

В общем случае грунты, имеющие контакт с телом опор, наблюдаются более влажными, чем на удалении 15 – 20 м от них.

В результате проведенных обследований были получены также радиолокационные изображения грунтов, залегающих в основании фундаментов береговых опор. Бурение скважин и пенетрационный каротаж вблизи них оказался невозможным по двум причинам: малый (1,5 – 1,5 м) подмостовой габарит (в одном случае) и бетонный лоток (в другом). Интерпретация РЛИ грунтов, залегающих вблизи опор железнодорожного моста через р. Ясельда, позволила сделать выводы о том, что:

- фундаменты обоих опор наблюдаются на РЛИ сплошными, а их подошва имеет ступенчатую форму;
- средняя часть подошвы фундаментов (протяженностью 6,0 – 8,0 м) залегает на глубине около 4,0 метров, а глубина залегания боковых частей (протяженностью 3,5 – 4,5 м) составляет 3,0 м;
- обрезы фундаментов обоих опор наблюдаются на глубине 1,5 – 2,0 м;
- грунты, залегающие в основании фундаментов до глубины 10 м, наблюдаются рыхлыми и влажными;
- песчано-гравийная подушка под подошвой фундамента наблюдается водонасыщенной.

Анализ аналогичных РЛИ грунтов, залегающих вблизи опор железнодорожного моста через р. Кречет, указывает на следующее:

- обрезы фундаментов обоих опор наблюдаются на глубине около 2 метров, а подошва фундаментов – на глубине 3 метров;
- подповерхностная среда в основании фундаментов вплоть до глубины 7 метров представлена пластами плотных и рыхлых грунтов мощностью около 2 метров, влажными и маловлажными.

Выводы. Комплексирование геологоразведочного и радиолокационного методов при диагностике грунтов позволяет свести к минимуму ошибки интерполяции их свойств в интервале между скважинами особенно в тех случаях, когда грунты являются насыпными, а их свойства и сложение – непредсказуемыми.

Радиолокационные изображения грунтов насыпи по относительной плотности и относительной влажности позволяют наблюдать картину сложения грунтов в трехмерном пространстве и иметь оценочные значения коэффициентов пористости, степени водонасыщения, показателей зондирования грунтов и модуля деформации грунтов. РЛИ позволяют выявить дефектные места в теле насыпи в виде потенциально просадочных участков, мест, где водоотвод не функционирует, и мест в глинистых слоях, через которые атмосферная вода инфильтруется в тело насыпи.

В большинстве случаев с использованием георадиолокационного метода удастся определить размеры фундаментов и оценить свойства грунтов, залегающих в их основании.

УДК 550.87

ГЕОРАДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ ПРИЧИН ОПОЛЗНЕВОГО РАЗРУШЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА 524-м КМ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ВИТЕБСК – СМОЛЕНСК ВЕСНОЙ 2004 г.

А. Б. КАЗАРИН

Пуховичский РОВД Минской области

Б. А. КАЗАРИН

Белорусский национальный технический университет

Р. В. ТАЛЕВ

Комитет архитектуры и градостроительства Мингорисполкома

Железнодорожная линия Витебск – Смоленск была сдана в эксплуатацию в 1868 г. На 524-м км пути земляное полотно расположено на косогоре с высотой склона порядка 20 метров. Подошва склона образует правый берег р. Лучеса. Ретроспективный анализ информации, собранный авторами в 2004 г., показал, что уже на этапе проектирования этого участка дороги были проведены тща-

тельные инженерно-геологические изыскания. Они позволили выявить признаки потенциальной оползневой опасности косогора: наличие глинистых пластов, выклинивающихся на склон, и межпластовых вод, высачивающихся на дневную поверхность склона.

Для обеспечения безопасного движения поездов на данном участке более 100 лет тому назад были выполнены следующие противооползневые мероприятия:

1. Отрыта нагорная канава протяженностью около 350 м, в центре которой устроен водобойный колодец. В нижней части он соединяется с водопропускной галереей, из которой атмосферная вода по естественному руслу попадает в р. Лучеса.

2. Для перехвата межпластовых потоков, залегающих на глубине 7,0 – 8,0 метров сооружена дренажная система глубокого заложения. Она состоит из фильтрационного каменного экрана и водонепроницаемой галереи. Подземные воды через галерею сбрасывались в р. Западная Двина.

3. С целью снижения вероятности возникновения оползневого процесса в нижней части склона устроена терраса.

Первый оползень на 524-м км произошел в 1977 г. В марте 2004 г. после продолжительных проливных дождей, интенсивного таяния снега на склоне, подъема воды в р. Лучеса почти на 8 метров и подрезания правого берега льдом в земляном полотне между путями на участке км 524+500 – км 524+525 образовалась трещина с раскрытием до 5,0 сантиметров. Принятые меры предосторожности свелись к ограничению скорости движения поездов на этом отрезке пути и визуальному наблюдению за состоянием земляного полотна. 26 марта 2004 г. спустя несколько минут после прохождения грузового поезда произошло мгновенное оползание склона косогора с захватом основной площадки по торцам шпал второго пути. Так же, как в 1977 г., ширина оползневой площадки на основной площадке составила около 25 м, но центр оползня сместился в сторону пикета 6/7. Количество оползшего грунта составило около 1500 кубических метров. Язык оползня перекрыл р. Лучеса почти на всю её ширину. Наличие оползневых масс в русле привело к заметному увеличению скорости потока вблизи правого (оползневого) берега и к его интенсивному вымыванию.

После забивки свай вдоль береговой линии, пригрузки нижней части склона каменной наброской и песчано-гравийной смесью и укрепления части склона путем забивки кольев процесс оползания грунта временно прекратился.

В апреле 2004 г. по заданию руководства Управления Белорусской железной дороги нами были проведены обследование аварийного участка с целью установления всех причин, приведших к оползневому разрушению земляного полотна. Был проведен визуальный осмотр аварийного участка и прилегающей к нему территории и выполнено георадарное обследование грунтов земляного полотна и косогора на глубину до 20 метров. Общая площадь обследованного участка составила около 7000 квадратных метров.

При визуальном осмотре было обнаружено интенсивное высачивание подземных вод на двух уровнях 5,5 – 6,0 и 7,5 – 8,0 м (относительно основной площадки). Нагорная канава оказалась заиленной, захлавленной бытовым мусором и заросшей многолетней травяной и кустарниковой растительностью. Водобойный колодец, на момент осмотра, практически не функционировал: талые воды скапливались в небольших вымоинах на дне нагорной канавы. Все места скопления воды располагались в границах оползневой площадки. Было обращено внимание на тот факт, что даже при отсутствии дождей и окончания таяния снега концентрация воды в вымоинах нагорной канавы не уменьшается. Причиной такого уникального явления оказался многолетний круглосуточный неорганизованный сброс сточных вод с территории гаражного кооператива, расположенного частично в зоне отвода железной дороги.

Кроме проблем экологического характера (возможное попадание сточных вод в межпластовую воду, которая используется как питьевая и добывается из открытых колодцев, попадания в р. Лучеса и р. Западная Двина), наличие органики и химических веществ могло с течением времени заметно изменить физико-механические свойства грунтов, залегающих в теле косогора. А значит повлиять на устойчивость его склона.

Функционирование нагорной канавы оказалось малоэффективным также за счет устройства в ней нескольких перемычек из отсыпанного грунта без размещения в низах перемычек водопропускных труб.

В результате георадарного обследования 350-метрового участка основной площадки и 150-метрового участка нагорной канавы (только после её предварительной расчистки) были получены

продольные радиолокационные изображения грунтов по относительной плотности и относительной влажности для каждого кубического дециметра подповерхностной среды. На основании продольных РЛИ были построены поперечные РЛИ грунтов, слагающих насыпь и косогор, с интервалом в 12,5 м и планы расположения подземных вод.

В общем случае, радиолокационное изображение грунтов (РЛИ) представляет собой двумерную цветную (черно-белую) матрицу размером $L_{m1} \times Z_{m2}$ (L – длина профиля, Z – глубина зондирования, m_1 и m_2 – масштабные коэффициенты), размер ячеек которой соответствует разрешаемым георадаром объемам подповерхностной среды, а их цвет (оттенок) – нормированным амплитудам сигналов, отраженных от данных объемов.

Измерения проводились с использованием георадара ЗОНД-10 на частотах 75 и 150 МГц, при вариации поляризационных параметров зондирующего сигнала.

Анализ РЛИ грунтов, залегающих под основной площадкой, по плотности показал, что в теле косогора на глубине до 10 метров наблюдаются три пласта плотных (возможно, глинистых) грунтов А, В, С. Их мощность приблизительно одинакова и составляет 1,0 – 1,2 м, а глубина залегания равна, соответственно, 3,5; 5,5 и 8,5 м. Грунты, залегающие между этими пластами, можно отнести, преимущественно, к категории песков рыхлых и очень рыхлых. На поперечных РЛИ четко наблюдаются уклоны прослоев рыхлых грунтов в сторону склона. В пределах границ оползневого участка значения этих уклонов меняются в пределах от 0,1 до 0,16. Рыхлые грунты повсеместно залегают между балластной призмой пути и кровлей плотного глинистого слоя А. При сравнении поперечных РЛИ между собой было замечено, что за границей оползневого участка пласты глинистых грунтов В и С наблюдаются прерывистыми. Они или не доходят до склона или смыкаются между собой. Это говорит о том, что фильтрационный поток, расположенный между ними, не доходит до склона, а рассеивается в подстилающих песчаных грунтах.

Анализ РЛИ грунтов по влажности показывает наличие в теле косогора нескольких фильтрационных потоков различной интенсивности. Глубина их залегания (от основной площадки) составляет 4,0 – 5,0 м (Φ_1), 6,0 – 7,0 м (Φ_2), 9,0 – 10,0 м (Φ_3) и 14 м (Φ_4). Глубина залегания потока Φ_1 сравнима с глубиной нагорной канавы в границах оползневого участка. Следовательно, источником этого потока являются ненапорные талые воды, атмосферные осадки и сточные воды, сбрасываемые с территории гаражного кооператива. И до тех пор пока этот сброс не прекратится, а профиль лотка нагорной канавы не примет очертания, приданные ему в 1868 году, поток Φ_1 будет существовать. А вместе с ним будет существовать потенциальная угроза оползания склона. Наибольшая мощность потока Φ_1 имеет место на участке км 524+450 – км 524+550, а его интенсивное высачивание на поверхность склона наблюдалось нами у левой кромки оползня.

Второй фильтрационный поток Φ_2 на глубине 6,0 – 7,0 м является напорным. Ширина фильтрационного потока меняется от 2,0 – 4,0 м за пределами границ оползня до 14 – 16 м на оползневом участке. Дренажная система, предназначенная для перехвата этого потока, удовлетворительно функционирует в настоящее время только на отдельных участках. В пределах участка км 524+500 – км 524+550 фильтрация воды частично происходит в обход дренажа.

Поскольку визуальный осмотр галереи дренажной системы, сделанный работниками дистанции пути, не выявил каких-либо существенных дефектов кирпичной кладки, можно предположить, что в 2004 г. произошло нарушение гидроизоляции лотка галереи.

Выводы. Причинами, вызвавшими возникновение оползневого процесса на склоне косогора в районе 524-го км железной дороги Витебск-Смоленск в 1977 г. и его активизацию в 2004 г., являются:

– характер сложения грунтов в теле косогора, при котором в толще глинистых грунтов наблюдаются песчаные водонасыщенные слои и прослойки, имеющие уклон в сторону склона и русла р. Лучеса;

– наличие ненапорных и напорных межпластовых вод, высачивающихся на склоне косогора;

– практически, нулевая эффективность дренажной системы мелкого заложения (нагорной канавы), которая привела к высачиванию на склон ненапорных вод;

– неполный перехват напорных фильтрационных вод дренажной системой глубокого заложения, который приводит их частичному (пока) высачиванию на склон;

– наличие органических соединений в ненапорном фильтрационном потоке и вызываемых ими необратимых изменений физико-механических свойств в глинистых грунтах;

- динамические нагрузки от движения поездов, вызывающие интенсивное капиллярное поднятие воды из нижележащих водонесущих слоев и нарушение сцепления между песчаными и глинистыми грунтами;
- ударно-вибрационное воздействие льдин, подрез береговой части склона во время ледохода;
- насыщение водой грунтов склона за счет интенсивного таяния снега на склоне, проливных дождей и подъема воды в р. Лючеса во время паводка;
- возникновение избыточного гидростатического давления внутри берегового участка склона при изменении уровня паводковой воды в р. Лучесса и образования обратных капиллярных потоков.

УДК 625.2.08: 625.17

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Н. И. КАРПУЩЕНКО, Д. В. ВЕЛИЧКО, Е. А. КИЗАТОВ
Сибирский государственный университет путей сообщения

Анализ безопасности движения поездов на дорогах России в период 1992 – 2002 гг. показал, что реализация за это время основных направлений работы по предупреждению аварийности привела к существенному уменьшению числа нарушений условий безопасности движения. К 1997 г. число аварий и крушений сократилось в 3,6 раза, сходов – в 7,3 раза. Во многом это объясняется резким спадом грузонапряженности в период 1992 – 1998 гг. Однако в период 1998 – 2003 гг., несмотря на проводимую на железных дорогах работу по снижению аварийности, дальнейшего улучшения не произошло. Более того, в 2001 г. по сравнению с 2000 г. допущен двукратный рост числа крушений, в 1,7 раза увеличилось число сходов подвижного состава в грузовых поездах.

Стабильная ситуация по сходам (за период 1997 – 2000 гг. на уровне 50 случаев) была нарушена за счет резкого увеличения числа сходов порожних грузовых вагонов (76 % всех сходов).

Анализ распределения сходов по основным хозяйствам железных дорог показал, что 39 % сходов произошло из-за неисправностей пути и 51 % – из-за неисправностей подвижного состава. Причиной большого числа сходов порожних вагонов является неблагоприятное сочетание нескольких факторов:

- состояние геометрии пути в кривых радиусом менее 700 м;
- состояние ходовых частей вагонов с короткой базой и жестким кузовом (цистерны, хоппера) при движении со скоростью более 60 км/ч;
- трибологическое состояние головки рельса;
- режим ведения поезда большой длины (более 60 вагонов).

Положение с безопасностью движения в путевом хозяйстве железных дорог в 2003 г. оставалось неблагоприятным. Общее количество случаев брака возросло на 15 % сходов в поездах и сходов при маневрах – на 6 %.

Основными причинами допущенных сходов вагонов в поездах явились отступления от норм в содержании пути и отводов ширины колеи и уровня – 71 %, выбросы пути – 3,6 %, нарушения технологии путевых работ – 5,5 %, неограждения места путевых работ – 3,6 %, изломы рельсов – 1,8 %, неисправности стрелочных переводов – 1,8 %.

В 2003 г. вагонами-путеизмерителями, ЦНИИ-4, имеющими статус путеобследовательских станций ЦП МПС, проверено 729,5 тыс. км пути при плановом задании 714 тыс. км, что составило 102 %. Средняя протяженность проверенных путей за месяц на один вагон составила 3,8 тыс. км.

Выдано 35534 предупреждения об ограничении скорости движения поездов, из них 60 закрытий, 92 – до 15 км/ч, 1190 – до 25, 6002 – до 40, 24 615 – до 60, 3575 – более 60 км/ч. Как результат, предотвращены возможные нарушения безопасности движения поездов.