

УДК 624.131.5:622.02

Н.Ю. Никулин, С.М. Простов, Р.Ю. Зима, Е.О. Тихонов

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ И СВОЙСТВ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ УЧАСТКА ЖЕЛЕЗНОДОРЖНОГО ПУТИ НА УГОЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ “КРАСНОБРОДСКИЙ”

Объектом изучения<sup>1</sup> является участок железнодорожного пути, соединяющий станцию Угольная, которая выполняет функции углесборочного пункта, и станцию Тырган. Станция Угольная принимает порожние составы со станции Тырган, расформировывает их и отправляет составы вагонов на угольные склады, а также формирует из них угольные маршруты массовой нормой 6000 т брутто и отправляет их на станцию примыкания Тырган. Объем перевозимой товарной продукции в год составляет 1500 тыс. т рядового угля, 300 тыс. т сортового угля и 1200 тыс. т отсева. При транспортировке используются тяговые агрегаты ОПЭ-1 в составе с 46 думпкарами грузоподъемностью от 64 т до 69 т. Общая протяженность исследуемого участка железнодорожного пути составляет 5,5 км.

Первый этап изыскательских работ подразумевал визуальное обследование, которое позволило выявить 3 потенциально опасных склонных к оползнеобразованию участка, расположение которых можно проследить на рис. 1. Участок №1, протяженностью 210 м, приурочен к естественному логу и является насыпью, пересекающей лог. Характер визуальных проявлений деформаций земной поверхности (рис. 2) свидетельствует о быстро развивающемся нарушении устойчивости в форме провала с частичным смещением по склону лога. На потенциально опасном участке при визуальном обследовании выявлена заиленность водопропускной трубы на входе на 60 % и на выходе на 80 %. Участки № 2 и № 3 расположены на склонах, имеют протяженность соответственно 152 и 184 м. На данных участках прослеживается просадка рельсов, нарушен естественный сток талых и дождевых вод и, как следствие, сверху по склону образовалась заболоченность, что может привести к развитию оползневого процесса. Схема процесса оползнеобразования отображена на рис. 3.

Для изучения геологических условий пробурены 3 скважины, глубиной 5 м каждая. План рас-

положения скважин приведен на рис. 1. Скв. №1 вскрыла суглинок субаэральный, светлобурый, твердый, макропористый карбонатизированный. Скв. №2 с поверхности насыпи вскрыла щебенистый грунт делювиальный с суглинистым заполнителем до 40%, бурый, полутвердый, под которым залегает щебенистый грунт делювиальный и суглинок субаэральный, светлобурый, твердый, макропористый, карбонатизированный.

Скв. №3 вскрыла насыпной грунт, ниже кото-

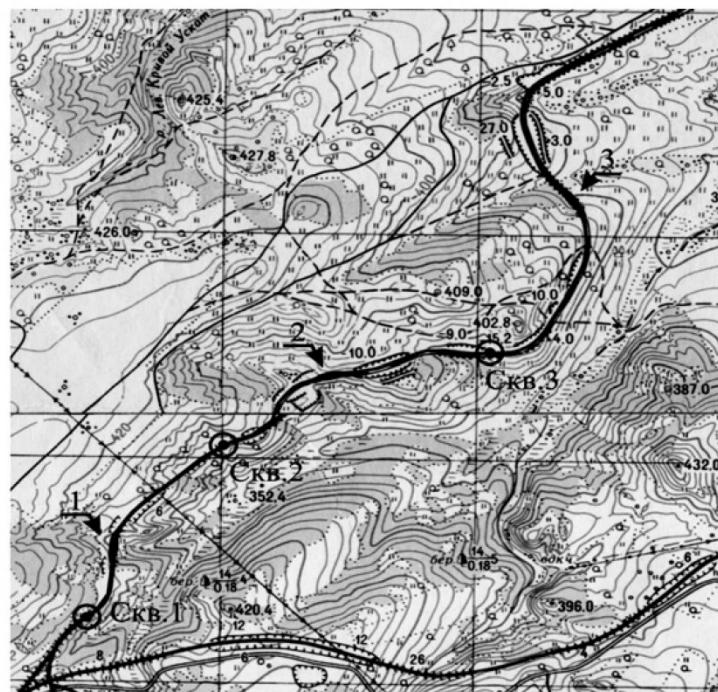


Рис. 1. Обзорная карта района работ:  
1, 2, 3 – потенциально опасные участки;  
Скв. 1–3 – инженерно-геологические скважины

рого залегает щебенистый грунт делювиальный с суглинистым заполнителем, бурый, полутвердый. Физико-механические свойства грунтов получены путем отбора монолитов из скважин, по которым был выполнен комплекс лабораторных исследований. Инженерно-геологические колонки и физико-механические характеристики грунтов приведены на рис. 4.

Для детального изучения грунтового основания ж/д пути выбран участок № 1 (см. рис. 1) с максимально выраженными проявлениями процессов просадки и оползнеобразования. Для выявления основных причин и факторов, определяющих течение процессов нарушения устойчивости грунтовых масс, определения распо-

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках реализации ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009–2013 годы



Рис. 2. Фотография потенциально опасного участка №1:1 – трещины разрыва

ложения и границ потенциально оползнеопасных участков были проведены инструментальные ис-

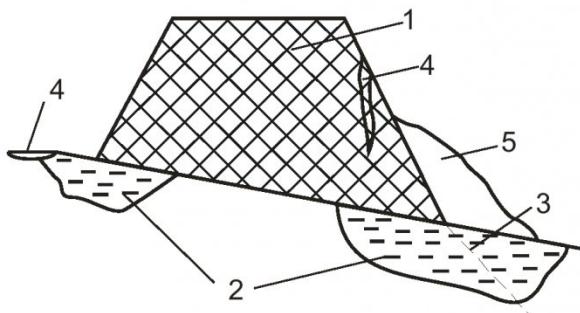


Рис. 3. Схема процесса оползнеобразования:  
1 – насыпь основания ж/д пути; 2 – зоны ослабления и водонасыщения грунтов; 3 – источник

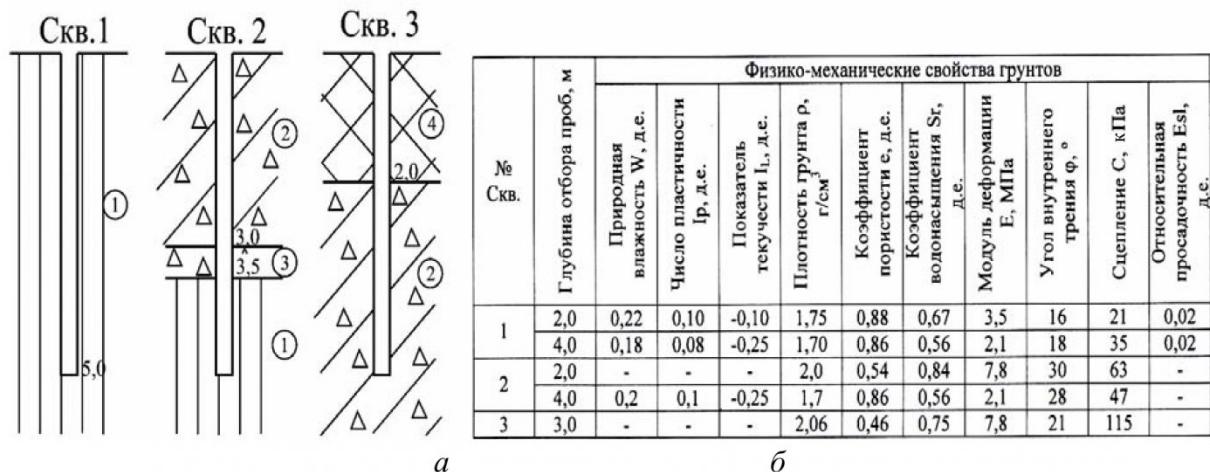


Рис. 4. Инженерно-геологическая колонка (а), физико-механические свойства грунтов (б) на опытном участке: Скв. 1–3 – Инженерно-геологические скважины; 1 – суглинок субазральный, светлобурый, твердый, макропористый, карбонатизированный; 2 – щебенистый грунт делювиальный с суглинистым заполнителем до 40 %, бурый; 3 – щебенистый грунт делювиальный; 4 – насыпной грунт в виде смеси щебня и суглинка, плотный, слежавшийся

следования этого участка различными методами, куда вошли маркшейдерские измерения, электрофизический контроль и георадиолокация.

Расположение профилей электромагнитного сканирования, точек вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и точек маркшейдерских измерений приведено на рис. 5.

Маркшейдерские измерения на аварийном участке железнодорожного пути проводились посредством инструментальных наблюдений за смещениями в плане и по высоте семи наблюдательных точек R1–7, оборудованных на перегоне «ст. Угольная – ст. Тырган» в районе опоры контактной сети №15 (рис. 6). Наблюдательная станция была расположена на устойчивом участке местности за пределами зоны нарушений поверхности земли. Наблюдения проводились на протяжении пяти недель в период с 20.09.2007 по 24.10.2007 гг.

Наблюдательные точки R1–R4 были устроены на расстоянии 21,0–27,5 м от головки рельса ниже по склону от полотна железной дороги. Расстояние между наблюдательными точками составило 8,5–24,0 м.

Кроме того были проведены инструментальные наблюдения непосредственно за смещением полотна железнодорожного пути на этом же участке по трем точкам R5–R7.

Результаты измерений смещения наблюдательных точек показали следующее (рис. 6):

- отмечено смещение всех наблюдательных точек относительно первоначального положения;
- амплитуды смещений наблюдательных точек R1–R4 в горизонтальной плоскости составили 0,59–2,69 м;

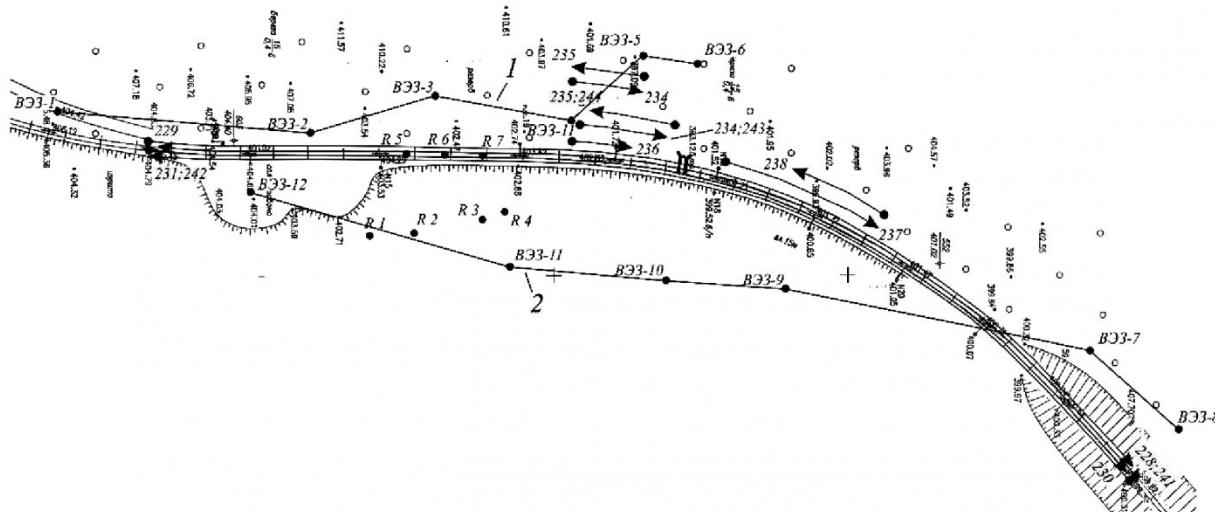


Рис. 5. План опытного участка: ВЭЗ-1 – точка вертикального электрического зондирования; R1 – маркшейдерская наблюдательная точка (репер); → 237 – профиль электромагнитного сканирования: 1 – профиль по верховому откосу; 2 – профиль по низовому откосу

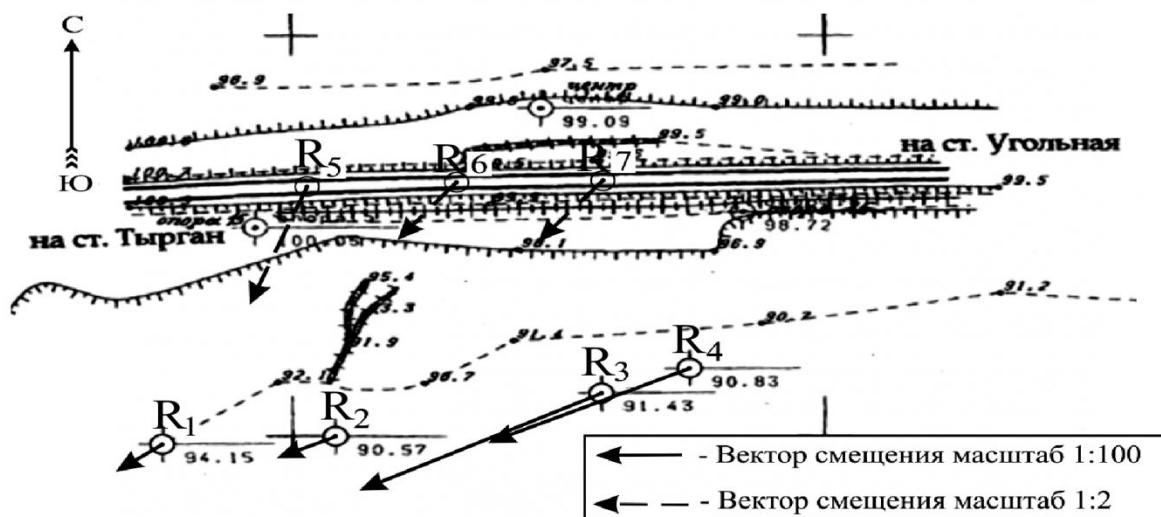


Рис. 6. План смещения маркшейдерских наблюдательных точек:  
R1–R7 – маркшейдерские наблюдательные точки (реперы)

- смещение наблюдательных точек в вертикальной плоскости составило первые сантиметры как в сторону повышения, так и в сторону понижения;

- смещение точек R5–R7 в плане направлено в юго-восточном направлении, в сторону уменьшения абсолютных отметок рельефа, амплитуды смещения отдельных точек составили 0,01–0,05 м.

Геофизические исследования проводились методом эффективных удельных сопротивлений (УЭС) на постоянном токе с помощью комплекта аппаратуры, включающего штыревые металлические электроды, электроразведочный автокомпенсатор АЭ-72 по методикам вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

Метод эффективного УЭС основан на определении электропроводящих свойствах горных пород на постоянном токе. Он предполагает

контактный метод измерений, т.е. наличие гальванического контакта между электродом и исследуемой средой.

Анализ графиков ВЭЗ (рис. 7) показывает, что резкие отрицательные аномалии наблюдаются на верховом откосе пути (ВЭЗ 1–6) на интервалах  $AB = 2$ –15 м (ВЭЗ-1) и  $AB = 3$ –20 м. (ВЭЗ-6). На остальных точках ВЭЗ этого профиля характерных аномалий не зафиксировано.

На низовом откосе (рис. 8) аномалии наблюдаются на всех графиках и интерпретируются как влагонасыщенная зона в естественном основании насыпи.

По окончанию изыскательских работ на участке проявления оползневых явлений проведено электромагнитное сканирование грунтов основания насыпи для уточнения границ распространения аномальных зон в плане и по глубине.

Георадиолокационный метод изучения геологической среды для нашей страны является все еще технологически новым методом. Непрерывно расширяется аппаратурная база, создаются и уже используются георадары и многоканальные специализированные приборы, для обследования автомобильных дорог и железнодорожных насыпей [1, 2].

Ранее проведенные работы ООО "НО-ОЦЕНТР-Д" [3, 4] по изучению состояния грунтов, показали эффективность применения метода подповерхностного электромагнитного сканирования при выявлении аномальных зон. Георадиолокация, так же как и сейсморазведка, является волновым методом, поэтому методические приемы, которые используются при геологической интерпретации сейсмических данных, стали применяться и при анализе материалов георадиолокации. Разработанная методика интерпретации георадиолокационных данных, приведенная в ра-

боте [3], хорошо себя зарекомендовала и была повторно опробована при изучении строения грунтов в данных условиях.

Сканирование грунтов проведено системой продольных профилей вдоль оси железнодорожной ветки и в непосредственной близости к очагу проявления процессов оседания. Схема расположения профилей представлена на рис. 5.

Результатами проведенных исследований являются комплексы радарограмм. Наиболее характерные радарограммы, полученные по профилям №№ 231, 236, 238, представлены на рис. 9. Они позволили установить границы распространения аномальных зон (зона пучения и зона разуплотнения грунтов, склонная к проявлению карстово-суффозионных процессов).

Вынесение данных зон на карту проведения работ позволило проследить распространение ослабленных грунтов на глубине 1, 2 и 3 м (рис. 10).

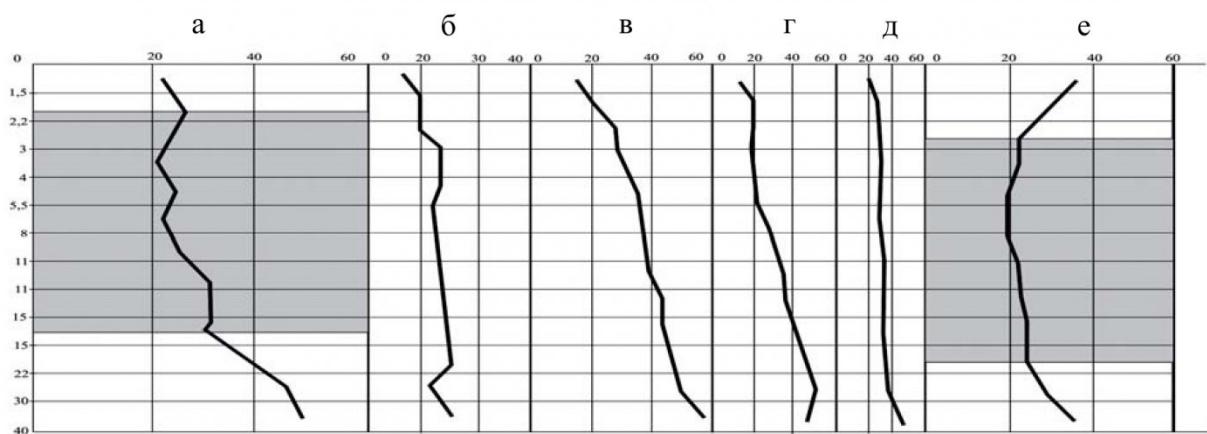


Рис. 7. Графики изменения УЭС на участках верхового откоса:  
ВЭЗ-1 (а); ВЭЗ-2 (б); ВЭЗ-3 (в); ВЭЗ-4 (г); ВЭЗ-5 (д); ВЭЗ-6 (е):  
■ – зона аномально низких значений УЭС

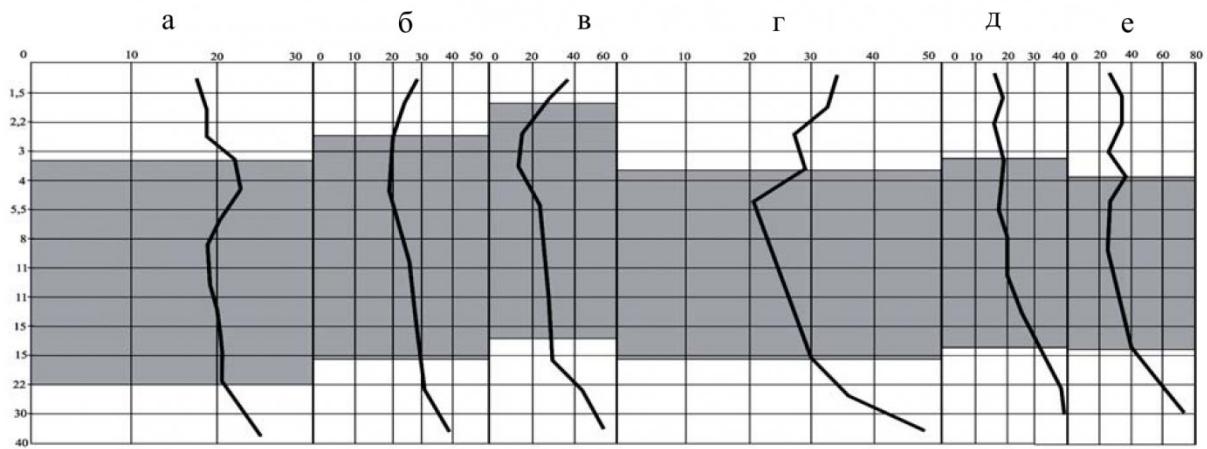


Рис. 8. Графики изменения УЭС на участках низового откоса:  
ВЭЗ-12 (а); ВЭЗ-11 (б); ВЭЗ-10 (в); ВЭЗ-9 (г); ВЭЗ-7 (д); ВЭЗ-8 (е):  
■ – зона аномально низких значений УЭС

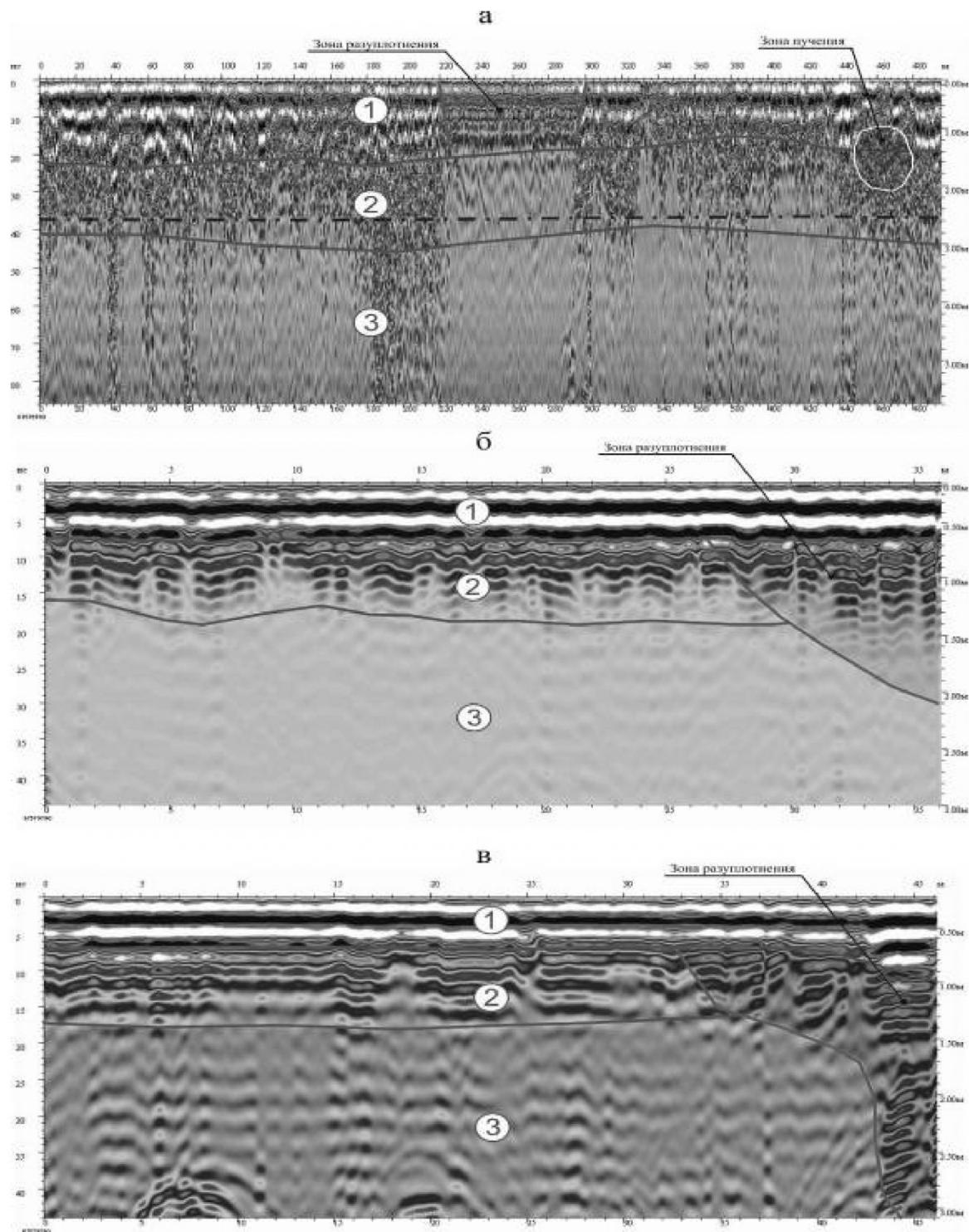


Рис. 9. Характерные радарограммы по профилям №231 (а), №236 (б), №238 (в):  
1–3 – инженерно-геологические элементы

Характер распространения аномальных зон позволил установить, что одной из основных причин влагонасыщения и оползнеобразования грунтов естественного основания насыпи является несовершенство водоотводных мероприятий, что привело к образованию заболоченостей вдоль лога выше насыпи.

В соответствии с результатами исследований дана рекомендация разработать проект по организации дренажных траншей для отведения талых и родниковых вод и понижения отметки основания водопропускной трубы для недопущения скапливания атмосферных осадков.

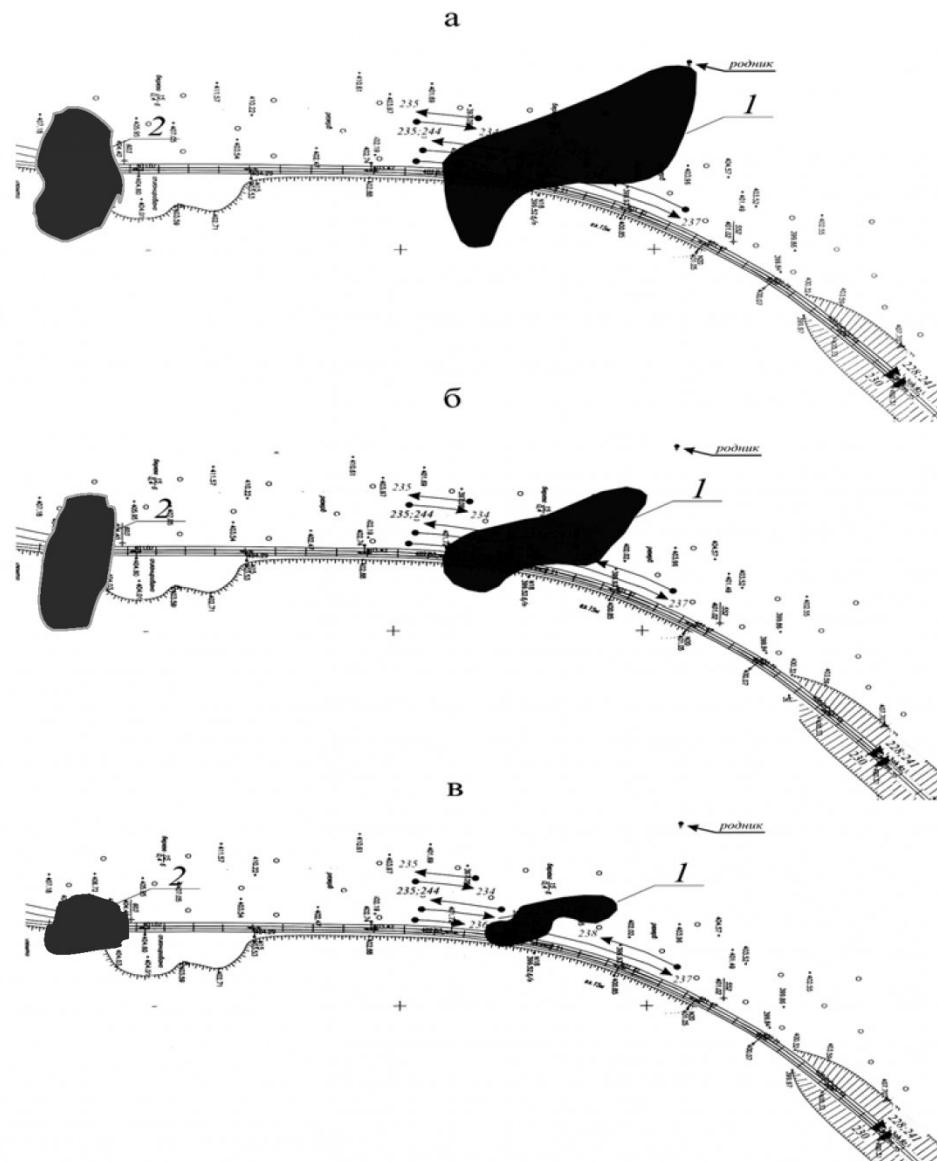


Рис. 10. Карта распространения аномальных зон на глубине 1 м (а), 2 м (б), 3 м (в):  
 1 – зона распространения разуплотненных грунтов; 2 – зона распространения грунтов, подверженных пучению;  
 235 – профиль электромагнитного сканирования и его номер

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Старовойтова, А. В. Интерпретация георадиолокационных данных. – М. : Изд – МГУ, 2008. – 192 с.
- Простов, С. М. Электромагнитный геоконтроль процессов укрепления грунтов/ С. М. Простов, О. В. Герасимов, Е. А. Малыцев; РАЕН. – Томск: Изд-во ТГУ, 2007. – 211 с.
- Никулин, Н. Ю. Геолого-электромагнитный мониторинг при ликвидации аварии тоннеля глубокого заложения / Н. Ю. Никулин, С. М. Простов, О. В. Герасимов / Управление механическими процессами дезинтеграции инъекционного уплотнения и переработки горных пород // Мат-лы науч.-практ. конф. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2009. – С. 167–175.
- Простов, С. М. Геолого-электромагнитный мониторинг грунтового основания сооружения / С. М. Простов, О. В. Герасимов, Н. Ю. Никулин, Д. А. Зубов // ГИАБ. – 2009. – № 5. – С. 266–269.

□ Авторы статьи:

Простов Сергей Михайлович – докт.техн.наук, проф. теоретической и геотехни- ческой механики Куз- ГТУ. Тел (3842) 39-63-36, e – mail <a href="mailto:raen@kuzstu.ru">raen@kuzstu.ru</a> .	Никулин Николай Юрьевич – инженер геодезической группы ООО "НОЦЕНТР -Д", т. 69-15-91 e-mail п.у. <a href="mailto:nikulin@mail.ru">nikulin@mail.ru</a> .	Зима Родион Юрьевич – студ. КузГТУ ( гр. ФП-051), т. 60-54-61 e-mail <a href="mailto:luck_niggazz@ru">luck_niggazz@ru</a> .	Тихонов Евгений Олегович – студ.КузГТУ (гр. ФП-051), т. 53-51-31 e-mail <a href="mailto:shuten666@ru">shuten666@ru</a> .
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------