

О КАРСТОМОНИТОРИНГЕ НА ТРАССАХ ГАЗО- И НЕФТЕПРОВОДОВ
ПЕРМСКОГО КРАЯ

*Костарев В.П., **Катаев В.Н.

*Верхнекамский трест инженерно-строительных изысканий, г.Пермь, Россия

**Пермский государственный университет, г.Пермь, Россия

На территории Пермского края, площадью 160,6 тыс км², породы подверженные карстообразованию выходят на поверхность или залегают неглубоко от нее на площади свыше 30 тыс. км². Здесь распространены все основные литологические типы карста, развивающиеся в различных геотектонических обстановках (платформы, краевого прогиба, горно-складчатой области) и имеющие многочисленные возрастные генерации не только в породах карбонатной, сульфатной и соляной формаций, но и в терригенных породах, где выщелачиваются сульфатная и карбонатная составляющие (кластокарст) и в карстово-обвальных (карстогенных) образованиях, весьма разнородных по литологическому и механическому составу, мощность которых в зоне сочленения Восточно-Европейской платформы и Предуральского прогиба превышает 120 м [1, 2]. Карстовым деформациям поверхности (воронки, провалы) подвержена четверть территории края, а подземные карстопроявления (полости) вскрываются при бурении на различных глубинах практически на всей территории. С точки зрения развития деформационных явлений наиболее опасны территории развития сульфатного и сульфатно-карбонатного карста. Здесь встречаются районы и участки с превышением интенсивности провалообразования первой (наиболее опасной по нормативной документации [3, 4]) категории устойчивости в несколько раз. В пределах территории края 70% возникших катастрофических ситуаций связано с сульфатным карстом, 25-30% - с карбонатным, единичные, но наиболее масштабные по разрушениям – с соляным. В сульфатном и соляном карсте катастрофические явления встречаются, как правило, в виде провалов. В карбонатном карсте провальные явления редки, чаще возникают просадки. На территориях современных городов, промышленных комплексов и интенсивной сельскохозяйственной деятельности возникновение провальных явлений в результате естественных причин крайне редко и (по нашим подсчетам) составляет 2-3%. В Пермском Приуралье самые существенные техногенные и антропогенные изменения обстановок карстообразования наблюдаются в районах горнопромышленной, гидротехнической, селитебной и коммуникационно-транспортной деятельности [5].

Карст – один из наиболее сложных и трудно прогнозируемых геологических процессов, опасность и параметры которого, как и выбор противокарстовых мероприятий, следует устанавливать (в том числе и) на основе вероятностно-статистических методов анализа большого числа показателей природных условий и техногенных факторов карстообразования. Хозяйственная деятельность нередко интенсивно влияет не только на многие факторы, но и на основные условия развития карста (состояние пород, гидрогеологическая обстановка) вплоть до формирования процесса и негативных проявлений техногенного карста в «чистом виде» [6]. Оценка карстоопасности при значительной роли техногенной составляющей представляет сложную задачу, на отдельных участках превышающую по сложности изучение естественного (природного) карста.

В той или иной форме идейная проработка создания карстомониторинга (КМ) в России и, в частности, применительно к территории Пермского Приуралья, предпринималась постоянно, начиная с первых инженерно-геологических исследований карста, проведенных более 100 лет назад на Уфимском плоскогорье в полосе строящейся Самаро-Златоустовской железной дороги [7], где с 1890 по 1894 гг. произошло более 20 провалов глубиной и в поперечнике до 7 м. В начале прошлого века важные работы с соответствующими натурными наблюдениями по оценке карстоопасности трасс железных дорог Пермского Приуралья прове-

ли Н.И. Каракаш (1906), А.А. Штукенберг (1911), А.А. Чернов и М.С. Швецов (1913, 1914). С особой остротой на территории Урала и Приуралья вопросы КМ в прошлом столетии обсуждались в 30-е годы (при эксплуатации Кизеловского каменноугольного бассейна), в 50-е (в связи с созданием Камского водохранилища и застройкой рабочего поселка нефтяников в п. Полазна), в 60-е (при эксплуатации земляного полотна Свердловской и Горьковской железных дорог и Северо-Уральских бокситовых рудников) и 80-е – 90-е годы (при строительстве и эксплуатации магистральных газопроводов, эксплуатации Верхнекамского месторождения калийных солей). В начале нынешнего века вопросы организации карстомониторинга остро встали применительно к территории г. Кунгура (провалы и аварийное состояние десятков жилых домов). Несмотря на остроту проблемы, до сих пор в составе государственного мониторинга геологической среды края карстологические исследования не проводятся. Ситуация обусловлена не только недостаточным финансированием работ, но и сложностью постановки конкретных задач, обоснования видов и состава исследований, выделения первоочередных репрезентативных и ключевых участков на территории региона.

Принятие важных решений научно-технического семинара «Карстологический мониторинг» (г. Дзержинск, 1999), проведенного под эгидой Научного совета по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии РАН и Министерства природных ресурсов РФ, к сожалению, не привело к оживлению инженерно-карстологических исследований, в том числе мониторинговых [8]. Вероятно, вторая пятилетка нынешнего столетия для рационального освоения закарстованных территорий Пермского Приуралья станет определяющей. С 2006 года рядом организаций (в первую очередь Пермским государственным университетом) по заданию Департамента промышленности и природопользования Министерства промышленности и природных ресурсов края начаты работы по объекту Мониторинг закарстованных территорий Пермской области. Эти работы предполагают разработку программы мониторинга; создание электронных баз данных и карт фактического материала масштаба 1:5 000 – 1:10 000 территорий городов и поселков, расположенных в закарстованных районах; районирование закарстованных территорий по степени потенциальной карстоопасности (регионального и территориального уровней); оценку состояния зданий и сооружений на урбанизированных закарстованных территориях с разработкой структуры специального кадастра; инженерно-геологическую типизацию закарстованных территорий по степени устойчивости к техногенным воздействиям; оценку эксплуатационной надежности зданий и сооружений повышенного уровня ответственности; обоснование противокарстовых мероприятий; обоснование системы комплексного карстомониторинга различного уровня.

В 70-80-х годах XX в. в Пермском Приуралье началось интенсивное освоение нефтяных месторождений и строительство магистральных газо- и нефтепроводов из Западной Сибири в Центр и за рубеж. С началом строительства магистральных продуктопроводов, на территории их проложения (в энергокоридорах) резко активизировались карстово-суффозионные процессы. Особенно ярко эти процессы проявились на отдельных участках голого, задернованного и покрытого сульфатного и сульфатно-карбонатного карста, где фиксировались деформационные явления интенсивностью до 250 случаев на 1 км²/год [1, 6, 9]. Аналогичные ситуации складывались и при освоении месторождений нефти и газа, когда при прокладке технологических коммуникаций деформационная пораженность территорий возрастала в несколько раз (например, Кокуйское нефтяное месторождение).

Причиной возникновения деформационных явлений по трассам продуктопроводов явилось то, что при проложении труб почвы и покрывающие отложения были сняты (в среднем на глубину 2м), а растительность уничтожена. Земляные работы нарушили верхнюю, плотную суглинисто-глинистую и псаммитовую покрывку массива. Устья расширенных растворением трещин, карстовых колодцев, понор, верхние части полостей в кровле коренных карстующихся пород были обнажены и доступны прямому воздействию инфильтрационных и инфлюационных потоков. Было нарушено сложение и заполнителя карстовых форм. Относительное равновесие масс в карстовом массиве было нарушено. После проложения труб газопроводов была произведена отсыпка траншеи, но плотность грунтовой отсыпки

была много ниже первоначальной, природной. Специфика температурного режима труб (даже зимой поверхность труб имеет температуру от 5 до 35°, а на выходе из компрессорных станций до 60°C) и создание поверхностного коллектора в виде траншеи с относительно рыхлым и проницаемым грунтом, пересекающим, как правило, склоны логов поперек, привело к возникновению гидродинамического дисбаланса первоначально в приповерхностной зоне под трубами газопровода, повлекшего за собой гидрохимический дисбаланс и углубление гидродинамических нарушений в верхней части, а в ряде случаев практически на всей мощности зоны вертикальной нисходящей циркуляции.

К сожалению, вынужденное (в первую очередь по геополитическим соображениям) строительство магистральных газопроводов – объектов повышенного уровня ответственности и экологической опасности на интенсивно закарстованной территории (зачастую с коэффициентом площадной закарстованности более 50% и объемным показателем поверхностной закарстованности до 570м) сопровождалось недостаточным авторским надзором и невыполнением обязательных противокарстовых мероприятий. Рекомендованная еще в 1982 году программа поэтапной организации карстомониторинга, несмотря на неоднократно возникающие предаварийные и аварийные ситуации, обусловленные проявлением карстово-суффозионных процессов, не реализована. Принятая в середине 90-х гг. программа исследований, не получившая экспертной оценки и не согласованная с территориальной изыскательской организацией, носит ведомственный характер, недостаточно использует методы аналогий и моделирования, не включает качественную и количественную оценку изменений геологического состояния карстового массива за последние 25 лет (в частности по её геофизическим параметрам), не предусматривает оценку эффективности противокарстовых мероприятий. Недостаточно обобщаются, анализируются, пропагандируются результаты исследований второй половины 90-х гг. прошлого века и начала нынешнего. Первичные материалы этих исследований фактически недоступны.

Тем не менее, с 1994г. Пермским государственным университетом, институтом «Пермгипроводхоз», институтом ВНИИГаз и другими организациями ведутся исследования по устойчивости территорий трасс магистральных газопроводов, проложенных на закарстованных территориях Пермского края. На сегодняшний день карстологическими исследованиями режимного характера охвачена незначительная часть энергокоридоров. На трассах магистральных газопроводов, в районах развития сульфатного карста организовано 5 инженерно-геологических полигонов.

Полигоны представляют собой уникальные карстовые массивы, где отрабатываются методы противокарстовой защиты применительно к любым геолого-карстологическим условиям, где существуют все условия для создания моделей взаимоотношения тела газопроводов и карстового массива, где создаются условия для отработки систем слежения за состоянием газопроводов и систем оповещения о предаварийных ситуациях.

Влияние различных типов линейных сооружений на активизацию карстово-суффозионных процессов различно, поэтому в ряде случаев (в частности на трассах трубопроводов), наряду с обычным геологическим мониторингом, учитывающим структурно-тектонические, геоморфологические, гидрогеологические, гидрологические особенности территорий проложения трасс, проводится и технический мониторинг. При техническом мониторинге осуществляется контроль за состоянием металла трубы. Он включает организацию пунктов измерений напряжений на металле трубы с помощью датчиков, работающих ультразвуковым способом. Проводится также дефектоскопия труб внутритручными дефектоскопами.

Технический мониторинг магистральных газопроводов, проходящих через районы развития карстующихся отложений, фактически был начат в 1996г. именно на территории Пермской области в Иренском карстовом районе. Наблюдения выполнялись и выполняются по программе, разработанной совместными усилиями ООО «Пермтрансгаз», института «Пермгипроводхоз», Пермского государственного университета. Программа была утверждена ОАО «Газпром».

По итогам проведения технического мониторинга с элементами карстолитомониторинга был разработан и утвержден на уровне ОАО «Газпром» ряд нормативно-технических документов, регламентирующих действия мониторинга в отношении состояния трубопровода, проложенного в карстовых районах:

- методические рекомендации по расчету напряженно-деформированного состояния и прочности газопровода, проходящего по карстовой территории (1999г.);
- методика оценки работоспособности балочных переходов магистральных газопроводов через малые реки, ручьи и другие препятствия (ВРД-39-1.10-016-2000);
- методика определения профиля трассы подземных трубопроводов с использованием бесконтактных методов измерения (2001г.);
- методика проведения измерений абсолютных напряжений в магистральных газопроводах ООО «Пермтрансгаз» (2002г.);
- методика проведения мероприятий по разгрузке потенциально опасных участков магистральных газопроводов от чрезмерных напряжений (2002г.).

Практика показывает, что карстомониторинг является основой оптимального освоения закарстованных территорий, основой выбора способов противокарстовой защиты. Организация мониторинга или его элементов по специально разработанной программе не только целесообразна, но и необходима в составе геотехномониторинга на репрезентативных и ключевых участках [8, 10, 11], на объектах повышенного уровня ответственности и экологического риска.

В перечень мероприятий карстомониторинга (в зависимости от геолого-гидрогеологических условий и факторов техногенной обстановки, целевого назначения) следует включать маршрутные и площадные рекогносцировки; обследование карстопоявлений, зданий и сооружений; режимные и специальные гидрогеологические и гидрогеохимические наблюдения; геодезические измерения; наблюдения за напряженным состоянием грунтового основания и самих сооружений; геофизические исследования; устройство аварийной сигнализации; аэрофотосъемку и аэровизуальные наблюдения (при специальном обосновании). При любом составе КМ систематизация и анализ предшествующих исследований обязательны! Именно при выполнении этого, начального этапа работ, как правило, возникают существенные затруднения, обусловленные разбросанностью материалов в различных фондах и архивах, недостаточной их сохранностью и часто отсутствием или неточной привязкой карстологических скважин в условных системах координат и высот. Возникают и профессиональные трудности, связанные, например, с геолого-стратиграфической интерпретацией разреза при значительной мощности карстово-обвальных образований. В перечень контролируемых при КМ показателей изменчивости геологической среды обычно включаются параметры карстопоявлений: площадная и объемная поражаемость ими территории, частота карстовых деформаций, приращение их площади и глубины, скорость растворения пород, уровни и химический состав подземных вод, вариации значимых геофизических полей, параметры физико-механических свойств грунтов оснований сооружений.

1. Костарев В.П. карст Урала и Приуралья. – Пермь. 1990. -20с. 2. Катаев В.Н., Костарев В.П., Малахов В.Е. Опасные геологические процессы и специфические грунты Пермской градопромышленной агломерации // Мат-лы Междунаро. конф. «Город и геологические опасности». Ч.1. СПб, 2006. С. 83-90. 3. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч.II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. –М.:ПНИИИС Госстроя России, 2000. -93с. 4. ТСН 11-301-2004. Инженерно-геологические изыскания на закарстованных территориях Пермской области. – Пермь, 2005. -120с. 5. Катаев В.Н. Методология и практика сравнительно-оценочного карстологического районирования: Учебное пособие по спецкурсу / Перм. ун-т. – Пермь, 2001. 85с. 6. Костарев В.П. Техногенный карст или антропогенная активизация карста? // Проблемы изучения техногенного карста. – Кунгур, 1988. –С.10-11. 7. Иванов Д.П. Уфимские воронки. Провалы на Самаро-Златоустовской железной дороге. –СПб, 1899. -62с. 8. Костарев В.П., Папиrowая В.Т. Элементы геотехномониторинга на закарстованных территориях Пермского края // Материалы VI Міжнарод. наук. конф. «Моніторинг небезпечних геолог. процесів та еколог. стану середовища». – Київ, 2005.- С.206-208. 9. Костарев В.П. Провалы Кунгуро-Иренского междуречья // Карст. провалы. – Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. –С.60-63. 10. СП50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. – СПб.:ДЕАН, 2005. -304с. 11. Катаев В.Н. О необходимости создания региональной комплексной программы изучения карста // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Материалы регион. науч.-практ. конф. / Перм. ун-т. – Пермь, 2005. С.250-253.