стала не пригодна для питья, вследствие постоянного испарения в условиях аридности климата, а соответственно накопления солей.

На основании проведённого исследования и анализа, имеющихся в распоряжении данных можно предположить дальнейшую эволюцию данного провала. Озеро на дне провала постепенно перекроет толща гравитационных и эоловых отложений. Провал продолжит своё расширение за счёт обрушения вмещающих гипсовых пород. Но как мы убедились, это процесс длительный и ближайшие 80-100 лет он ещё будет выглядеть провалом, пока не эволюционирует в крупную карстовую воронку провального генезиса.

В окрестностях озера Индер карстовые формы рельефа широко развиты на территории, расположенной севернее и северо-восточнее озёрной чаши. Эта территория представляет собой приподнятое плато Индерского поднятия, сложенное карстующимися гипсовыми породами. Поверхность плато активно закарстована. Плотность поверхностных карстовых форм достигает 200-300 шт./км<sup>2</sup>. Основным составляющим элементом карстового ландшафта на плато являются карстовые воронки, среди которых иногда встречаются старые воронки провального генезиса и значительно реже свежие карстовые

провалы. Один из обследованных астраханскими спелеологами провалов располагается на обочине старой асфальтированной автодороги [3, с. 55]. Его вскрытие, скорее всего, обусловлено вибрацией грунтов, вызванной частым перемещением по дороге тяжёлой карьерной техники. Провал относится к коррозионно-провальному (или коррозионно-гравитационному) типу.

Провал имеет следующие размеры: длина 4,5 м, ширина 1,5 м, глубина 3,5 м. В стенках провала обнажаются гипсы (чёрные, битуминозные, мелко и среднезернистые) со следами карстовой обработки. Под одну из стен уходит карстовый субгоризонтальный трубообразный понор – канал длиной 1,5 м и диаметром 0,5-0,6 м. Дно провала перекрыто делювиальными 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.

В мае 2017 года спелеологами города Астрахани был обнаружен довольно свежий суффозионно-карстовый провал [3, с. 56]. Судя по его внешнему виду, этому провалу не более 2-3 лет.

Провал бутылкообразной формы и имеет следующие размеры: длина 3,6 м, ширина 3,3 м, глубина 8,0 м. Толщина нависающего козырька около 1,0 м. Горловина провала имеет овальную форму и слегка вытянут субмеридионально. Бровка горловины провала резкая. Вокруг неё по периметру видны трещины отседания, что говорит о постепенном расширении горловины. В стенках провала обнажаются горизонтально залегающие хвалынские отложения, представленные алевритом и мелкозернистым 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 (до 1,0 м) канал.

На активность развития провалообразования оказывают влияние различные природные и антропогенные факторы [2, 59]. 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.

### Литература

1. Ауэрбах И.Б. Гора Богдо. Исследования, произведённые по поручению Императорского Русского географического общества в 1854 году. С-Пб., 1871. 81 с.
2. Головачев И.В. Карст и пещеры Северного Прикаспия [Текст]: монография / И.В. Головачев. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2010. 215 с.

3. 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.

4. Головачёв И.В. О карстовом провале на возвышенности Бешпокы в Западном Казахстане // Геология, география и глобальная энергия. 2019. № 3 Вып. 74. С. 57-66.

5. Ралль Ю.М. Древняя степь «Бесь-Чохо» в Волжско-Уральских песках. // Природа, № 4, 1935. С. 55-60.

УДК: 556.332.46

## **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕРЕКРЫВАЮЩИХ ДИСПЕРСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КАРСТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА**

***Дробинина Е.В., Катаев В.Н.***

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия; e-mail: alenadrobinina@yandex.ru*

***Аннотация:*** В статье рассматривается методика проведения анализа изменчивости физико-механических свойств перекрывающих отложений в районе развития карбонатно-гипсового карста. По результатам анализа разработана модель карстовой опасности для изучаемой территории.

***Ключевые слова:*** карстовая опасность, физико-механические свойства, перекрывающая толща, карстологический прогноз

## **ASSESSMENT OF GEOTECHNICAL PROPERTIES OF OVERLYING SOILS IN INTEGRAL KARSTOLOGICAL FORECASTING SYSTEM**

***Drobinina E.V., Kataev V.N.***

*Perm State University, Perm, Russia; e-mail: alenadrobinina@yandex.ru*

***Abstract:*** The variability analysis of the geotechnical properties of overlying soils in the carbonate-sulfate karst area is represented in the article. The model of karst hazard, which is based on the results of the analysis, is developed for the research area.

***Key words:*** karst hazard, geotechnical properties, overlying soils, karstological forecast

Широкое распространение растворимых горных пород, перекрытых толщей нерастворимых отложений, препятствующей непосредственному наблюдению за развитием карстового процесса, обуславливает необходимость изучения покровов, состояние и свойства которых определяют устойчивость массива над ослабленными зонами, возникающими в результате формирования карстовых полостей и зон повышенной трещиноватости. Не-