

Научные сообщения

УДК 551.435.8(470.41)

© 2011 г. А.В. АНИКЕЕВ, С.А. ЧУМАЧЕНКО

КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫЕ ПРОВАЛЫ
БУГУЛЬМИНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Поверхностные карстовые формы

Поверхностные проявления карста на востоке Республики Татарстан (РТ) чрезвычайно разнообразны по форме, размерам, времени и механизму образования, а также по своему современному состоянию.

Северный участок. Типичным районом, в котором провалы возникают или активизируются в наши дни, является территория Восточного Предкамья в окрестностях пос. Салауш. Этот северный участок относится к Нижнекамскому району Бугульминско-Белебеевского карстового округа [1]. Поселок расположен на первой надпойменной террасе (нпт) р. Иж с абс. отметками 70–80 м в 2 км от реки и в 3 км от Нижнекамского водохранилища (рис. 1).

На СВ окраине поселка находится озеро длиной около 300 м и шириной 100–150 м. Его берега низкие, заболоченные, лишь северо-западный участок высокий (3–5 м), обрывистый. По словам старожилов, обрыв здесь сформировался в мае 1979 г., когда относительно пологий склон вместе с деревьями высотой до 10 м ушел под воду. Диаметр (d) провала равнялся примерно 50 м, а глубина (h) превысила 10 м. Озеро в этот момент “кипело и бурлило”, стоявшие рядом деревянные дома разрушились. Через несколько лет водолазы МЧС обнаружили на дне озера затопленные деревья и три ключа, вода которых была “очень холодной”.

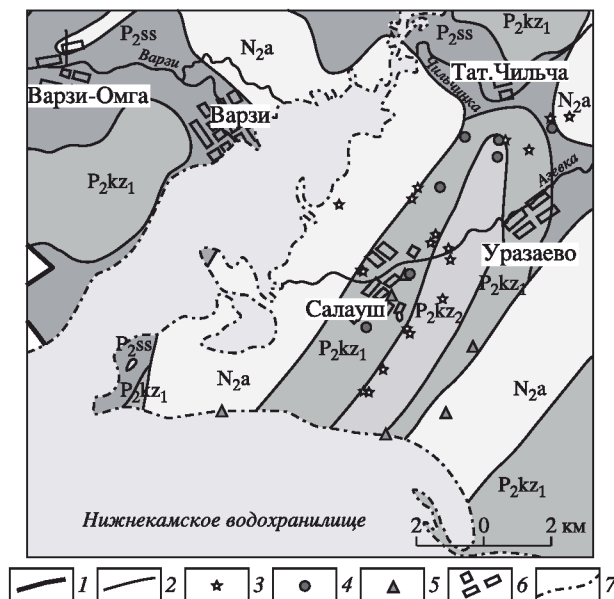


Рис. 1. Геологическое строение северного участка
1 – административная граница Республики Татарстан; 2 – геологические границы; 3 – воронки, выделенные по результатам дешифрирования космоснимков, и их диаметр: 3 – < 100 м (d_{cp} = 65 м), 4 – ≥ 100 м (d_{cp} = 150 м); 5 – точки полевых обследований 2006 г.; 6 – населенные пункты; 7 – береговая линия. Пермская система (верхний отдел), уфимский (P_{2ss} – шешминский горизонт) и казанский ярусы (P_{2kz_1} , P_{2kz_2} – нижний и верхний подъярусы); N_{2a} – неогеновая система (плиоцен), акчагыльский ярус

В самом поселке отмечены небольшие свежие воронки ($d = 2-3$ м, $h \leq 1$ м), а склоны крупных ($d \leq 50$ м, $h > 4-5$ м) воронок с озерами на дне постоянно опускаются, и сами воронки постепенно “подбираются” к домам (рис. 2). В 1990–2006 гг. скорость оседания поверхности старых провалов, по нашим данным, составляла 10–15 см/год. Неравномерно оседает и поле на южной окраине пос. Салауш. Местные жители рассказывают, что в конце прошлого века “ямы” здесь очень мешали работе поливальных агрегатов. Землю разравнивали, блюдцеобразные воронки засыпали, но они возникали вновь и вновь. Любопытно также, что раньше во время половодья поселок затопливался, но вот уже примерно 20 лет этого не происходит.



Рис. 2. Просадка земной поверхности на месте засыпанной воронки, образовавшейся весной 2002 г. в пос. Салауш по ул. К. Маркса, 11

Центральный участок. На междуречье рек Мензеля и Мелля (рис. 3) в их верхнем течении (абс. отметки 150–240 м) развиты в основном древние и современные (голоценовые), но образовавшиеся еще до н.э., т.е. старые провалы. Этот центральный участок носит название Рангазарского и принадлежит к Мензеля-Шешминскому карстовому району [1]. Здесь между поселками Альметьево и Рангазар на востоке, Муртыш-Тамак, Кульметьево и Сарайлы на западе обследовано более 50 древних и старых воронок. Самые крупные формы ($d = 60-100$ м, $h = 16-20$ м) имеют не только блюдцеобразный и чашевидный, но и конический профиль (рис. 4). Относительно небольшие понижения ($d \leq 30$ м, $h \leq 9$ м) – чашевидные. Встречаются и молодые (возрастом менее 2010 лет) воронки с размерами $d \leq 3-8$ м, $h = 0.5-1.5$ м.

Дно подавляющего большинства воронок сухое, заросшее деревьями, кустами, крапивой или болотной травой, иногда из-за регулярного затопления весной и осенью оно лишено растительности (рис. 4). Озерца встречаются только в карстовых котловинах и в воронках вблизи пос. Рангазар на отметках 160–180 м. Свежие

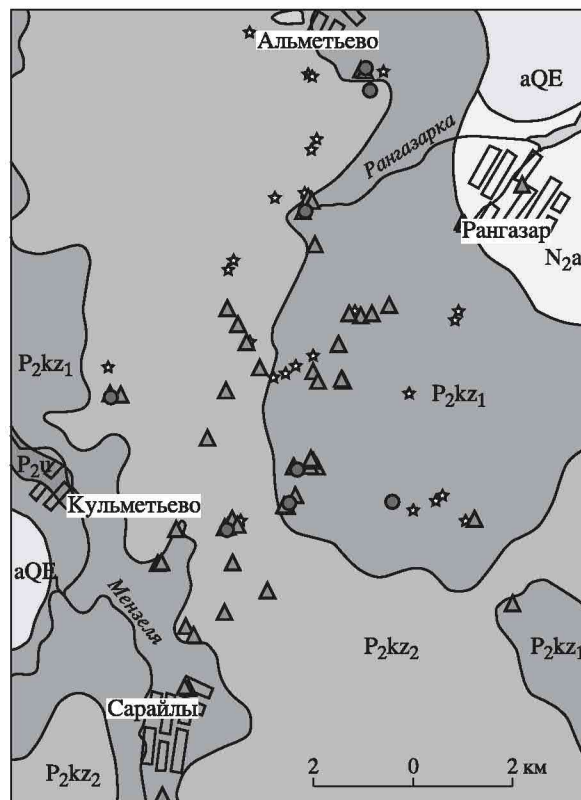


Рис. 3. Геологическое строение центрального участка P_{2u} – терригенные отложения уфимского яруса верхней перми, аQE – аллювиальные отложения эоплейстоцена. Остальные усл. обозначения см. рис. 1

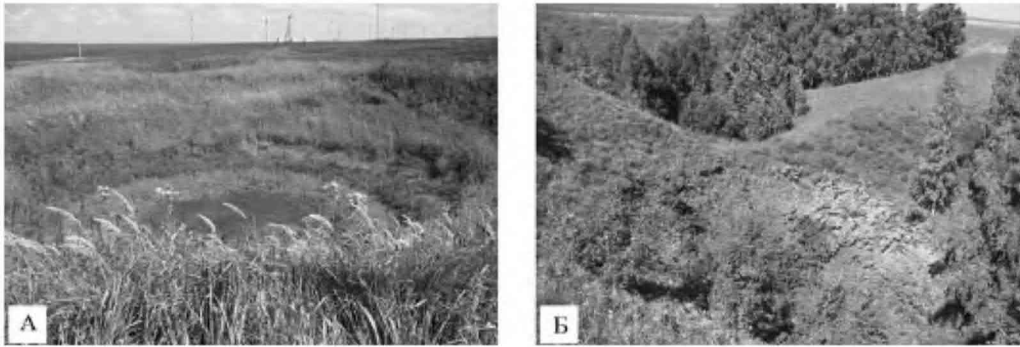


Рис. 4. Древняя чашевидная (А) и старые конические (Б) воронки на водораздельной поверхности рек Мелля и Мензеля

воронки не обнаружены. Некоторые признаки современной активизации провального процесса – мелкобугристый (“изрытый”) рельеф, воронки со сползшим на бровках дерном, обрывы в бортах извилистых ручьев и эрозионно-карстовые ступени в днищах оврагов встречены только вблизи пос. Рангазар.

Южный участок. На левом берегу р. Ик между поселками Стярле на севере и Каразерик на юге обследовано более ста древних и современных, в том числе и све-

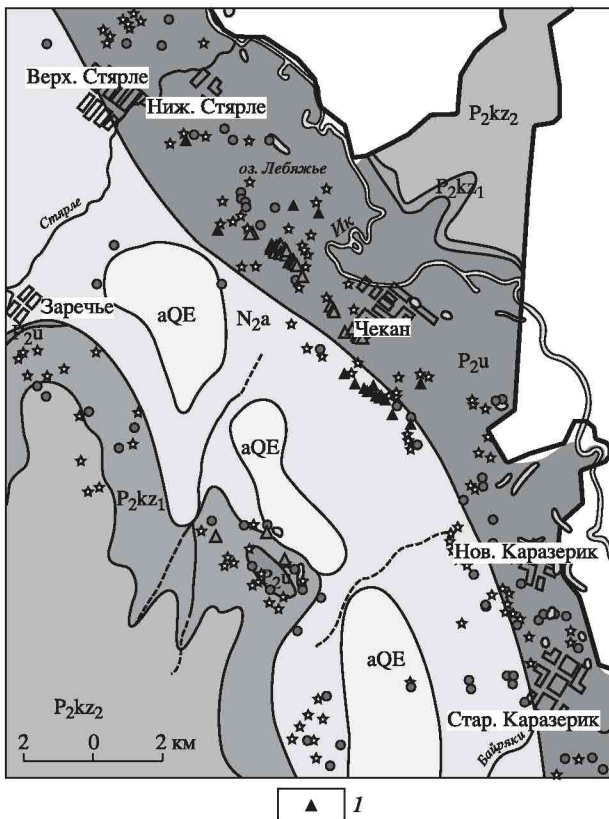


Рис. 5. Геологическое строение южного участка
1 – точки полевых обследований 2005 г.
Остальные усл. обозначения см. рис. 1 и 3

жих поверхностных карстовых форм (рис. 5). Этот южный участок относится к Икско-Усенскому карстовому району [1]. Воронки здесь преимущественно молодые, чашевидные ($d = 2-30$ м, $h = 0.5-3.5$ м). Они образуют карстовый пояс длиной более 20 км и шириной 2–6 км, вытянутый вдоль 1 и 2 нпт (абс. отметки 94–100 м). Распределение провалов в этом поясе неравномерное. Местами на участках длиной 0.5–1.5 км и шириной до 150–250 м их кучность настолько увеличивается, что они сливаются в карстовые цепочки, поля и котловины, часто приуроченные к тыловым швам указанных террас (рис. 6А). Днища молодых воронок обычно сухие. К древним понижениям с размерами в плане до 80–100 м и более приурочены озера (рис. 6Б). Глубина таких форм от борта до уреза воды составляет 1–4 м.

Из пяти воронок, образовавшихся здесь в последние 5–35 лет, две появились на пойме (абс. отметки 87–90 м) в 1997 г. и в начале лета 2002 г.

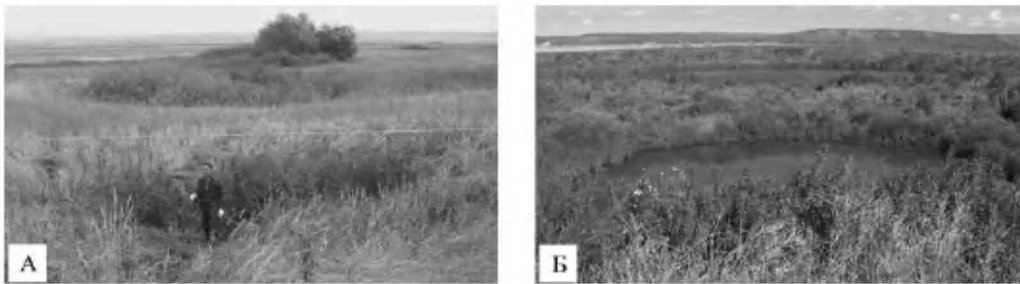


Рис. 6. Цепочка молодых воронок (А) и древние карстовые озера (Б) на левом берегу р. Ик

Обе имеют сложную форму. Та, что постарше – сухая, шириной 10–12 м и глубиной 1.5–2 м, другая ($d = 13–14$ м, $h = 1.5–2.5$ м) – заполнена водой. Остальные свежие воронки – округлые чашевидные ($d = 3–8$ м, $h = 1–2$ м) – расположены на поверхности 2 нпг р. Ик (рис. 7).

Геологические условия, возможные причины и механизм образования провалов

Общепризнано, что поверхностные проявления карста на востоке РТ связаны с выщелачиванием сульфатно-карбонатных пород нижней перми [2–7].

На *северном участке* нижнепермские отложения залегают на глубине 80–100 м и представлены известняками и доломитами с прослоями гипсов, ангидритов, глин и песчаников сакмарского яруса. Они перекрыты достаточно мощной (60–70 м) верхнепермской толщей красноцветных песчаников, алевролитов и глин с подчиненными прослоями сульфатно-карбонатных пород. Эта толща относится к шешминскому горизонту уфимского яруса и нижеказанскому подъярсу. Выше залегают песчано-глинистые аллювиальные четвертичные осадки мощностью 20–30 м (рис. 8). Обращает на себя внимание тот факт, что верхнепермские отложения в районе пос. Салауш развиты не повсеместно. Они сохранились в пределах вытянутого в СВ направлении останца коренных пород шириной 3.5 км и длиной 9 км, ограниченного палеодолинами р. Варзи на СЗ и р. Иж на ЮВ, выполненными песчано-глинистыми отложениями акчагыльского яруса плиоцена (рис. 1).

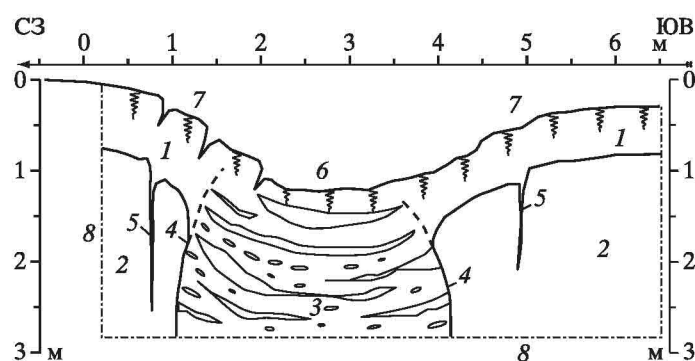


Рис. 7. Строение провальной воронки, образовавшейся в мае 1990 г. в 3 км западнее пос. Константиновка (абс. отметка 98.0 м)

Суглинки: 1 – черно- и коричневатые-серые полутвердые с дерновым покрытием (0.25–0.30 м) на поверхности, 2 – рыжевато-коричневые тугопластичные, 3 – пятнистые пластичные; 4 – канал обрушения (пунктирной линией показана предполагаемая граница канала, разделяющая суглинки 1 и 3); 5 – трещины бортового отпора; 6 – плоское дно; 7 – борта воронки со свежими заколами; 8 – граница шурфа, пройденного в 2005 г.

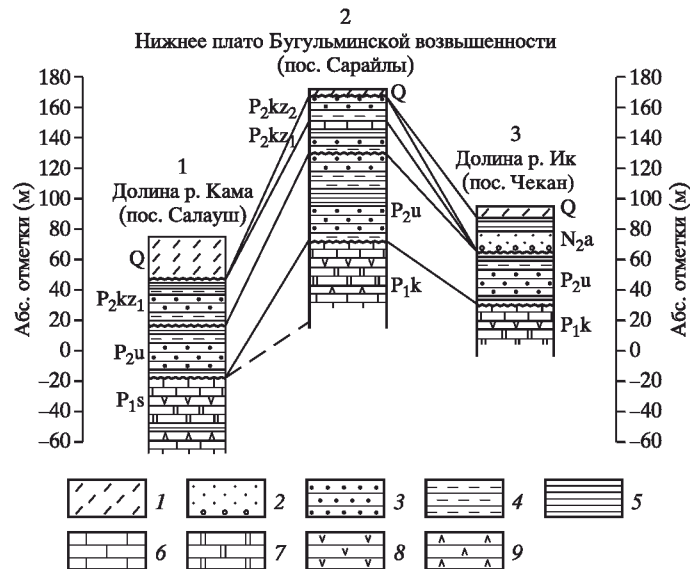


Рис. 8. Схема корреляции геологических разрезов северного (1), центрального (2) и южного (3) участков
1 – пески, супеси, суглинки, 2 – алевриты, пески, галька, 3 – песчаники, 4 – алевролиты, 5 – глины, аргиллиты, 6 – известняки, 7 – доломиты, 8 – гипсы, 9 – ангидриты.
Пермская система: нижний отдел – сакмарский (P_1s) и кунгурский (P_1k) ярусы, верхний отдел – уфимский (P_2u) и казанский (P_2kz_1 , P_2kz_2) ярусы; N_2a – плиоцен, ачкагыльский ярус; Q – четвертичная система

Неогеновые речные врезы служили базисом коррозии в эпоху интенсивного развития карста на рубеже миоцена и плиоцена [5, 6]. В их днищах и на склонах образовывались карстовые формы, которые накладывались на более древние, активизируя карстовый процесс. По-видимому, этим объясняется то, что вблизи пос. Салауш в отложениях сакмарского яруса бурением вскрыты мощные (до 25 м) прослои разрушенных брекчиевидных известняков [8], а на глубине 173 м – полость высотой 32 м [9]. Учитывая, что протяженность карстовых полостей обычно во много раз превышает их поперечные размеры, можно предположить, что на глубине 100 м и более вышеупомянутый останец пермских пород поражен системой связанных между собой пещер. Тем не менее, принимая во внимание большую мощность верхнепермских пород и высокие показатели их физико-механических свойств, трудно ожидать, что обрушение кровли даже столь крупных ослабленных зон быстро проявится на земной поверхности. Процессы гравитационного разрушения, разрыхления и суффозионного выноса верхнепермских пород над ослабленными зонами растворимых нижнепермских отложений протекали как минимум в течение плиоцена и неоплейстоцена. К началу голоцена они проявились на дневной поверхности в виде карстовых форм, именуемых в настоящее время древними, и сформировали в мощной толще песчаников, алевролитов и аргиллитов промежуточные полости и зоны разуплотнения. Так были подготовлены условия для образования современных воронок.

Полагаем, что “спусковым крючком” активизации провальных процессов послужило заполнение Нижнекамского водохранилища. Есть данные, что этот процесс начался в 1950-х гг., т. е. еще до строительства ГЭС (1963 г.) [10]. В естественных условиях уровень грунтовых (четвертичных) и напор трещинно-карстовых (нижнепермских) вод практически совпадали и находились на глубине 7–15 м от дневной поверхности [8]. Разность уровня и напора, а следовательно [11], и направленное вниз гидродинамическое давление не превышали значений 0.5 м и $5 \times 10^3 \text{ Н/м}^2$ (5 кПа) соответственно.

Градиент подпора воды в Куйбышевском водохранилище в среднем составляет 0.06 м/км. Считая в первом приближении это значение справедливым и для Нижнекамского водохранилища, нетрудно показать, что при его заполнении в 1979 г. на 8 м (до абс. отметки 62 м) разность напоров подземных вод и гидродинамическое давление в окрестностях пос. Салауш увеличились более чем в десять раз – соответственно до 5.5–6.5 м и $(5.5–6.5) \times 10^4 \text{ Н/м}^2$. Очевидно, такое изменение действующей силы оказалось достаточным, чтобы резко активизировать нисходящую суффозию четвертичных грунтов и подготовленных ранее верхнепермских песчано-глинистых отложений. Вполне возможно, что поступление пресной воды из водохранилища в нижнепермский водоносный горизонт усилило и выщелачивание сульфатно-карбонатных пород, т. е. собственно карстовый процесс, однако этот вывод требует проведения специальных исследований.

На *центральной* *участке* исследуемой территории мощность четвертичных отложений мала. На водораздельных поверхностях она всего 0–2 м, а в долинах рек не превышает 2–8 м. Современные накопления подстилаются преимущественно терригенными отложениями казанского яруса мощностью 30–50 м и шешминского горизонта уфимского яруса мощностью 50–60 м (рис. 8). Нижнепермские известняки и доломиты кунгурского яруса с прослоями гипсов и ангидритов залегают на глубине 90–110 м. Они отличаются повышенной трещиноватостью, кавернозностью и закарстованностью. Коэффициент их линейной трещинно-карстовой пустотности, судя по выходу керна трех расположенных на участке глубоких скважин, составляет 0.67–0.85.

Пусть мощность отложений нижней перми равна примерно 100 м, а значения линейной и объемной закарстованности примерно одинаковы. Тогда их аккумуляционная емкость (способность накапливать кластический материал [12]) на площади 1 км² составит $(67–85) \times 10^6 \text{ м}^3$. Иначе говоря, даже с учетом разрыхления горных пород уже существующие древние карстовые формы могут принять примерно половину объема всей перекрывающей толщи. Если же мощность закарстованных пород равна 200 м, то вся эта толща может быть захоронена в подземных полостях.

Важно, что коэффициент пустотности прослоев (3–7 м) известковистых песчаников вышележащего уфимского яруса также очень высок (0.75–0.80), хотя его средние значения для отложений этого яруса заметно ниже (0.40–0.55). Вверх по разрезу коэффициент пораженности уменьшается и в нижнеказанских породах не превышает значений 0.2–0.4, а в верхней двадцатиметровой толще равен нулю. Таким образом, ослабленные зоны нижнепермских отложений находят отражение в состоянии перекрывающих их нерастворимых пород, однако с удалением это отражение заметно ослабевает.

При изучении песчаников и алевролитов казанского яруса верхней перми в естественных и искусственных обнажениях отмечены многочисленные субвертикальные трещины и зоны дробления шириной 0.5–50 см (рис. 9А). Их стенки покрыты известковистой “накипью”, внутри них породы разбиты тонкими трещинами до состояния щебня и песка. На пересечении тектонических и субгоризонтальных литогенетических трещин встречены ниши высотой до 1 м и сводаобразные полости (размер на входе 0.15–0.35 м), уходящие вглубь массива (рис. 9Б). Измеренная длина этих ходов достигает 4 м. Поверхность отдельных выходов и глыб песчаника часто имеет бороздчатую форму и усеяна округлыми отверстиями диаметром 0.5–2 см и длиной 1–5 см. Издалека такие песчаники можно принять за кавернозные известняки-ракушечники.

Таким образом, и на центральной *участке* мы сталкиваемся с типичными проявлениями карстово-суффозионного процесса как внутри массива, так и на его поверхности. Без специального анализа химического состава и режима подземных вод трудно судить об интенсивности карстования нижнепермских отложений в наши дни. Важно другое: объем полостей в них настолько велик, что они уже сейчас могут принимать и аккумулировать огромный объем разрушенных нерастворимых пород. Наличие зон

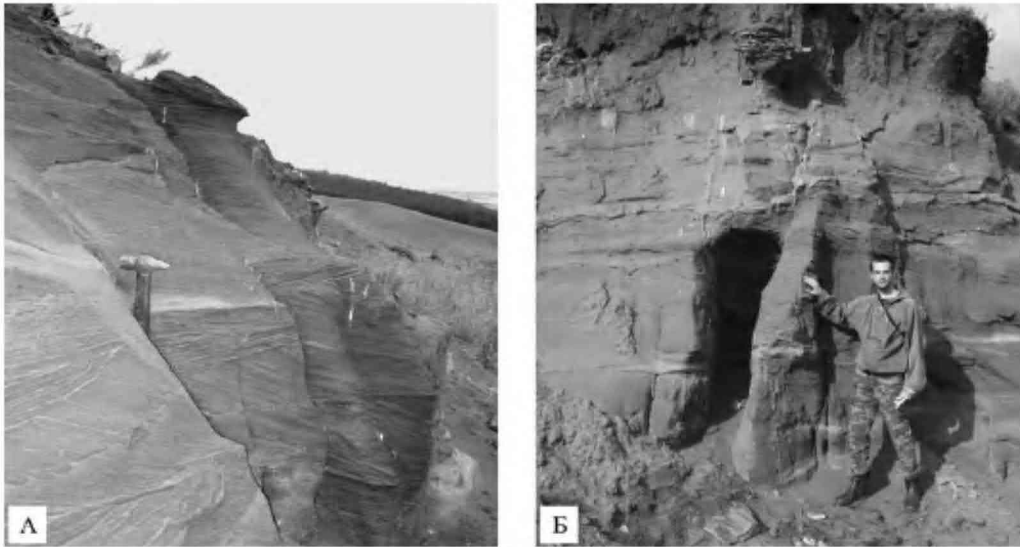


Рис. 9. Субвертикальные трещины (А) и полость (Б) в верхнеказанских терригенных породах на высоте 231.0 м в 1 км к СВ от пос. Сарайлы

ослабления массива на глубине 90–110 м и более приводит к изменению напряженного состояния и обрушению вышележащих пород, о чем свидетельствует изменение коэффициента пустотности вверх по разрезу. Механическое разрушение развивалось в течение длительного геологического времени, вероятно, развивается и сейчас, но с меньшей скоростью, хотя бы потому, что аккумуляционная емкость закарстованных отложений при этом уменьшается.

В настоящее время под действием богатых углекислотой атмосферных осадков карбонатный цемент верхнепермских терригенных пород, залегающих практически с поверхности, растворяется. Этот процесс правильнее относить не к химической суффозии, а к карсту [11]. После нарушения цементации пески и алевриты выносятся в подземные полости. Однако протекает карстово-суффозионный процесс крайне медленно, а техногенное воздействие на верхние горизонты массива в этом районе невелико, поэтому свежие воронки на поверхности большей части центрального участка не наблюдаются. Признаки современной активизации процесса в окрестности пос. Рангазар объясняются близостью погребенной долины р. Мелля (рис. 3) и, следовательно, иными, по сравнению с рассмотренными выше, геологическими условиями.

Южный участок расположен в пределах древней долины р. Ик (рис. 5). Здесь под четвертичными аллювиальными суглинками и супесями мощностью 2–10 м (редко больше) залегает верхнеплиоценовый аллювий с максимальной мощностью 90–100 м в тальвеге палеовреза. Он представлен глинами, алевритами, песками с гравием и галькой в основании. Кайнозойские породы подстилаются верхнепермскими отложениями уфимского яруса, по составу аналогичными тем, что представлены на других участках. Их мощность в результате древней и современной эрозии снижена до 30–40 м. Под ними на глубине 60–70 м лежат карстующиеся породы кунгурского яруса (рис. 8).

Обращает на себя внимание, что практически все древние и современные (старые и молодые) воронки приурочены к бортам погребенной долины, где мощность ачкагыльских накоплений не превышает 20–40 м. Свежие же провалы тянутся вдоль бровки СВ склона, где эта мощность еще меньше – 0–20 м (рис. 5).

Заключение и выводы

Количественными показателями карстово-суффозионной опасности служат плотность воронок $K_N = N/S$ (N – количество поверхностных карстовых форм, S – площадь участка) и пораженность территории $K_S = \sum S_b / S$ ($\sum S_b$ – суммарная площадь воронок). Для центрального участка $K_N = 0.58 \text{ км}^{-2}$, $K_S = 0.24 \%$, для южного – $K_N = 1.27 \text{ км}^{-2}$, $K_S = 0.77\%$. Северный участок детально не изучался, но, судя по космическим снимкам и результатам обследования, эти показатели для него даже выше, чем для южного участка.

Все три участка приурочены к погребенным речным врезам миоценового возраста, которые во многом определяют условия залегания, строение и состояние горных пород, а также режим фильтрации. С точки зрения устойчивости территории в наиболее плохих условиях находятся пос. Салауш, заложенный на узком останце палеозойских отложений между двумя близко расположенными палеодолинами, и южный участок; а в хороших – водораздельная поверхность рек Мензеля и Мелля, удаленная от их погребенных врез.

Максимальная мощность пород, перекрывающих интенсивно закарстованные отложения нижней перми, наблюдается на центральном участке (90–110 м). На северном она средняя (80–100 м), а на южном – минимальная (60–70 м). Причем в первом случае практически вся покровная толща представлена скальными грунтами, а в двух последних – на их долю приходится только 60–70 м и 30–40 м соответственно (рис. 8). Верхние 20–30 м разреза опасных территорий со свежими проявлениями карста на земной поверхности сложены грунтами кайнозойского возраста, устойчивость которых к разрушению намного меньше, чем у палеозойских пород.

Таким образом, даже при одинаковой аккумуляционной емкости нижнепермских отложений северный участок в карстово-суффозионном отношении представляет наибольшую опасность по совокупности следующих признаков: высокая (вследствие развития древних процессов речной эрозии, карстования и обрушения) раздробленность верхнепермской толщи, ее не очень большая мощность и интенсивное техногенное воздействие из-за близости Нижнекамского водохранилища. Южный участок, несмотря на низкий уровень антропогенной нагрузки, не менее опасен, так как состояние слагающих его верхнепермских пород примерно такое же, а их мощность в два раза меньше. Оценка устойчивости центрального участка по тем же самым признакам позволяет утверждать, что карстово-суффозионная опасность здесь может оставаться потенциальной и никак не проявляться на земной поверхности в течение неопределенно долгого времени.

Большое влияние на величину провальной опасности оказывает также естественный режим поверхностных и подземных вод. Его максимальное изменение приходится на весеннее половодье. В начале этого периода уровень верхнего водоносного комплекса, приуроченного к кайнозойским и верхнепермским отложениям, быстро повышается вслед за подъемом уровня воды в реках, а напор нижнего – остается прежним. Начинается вынос песчано-глинистого материала в трещинно-карстовые коллекторы палеозойских пород и формирование зон разуплотнения и промежуточных полостей в нерастворимой толще кайнозойского возраста. По мере выравнивания напоров интенсивность этого процесса уменьшается, однако в течение нескольких десятков или сотен лет такие ослабленные участки могут подняться близко к дневной поверхности.

Как увеличение, так и падение уровня грунтовых вод, которые наблюдаются в конце весеннего половодья – начале летней межени, вызывают изменение напряженного состояния верхней части зоны насыщения, ее обводнение или осушение, схлопывание суффозионных полостей и провалы земной поверхности. Именно этим объясняется тот факт, что почти все свежие воронки на северном и южном участках появились в весенне-летний период. Необходимо также учитывать, что и Кама, и Ик – это крупные реки. В ненарушенных условиях подъем уровня воды в них достигает

5–6 м. Вблизи этих рек ежегодное увеличение гидродинамического давления сопоставимо с тем, что имело место при заполнении Нижнекамского водохранилища в 1979 г. На средних реках, к которым относятся Мелля и Мензеля, колебания уровня воды, а следовательно, и гидродинамическое воздействие на массив пород в зоне их влияния в два раза меньше.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. На водоразделе, сложенном с поверхности прочными верхнепермскими породами, многие старые и, по-видимому, древние провалы сохраняют коническую форму и в наши дни, а в долинах рек свежие воронки, образовавшиеся в четвертичных и неогеновых грунтах, часто бывают или быстро становятся блюдце- и чашевидными. Таким образом, морфологический ряд “конус–чаша–блюдце” характеризует увеличение возраста поверхностных карстовых форм только в пределах участков с одинаковым геологическим строением.

2. Трещинно-карстовая пустотность нижнепермских сульфатно-карбонатных отложений Восточного Предкамья и Закамья настолько велика, что они способны принимать и накапливать кластический материал практически в неограниченном количестве. Вверх по разрезу коэффициент пораженности пород уменьшается вплоть до нуля в приповерхностной двадцатиметровой толще.

3. Верхнепермские отложения, бронирующие закарстованный массив нижней перми, представлены преимущественно терригенными породами. Поэтому главную роль в потере устойчивости территории играют обрушение кровли ослабленных участков нижнепермских отложений, разрыхление и дробление верхнепермских пород, суффозионный вынос образовавшегося мелкозема в подземные полости. Вследствие выщелачивания цемента наиболее сильному разрушению подвержены известковистые песчаники и алевролиты. Эти процессы развивались в течение длительного геологического времени, они идут и сейчас, но с меньшей интенсивностью.

4. Геологическими признаками карстово-суффозионной опасности на востоке Республики Татарстан являются: степень закарстованности и глубина залегания нижнепермских отложений, соотношение мощностей скальных и рыхлых грунтов, слагающих покровную толщу, ее современное состояние. Эти характеристики зависят от расположения участка относительно палеодолин неогенового возраста.

5. “Спусковым крючком”, а часто и причиной провалообразования в наши дни служат сезонные колебания уровня воды в крупных реках Бугульминской возвышенности, а также техногенное изменение гидрологических и гидрогеологических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чикишев А.Г.* Проблемы изучения карста Русской равнины. М.: Изд-во МГУ, 1979. 304 с.
2. *Кавеев М.С.* Динамика образования карстовых провалов на примерах исследований в Среднем Поволжье // Изв. Казанск. ф-ла АН СССР. Сер. геол.-мин. наук. 1961. Вып. 1. С. 110–118.
3. *Каиштанов С.Г.* Раннекайнозойский карст на территории Среднего Поволжья // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1963. Вып. 3. С. 79–84.
4. *Мусин А.Г.* Экологическая оценка закарстованных территорий (Краткий анализ распространения и развития карста) // Наука и школа. 1997. № 2. С. 8–10; № 3. С. 10–12; № 4. С. 15–18.
5. *Селивановский Б.В.* Современный карст Среднего Поволжья // Уч. зап. КГУ. Сер. Геология. 1952. Т. 112. Кн. 8. С. 100–118.
6. *Селивановский Б.В., Каиштанов С.Г.* Карст Среднего Поволжья // Уч. зап. КГУ. Сер. Геология. 1952. Т. 121. Кн. 6. С. 3–22.
7. *Ступишин А.В.* Равнинный карст и закономерности его развития на примере Среднего Поволжья. Казань: Изд-во КазГУ, 1967. 291 с.

8. *Кавеев М.С.* Геологические условия развития и особенности проявления карста в центральной части Волго-Камского края: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Казань: ГИН Казанск. ф-ла АН СССР, 1963. 36 с.
9. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Республики Татарстан за 2004 год. Казань: Мин. экологии и природн. ресурсов Республики Татарстан, 2005. Вып. 5. С. 189–204.
10. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Республики Татарстан за 2006 год. Казань: Мин. природн. ресурсов РФ, 2007. Вып. 7. С. 367–369.
11. *Аникеев А.В.* Суффозия. Классификация процесса // Геозкология. 2006. № 2. С. 151–155.
12. *Аникеев А.В.* Особенности разрушения влажных и водонасыщенных песков покровной толщи в карстовых районах // Геозкология. 1995. № 1. С. 72–79.

Ин-т геозкологии РАН,
ООО “Газпром добыча шельф”

Поступила в редакцию
20.04.2010

KARST-SUFFUSION SINKHOLES ON THE BUGULMA HIGHLAND

A.V. ANIKEEV, S.A. CHUMACHENKO

Summary

Karst sinkholes located in the eastern part of the Republic of Tatarstan have a different shape and age. The morphological sequence “cone-dish-saucer” relates to their age only in areas with similar geological structure. The field investigations proved that strongly fractured and karstified Lower Permian sulphate-carbonate deposits could absorb and accumulate a clastic material practically in unlimited amount. It was shown that the processes of cavity roof collapse, loosening and destruction of the Upper Permian rocks as well as suffusion of the fine clastic product play a major role in sinkhole development. The reservoir filling and seasonal fluctuations of water level in the large rivers are the main factor of the intensification of the process.

УДК 551.4.035(235.35)

© 2011 г. Р.Ц. БУДАЕВ

ГЕОДИНАМИКА ГОРНОГО ОБРАМЛЕНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ФЛАНГА БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ В СРЕДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ

Введение

Развитие Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) началось, как считают многие исследователи, с заложения Южно-Байкальской рифтовой долины, и затем этот процесс распространился на фланги [1, 2]. На позднеорогенном этапе произошли ускорение темпов новейших движений и увеличение их контрастности. Этап подразделяется на две стадии по общему режиму движений и развитию рельефа [3]. На ранней стадии сформировались основные морфоструктурные черты рифтовой зоны, а на поздней – продолжилось усложнение элементов рельефа. В горном обрамлении Байкальской впадины интенсивные тектонические поднятия проявились: 1) 3.5 млн. л. н. (ольхонская фаза тектонических движений); 2) 0.7–0.8 млн. л. н. (приморская фаза); 3) 0.10–0.15 млн. л. н. (тыйская фаза) [4].

На СВ фланге рифтовой зоны формирование основных положительных и отрицательных морфоструктур произошло, вероятно, синхронно с центральным сектором – в конце раннего–начале позднего плиоцена (ольхонская тектоническая фаза). Однако в