

Геолого-структурные критерии оценки подземной и поверхностной закарстованности

В.Н. Катаев
ГОУ ВПО «ПГУ», г. Пермь

В практике карстологической оценки достаточно часто возникают ситуации, когда необходимо дать обоснование устойчивости ограниченной площади с плотным проявлением поверхностных и подземных карстовых форм. Подобные ситуации типичны в случаях дополнительного освоения действующих промышленных зон или участков городской застройки. Для специалистов, не знакомых с закономерностями распределения форм карста, спецификой карстового процесса, вся территория участка представляется опасной и непригодной для освоения. В свою очередь, для специалистов-карстоведов трудность решения такой задачи заключена именно в площадной ограниченности территории, где приблизительно одинаковые горно-породные и гидрогеологические условия, слабое выражение элементов рельефа, отсутствие выходов карстующихся пород на поверхность требуют применения нетрадиционного анализа, нетрадиционных подходов.

Картографической основой оценочно-прогностических построений служит карта фактического материала проведенных инженерно-геологических работ с территориальной привязкой карстопоявлений. Она должна сопровождаться геолого-литологическими разрезами, данными послойной документации отложений и пород, встреченных при бурении или проходке шурфов. В качестве индикаторов степени карстоопасности исследователь имеет возможность проанализировать и сравнить по участкам: 1) неоднородность литологического состава отложений, перекрывающих карстующиеся породы, 2) их водопроницаемость и 3) неравномерность мощностей, 4)

структурно-текстурную неоднородность (по латерали и глубине залегания) карстующихся пород, 5) элементы рельефа кровли карстующихся пород, 6) элементы наземного рельефа, 7) пространственное соответствие перечисленных признаков или их совокупностей местоположению форм подземного и поверхностного карста.

Особенности пространственного соотношения элементов дизъюнктивной тектоники и поверхностных форм карста. Активность карстовых процессов, их направленность обусловлена в первую очередь динамичностью и агрессивностью поверхностных и подземных вод, контролируемых во времени и пространстве структурными факторами, формирующими конкретные условия циркуляции этих вод.

Структурно-тектонические особенности территории являются первичным карстогенетическим фоном, каркасом на который накладываются «внешние», более динамичные в своем развитии процессы природного или природно-техногенного моделирования карста.

Выявление структурных закономерностей приповерхностной части массива и их связи с карстовыми явлениями – сложный процесс, трудоемкий и не всегда эффективный. Тем не менее, такие закономерности и такие связи, хоть и в скрытой форме, но существуют в природе. Их установление намного облегчает решение теоретических и практических задач карстологического прогноза. Необходимо отметить, что в карстовых массивах зоны с высокой плотностью системных трещин, зоны дробления, разломы и др. более динамичны в тектоническом и, как следствие, в гидрогеологическом и гидрохимическом отношении.

Практика карстологических исследований показывает, что среди многих пространственных закономерностей проявления карста распределение его поверхностных форм зачастую зависит от ориентировки трещин тектонического и неотектонического характера, местоположения зон дробления, разрывных нарушений, а места пересечения трещин, разломов или зон дробления являются наиболее перспективными для создания условий развития полостей.

Таким образом, **установление степени пространственного соотношения проявлений разломной тектоники и проявлений карста** является важным критерием карстологического прогноза.

Учитывая одно из условий развития карста, а именно степень проницаемости карстующихся и перекрывающих отложений, структурно-тектонический критерий следует поставить и учитывать в ряду основных.

Вместе с тем, следует учитывать и тот факт, что полнота карстологической оценки малых территорий по структурно-тектоническому критерию часто зависит от техногенного фактора, а именно от техногенной нивелировки рельефа, плотности строительных объектов, затрудняющих интерпретацию данных дистанционного зондирования.

При линеаментном анализе наиболее рациональным является сопоставление пространственного соотношения выявленных линеаментов и поверхностных форм карста: карстово-суффозионных воронок и карстовых провалов в форме совмещенных одномасштабных карт (схем) линейных плотностей линеаментов на условную единицу площади и площадной привязки зафиксированных воронок и провалов или карт плотности карстово-суффозионных воронок и карт плотности карстовых провалов на идентичную условную единицу исследуемой площади.

Зоны повышенной линейной плотности линеаментов, выделяемые на исследуемой территории, идентифицируются с дизъюнктивными границами тектонических блоков. Такие границы могут быть представлены серией мелких разрывных нарушений или единой разломной структурой с малыми амплитудами смещения бортов тектонических блоков. Обычно высока степень пространственного совпадения зон повышенной плотности линеаментов и разломов с субвертикальным смещением. Относительно приподнятые блоки, как правило, характеризуются повышенными значениями энергии рельефа.

При визуальном сравнении распределения зон линейной плотности линеаментов и участков интенсивного карстопроявления четко проявляется приуроченность последних к зонам линейной плотности линеаментов в интервале их

средних значений. Данное положение подтверждается опытом оценки пространственного соотношения дизъюнктивной раздробленности и закарстованности в пределах различных регионов классического развития как сульфатного, так и карбонатного карста.

Любые из выделенных линеаментных зон прямо или косвенно связаны с соответствующими системами тектонических трещин. Иными словами, выделенные линеаментные зоны могут быть интерпретированы как зоны локальной проницаемости закарстованного массива, зоны локализации стока подземных вод в условиях активного водообмена. Зоны повышенной линейной плотности линеаментов – это зоны ослабления массива, характеризующиеся повышенной степенью трещинно-каверновой (трещинно-карстовой) проницаемости, а следовательно и повышенной степенью потенциального развития подземных карстовых форм.

Особенности пространственного соотношения типов геологических разрезов и проявлений подземного и поверхностного карста. Практика карстологических исследований свидетельствует о том, что условия залегания пород, а именно **пространственное сочетание растворимых и нерастворимых слоев является одним из геологических критериев карстологической оценки.**

Анализ строения массивов, содержащих закарстованные толщи горных пород, позволяет выделить в их составе типичные литологические комплексы, пространственное сочетание которых часто определяет тип карста, его морфологические особенности, распределение поверхностных и подземных форм, а в конечном итоге степень устойчивости территории.

Любой из выделяемых типов в зависимости от специфики инженерного сооружения может быть оценен как «относительно опасный». Учитывая современные представления о критериях карстоопасности (наличие и образование провальных форм больших поперечных размеров), наиболее опасны с позиции развития внезапных провалов ситуации, когда на карстующихся породах залегают осадочные полускальные слои или когда карстующиеся толщи выходят на поверхность и представлены

переслаиванием отложений разной интенсивности растворения (карбонатно-сульфатный, сульфатно-карбонатный и другие типы). В этом случае трещиноватая кровля способствует избирательному выщелачиванию с формированием арок или плоских перекрытий, создающих предпосылки для катастрофического обрушения.

Распределение подземных карстовых явлений относительно распределения типов разрезов имеет практически аналогичный характер, что и распределение поверхностных форм карста.

Соотношение мощности перекрывающих отложений, поверхностных и подземных форм карста. Мощность отложений, перекрывающих карстующиеся породы и литология этих отложений контролируют распределение поверхностных и подземных форм карста. **Данные о мощностях перекрывающих отложений, их литологических особенностях, их состоянии в сочетании с пространственным распределением форм карста являются одним из геологических критериев карстологической оценки конкретной территории.**

Для анализа влияния покровов на развитие карста целесообразно построение карт мощностей четвертичных покровов и карт суммарных мощностей покровов всех присутствующих литолого-стратиграфических типов отложений до кровли карстующихся пород. Эти карты имеют различное прогностическое значение.

Карстологическая оценка должна быть основана на анализе мощностей перекрывающего комплекса. Как правило, низкой степени проявлений карстовых форм соответствуют территории с развитием комплекса перекрывающих отложений мощностью более 50 м, а очень высокой степени соответствуют территории, характеризующиеся мощностью покровов от 1 до 10 м или их отсутствием.

Например, в условиях территорий развития карбонатно-сульфатного карста Приуралья, там, где мощность перекрывающих соликамских отложений меньше 50 м (при средней мощности горизонта 105 м), поверхностные карстовые формы развиваются повсеместно вне зависимости от

геоморфологической принадлежности участков с их максимальным проявлением в долинах рек и в сводах тектонических поднятий. В максимальной степени растворение сульфатных пачек – гипсов и ангидритов иренского возраста происходит на контакте перекрывающих относительно водонепроницаемых отложений (локальных глинистых водоупоров, относительно слабопроницаемых прослоев), в зоне динамичных изменений уровня подземных вод, на контакте с подстилающими пачками карбонатных пород и карбонатной толщей филипповского горизонта.

Наиболее ярко литолого-стратиграфический контроль карстогенетической обстановки проявляется в пределах территории г. Кунгура, где расположение полостей в разрезе сульфатно-карбонатной толщи может быть охарактеризовано двумя ситуациями: 1) полости расположены в приподошвенной зоне ледянопещерской пачки и непосредственно подстилаются филипповскими доломитами; 2) полости расположены в прикравельной зоне ледянопещерской пачки, перекрытой породами неволинской пачки. При любом расположении полостей сохранность горных пород, вмещающих полость, хуже, чем сохранность пород в межполостном пространстве, а породы характеризуются повышенным содержанием вторичных минералов, минералов-примесей, повышенной, визуальной определяемой, пористостью и кавернозностью.

Примерно аналогичная ситуация с влиянием мощностей покровов характерна для территории г. Дзержинска Нижегородской области. Здесь анализ карты мощности четвертичных отложений (Q_{I-IV}) с поверхностными карстовыми формами позволил сделать вывод, что распространение практически всех карстово-суффозионных воронок ограничено мощностью отложений Q_{I-IV} до 45 м. Те участки территории, где мощность четвертичных отложений превышает 45 м, воронки не имеют развития. Более 90% карстовых провалов получили развитие на участках с мощностью четвертичных отложений до 30 м. Применительно к коренным разностям пород, перекрывающим (экранирующим) карстующуюся толщу под четвертичными отложениями, особое значение играют зоны палеоразмывов, фиксируемых по локальным уменьшениям их

мощностей (до 10 м) или их полной денудации. В данном случае роль экрана играют глинистые отложения татарского яруса (P_{2t}).

Именно над этими зонами размыва в четвертичных отложениях формируется большинство полей карстово-суффозионных воронок. Следует отметить и тот факт, что практически все карстовые провалы пространственно приурочены к местам размыва татарских отложений «экранирующих» кровлю карстующихся пород, там, где мощность «экрана» не превышает 10 м.

Соотношение подземного рельефа карстующихся пород, поверхностных и подземных форм карста. Практика показывает, что базовым оценочным признаком на «закрытых» участках в условиях слабого проявления элементов наземного рельефа является рельеф «подземный» – рельеф кровли карстующихся пород, в частности, его элементы: останцы (склоны и вершины), линейные и плоские депрессии, седловины между останцами. Карта глубин залегания кровли карстующейся толщи отражает особенности подземного рельефа.

Морфологические особенности поверхностного или закрытого (палео-) карстового макрорельефа в основном обусловлены двумя видами неоднородности строения массива: литологическим (структурно-текстурным) и структурно-тектоническим (чаще трещинным). Очевидно, что в преобладающем количестве случаев рельеф кровли карстующихся пород является отражением трещинной структуры массива, дифференцирующей степень водопроницаемости, локализирующей поверхностные и подземные воды, что в конечном итоге определяет интенсивность растворения и локализацию полостей в пласте и воронок в перекрывающих отложениях. Исследования соотношения плотностного распределения трещин и элементов погребенного рельефа показали, что морфологически сильнораздробленным участкам соответствуют депрессии, среднераздробленным – седловины между останцами, слабораздробленным – останцы.

Следует отметить, что крупномасштабное карстологическое районирование с использованием

особенностей погребенного карстового рельефа в качестве базового признака равнозначно эффективно как для массивов сульфатного, сульфатно-карбонатного, так и карбонатного состава. Особенности распределения форм карста, определяющие неоднородность устойчивости территорий относительно элементов погребенного карстового макрорельефа, практически едины для перечисленных литологических типов. Наибольшей плотностью полостей характеризуются склоны останцов и депрессии (особенно линейного типа), на вершинах останцов, как правило, полости отсутствуют.

В качестве примера приведем результаты сопоставления элементов погребенного рельефа карбонатных отложений казанского яруса и рельефа сульфатно-карбонатной толщи сакмарского яруса с пространственным положением карстово-суффозионных воронок, а так же вскрытых при бурении полостей и зон разрушенных пород на территории г. Дзержинска.

Поверхностные карстовые формы расположены над склонами возвышенностей в зоне их перехода к мелким седловинам. Над глубокими седловинами поверхностные карстовые формы не зафиксированы.

Подземные карстовые формы и зоны разрушенных пород группируются в местах перехода от возвышенностей к мелким седловинам, имея преимущественное развитие в седловинах близких к линейным формам.

Следует отметить, что в пределах территории развития «чистого» карбонатного карста, в частности в пределах известняков Западно-Уральской зоны складчатости, пространственная приуроченность поверхностных и особенно подземных форм карста (полостей) к элементам погребенного рельефа проявляется особенно ярко. В частности, полости строго приурочены к линейным понижениям рельефа, их осевым зонам.

Резюмируя вышеизложенное очевидно, что элементы разрывной тектоники, зафиксированные по линеаментам, тип геологического разреза, мощности покровных отложений и элементы подземного рельефа кровли карстующихся пород в

разной степени контролируют распределение поверхностных и подземных форм карста, моделируют подземное пространство и должны быть учтены при карстологической оценке территории. Перечисленные факторы, являясь критериями геолого-структурного анализа должны учитываться в комплексе, они дополняют друг друга, в совокупности образуя ту геологическую обстановку, в которой развивается карстовый процесс.

Особенности организации карстомониторинга на территории Пермского края

В.Н. Катаев

Пермский государственный университет, г. Пермь

На территории края, как в целом и на территории федерации продолжает развиваться тенденция увеличения потерь от опасных природных и техноприродных процессов, что обусловило необходимость разработки современных комплексов модифицированных методов обеспечения безопасности населения, основанных на заблаговременном выявлении, прогнозировании, предупреждении и управлении опасными процессами. Вопросы организации системы мониторинга опасных экзогенных геологических процессов, в частности карстового и сопутствующих ему, в Пермском крае, в последние пять лет начинают переходить из разряда эпизодических, кратковременных мер в разряд стратегических с планированием финансового и административного обеспечения на период до 2010 года.

В Пермском крае опыт стационарных исследований карстового процесса – основы современного карстомониторинга, начал складываться с 30-х гг. прошлого XX века. Именно тогда с целью изучения карста в условиях разработки угля шахтным способом в интенсивно дислоцированном районе Западного Урала одной из первых была создана Кизеловская карстовая лаборатория. Позже создается Кунгурский карстовый стационар для изучения