

## АНОМАЛЬНО КРУПНЫЕ КАРСТОВЫЕ ПРОВАЛЫ ЮЖНОГО УРАЛА И ПРЕДУРАЛЬЯ

По степени неожиданности проявления на поверхности и причиняемому ущербу карстовый процесс на Южном Урале и в Предуралье (Республика Башкортостан) относится к одному из самых опасных видов экзогенных геологических процессов. В пределах республики карстующиеся породы распространены на около 50% ее территории, почти 30% площади Башкортостана поражено поверхностными карстопроявлениями, около 45% городского и не менее 20% сельского населения РБ проживает в районах развития карста [Смирнов, 2004б]. Ежегодно на территории республики фиксируется образование не менее десяти новых провалов.

Нередко карстовые провалы провоцируют деформации жилых и административных зданий, вызывают аварии на инженерных сооружениях. Только в г. Уфе за последние 45 лет зафиксировано 23 случая (в среднем один случай в два года) деформаций зданий (в том числе многоэтажных), которые связаны с карстом. В большинстве случаев принятые меры противокарстовой защиты позволили продолжить их эксплуатацию, однако в 4-х случаях здания были снесены даже после выполнения мер противокарстовой защиты [Абдрахманов и др., 2002].

По условиям залегания карстующихся пород и характеру рельефа на региональном уровне в верхней (близповерхностной) зоне карстосферы на территории РБ выделяются: Карстовая страна Восточно-Европейской равнины (I) и Уральская карстовая страна (II). В пределах первой развит: I-А Равнинный карст в горизонтально и пологозалегающих породах Предуралья и I-Б Равнинный и предгорный карст Предуралья в пологозалегающих и слабо дислоцированных породах. В пределах второй: II-А Горный карст в сильно дислоцированных образованиях Урала и II-Б Равнинный карст в складчатоглыбовых отложениях Зауралья [Смирнов, 2005а].

По составу карстующихся пород до глубины 200 м (то есть в экзокарстовом этаже карстосферы) на рассматриваемой территории наибольшее распространение имеют сульфатный и карбонатный карст. Имеются также участки с одновременным их развитием (вдоль западной окраины Уфимского плато). Особое место занимает карст известковых туфов, развитый преимущественно в области распространения карбонатных отложений по крутым склонам долин рек на Бугульминско-Белебеевской возвышенности (реки Кидаш, Стивинзя, Курсак и др.) и Предуральского прогиба. Кроме того, на террито-

рии Башкортостана выделяется кластокарст, связанный с загипсованными и сильно карбонатизированными терригенными породами пермской системы Предуралья. Своеобразное развитие имеет также сульфидный (рудный) карст, развитый в Зауральской части Башкортостана [Смирнов, 2004а].

При оценке карстоопасности, прежде всего, должны учитываться сульфатный тип карста, а также кластокарст [Смирнов, Абдрахманов, 2007].

Одним из факторов современной карстоопасности является соотношение пространственного взаимоположения карстующихся пород с некарстующимися, определяющее характер проявления карста на поверхности, влияющего на карстоустойчивость территории. Исходя из этого, по степени перекрытости карстующихся пород некарстующимися в Башкортостане задолго до нас выделены голый, покрытый, перекрытый и закрытый типы карста [Абдрахманов и др., 2002].

В последней схеме типизации карста Южного Урала и Предуралья по сочетанию карстующихся пород с некарстующимися выделены шесть его типов. Как и ранее [Абдрахманов и др., 2002], они традиционно характеризуют обстановки развития карста в зависимости от наличия и состава покровных отложений, а дополнительно к ним (что очень важно для оценки карстоопасности) — от их возраста и характера водопроницаемости [Смирнов, 2004а, 2005б], а именно выделены следующие обстановки (типы) развития карста:

— открытый (средиземноморский или голый) и прикрытый карст. Карстующиеся породы выведены на дневную поверхность, прикрыты почвенно-растительным слоем или маломощным чехлом современных элювиально-делювиальных отложений.

— покрытый (подэлювиально-делювиальный или средневропейский) карст в сочетании с открытым. Карстующиеся породы покрыты преимущественно плейстоценовым чехлом небольшой мощности элювиально-делювиальных отложений, водопроницаемым по порам, с частым обнажением карстующихся пород на склонах долин-дрен и в придолинных частях речных долин.

— перекрытый (подаллювиальный или камский) карст. Карстующиеся породы перекрыты аллювиальными водопроницаемыми по порам отложениями современных, пра- и палеодолин рек (голоцен-среднеплейстоценовых, нижнеплейстоценовых и плиоценовых соответственно).

— закрытый (русский) карст с фрагментами открытого. Карстующиеся породы скрыты преимущественно под верхнепермскими (реже более молодыми) скальными и полускальными породами, водопроницаемыми по трещинам, с обнажением карстующихся пород на крутых склонах долин рек.

— покрытый карст. Карстующиеся породы покрыты слабоводопроницаемыми неогеновыми и плиоцен-плейстоценовыми элювиально-делювиальными и морскими отложениями.

— сочетание открытого и закрытого карста, когда карстующиеся породы находятся среди некарстующихся в виде отдельных блоков, линз и прослоев.

Кроме того, откартрированы площади, где карстующиеся породы отсутствуют или очень мало мощны, большей частью скрыты под мощной толщей (более 80 м) некарстующихся пород или обнажены на небольших участках, обуславливающих локальное проявление карста на поверхности [Смирнов 2005а].

Активность развития карста может быть выражена различными методами, в том числе количеством вновь образующихся карстовых форм на единице площади или за определенный период времени.

Наиболее ярко активность развития карста выражается в образовании новых карстовых провалов. Сведения по карстовым провалам с фиксированным временем образования в целом по территории Башкортостана ограничены и неравнозначны при наибольшей полноте по городским агломерациям. Между тем сегодня уже достоверно установлено, что возникновение новых провалов наблюдается на всех элементах рельефа и во всех условиях развития карста, хотя и с разной интенсивностью.

Частота образования провалов находится в прямой зависимости от степени пораженности территории поверхностными карстопроявлениями, что обусловлено унаследованным характером развития карста на современном этапе от его развития в неоген-четвертичное время. В новейший этап геологического развития, резко активизировавшись в раннем плиоцене в местах с наиболее благоприятными геолого-геоморфологическими и гидрогеологическими условиями (склоны палеодолин рек и придолинные их части), карстовый процесс продолжает наиболее активное свое развитие в настоящее время почти на тех же самых участках [Смирнов, 2004а]. При этом наиболее часто новые воронки и провалы возникают в пределах карстовых полей или вокруг карстовых котловин, что подчеркивалось неоднократно почти всеми исследователями карста и прослеживается практически повсеместно.

Максимальная активность проявления карста на поверхности характерна для сульфатного карста

в пределах крутых расчлененных склонов долин-дрен, где сформирована гидродинамическая обстановка интенсивного водообмена карстовых вод, а минимальная — на водораздельных пространствах в условиях закрытого карста. Данный вывод основывается не только на общих пространственных закономерностях развития карста и систематизированных отрывочных сведениях о современном провалообразовании на территории РБ, но и подтвержден 35-летним рядом режимных наблюдений на Уфимском карстовом косогоре в г. Уфе [Смирнов, 2011].

Небольшие по размерам (обычно не превышающие 10 м в поперечнике, при глубине не более 5 м) воронки и провалы ежегодно образуются по всей территории РБ. При этом наиболее часто они возникают в районах развития равнинного сульфатного карста и очень редко образуются в районах развития карбонатного карста. Так, только на Уфимском косогоре ежегодно фиксируется образование двух мелких провалов (в среднем за 35 лет непрерывных наблюдений) [Смирнов, 2011]. В условиях же карбонатного карста, по собранным нами данным, за последние 30 лет зафиксировано образование лишь одного карстового провала в пос. Ломовка вблизи г. Белорецк. В одном из огородов по ул. Комсомольской, д. 28 15 апреля 1993 г. местными жителями был обнаружен провал. Диаметр его, при колодецеобразной форме, в момент обследования (май 1993 г., А.И. Смирнов), составлял 3,5 м при глубине 3 м.

В то же время на территории РБ появляются аномально крупные провалы с поперечником более 15 м или глубиной более 15 м.

Один из самых крупных карстовых провалов с точным временем образования зафиксирован на Уфимском карстовом косогоре. Он образовался 27 апреля 1927 г. на 1623 км Куйбышевской железной дороги. Глубина его составила 13–14 м. Провал захватил склон насыпи дороги и нечетный путь площадью 1500 м<sup>2</sup> [Скворцов, 1962].

За последние 25 лет на территории РБ, по нашим данным, достоверно зафиксировано образование восьми аномально крупных карстовых провалов с достоверным временем образования.

1. Аномально крупный карстовый провал зафиксирован в апреле 1988 г. на Приайской равнине на юго-западной окраине с. Улькинды и обследован нами в июле этого же года. Провал образовался на поле развития загипсованных песчаников кошелевской свиты кунгурского яруса нижней перми (кластокарст).

Первоначальный его размер с поверхности составил 5×6 м, а глубина по центру достигала 27 м. По данным обследования 1989 г., размеры провала с поверхности равнялись 5,5×6,5 м, а глубина по

центру увеличилась до 29 м, при бутылеобразной форме и с конусом обрушения на дне. Размеры провала по низу составили 11×14 м, а общая глубина провала достигла 32 м [Кудряшов, 1992; Смирнов, 1992]. Кроме образования крупных провалов, в районе развития кластокарста на Приайской равнине за последние 40 лет отмечено также возникновение около 10 мелких.

2. Провал в пос. Архангельском Орджоникидзевского района г. Уфы (рис. 1). Образовался провал в конце октября 1993 г. и сопровождался кратковременным звуковым эффектом и сотрясанием грунта, вызвавшим колебание стен и дребезжание оконных стекол в домах поселка. Диаметр провала на момент образования составлял 18 м при глубине 17 м и колодцеобразной форме. В отвесных стенках его в верхних и средних частях обнажались терригенно-карбонатные породы шешминского горизонта, в нижних — «седая пачка» соликамского горизонта уфимского яруса. Дно провала на глубину 3 м было занято водой. Провал образовался в придольной части безымянной долины-дрены на Прибельской холмисто-увалистой равнине и связан с карстом в гипсовой толще кунгура (сульфатный закрытый карст).

Через два года провал приобрел чашеобразную форму и увеличился в размерах с поверхности до 24,5×18,7 м. В 2000 г. он по прежнему сохранял свежие очертания, глубина его составляла 12 м при размерах в плане 26×22 м.

3. Провал в Дёмском районе города Уфы (рис. 2). Образовался в 7.30 9 мая 2000 г. на проезжей части Чебоксарского переулка напротив частных жилых домов №№ 15 и 20 в пределах Прибельской пологоволнистой равнины. Первоначальный диаметр рав-



Рис. 2. Провал в Дёмском районе г. Уфы

нялся 1 м. К 12 часам он достиг 5–6 м и глубину около 6 м при колодцеобразной форме.

По рекомендации МинГО и ЧС РБ во второй половине дня началась ликвидация провала путем его засыпки глинистым грунтом. После того как провал был почти полностью засыпан, весь объем засыпанного грунта через 5–6 мин. провалился с грохотом и клокотанием воды, прорвавшейся снизу. Диаметр его составлял 10 м, глубина — 15 м. Засыпка провала продолжалась всю ночь с 9 по 10 мая. К 11.00 10 мая диаметр провала достиг 12 м и частично был заполнен водой, глубина до уровня которой была 4 м. 11 мая провал был полностью ликвидирован. Через три дня началась просадка грунта в месте ликвидированного провала. Размеры ее на 16.05.00 составляли 9×12 м при глубине 0,5–1,0 м. Она четко оконтуривалась трещинами отседания шириной 0,2 м и глубиной 0,4 м. В дальнейшем она также была ликвидирована. В общей сложности на засыпку провала потребовалось около 4 тыс. м<sup>3</sup> глинистого грунта.

В геоморфологическом отношении провал образовался в тыловой части II надпойменной террасы долины р. Белой по ее левобережью в пределах Прибельской пологоволнистой равнины. Он связан с развитием сульфатного карста в гипсах кунгурского яруса нижней перми, кровля которых залегает на глубине 35–40 м под аллювиально-делювиальными отложениями среднего плейстоцена (сульфатный перекрытый карст).

4. Провал в д. Мурадым МР Аургазинский район РБ образовался 04.05.2001 по ул. Салавата во дворе частного дома № 21 в 2-х м от южной стенки летней кухни и сопровождался содроганием грунта и дребезжанием стекол (рис. 3).

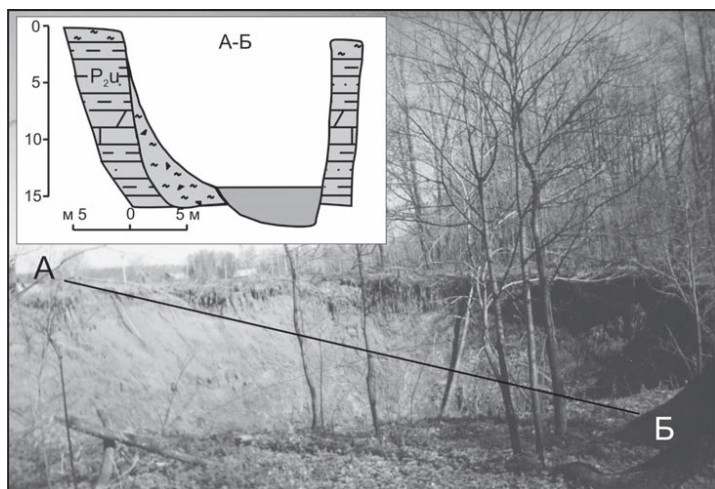


Рис. 1. Провал в пос. Архангельском Орджоникидзевского района г. Уфы

Рис. 3. Провал в д. Мурадым

На момент обследования провал имел кувшинообразную форму с диаметром в горле около 1 м и эллипсовидным дном 8×12 м. Глубина провала составляла 9,5–12,5 м. Наиболее пониженные части выпуклого дна были покрыты водой (h ~ 2 м). В нависающих стенках провала на всю их высоту обнажались красновато-коричневые аргиллиты и алевролиты с подчиненными (мощностью до 10 см) прослоями светло-серых мергелей.

В геоморфологическом отношении провал приурочен к средней части правого склона долины руч. Белый ключ (правый приток р. Уршак) на Прибельской пологоволнистой равнине. В геологическом строении участка расположения провала принимают участие терригенно-карбонатные отложения уфимского яруса, подстилаемые галогенными породами кунгура, кровля которых залегает на глубине не более 20 м (сульфатный закрытый карст).

5. Провал в 3,05 км юго-восточнее ж/д станции в с. Иглино, в 0,5 км северо-восточнее оз. Большое, в пос. Ягодный по ул. Ушакова, дом 8. Абс. отм. — 162 м (рис. 4).

Провал образовался 24.09.2007 около 19 часов. Первоначальные его размеры в плане составляли 12×12 м при глубине 7 м. Провал имел чашеобразную форму с обрывистыми верхними бортами и захватил проселочную дорогу. В провал упали автомашина «Газель» и строительный вагон. В 4 часа утра 04.10.2007 произошло повторное проседание дна провала и его расширение в поперечнике. При этом автомашина «Газель» была полностью погребена продуктами обрушения.

На момент обследования провал сохранял чашеобразную форму с обрывистыми бортами в верхних частях. Размеры его в плане составляли 25×28 м при глубине 12,5 м. Строительный вагончик на дне провала находился в вертикальном положении и наполовину был погребен продуктами обрушения. По окружности провала с поверхности наблюдались трещины закола на расстоянии от его бровок до 6 м.

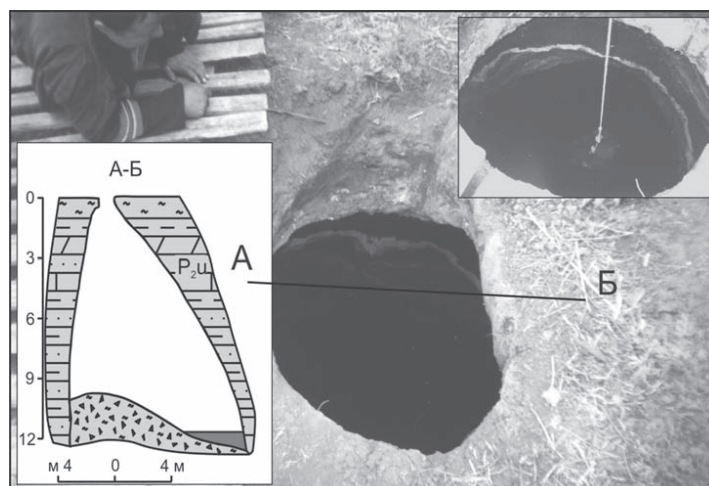


Рис. 4. Провал в пос. Ягодный в МР Иглинский район РБ  
а — на 24.09.2007, б — на 15.10.2011

Провал является естественным образованием карстового происхождения и связан с развитием карста в гипсах кунгурского яруса нижней перми на Прибельской полого-волнистой равнине. Гипсы кунгура здесь залегают под терригенно-карбонатными отложениями соликамского горизонта уфимского яруса, которые в свою очередь покрыты элювиально-делювиальными отложениями общесыртовой свиты позднеплиоцен-раннеплейстоценового возраста. То есть по степени перекрытости карстующихся пород некарстующимися карст в пос. Ягодный является закрытым и покрытым, для которого обычно не свойственна высокая степень закарстованности. В то же время, провал и жилой дом находятся в пределах карстового поля с весьма высокой поверхностной закарстованностью с плотностью карстовых воронок более 100 шт. на 1 км<sup>2</sup> (сочетание закрытого и покрытого сульфатного карста).

6. Порвал на территории МР Туймазинский район РБ образовался в конце апреля 2012 г. в 2 км севернее северо-западной окраины с. Старые Туймазы в пределах Прибельской холмисто-увалистой равнины на поле развития терригенно-карбонатных

отложений соликамского горизонта (рис. 5). Абс. отм. — около 190 м.

На 12.05.2012 (первообследование Н.С. Лазарева и И.Р. Нигматуллина) провал имел кувшинообразную форму и начинался конусообразной воронкой диаметром 2,5 м, которая на глубине 2,5 м сужалась до 1,0 м в поперечнике. Ниже провал своеобразно расширялся и на дне (при общей глубине провала от поверхности 11,5 м) его размеры составляли 8,5×9,0 м (сульфатный закрытый карст).

7. Два провала образовались в 2012 г. в МР Кармаскалинский район РБ на Прибельской полого-волнистой равнине в 2 км севернее д. Карламанбаш на междуречье ручьев Карлыман и Осиповский (рис. 6).

Первый провал в виде конусообразной воронки диаметром 16 м и глубиной 12 м образовался в конце августа. Через две недели рядом с ним образовался смежный провал котлообразной формы. Размеры его на 22.10.2012 (О.В. Садыкова) составили 36,4×40 м (!), глубина 20–21 м (!). Отвесные борта провала сложены элювиально-делювиальными плиоценовыми суглинками. С глубины 20 м в бортах обнажались песчаники уфимского яруса с тонкими прослоями гипсов (сочетание закрытого и покрытого сульфатного карста).

Следует также отметить, что не менее ярко современная активность проявления карста выражается в исчезновении карстовых озер, сопровождающемся также возникновением новых провалов. Примеров этого природного явления можно привести немало. За последнее 25 лет наиболее значительные из них связаны с озером в с. Сахаево (МР Кармаскалинский район РБ).

Первые признаки неблагополучия с озером в с. Сахаево (Сахай), которое располагается в тыловой части второй левобережной надпойменной террасы долины р. Белой, жители заметили 17 октября 1991 г. У юго-западной его оконечности на водной поверхности появилась воронка-водоворот и уровень воды в озере начал резко понижаться. К вечеру 18 октября озеро распалось на отдельные изолированные водоемы, а на месте воронки-водоворота на оголившемся дне озера жители увидели провал диаметром 5 м, до краев заполненный водой. За не более чем 48 часов в провал поглотилось около 200 тыс. м<sup>3</sup>, то есть ежесекундно в среднем



Рис. 5. Провал в МР Туймазинский район РБ: а — общий вид, б — «горловина» провала

через провал уходило не менее 1000 л воды. Через 6 дней провал увеличился в размерах до 10 м, а вода в нем периодически исчезала. К утру 28 октября на месте провала образовалась конусообразная воронка диаметром до 15 м. Воронку завалили и через несколько лет озеро полностью восстановилось. Между тем в последующем, по предполагаемому пути фильтрации поглощенных озерных вод в северо-западном направлении, на поверхности террасы периодически образовывались карстовые провалы. Наиболее значительный из них возник ночью (с 23 до 24 ч.) 20 декабря 2002 г. Диаметр колодецеобразного провала составлял 14 м, глубина 9 м.

Приведенные данные по аномально крупным карстовым провалам на территории Южного Урала и Предуралья в границах РБ свидетельствуют о том, что они характерны, главным образом, для:

— сульфатного карста Прибельской равнины, где они наиболее часты и значительны в пределах пологоволнистой ее части, где развиты палео- и пра-долины рек и в пределах которых условия развития карста за новейшее время были наиболее благоприятными в сравнении с другими мезоформами рельефа;

— закрытого карста, где карстующиеся гипсы кунгура перекрыты более «крепкими» скальными и полускальными породами, которые, при прочих равных условиях, препятствуют обрушению кровли подземных карстовых полостей и тем самым благоприятствует возникновению больших их объемов и образованию крупных провалов на поверхности.

В заключение также следует особо подчеркнуть, что аномально крупные карстовые провалы, как было отмечено выше, нередко сопровождаются землетрясениями экзогенного генезиса. К этому можно также добавить, что образовавшийся в 1952 г. карстовый провал глубиной более 30 м в с. Чертан (МР Дуванский район РБ) вызвал панику у местных жителей, поскольку сопровождался значительным колебанием земной поверхности. За несколько дней до его возникновения жители села ощущали содрогания грунта, которые сопровождалась звуками глухих ударов под землей [Кудряшов, 1992].

В то же время, активизация развития карста и образование карстовых провалов любых размеров вследствие землетрясений эндогенного генезиса, по нашим данным,

на территории РБ достоверно не зафиксированы. За последние 200 лет в опубликованных, фондовых и архивных источниках мы не смогли найти сведений о карстовых провалах, которые были бы вызваны землетрясениями эндогенного характера.

#### Литература:

Абрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Попов В.Г. и др. Карст Башкортостана – Уфа: Информреклама. 2002. – 384 с.

Кудряшов А.И. Карстовые провальные явления Юрюзано-Айской депрессии // Гидрогеология и карстование: Межвуз. сб. науч. тр. – Пермь, 1992. – С. 44–46.

Скворцов Г.Г. Вопросы инженерно-геологического изучения и оценки карста в основании железнодорожных сооружений // Специальные вопросы карстования. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 43–57.

Смирнов А.И. Колодцы в песчаниках на Приайской равнине // Свет: Вестник Киев. карст.-спелеол. Центра. – 1992. – № 1(3). – С. 8–9.

Смирнов А.И. Типы карста и современная активность его развития на Южном Урале и в Предуралье // Материалы междунар. симпозиума «Карстование – XXI



Рис. 6. Провалы в МР Кармаскалинский район РБ: а — провал 1, б — провал 2

век: теоретическое и практическое значение». – Пермь, 2004а. – С. 90–94.

**Смирнов А.И.** Оценка воздействия карстового процесса на населенные пункты Республики Башкортостан // Материалы междунар. симпозиума «Карстоведение – XXI век: теоретическое и практическое значение». – Пермь, 2004б. – С. 325–328.

**Смирнов А.И.** Карст // Атлас Республики Башкортостан. Уфа, 2005а. – С. 60.

**Смирнов А.И.** Обнаженность карстующихся пород // Атлас Республики Башкортостан. – Уфа, 2005б. – С. 61.

**Смирнов А.И.** Опыт прогноза проявлений сульфатного карста на примере Уфимского косогогора // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 3. – С. 64–68.

**Смирнов А.И., Абдрахманов Р.Ф.** Карстоопасность территории Республики Башкортостан // Вестник АН РБ. – Уфа, 2007. – С. 5–11.