

Е.С. АШПИЗ

Доктор технических наук, МГУПС - МИИТ (Москва)

Тел. (495) 6811913, e-mail: geonika@inbox.ru

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В КАРСТОВЫХ РАЙОНАХ

Наличие карста в основании железнодорожного пути может приводить к деформациям его сооружений, вызывая снижение безопасности движения поездов. В свою очередь железнодорожный путь оказывают влияние на активизацию карстового процесса в основании. Характер и степень взаимного влияния железнодорожного пути и карстующихся пород, прежде всего, зависит от инженерно-геологических условий территории прохождения железнодорожной линии.

Карстовые процессы и явления имеют проявления на многих железных дорогах России. Особенно, они распространены на Горьковской, Куйбышевской и Свердловской железных дорогах.

Опасность карста, влияющая на надежность железнодорожных сооружений, обусловлена:

- вероятностью образования в основании сооружений различных поверхностных проявлений карста в виде провалов, оседаний и др.;

- наличием и формированием в основании инженерных сооружений, а также в зонах, примыкающих к тоннелям, подземных проявлений карста в виде полостей, обводнённых сильно трещиноватых и разуплотнённых зон и т.п.

Сложность обнаружения и прогнозирования опасного развития карстовых процессов, влияющих на безопасность движения поездов, определяется большой глубиной залегания пород, подверженных карстовым процессам, которая может составлять десятки метров, а также протяженностью участков железнодорожной линии, проходящей по закарстованной территории измеряемой десятками километров. Поэтому важным является создание на железных дорогах эффективной системы мониторинга и проведение превентивных противокарстовых мероприятий, которые бы даже на весьма карстоопасных участках обеспечивали необходимый уровень безопасности движения поездов.

С 1997 года по 2011 год на железных дорогах России действовала специальная инструкция, учитывающая особенности эксплуатации пути в карстоопасных районах (Инструкция, 1997), для которой потребовалась переработка, так как она не согласуется с изменившейся за последние годы в стране и на железнодорожном транспорте нормативной базой. Кроме того, за прошедший период были усовершенствованы методы инструментальной диагностики и мониторинга за состоянием земляного полотна железных дорог, позволяющие повысить безопасность движения поездов, что не учитывалось Инструкцией 1997 года.

Основу новой инструкции, которая была разработана в МИИТе на кафедре «Путь и путевое хозяйство» в 2011 году (Инструкция, 2011) составила методика оценки карстового риска, базирующейся на положениях принятой в ОАО

«РЖД» «Концепции комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте (УРРАН)» (Концепция, 2010).

Было предложено для обеспечения необходимого уровня безопасности движения поездов, регламентировать состав мониторинга и выполнение мероприятий по противокарстовой защите на участках железнодорожных линий, расположенных в пределах карстующихся пород, в зависимости от степени их опасности. При этом выполняется категорирование опасности карста на каждом километре из всего выделенного протяжения участков линий, расположенных в пределах распространения карстующихся пород.

Категорирование километров проводится в зависимости от типа карстующихся пород и характеристик карстовых проявлений в полосе по 50 м в каждую сторону от земляного полотна.

В качестве характеристик карстовых проявлений принимается:

- количество обнаруженных карстовых воронок (N);
- средний (d) и максимальный (d_{\max}) диаметры воронок;
- минимальное расстояние (L) от бровки свежего провала (возрастом до 10 лет) до подошвы земляного полотна.

Карстовый риск определяется как вероятность P_r повреждения пути и его сооружений карстовыми деформациями (прежде всего, карстовыми провалами) с возможными негативными последствиями экономического, социального и (или) экологического характера. Значение P_r оценивается как удельное значение количества провалов, отнесённое на 1 км пути за единицу времени, равную 10 годам.

Вероятности повреждения пути P_r карстовыми провалами на каждом километре карстоопасного участка при достаточно длинном ряде наблюдений определяются статистическими методами по удельной интенсивности провалообразования λ на единице площади в единицу времени. При отсутствии статистически достаточного ряда наблюдений на карстоопасном участке пути вероятность повреждения пути P_r карстовыми провалами определяется приближенно по оценке опасности карстовых провалов в зависимости от обнаруженных проявлений карста на откосах земляного полотна и в полосе отвода (таблица 1). Качественная оценка частоты возникновения провалов для назначения уровней допустимых рисков принимается по аналогии с оценкой рисков для других сооружений (Атлас, 2005) и представлена также в таблице 1.

Категория опасности карста принимается, исходя из анализа всех параметров карстовых проявлений, по худшему их сочетанию. При значительных техногенных воздействиях на геологическую среду категория карстовой опасности изменяется на одну градацию выше. Категории карстовой опасности необходимо ежегодно уточнять по результатам проводимых осмотров и мониторинга карстоопасных участков. Для участков весьма опасного карста следует наметить программу инженерных изысканий с определением в основании под путем наличия и опасности подземных карстовых проявлений, по результатам этих изысканий уточняются категории

карстовой опасности и разрабатываются мероприятия противокарстовой защиты.

Таблица 1 – Вероятность повреждения пути P_r карстовыми провалами

Опасность карста	Вероятность повреждения пути провалом P_r , штук на км пути* за 10 лет	Частота возникновения опасного события
Практически неопасный	< 0,01	Крайне редкое
Малоопасный	0,01 – 0,02	Редкое
Умеренно опасный	0,02 – 0,05	Случайное
Опасный	0,05 – 0,2	Вероятное
Весьма опасный	> 0,2	Частое

* При этом зона оценки проявлений карста принимается по 50 м в каждую сторону от бровки основной площадки земляного полотна.

При оценке карстового риска должна быть установлены:

1) потенциально возможные типы и подтипы карстового риска на рассматриваемом карстоопасном участке;

2) характер и степень влияния различных техногенных воздействий на развитие карстовых и карстово-суффозионных процессов как непосредственно на рассматриваемом участке пути (инfiltrация воды из водоотводных сооружений, статические нагрузки и вибродинамические воздействия поездов и др.), так и на окружающей территории (подтопление, откачка подземных вод, добыча полезных ископаемых и др.);

3) закономерности (механизмы) формирования различных поверхностных и подземных проявлений карста в основании земляного полотна и искусственных сооружений;

4) количественные характеристики тех или иных проявлений карста, определяющих вероятность поражения ими верхнего строения пути, земляного полотна и искусственных сооружений;

5) прогнозируемые размеры проявлений карста, которые необходимы для назначения и проектирования противокарстовой защиты.

Уровни тяжести опасных ситуаций, возникающих из-за карстовых проявлений, по своим последствиям зависят от типа и подтипа карстового риска и места их проявления относительно пути. Уровни тяжести приняты на основе классификации Концепции 2010, а их соответствие типам карстовых проявлений представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Уровни тяжести последствий опасных ситуаций при карстовых проявлениях

Тип карстового риска	Уровень тяжести вероятных последствий
Опасность провалов под основной площадкой земляного полотна диаметром более 3 м	Катастрофический
Опасность провалов под основной площадкой земляного полотна диаметром не более 3 м и под земляным полотном вне основной площадки диаметром более 3 м	Критический
Опасность провалов диаметром не более 3 м под земляным полотном и в полосе отвода любого диаметра	Несущественный
Опасность локальных оседаний, просадок, неравномерных осадок под основной площадкой земляного полотна	Критический*, Несущественный
Опасность локальных оседаний, просадок, неравномерных осадок вне основной площадки земляного полотна	Незначительный
Опасность нарушения устойчивости кровли карстовых полостей под фундаментами опор мостов	Критический
Опасность подземных проявлений карста в сжимаемой толще основания над подошвой фундамента	Несущественный
Опасность повышенного водопритока трещинно-карстовых вод в тоннели	Незначительный
Опасность карстового риска загрязнением подземных вод с поверхности в пределах жилых территорий	Критический** Несущественный
Опасность карстового риска загрязнением подземных вод с поверхности вне жилых территорий	Незначительный

* - для участков скоростного движения пассажирских поездов

** - осложненная вероятностью разлива наливных продуктов

Оценка карстового риска должна осуществляться по результатам комплекса инженерных изысканий (инженерно-геологических, инженерно-геодезических, геотехнических, инженерно-экологических), а также выполнения мониторинга. Такая оценка должна в максимальной степени учитывать региональные особенности развития карста и специфику железнодорожных сооружений на рассматриваемом карстоопасном участке пути.

Содержание участков железнодорожного пути в районах распространения карста для обеспечения безопасности движения поездов включает:

- усиленный надзор за состоянием верхнего строения пути, земляного полотна, его обустройств, искусственных сооружений, полосы отвода, имеющих устройств и сооружений противокарстовой защиты;
- мониторинг карстоопасных участков пути;

- проведение работ по предупреждению появления и развития карстовых деформаций;
- своевременное устранение неисправностей пути;
- принятие неотложных мер при обнаружении карстовых деформаций для обеспечения безопасного движения поездов.

Надзор за состоянием пути в районах распространения карста выполняется работниками дистанций пути и состоит из осмотров и проверок состояния верхнего строения пути и земляного полотна, его обустройств и полосы отвода. Частота осмотров и сроки их проведения определяются в зависимости от степени карстового риска, и регламентируется местной инструкцией, в которых отражаются особенности текущего содержания пути. Они должны учитывать специфичные инженерно-геологические и эксплуатационные условия на конкретных участках. Местные инструкции составляются техническим отделом дистанции пути, согласовываются с инженерно-геологической базой службы пути и утверждаются начальником дистанции пути.

За карстоопасными участками устанавливается мониторинг, который выполняется работниками дорожных диагностических центров и входящих в него инженерно-геологических баз и путеобследовательских станций по земляному полотну. К мониторингу могут также привлекаться научные и специализированные организации в области карстоведения.

Мониторинг проводится в соответствии с положениями «Технологического регламента диагностики и режимных наблюдений объектов земляного полотна для постоянной эксплуатации» (Технологический регламент, 2007). Программа мониторинга карстоопасных участков определяется в зависимости от степени карстового риска и конкретных условий участка.

При проведении работ по предупреждению появления и развития карстовых деформаций и своевременному устранению неисправностей пути основное внимание обращается на обеспечение исправного и быстрого отвода воды от земляного полотна и с прилегающей территории в полосу отвода, максимально быстрому устранению трещин и других поверхностных форм проявления карста.

Наиболее опасные участки должны оборудоваться контрольно-оповестительной системой обнаружения карстовых деформаций, технические требования к которой согласовываются с Управлением пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры.

Сведения обо всех карстоопасных участках пути, полученные в ходе осмотров, наблюдений и мониторинга заносятся в «Паспорт карстоопасного участка». По результатам мониторинга карстоопасных участков пути в пределах дороги инженерно-геологической базой или путеобследовательской станцией ежегодно составляется отчёт с рекомендациями по проведению соответствующих мероприятий противокарстовой защиты.

Список литературы

Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Под общей ред. С.К. Шойгу. – М.: ИГЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005.

Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути в карстоопасных работах. ЦПИ - 22/1. – М.: издательство Центра внедрения новой техники и технологий «Транспорт» МПС России, 1997.

Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути в карстоопасных районах / ЦП ОАО «РЖД», 2011.

Концепция комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте, утверждена ОАО «РЖД» 31 июля 2010 г.

Технологический регламент диагностики и режимных наблюдений объектов земляного полотна для постоянной эксплуатации / ОАО «РЖД», МИИТ. – М.: НИИТКД, 2007.