
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

ГОСТ Р
*(проект,
первая редакция)*

Дороги автомобильные общего пользования

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

Георадиолокационные методы обследования

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва
Российский институт стандартизации
2024

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ») Федерального дорожного агентства Российской Федерации

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 418 «Дорожное хозяйство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от №

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в годовом (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения национального органа Российской Федерации по стандартизации.

Содержание

1	Область применения.....	
2	Нормативные ссылки.....	
3	Термины и определения.....	
4	Общие положения.....	
5	Требования к оборудованию и инструментам.....	
6	Методика обследования грунтов основания земляного полотна георадиолокационным методом.....	
6.1	Методика определения пространственного положения ослабленных зон.....	
6.1.1	Общие положения и методика работ.....	
6.1.2	Обработка и интерпретация результатов обследования.....	
6.1.3	Контроль результатов обследования.....	
6.2	Методика определения объемов замены непригодного грунта.....	
6.2.1	Геодезический метод	
6.2.2	Георадиолокационный метод	
6.2.3	Контроль результатов обследования.....	
7	Методика операционного георадиолокационного контроля при устройстве слоев земляного полотна	
7.1	Методика определения содержания и размера мерзлых комьев, неоднородных включений в грунтах насыпи.....	
7.1.1	Общие положения и методика работ.....	
7.1.2	Обработка и интерпретация результатов обследования.....	
7.1.3	Контроль результатов обследования.....	
7.2	Методика георадиолокационного обследования однородности по типу и разновидности по геофизическим признакам грунтов земляного полотна	
7.2.1	Общие положения и методика работ.....	

7.2.2	Обработка и интерпретация результатов обследования.....
7.2.3	Контроль результатов обследования.....
7.3	Методика определения плотности (коэффициента уплотнения) грунтов.....
7.3.1	Общие положения и методика работ.....
7.3.2	Обработка и интерпретация результатов обследования.....
7.3.3	Контроль результатов обследования.....
Приложение А	(справочное) Геофизические признаки определения ослабленных зон в грунтах естественного основания.....
Приложение Б	(справочное) Пример выполнения атрибутивного анализа для определения ослабленных зон в грунтах естественного основания
Приложение В	(справочное) Методика расчета объема замены непригодного грунта по смежным поперечным профилям.....
Приложение Г	(справочное) Примеры радарограмм для определения однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна
Приложение Д	(справочное) Диэлектрическая проницаемость пород и материалов
Приложение Е	(справочное) Пример определения однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна с использованием атрибутивного анализа.....
Приложение Ж	(справочное) Пример определения однородности уплотнения слоя земляного полотна с использованием атрибутивного анализа
	Библиография.....

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дороги автомобильные общего пользования

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

Георадиолокационные методы обследования

Automobile roads of general use.

Road bed.

GPR survey methods

Дата введения —

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на георадиолокационные методы обследования грунтов земляного полотна и естественного основания при строительстве и реконструкции автомобильных дорог общего пользования.

Настоящий стандарт устанавливает требования к методикам обследования грунтов естественного основания и земляного полотна на этапе операционного контроля георадиолокационными методами.

Настоящий стандарт не распространяется на выполнение работ на территории распространения многолетнемерзлых грунтов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 12071-2014 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов

Проект, первая редакция

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

ГОСТ 12248.1-2020 Грунты. Определение характеристик прочности методом одноплоскостного среза

ГОСТ 12248.2-2020 Грунты. Определение характеристик прочности методом одноосного сжатия

ГОСТ 12248.3-2020 Грунты. Определение характеристик прочности и деформируемости методом трехосного сжатия

ГОСТ 25358-2020 Грунты. Метод полевого определения температуры

ГОСТ 30416-2020 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения

ГОСТ 32731-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению строительного контроля

ГОСТ 32836-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Изыскания автомобильных дорог. Общие требования

ГОСТ 32868-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению инженерно-геологических изысканий

ГОСТ 32869-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению топографо-геодезических изысканий

ГОСТ 33063-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов

ГОСТ 33100-2023 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог

ГОСТ 33146-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Трубы дорожные водопропускные. Методы контроля

ГОСТ 33149-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях

ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик

ГОСТ Р 51872-2019 Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения

ГОСТ Р 53607-2009 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических и землеустроительных работ. Определение относительных координат по измерениям псевдодальностей. Основные положения

ГОСТ Р 53611-2009 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических и землеустроительных работ. Общие технические требования

ГОСТ Р 54476-2011 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик сопротивляемости сдвигу грунтов в дорожном строительстве

ГОСТ Р 57371-2016 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Оценка точности определения местоположения. Основные положения

ГОСТ Р 58349-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Методы измерения толщины слоев дорожной одежды

ГОСТ Р 59120-2021 Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования

ГОСТ Р 59864.1-2022 Дороги автомобильные общего пользования. Земляное полотно. Технические требования

ГОСТ Р 59864.2-2022 Дороги автомобильные общего пользования. Земляное полотно. Методы измерения геометрических параметров

ГОСТ Р 59866-2022 Дороги автомобильные общего пользования. Показатели деформативности конструктивных слоев дорожной одежды из несвязных материалов и грунтов земляного полотна. Технические требования и методы определения

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85

СП 446.1325800.2019 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил и/или классификаторов) в информационной системе общего пользования - на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку".

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 33063, ГОСТ 30416, ГОСТ Р 59866, ГОСТ Р 58349, ГОСТ Р 54476, ГОСТ Р 59864.1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 атрибутный анализ георадарных данных: Определение характеристик волнового поля (атрибутов сигнала) на радарограмме с целью получения дополнительной информации о состоянии объекта исследования.

Примечание - Примеры атрибутов: максимальная амплитуда и спектральная частота сигнала.

3.2 выработка: Искусственно созданная полость в толще горных пород, грунтов и строительных конструкций (буровая скважина, керн, шурф, штольня и т.д.).

3.3 высокочастотные антенные блоки: Антенные блоки с центральной частотой более 900 МГц.

3.4

<p>георадар: Устройство, предназначенное для получения радиолокационного изображения отражающих границ подповерхностных объектов вдоль разреза или на площади.</p>

[ГОСТ 33146-2014, пункт 3.26]

3.5 георадиолокационная трасса: Последовательная совокупность выборок, зарегистрированных георадаром за определенный период времени, соответствующая прохождению одиночного электромагнитного импульса вглубь среды и его возвращению от отражающих границ.

3.6 георадиолокационная съемка: Запись георадиолокационных данных георадаром и представление полученной информации о среде в форме радарограммы.

3.7 георадиолокационный контроль: Совокупность действий, связанных с записью георадаром и обработкой георадиолокационных данных, позволяющая оценить соответствие контролируемого параметра.

3.8 георадиолокационные методы: Совокупность неразрушающих методов обследования грунтов и материалов

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

сооружений с помощью коротких электромагнитных импульсов, отличающихся способом контакта со средой (контактный, бесконтактный, скважинный), технологией работ (профилирование на постоянной базе, зондирование на переменной базе).

3.9 геологическая заверка: Установление соответствия между результатами георадиолокационного обследования и фактическими данными о свойствах обследуемых грунтов и геометрических размеров слоев земляного полотна и подстилающего основания с использованием контрольных выработок.

3.10 глубинность георадиолокационной съемки: Максимальная глубина зафиксированного объекта, отраженная волна от которого может быть выделена на радарограмме.

3.11 захватка: Участок строящейся дороги с повторяющимися производственными процессами, составом и объемом работ, на котором расположены основные производственные средства, выполняющие одну или несколько совмещенных по времени рабочих операций специализированного потока.

3.12 зона обводнения грунта земляного полотна: Область грунта земляного полотна, характеризующая свойства грунта при влажности свыше максимально возможной при коэффициенте уплотнения грунта 0,9.

Примечание - обводнение грунта земляного полотна возможно в местах нарушения сплошности водопропускных труб, а также на участках подтопления в период паводков.

3.13 зона обводнения грунта основания земляного полотна: Область грунта естественного основания земляного полотна, характеризующая свойства грунта при коэффициенте водонасыщения от 0,8 до 1,0 для песков или показателем текучести глинистых грунтов более 0,75.

3.14 зона переувлажнения грунта земляного полотна: Область грунта земляного полотна, характеризующая свойства грунта при влажности в диапазоне от допустимой до максимально возможной при коэффициенте уплотнения грунта 0,9.

3.15 зона переувлажнения грунта основания земляного полотна: Область грунта естественного основания земляного полотна, характеризующая свойства грунта при коэффициенте водонасыщения от 0,5 до 0,8 для песков или показателе текучести глинистых грунтов от 0,5 до 0,75.

3.16 зона разуплотнения: Область грунта как естественного основания, так и земляного полотна, характеризующаяся коэффициентом пористости гравелистых, крупных и средних песков более 0,55, мелких и пылеватых песков – более 0,60, степенью плотности песчаного грунта равным или менее 0,66.

3.17 интерпретация результатов георадарного обследования: Описание и векторизация вертикального разреза автомобильной дороги по результатам обработки и анализа георадарного профиля.

3.18 контактные антенные блоки: Антенные блоки, работающие без отрыва от поверхности обследуемой среды.

3.19 максимальная амплитуда: Максимальное абсолютное значение амплитуды сигнала в выбранном временном окне георадиолокационной трассы.

3.20 мерзлые комья: Обособленные тела из мерзлого грунта, имеющие разную пространственную форму, отрицательную температуру, содержащие включения льда, снега и/или порового льда.

3.21 непригодный грунт: Грунт основания земляного полотна, подлежащий замене.

3.22 низкочастотные антенные блоки: Антенные блоки с центральной частотой менее 400 МГц.

3.23 однородность свойств материала: Отсутствие отклонений в физико-механических свойствах материалов слоев дорожной одежды и грунтов земляного полотна более допустимых значений, которое оценивается коэффициентом вариации физико-механических свойств грунтов и материалов.

3.24 ослабленная зона: Локальный участок земляного полотна и (или) естественного основания, характеризующийся ослаблением прочностных и деформационных характеристик грунтов по сравнению с характерными среде свойствами, которое вызвано изменением физических свойств в процессе эксплуатации автомобильной дороги от действия природных и техногенных факторов.

3.25 ось синфазности: Линия, соединяющая равные фазы одинаковых сигналов соседних георадиолокационных трасс.

3.26 профилирование: Запись георадиолокационного профиля по длине обследуемого участка.

3.27 радарограмма (георадиолокационный профиль): Совокупность георадиолокационных трасс, формирующая непрерывный временной электрофизический разрез изучаемой среды.

3.28 разрешающая способность по глубине: Минимальное расстояние по глубине, на котором могут быть различимы два отражающих объекта или их детали.

3.29 скопления мерзлых комьев: Область внутри отдельно устраиваемого грунтового слоя земляного полотна и/или искусственно созданного под ним основания автомобильной дороги, непрерывно содержащая мерзлые комья на участке протяженностью более $2/3$ толщины уплотняемого слоя.

3.30 спектральная частота: Частота, соответствующая максимальной спектральной амплитуде сигнала.

3.31 среднечастотные антенные блоки: Антенные блоки с центральной частотой от 400 до 900 МГц.

3.32 характерные точки: Места смены глубины и ширины котлована, в котором осуществляется замена непригодных грунтов естественного основания, где необходимо выполнить дополнительные определения размеров поперечного сечения с целью обеспечения корректного последующего расчета объемов замененного грунта.

3.33 электротомография (ЭТ): Геофизический метод, относящийся к группе методов сопротивлений, модификация метода вертикального электрического зондирования с использованием многоэлектродных электроразведочных кос, предназначенный для получения двумерных геоэлектрических разрезов путем инверсии профильных данных.

4 Общие положения

4.1 Положениями настоящего стандарта следует руководствоваться для обеспечения исполнения требований ТР ТС 014/2011 [1]. Настоящий стандарт развивает и дополняет требования ГОСТ Р 59864.1 и ГОСТ Р 59864.2.

Георадиолокационные методы позволяют посредством излучения и регистрации отклика короткого электромагнитного сигнала от слоев земляного полотна или грунтов естественного основания получить непрерывную информацию об их внутреннем строении в диапазоне глубин согласно 5.4.

При обследовании естественного основания и грунтов земляного полотна следует применять георадар с контактными антенными блоками в режиме профилирования.

4.2 Георадиолокационное обследование грунтов естественного основания для установления пространственного положения ослабленных зон и участков непригодного грунта естественного основания в межскважинном пространстве, а также определение глубины и объемов замены непригодного грунта необходимо

выполнять до проведения основных работ по строительству земляного полотна.

Георадиолокационное обследование земляного полотна для определения содержания и размера скоплений мерзлых комьев, неоднородных включений; однородности по типу и разновидности по геофизическим признакам; однородности по плотности (коэффициенту уплотнения) грунтов необходимо выполнять в процессе устройства каждого слоя земляного полотна (в рамках операционного контроля).

4.3 К выполнению работ георадиолокационным методом допускаются специалисты с профильным высшим образованием в области строительства и инженерных изысканий, прошедшие обучение по работе с георадаром, имеющие соответствующие документы о повышении квалификации или подтвержденный опыт работы с георадаром при обследовании автомобильных дорог не менее одного года.

Для обработки и интерпретации георадиолокационных данных рекомендуется использовать инструменты автоматизированной интерпретации георадарных данных с последующим контролем оператора.

4.4 Виды выполняемых работ в рамках обследования грунтов естественного основания с целью обнаружения в нем ослабленных зон назначаются по результатам анализа материалов проектной (рабочей) документации, результатов инженерных изысканий и рекогносцировочного обследования.

Виды выполняемых работ в рамках операционного контроля строительства земляного полотна назначаются в соответствии с требованиями ГОСТ 32731 и настоящего ГОСТ Р с учетом рабочей документации и проекта производства работ.

4.5 Разрушающие прямые методы следует применять в соответствии с требованиями ГОСТ 32868 в объемах,

предусмотренных ГОСТ Р 59864.1.

4.6 Определение физических характеристик проб грунтов земляного полотна и естественного основания (влажность, плотность) следует выполнять согласно ГОСТ 5180.

4.7 Нижеприведенные технические требования к устраиваемому земляному полотну необходимо принимать по ГОСТ Р 59864.1:

- допустимые к использованию грунты земляного полотна;
- влажность грунтов при уплотнении;
- коэффициент уплотнения грунта;
- содержание и размер мерзлых комьев в насыпях;
- содержание в грунте посторонних предметов;
- показатели деформативности рабочего слоя земляного полотна.

4.8 Требования, перечисленные в 4.7 к земляному полотну, следует контролировать как точно традиционными методами, так и непрерывно с помощью георадара, руководствуясь критериями, приведенными в методиках настоящего стандарта.

4.9 Геологическую заверку результатов георадиолокационной съемки следует выполнять прямыми разрушающими методами, предусмотренными ГОСТ Р 59864.1, методами определения показателей деформативности грунтов земляного полотна по ГОСТ Р 59866 и лабораторными испытаниями грунтов по ГОСТ 5180 с учетом 4.6.

Отбор, упаковку, транспортирование и хранение образцов грунта для проведения лабораторных испытаний и заверки результатов георадиолокационных исследований следует осуществлять в соответствии с ГОСТ 12071.

4.10 Требования к безопасности выполнения георадиолокационной съемки, а также геологической заверки следует принимать по 7 ГОСТ Р 58349 – 2019, также следует учитывать требования охраны труда по 12 ГОСТ 32868 – 2014.

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

4.10 При проведении комплекса лабораторных испытаний по определению физических характеристик грунта согласно 4.6 необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные ГОСТ 12.1.007.

4.11 Все используемое оборудование и инструменты необходимо применять в соответствии и в условиях, допустимых инструкциями по их эксплуатации с учетом 5.

4.12 Требования к условиям выполнения геодезических и геофизических работ, а также геологической заверки следует принимать аналогично разделу 8 ГОСТ Р 58349 – 2019.

4.13 Применение георадиолокационного метода не допускается для исследования засоленных, а также переувлажненных грунтов согласно таблицам 36 и 38 ГОСТ 33063 –2014 (за исключением задач поиска ослабленных зон).

5 Требования к оборудованию и инструментам

5.1 Требования к оборудованию для инженерно-геологических изысканий и геофизических исследований, а также аппаратуре для получения и обработки инженерно-геологических данных следует принимать по 6 ГОСТ 32868-2014.

5.2 Координатная привязка начала и конца каждого геофизического профиля, мест проходки выработок и отбора проб должна осуществляться с использованием геодезического оборудования в соответствии с требованиями 9.5 и с погрешностью согласно Таблицы А.2 (для кинематической съемки) по ГОСТ 32869-2014 или иными геодезическими приборами и другими методами с погрешностью не хуже указанной.

Допускается привязка георадарных профилей с помощью датчика пути к линейному строительному пикетажу. Требования к результатам определения расстояния по датчику пути следует принимать согласно

ГОСТ Р 58349-2019 (п. 5.3).

5.3 Оборудование и инструмент для отбора, транспортирования и хранения образцов должны соответствовать требованиям раздела 4 ГОСТ 12071 – 2014.

5.4 Георадиолокационное оборудование должно соответствовать требованиям ГОСТ 32868 – 2014 (п.6.2) и ГОСТ Р 58349 – 2019 (п.5.3).

При выполнении георадарных исследований следует применять антенные блоки согласно таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Используемые антенные блоки при различных видах работ

Вид работ	Ориентировочная частота антенного блока, МГц
Обследование естественного грунтового основания	50 - 400
Операционный контроль при послойном возведении земляного полотна при толщине слоя до 30 см при толщине слоя более 30 см	400
	200-400

6 Методика обследования грунтов основания земляного полотна георадиолокационным методом

6.1 Методика определения пространственного положения ослабленных зон

Настоящую методику необходимо применять на этапе подготовки рабочей документации на участках обследования грунтов естественного основания для уточнения местоположения и локализации размеров ослабленных зон.

6.1.1 Общие положения и методика работ

6.1.1.1 Определение пространственного положения ослабленных зон в основании земляного полотна следует выполнять после удаления почвенно-растительного слоя.

Работы по определению и уточнению пространственного положения ослабленных зон в грунтах естественного основания земляного полотна должны производиться по результатам анализа проектной документации на участках, требующих детализации в продольном и поперечном направлениях.

6.1.1.2 Рекомендуемые частоты антенных блоков для изучения естественного основания и локализации ослабленных зон приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Рекомендуемые частоты антенных блоков

Глубина исследования	Частота антенного блока, МГц
До 3 м	400
От 3 м до 6 м	200 - 400
От 6 м до 10 м	100 - 200
От 10 м до 18* м	50 - 100
*с учетом 4.11	

Не допускается применение любых разновидностей георадарного оборудования в диапазонах глубин, не указанных в таблице 6.1.

6.1.1.3 Георадарное обследование на участке возведения насыпи земляного полотна должно выполняться сетью продольных и поперечных профилей с использованием набора частот антенных блоков согласно таблице 6.1 в пределах полосы отвода. Расстояние между продольными георадарными профилями должно составлять не менее 5 м. Назначение мест продольных проходов георадара с вышеуказанным шагом следует выполнять симметрично, начиная от оси трассы.

Непосредственно в поле необходимо выполнять предварительную обработку полученных продольных георадарных профилей с целью первичного определения участков записи сигнала, которые могут идентифицироваться по результатам обработки как ослабленные зоны (см. 6.1.2.3). В идентифицированных местах расположения ослабленных зон следует выполнять поперечные георадарные профили.

На каждом выбранном участке необходимо производить съемку 3-х поперечных профилей с выходом за границу ослабленной зоны на 3 м, но не далее, чем на 3 м от границы полосы отвода.

6.1.1.4 Другие геофизические методы необходимо применять согласно СП 446.1325800.2019 в тех случаях, когда данных георадиолокационных исследований недостаточно для всестороннего изучения состояния естественного основания.

В качестве рекомендуемого дополнительного метода определения ослабленных зон в грунтах естественного основания допускается использовать метод электротомографии согласно СП 446.1325800.2019.

6.1.2 Обработка и интерпретация результатов обследования

6.1.2.1 Алгоритм обработки георадарных данных для определения ослабленных зон в грунтах естественного основания земляного полотна необходимо принимать аналогичным требованиям ГОСТ Р 58349 – 2019 (п. 11.2).

6.1.2.2 Для локализации ослабленных зон сначала необходимо выполнять качественный анализ георадарных данных: на радарограммах выделяются участки с отличающимся типом записи. Качественные признаки определения ослабленных зон на радарограммах приведены в Приложении А.

6.1.2.3 Допускается использовать процедуры и алгоритмы обработки георадарных данных в специализированных программах для выделения ослабленных зон в автоматизированном режиме на основании атрибутного анализа.

Пример выполнения атрибутного анализа для выделения ослабленных зон естественного основания приведен в Приложении Б.

Количественными геофизическими признаками ослабленной зоны в основании строящейся автомобильной дороги являются:

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

- для обводненных связных грунтов: снижение максимума амплитуды сигнала не менее чем на 40% относительно средних значений на участке обследования; снижение спектральной частоты более чем на 30% относительно центральной частоты использованного антенного блока;

- для переувлажненных связных грунтов: увеличение максимума амплитуды сигнала более чем в 2-2,5 раза по отношению к средним значениям; снижение спектральной частоты более чем в 3 раза относительно центральной частоты антенного блока.

6.1.2.4 Результаты определения ослабленных зон на каждом георадарном профиле следует сохранять в виде ведомости с указанием:

- наименования объекта (титул объекта обследования, строительный пикетаж);

- даты выполнения обследования;

- погодных условий (температура воздуха, наличие осадков, ветра);

- центральной частоты антенного блока;

- параметров сканирования (шаг сканирования, см; развертка сигнала, нс);

- номеров продольных/поперечных георадарных профилей.

Информацию о выявленных ослабленных зонах следует оформлять в форме таблицы 6.2.

Таблица 6.2 – Форма представления результатов выявленных ослабленных зон по продольным/поперечным георадарным профилям

Местоположение ослабленной зоны, км	Координаты ослабленных зон (при наличии)	Диапазон глубины ослабленной зоны Z, м	Атрибутивная характеристика ослабленной зоны (при наличии)	Вид ослабленной зоны (переувлажнение, обводнение)
-------------------------------------	--	--	--	---

начало	конец	X, м (долгота)		Y, м (широта)		верх	низ	наименование атрибута	характеристика атрибута	
		начало	конец	начало	конец					

6.1.3 Контроль результатов обследования

6.1.3.1 Места проходки контрольных выработок необходимо определять по результатам интерпретации геофизических данных. Точки заверочного бурения следует назначать в створе георадарного профиля, в местах, где на радарограмме в грунтах естественного основания выделены ослабленные зоны по критериям, указанным в п. 6.1.2.3.

6.1.3.2 Для заверки необходимо выполнить выработку не менее, чем в одной точке выявленной ослабленной зоны на глубину не менее чем на 1 м ниже ее подошвы. Для контроля наличия ослабленных зон следует выполнить отбор и лабораторные испытания по 4.4 не менее одной пробы на глубине выявленной ослабленной зоны и не менее одной пробы над и (или) под ней.

6.2 Методика определения объемов замены непригодного грунта

Настоящую методику следует применять с целью непрерывного операционного контроля подготовки основания земляного полотна для исключения в процессе строительства и эксплуатации последующих просадок земляного полотна, на участках с недостаточной глубиной, выполненной замены непригодного грунта.

Расчет объемов замененного непригодного грунта в естественном основании устраиваемого земляного полотна следует выполнять по завершению уплотнения грунтов обратной засыпки. Работы необходимо производить с помощью геодезического и

георадиолокационных методов совместно.

6.2.1 Геодезический метод

Геодезический метод следует применять для определения:

а) фактической протяженности каждого поперечного георадарного профиля по верху обратной засыпки и расстояния между двумя параллельными поперечными георадарными профилями;

б) диэлектрической проницаемости грунта в калибровочных точках.

Геодезические работы следует выполнять по методикам, удовлетворяющим требованиям для подготовки исполнительной геодезической документации по ГОСТ Р 51872.

6.2.2 Георадиолокационный метод

Георадиолокационный метод при обследовании естественного грунтового основания для обеспечения непрерывной информации следует применять между точками геодезической съемки, а также в случаях, когда нет технологической возможности геодезическими методами получить отметки подошвы котлована на участках удаления непригодного грунта.

Порядок проведения полевых работ

6.2.2.1 Порядок проведения обследования георадиолокационным методом предполагает выполнение работ по сети профилей, выполненных проходами поперек участка обратной засыпки (на ширину слоя обратной засыпки) (см. 6.2.2.9).

Количество поперечных профилей должно составлять не менее 3-х, расстояние между ними - не более 10 м.

Дополнительные поперечные георадарные профили необходимо закладывать в характерных точках увеличения или уменьшения ширины и толщины массива грунта обратной засыпки.

Протяженность поперечных георадиолокационных профилей должна обеспечивать захват всей ширины участка обратной засыпки с записью георадарных данных за пределами области замены грунта, не менее чем на 1 м.

При проведении георадиолокационной съемки следует предусмотреть на каждые 50 м не менее одного пересечения георадарного профиля с точкой геологической заверки (исполнительного геодезического контроля мощности грунтов обратной засыпки).

6.2.2.2 Для проведения георадиолокационной съемки с целью определения глубины замены непригодного грунта в основании насыпи необходимо использовать рекомендованные контактные антенные блоки с центральными частотами согласно таблице 6.1.

Обработка и интерпретация результатов обследования

6.2.2.4 Обработку георадарных данных автоматизировано в специализированном программном обеспечении следует выполнять с обязательным контролем оператором. В процессе обработки георадарных данных необходимо:

- определить отражающую границу по длине поперечного профиля, соответствующую подошве грунтов обратной засыпки;
- рассчитать диэлектрическую проницаемость грунта обратной засыпки и определить его толщину в месте геологической заверки (контрольной исполнительной съемки).

Полученные результаты следует выгружать в текстовом формате с шагом не более 1 м по длине профиля.

6.2.2.5 Определение диэлектрической проницаемости грунта следует выполнять согласно ГОСТ Р 58349-2019 (п. 6.2.1). Толщину слоя обратной засыпки в местах контрольной заверки необходимо определять либо по данным геодезических работ в точках, указанных в

6.2.2.1, либо по результатам контрольного бурения с учетом требований ГОСТ 32868.

Информация для расчета объема замены непригодного грунта в основании насыпи оформляются в виде ведомости с указанием:

- наименования объекта (титул объекта обследования, строительный пикетаж);
- погодных условий (температура воздуха, наличие осадков, ветра);
- центральной частоты антенного блока;
- схемы расположения профилей.

Результаты определения толщины замены непригодного грунта в основании насыпи в каждой точке поперечного профиля следует оформлять по форме таблицы 6.3.

Таблица 6.3 – Форма представления толщины замененного грунта

Номер георадарного профиля	№ пикета	Координаты профиля (при наличии) *		Средняя толщина грунта обратной засыпки $H_{i\text{cp}}$, м	Средняя ширина грунтового массива обратной засыпки по кровле и подошве ($b_{(i)\text{cp}}$), м
		Начало X Y, м	Конец X Y, м		

* При отсутствии координатной привязки георадарных профилей выполняется привязка точек определения толщины грунта обратной засыпки к строительному пикетажу и оси автомобильной дороги мерным колесом (лентой) с погрешностью, не превышающей 30 см

6.2.2.6 При выявлении в процессе интерпретации георадарных данных под толщей грунта обратной засыпки признаков остатков не полностью изъятых непригодного грунта, данные о них должны быть оформлены в ведомость по форме таблицы 6.4. Информацию следует выгружать с шагом не более, чем 1 м по длине профиля.

Таблица 6.4 – Форма обнаружения признаков не полностью изъятых непригодного грунта

Расположение профиля*	№ пикета	Координаты (при наличии)		Горизонт слоя не полностью изъятых непригодного грунта, м		Примечание
		X, м	Y, м	от	до	
<p>* Для поперечного профиля направление (лево-право Л-Пр, или наоборот Пр-Л) относительно возрастания пикетажа При отсутствии координатной привязки георадарных профилей согласно 6.2.2.3 выполняется привязка точек определения толщины грунта обратной засыпки к строительному пикетажу и оси автомобильной дороги мерным колесом (лентой) с погрешностью, не превышающей +/- 30 см</p>						

6.2.2.7 В местах обнаружения признаков не полностью изъятых непригодного грунта на глубине, не превышающей указанную в ГОСТ 32868 – 2014 (пункты 8.5 – 8.11), необходимо предусматривать геологическую заверку разрушающими методами.

6.2.2.8 Объем грунта обратной засыпки в основании насыпи следует рассчитывать с учетом информации о ее толщине, определенной по всем георадарным профилям. Для расчёта объема замены непригодного грунта допускается использовать программное обеспечение, выполняющее требования 6.2.2.9.

6.2.2.9 Расчет объема замены непригодного грунта следует выполнять 2 способами:

- а) по смежным поперечным профилям;
- б) методом вычитания поверхностей.

Общий объем замены грунта способом по смежным поперечным профилям необходимо рассчитывать по методике, приведенной в Приложении В.

Результаты определения объема замененного непригодного грунта в основании насыпи способом по смежным поперечным профилям следует оформлять по форме таблицы 6.5.

Таблица 6.5 – Форма представления расчета объема замененного грунта способом по смежным поперечным профилям

Номер поперечного георадарного профиля.	Расстояние между смежными поперечными профилями (i, i+1), м	Средняя площадь смежных поперечных профилей, м ²	Объем между смежных поперечных профилей $V_{i,i+1}$, м ³
i			
i+1			
i+2			
Итого, м ³			

Вычисление объема грунта обратной засыпки методом вычитания поверхностей следует выполнять с использованием специализированного программного обеспечения по автоматизированному проектированию автомобильных дорог, сертифицированного в установленном порядке.

6.2.3 Контроль результатов обследования

6.2.3.1 Контроль результатов георадарного обследования должен осуществляться по данным исполнительной геодезической съемки кровли и подошвы слоя обратной засыпки в местах пересечения со створами георадарных профилей, либо по результатам контрольного бурения с учетом 6.2.2.5.

Места проходки контрольных выработок следует определять по результатам интерпретации георадарных данных, где выделены признаки не полностью удаленного непригодного грунта согласно 6.2.2.6, а также, где четко и однозначно отображается отраженная граница от подошвы толщи обратной засыпки.

6.2.3.2 Выработку по 6.2.2.6 следует выполнять на глубину до грунтов естественного основания, ниже выделенной прогнозируемой линзы непригодного грунта, не менее чем на 0,5 м.

7 Методика операционного георадиолокационного контроля при устройстве слоев земляного полотна

7.1 Методика определения содержания и размера мерзлых комьев, неоднородных включений в грунтах насыпи

7.1.1 Порядок проведения полевых работ

7.1.1.1 Наличие неоднородных включений (посторонних предметов, техногенных объектов и пр.) внутри отсыпаемого слоя при устройстве земляного полотна согласно ГОСТ Р 59864.1 не допускается.

7.1.1.2 Допустимое содержание и размер мерзлых комьев при устройстве земляного полотна регулируется требованиями ГОСТ 59864.1.

Равномерное распределение мерзлых комьев и размер скоплений мерзлых комьев внутри отсыпаемого слоя земляного полотна должно определяться на всю длину захватки.

7.1.1.3 Георадиолокационную съемку необходимо выполнять по сети параллельных продольных профилей, равномерно распределенных на всю ширину земляного полотна. Количество параллельных георадарных профилей зависит от ширины земляного полотна и должно быть не менее трех, при этом расстояние между продольными профилями должно составлять не более 5 м.

Георадиолокационные поперечные профили необходимо выполнять на участках, где в результате предварительной обработки продольных профилей выделены скопления мерзлых комьев по признакам, указанным в 7.1.2.1. Следует записывать по одному поперечному георадиолокационному профилю на каждое выявленное место скопления мерзлых комьев.

7.1.2 Обработка и интерпретация результатов обследования

7.1.2.1 Наличие мерзлых комьев (скоплений мерзлых комьев) или неоднородных включений на радарограммах в пределах устраиваемого

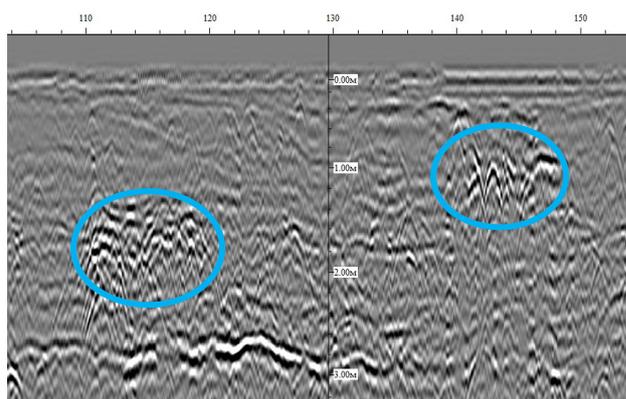
ГОСТ Р (проект, первая редакция)

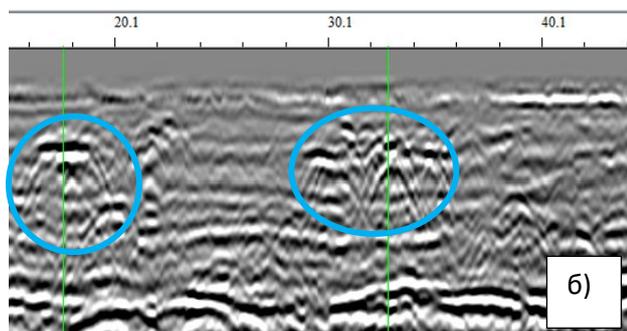
Слоя земляного полотна следует определять согласно признакам, представленным в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Признаки обнаружения мерзлых комьев и неоднородных включений на радарограммах

Признаки	Мерзлые комья	Скопления мерзлых комьев	Неоднородные включения
Тип записи на радарограмме	Одиночные гиперболы дифракции	Скопления близкорасположенных гипербол дифракции, образующих неделимую область, «хаотический» тип волновой картины (неоднородная текстура), интерференция (пересечение) гипербол дифракции между собой	Одиночные гиперболы дифракции, «звенящий» тип волновой картины на всю длину записи
Интенсивность отражённого сигнала	не высокая		высокая
Примечание – контрастные и резкие отражения являются признаком высокой интенсивности, размытые и блеклые – не высокой.			

Примеры отображения скопления мерзлых комьев на радарограммах, полученных различными антенными блоками приведены на рисунке 7.1.





а) 400 МГц, б) 250 МГц

Рисунок 7.1 – Фрагменты радарограмм с выделенными скоплениями мерзлых комьев

7.1.2.2 При обнаружении на георадарных профилях признаков, указанных в табл. 7.2, размер мерзлых комьев (неоднородных включений) в пределах толщины слоя отсыпки следует определять согласно таблицы 7.3.

Таблица 7.3 – Определение размера мерзлых комьев и неоднородных включений в мерзлом грунте

Используемая частота антенного блока, МГц	Размер мерзлых комьев, см при толщине слоя	
	До 30 см	От 30 до 50 см
200 - 300	более 15	более 30
400	более 10	более 15

Размер мерзлых комьев и скоплений мерзлых комьев в теле насыпи не должен превышать $\frac{2}{3}$ толщины устраиваемого слоя земляного полотна согласно ГОСТ Р 59864.1 и должен определяться по максимальному линейному размеру области скоплений на радарограмме.

7.1.2.3 Все выявленные в процессе интерпретации георадарных данных места скопления мерзлых комьев должны быть занесены в ведомость с указанием:

- наименования объекта (титул объекта обследования, строительный пикетаж);
- даты выполнения обследования;
- погодных условий (температура воздуха, наличие осадков,

ветра);

- центральной частоты антенного блока;

- параметров сканирования (шаг сканирования, см; развертка сигнала, нс);

- нумерация продольных/поперечных георадарных профилей.

Информацию о выявленных на радарограммах скоплениях мерзлых комьев следует оформлять в виде таблицы 7.4.

Таблица 7.4 – Форма представления результатов выявленных скоплениях мерзлых комьев по продольным/поперечным георадарным профилям

Местоположение скопления мерзлых комьев, км		Координаты скопления мерзлых комьев (при наличии)				Диапазон глубины Z, м		Примечание
начало	конец	X, м (долгота)		Y, м (широта)		верх	низ	
		начало	конец	начало	конец			

7.1.3 Контроль результатов обследования

7.1.3.1 Для подтверждения и заверки результатов георадарной съемки необходимо выполнять не менее одной выработки в районе обнаружения скопления мерзлых комьев (шурфование) на глубину не менее 10 см ниже обнаруженного скопления мерзлых комьев, но не больше, чем на толщину слоя отсыпки.

Непосредственно в полевых условиях с помощью фотографирования следует зафиксировать наличие мерзлых комьев в выработке на фоне линейки по ГОСТ 427.

7.1.3.2 С целью отслеживания процессов оттаивания и возможной последующей просадки насыпи земляного полотна на участках, где были ранее выделены скопления мерзлых комьев, необходимо периодически выполнять исследования георадиолокационным методом при температурах грунта более 5⁰ С.

Регулярные георадарные профили необходимо выполнять антенными блоками согласно 5.4. На радарограммах необходимо отслеживать наличие скоплений мерзлых комьев по признакам, представленным в таблице 7.2, до их полного отсутствия.

7.1.3.3 После завершения процессов оттаивания мерзлых комьев и консолидации насыпи необходимо выполнить дополнительное уплотнение грунтов земляного полотна согласно СП 78.13330.2012 и провести обязательную геологическую заверку прямыми разрушающими методами с отбором проб и лабораторными исследованиями грунтов на влажность и плотность (коэффициент уплотнения).

7.2 Методика георадиолокационного обследования однородности по типу и разновидности по геофизическим признакам грунтов земляного полотна

Настоящую методику следует применять для грунтов земляного полотна, удовлетворяющего требованиям ГОСТ Р 59864.1 с целью повышения требований к приемке выполненных работ.

7.2.1 Общие положения и методика работ

7.2.1.1 Использование разных видов грунтов в одном слое насыпи земляного полотна регламентируется СП 78.13330.2012 (п.7.3.4).

7.2.1.2 Для определения однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна георадарное обследование должно выполняться по сети продольных профилей, равномерно распределёнными на всю ширину насыпи, с использованием оборудования согласно таблице 5.1. Расстояние между продольными профилями следует принимать по 6.1.1.3.

7.2.1.3 При выполнении полевых работ следует производить предварительную обработку радарограмм с целью первичного

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

определения на них участков записи сигнала (качественный анализ радарограмм согласно таблице Г.1 Приложения Г), которые могут быть идентифицированы как участки отличающегося типа или разновидности грунта. На таких участках необходимо производить съемку не менее трех поперечных профилей на всю ширину земляного полотна с шагом не менее 5 м между профилями.

7.2.1.4 На участках смены типа и (или) разновидности грунтов по геофизическим признакам, приведенным в Приложении Г, должен выполняться отбор проб грунта согласно 7.2.3.

7.2.2 Обработка и интерпретация результатов обследования

7.2.2.1 При обработке георадарных данных следует применять следующие процедуры по ГОСТ Р 58349 – 2019 (п.11.2):

- корректировка отметки поверхности земляного полотна на радарограмме;

- определение фактической диэлектрической проницаемости по ГОСТ Р 58349–2019 (п.6.2.1), используя в качестве калибровочных данных толщины слоев, полученные не менее чем по трем точкам геодезических измерений земляного полотна по ГОСТ Р 59864.2, выбранных в створе прохода георадара в местах разного типа и разновидности грунта по геофизическим признакам. Типы и разновидности грунта с соответствующей им диэлектрической проницаемостью приведены в Приложении Д.

7.2.2.2 Для определения геофизических признаков однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна следует применять атрибутивный анализ (максимум амплитуды, спектральная частота). Количественным признаком изменения однородности следует считать изменение выбранного для расчёта атрибута более чем на 25% для разных типов и разновидностей грунта земляного полотна.

Пример применения методики расчёта атрибута «спектральная частота» сигнала приведен в Приложении Е.

7.2.3 Контроль результатов обследования

7.2.3.1 Для контроля результатов георадиолокационного обследования необходимо выполнять заверочное бурение. Точки заверочного бурения следует назначать в створе георадарного профиля, в местах, где на радарограмме выделены геофизические признаки, приведённые в Приложениях Г и Е.

7.2.3.2 Для заверки необходимо выполнить отбор не менее, чем трех проб на 1000 м² в створе георадарного профиля, где выявлен отличающийся тип или разновидность грунта земляного полотна на глубину не менее 10 см от поверхности технологического слоя, но не больше, чем на толщину слоя отсыпки, с определением физических характеристик грунта по ГОСТ 5180 для установления его типа и разновидности по ГОСТ 25584 и ГОСТ 33063.

7.2.3.3 Результаты лабораторных исследований по 7.2.3.2 сравнивают с характеристиками грунта, полученными при входном контроле.

7.3 Методика определения плотности (коэффициента уплотнения) грунтов

7.3.1 Общие положения и методика работ

7.3.1.1 При операционном контроле качества при устройстве каждого слоя земляного полотна необходимо проверять:

- оптимальную влажность используемого грунта;
- толщину отсыпаемых слоев;
- однородность грунта в слоях насыпи;
- плотность грунта в слоях насыпи.

При устройстве слоев земляного полотна требования к влажности грунта необходимо принимать по ГОСТ Р 59864.1 – 2022 (п.5.2.1), а к коэффициенту уплотнения – по ГОСТ Р 59864.1 – 2022 (п.5.2.2).

7.3.1.2 Порядок отбора проб грунта (число мест отбора в продольном направлении, расстояние между местами отбора проб грунта и дополнительные места отбора проб) следует принимать по ГОСТ Р 59864.1 – 2022 (п.5.2.2).

7.3.1.3 Контроль плотности грунтов каждого слоя земляного полотна следует проводить на глубине согласно требованиям ГОСТ Р 59864.1.

7.3.1.4 Коэффициент уплотнения следует вычислять как отношение плотности сухого (скелета) грунта, полученной по ГОСТ 5180 – 2015 (п.9.4) к максимальной плотности этого же грунта, определенной в соответствии с ГОСТ 22733 – 2016 (п.8). Коэффициент уплотнения грунта слоя не должен быть менее установленного требованиями ГОСТ Р 59864.1 – 2022 (п.5.2.2).

При отсыпке земляного полотна из скальных (крупнообломочных) грунтов коэффициент уплотнения не оценивается, при этом степень уплотнения следует определять по показателям деформативности.

7.3.1.5 Показатели деформативности грунтов земляного полотна должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р 59864.1. Определение данных показателей на стадии строительного контроля следует выполнять методами статического и динамического нагружения согласно ГОСТ Р 59866.

7.3.1.6 Продольные георадарные профили на длину участка захватки, но не менее, чем 100 м, следует выполнять по оси каждой полосы движения непосредственно сразу после первого и после завершающего прохода уплотняющей техники.

До начала выполнения георадарного сканирования грунт исследуемого слоя должен быть увлажнен до оптимальной влажности

согласно ГОСТ Р 59864.1 – 2022 (п.5.2.1). Между первым и завершающим проходом георадара влажность грунтов слоя отсыпки не должна быть ниже требуемой.

7.3.1.7 С целью заверки георадарных данных и определения физических свойств грунтов отсыпаемого слоя земляного полотна в створе каждого прохода георадара необходимо выполнять не менее одной выработки с отбором проб грунта методом режущего кольца в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59864.1. Расстояние между местами отбора проб после первого и завершающего прохода должно быть не более 0,5 м в продольном направлении.

7.3.2 Обработка и интерпретация результатов обследования

7.3.2.1 Для оценки уплотнения слоя земляного полотна следует проводить атрибутивный анализ георадарных данных. Для атрибутивного анализа необходимо использовать георадарные профили в исходном виде без какой-либо обработки, а также без усиления сигнала.

7.3.2.2 Для оценки коэффициента уплотнения необходимо выполнить выгрузку значений атрибута максимум амплитуды сигнала на величину глубины слоя отсыпки для каждого георадарного профиля на весь участок обследования.

Пример выполнения атрибутивного анализа для контроля уплотнения каждого слоя земляного полотна приведен в Приложении Ж.

7.3.2.3 Уплотнение слоя земляного полотна следует оценивать путем сравнения среднего значения максимума амплитуды сигнала, полученного после начального и завершающего проходов уплотняющей техники на всю длину участка обследования.

Среднее значение максимума амплитуды, рассчитанное на каждые 10 м георадарного профиля по длине захватки после завершающего прохода уплотняющей техники, должно быть меньше

ГОСТ Р (проект, первая редакция)

(на 20-30% для песчаного грунта и на 15-25% для глинистого грунта), чем среднее значение максимума амплитуды сигнала на соответствующие каждые 10 м георадарного профиля по длине захватки, рассчитанное после начального прохода уплотняющей техники.

7.3.2.4 Наличие мест с потенциально необеспеченным уплотнением слоя отсыпки грунтов земляного полотна следует оценивать по повышенным значениям максимума амплитуды на каждые 10 м георадарного профиля по длине захватки там, где отмечается превышение атрибута на 10 % и более относительно средних значений по всей протяженности захватки. В таких местах необходимо выполнять заверку и лабораторный контроль результатов георадарного обследования с определением коэффициента уплотнения по ГОСТ Р 59864.1.

7.3.3 Контроль результатов обследования

7.3.3.1 Для подтверждения и заверки результатов георадарной съемки в процессе обследования следует производить не менее одной выработки с отбором пробы грунта по ГОСТ Р 59864.1 на глубину не менее 10 см от поверхности технологического слоя после начального и после завершающего прохода уплотняющей техники. Места отбора проб следует выбирать в створе прохождения георадарных профилей после начального и завершающего проходов уплотняющей техники со смещением не более 20-25 см между выработками.

7.3.3.2 Определение коэффициента уплотнения и лабораторные испытания проб грунтов при контроле результатов обследования следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 5180, ГОСТ 33063, ГОСТ 12536.

7.3.3.3 При определении влажности в пробе менее оптимальной следует увеличивать количество проходов уплотняющей техники, а при

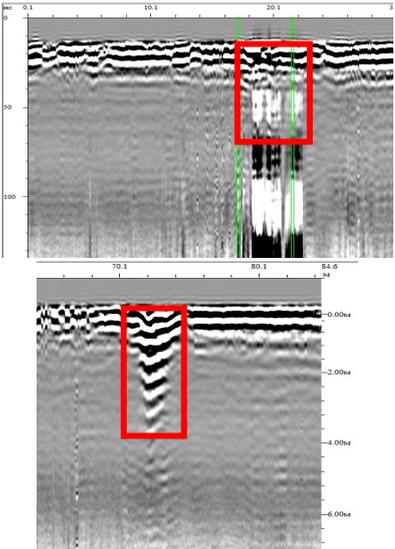
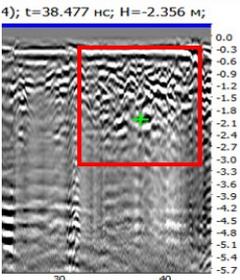
влажности менее допустимых значений, указанных в ГОСТ Р 59864.1 – 2022 (п.5.2.1), следует дополнительно увлажнять грунт.

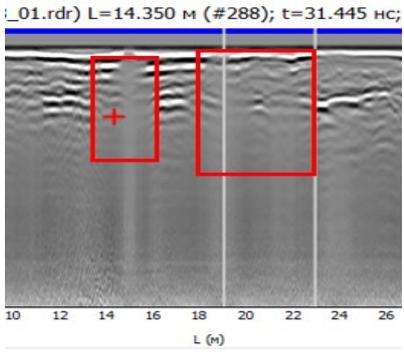
При возведении насыпи из пылеватых песков в летних условиях допустимая влажность не ограничивается. При уплотнении несвязного грунта уплотняющей техникой в соответствии с СП 78.13330.2012 следует проверять достижение требуемого коэффициента уплотнения при естественной влажности грунтов.

Приложение А (справочное)

Геофизические признаки определения ослабленных зон в грунтах естественного основания

Т а б л и ц а А.1 – Геофизические признаки определения ослабленных зон в естественном основании

Ослабленная зона	Качественный признак	Количественный признак
Зона переувлажнения		<p>Увеличение диэлектрической проницаемости в 1,2 – 1,5 раза (уменьшение скорости э/м волны); Увеличение значений атрибута «максимум амплитуды» более чем в 2-2,5 раза по отношению к средним значениям; Снижение «спектральной частоты» более чем в 4,5 раза по отношению к центральной частоте</p>
Зона разуплотнения		<p>Увеличенные значения УЭС в 1,5 и более раз для разуплотненных грунтов в отличие от грунтов, находящихся в ненарушенном состоянии</p>

Зона обводнения		«прозрачный» тип записи (отсутствие отражающих границ)	Увеличение диэлектрической проницаемости в 2 и более раз; Затухание сигнала (снижение амплитуды сигнала не менее чем на 40% относительно средних значений) Снижение спектральной частоты от 40 до 60 % по отношению к центральной частоте
-----------------	---	---	--

Приложение Б (справочное)

Пример выполнения атрибутивного анализа для определения ослабленных зон в грунтах естественного основания

Атрибутивный анализ георадарных данных выполняют с целью определения количественных геофизических признаков, характеризующих ослабленные зоны. Атрибутивный анализ георадарных данных определяет взаимосвязь между качественными изменениями амплитудно-частотных характеристик и изменениями физических свойств грунтов (влажностью и плотностью).

Для выполнения атрибутивного анализа используют радарограммы в исходном виде, без применения усиления. Расчет атрибута выполняется в специальном программном обеспечении для обработки георадарных данных, в окне фиксированной длины по вертикали развертки сигнала. Наиболее распространенными амплитудно-частотными характеристиками, которые оценивают при выполнении атрибутивного анализа, являются максимальная амплитуда сигнала и частота, соответствующая максимальной спектральной амплитуде (спектральная частота).

Максимальная амплитуда определяется как максимальное значение амплитуды сигнала в выбранном окне. Частотный спектр сигнала является результатом прямого преобразования Фурье. Модуль спектра представляет собой амплитудно-частотный спектр сигнала (зависимость амплитуды сигнала от частоты). Частотная характеристика среды определяет качества фильтра низких частот, параметры которого устанавливаются свойствами исследуемых грунтов и факторами, влияющими на распространение волны. Частота максимума, или *спектральная частота* – соответствует максимальной спектральной амплитуде и является основной характеристикой амплитудно-частотного спектра сигнала (рисунок Б.1).

Для расчета атрибута с целью определения ослабленных зон в грунтах естественного основания с антеннами 150 МГц, 250 МГц окно для расчета следует выбирать около 10 нс от поверхности сканирования, что будет соответствовать глубине от 0 м до 0,8 - 1 м (рисунок Б.2).

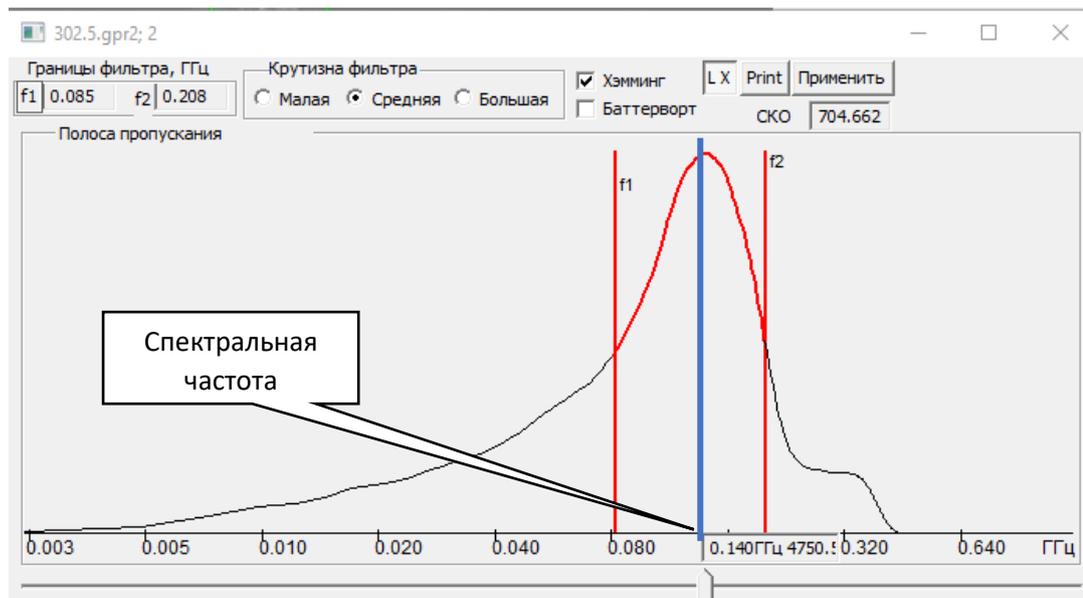
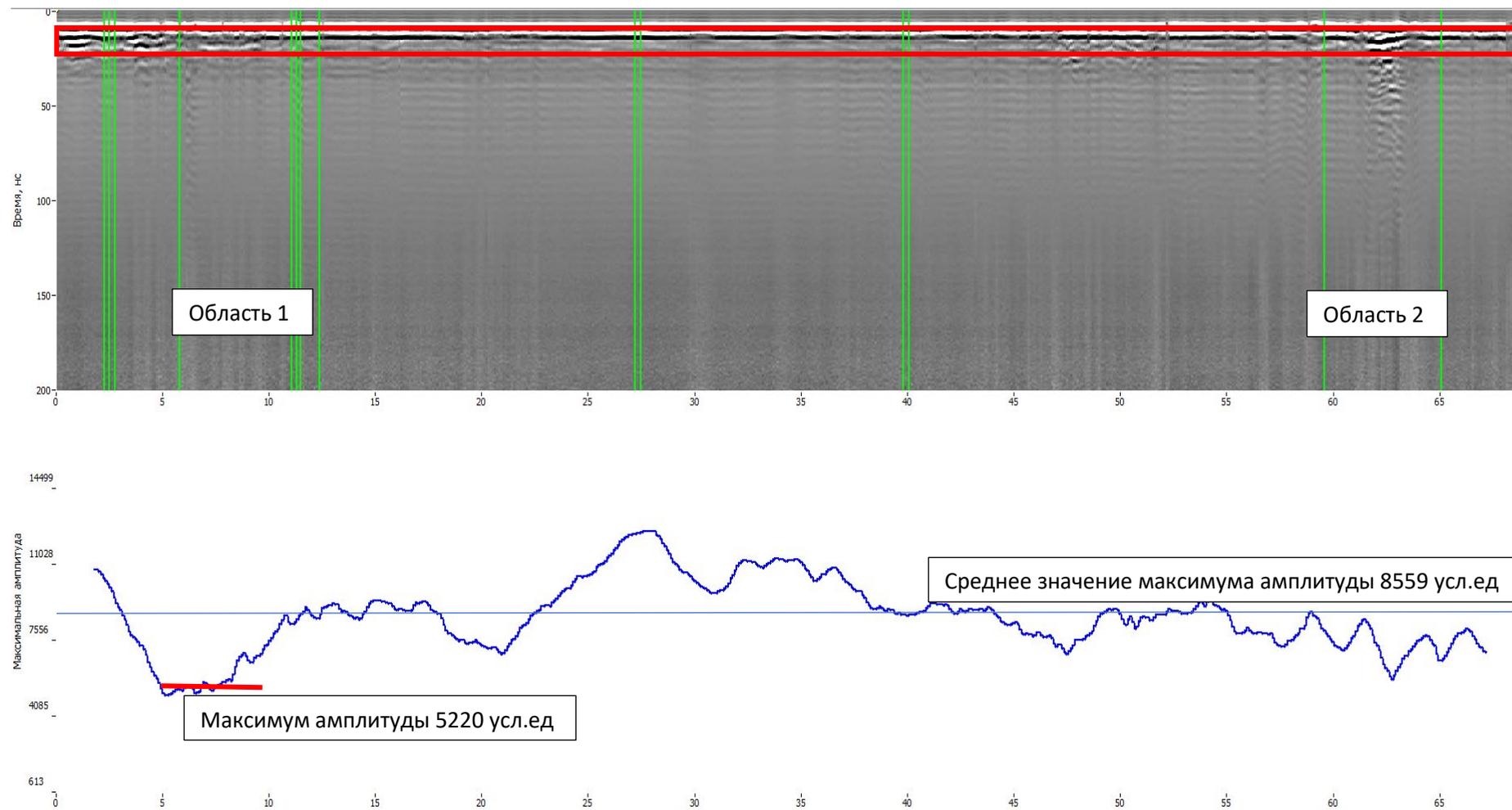


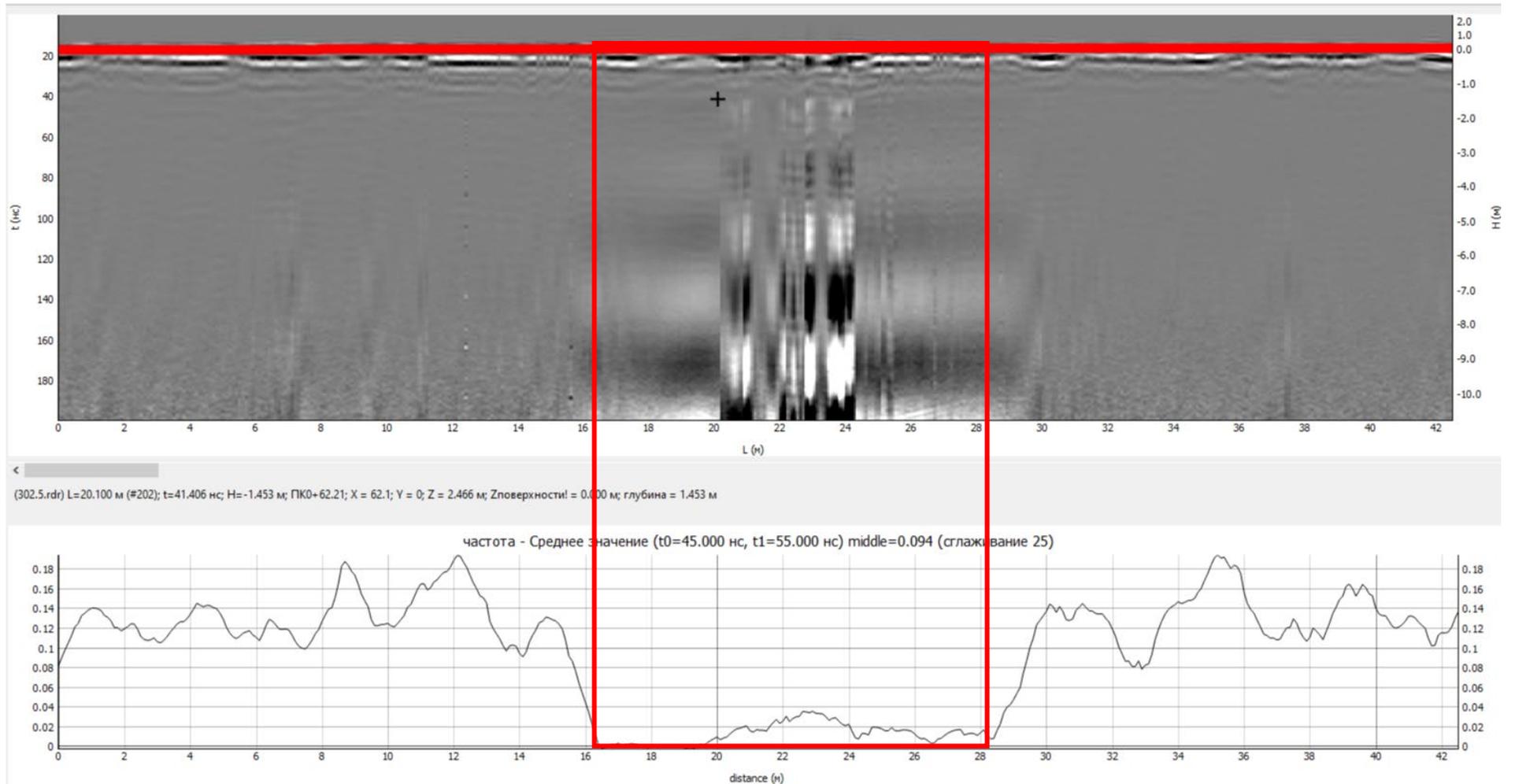
Рисунок Б.1 – Амплитудно-частотный спектр сигнала

Участки графика, где отмечается понижение значения атрибута «максимум амплитуды» на 30-50% и более относительно средних значений говорят о наличии ослабленной зоны, а именно об участке повышенной влажности в грунтах естественного основания.

Рассмотрим график атрибута «спектральная частота», который построен в окне, соответствующем диапазону глубин от 0,5 до 1,5 м от поверхности, по профилю через ослабленную зону (рисунок Б.3). Снижение атрибута «спектральная частота» более чем в 4-5 раз по отношению к центральной частоте использованного антенного блока (250 МГц) является критерием определения переувлажненных грунтов естественного основания.



Красный прямоугольник – окно расчета атрибута 10 нс
Рисунок Б.2 – Пример расчета атрибута максимум амплитуды для антенны 250 МГц через ослабленную зону (Область 1)



Красным выделен участок ослабленной зоны
Рисунок Б.3 – Радарограмма, записанная через ослабленную зону

Приложение В (справочное)

Методика расчета объема замены непригодного грунта по смежным поперечным профилям

Фактический объем грунта обратной засыпки между двух смежных поперечных профилей 1 и 2 длиной l_i и l_{i+1} каждый (рисунок В.1) следует рассчитывать по формуле (В.1):

$$V_{1,2} = \frac{(b_{1cp} + b_{2cp}) * a_{1,2}}{2} * H_{cp1,2}, \quad (В.1)$$

где b_{1cp} – средняя ширина выемки по первому поперечному профилю в м;

b_{2cp} – средняя ширина выемки по второму поперечному профилю в м;

$a_{1,2}$ - расстояние между двумя смежными поперечными профилями 1 и 2;

$H_{cp1,2}$ – средняя толщина слоя обратной засыпки, определенная по двум смежным поперечным георадарным профилям 1 и 2 на площади, ограниченной величинами $b_{1верх}$ и $b_{2низ}$ (рисунки В.1 и В.2), вычисляемая по формуле (В.2):

$$H_{cp1,2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i, \quad (В.2)$$

где H_i – мощность слоя насыпного грунта, определенная в точках георадарного обследования на георадарных профилях, ограниченная величинами $b_{1низ}$ и $b_{2низ}$,

n – общее количество точек определения мощности слоя насыпного грунта H_i .

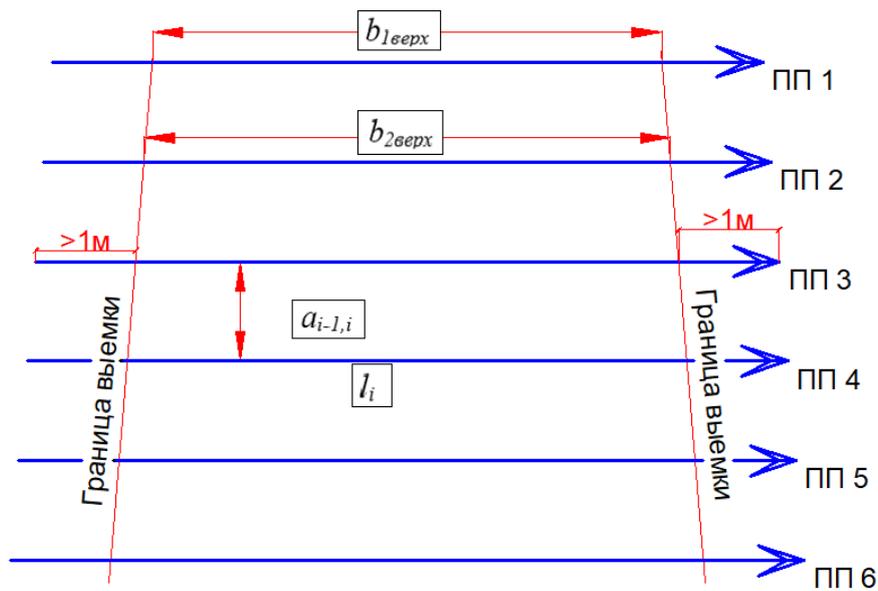
Расстояние между поперечными профилями должно составлять не более 10 м. В характерных точках изменения (увеличения, либо уменьшения) толщины и ширины области обратной засыпки следует закладывать дополнительные поперечные георадарные профили.

Поперечный профиль при выполнении георадиолокационного обследования должен обязательно выходить за границы выемки заменяемого грунта с целью однозначного определения границы перехода с грунтов естественного основания на грунты обратной засыпки (рисунок В.1). Средняя ширина выемки по поперечному профилю $b_{(i)cp}$ рассчитывается по формуле (В.3):

$$b_{(i)cp} = \frac{(b_{(i)верх} + b_{(i)низ})}{2}, \quad (B.3)$$

где i – номер поперечного георадарного профиля;

$b_{(i)верх}$ и $b_{(i)низ}$ – соответственно ширина верха обратной засыпки и ширина обратной засыпки по дну по соответствующему поперечному георадарному профилю (рисунок В.2).



ПП i – поперечный георадарный профиль и его номер;

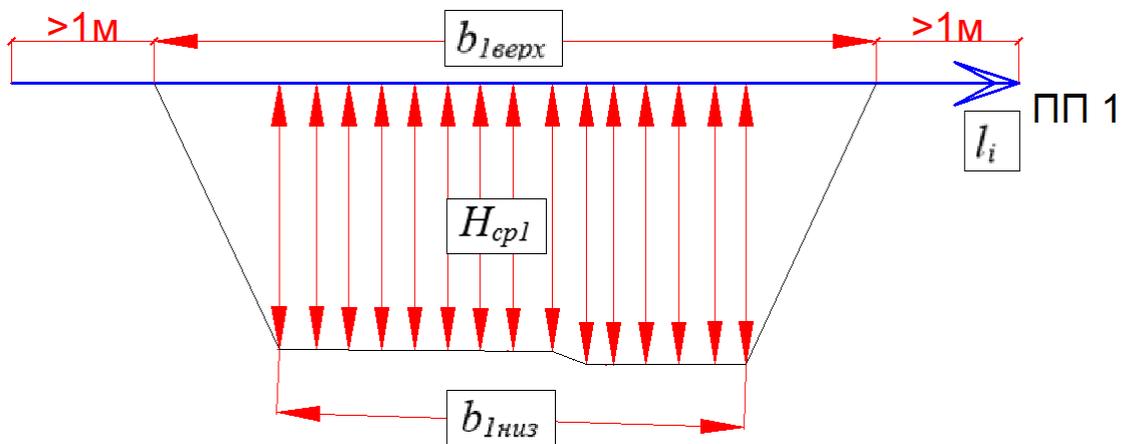
$a_{1,2}$ – расстояние между двумя поперечными профилями 1 и 2 в плане;

$b_{1верх}$ – ширина выемки на поверхности по 1 поперечному профилю;

$b_{2верх}$ – ширина выемки на поверхности по 2 поперечному профилю;

l_i – протяженность поперечного профиля номером i через выемку

Рисунок В.1 – Схема расположения поперечных георадарных профилей (вид сверху)



l_1 – протяженность поперечного профиля 1 через выемку;

$b_{1\text{верх}}$ – ширина выемки на поверхности по 1 поперечному профилю;

$b_{1\text{низ}}$ – ширина выемки по дну для 1 поперечного профиля;

$H_{\text{ср1}}$ – средняя толщина слоя обратной засыпки по поперечному профилю 1

Рисунок В.2 – Схема выполнения поперечного георадарного профиля (вид в профиле)

Общий объем замены грунта необходимо рассчитывать, как сумму всех рассчитанных объемов по серии смежных поперечных георадарных профилей на участке обследования.

Контроль объемов и массы грунта должен выполняться путем сравнения количества (массы) грунта, указанного при входном контроле (в смете) и фактически уложенного в тело обратной засыпки.

Для контроля объемов грунта, полученного непосредственно в карьере, необходимо использовать формулу (В.5):

$$V_{\text{гр}} = K_k V, \quad (\text{В.5})$$

где V – объем грунта обратной засыпки в уплотненном состоянии, рассчитанный по результатам георадарной съемки (см. 6.2.2.9);

K_k – коэффициент относительного уплотнения (отношение плотности (скелета) сухого грунта в теле обратной засыпки к плотности (скелета) сухого грунта в источнике получения (карьере).

Для контроля объема грунта, перевезенного в транспортных средствах, когда он находится в разрыхленном состоянии, следует использовать формулу (В.6):

$$V_{\text{тр}} = K_{10\text{л}} V, \quad (\text{В.6})$$

где V – объем грунта обратной засыпки в уплотненном состоянии, рассчитанный по результатам георадарной съемки;

$K_{10\text{л}}$ – коэффициент относительного уплотнения (отношение плотности (скелета) сухого грунта в теле обратной засыпки к насыпной плотности сухого грунта, определяемой при естественной влажности в стандартной 10-литровой емкости по ГОСТ 33063.

Массу уплотненного грунта, использованного при обратной засыпке, следует рассчитывать по формуле (В.7):

$$m = V * \rho \quad (\text{В.7})$$

где V – объем грунта обратной засыпки, рассчитанный по данным георадарной съемки (способом расчёта геометрически либо через интеграл);

ρ – средняя плотность уплотненного грунта обратной засыпки.

Приложение Г

Примеры радарограмм для определения однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна

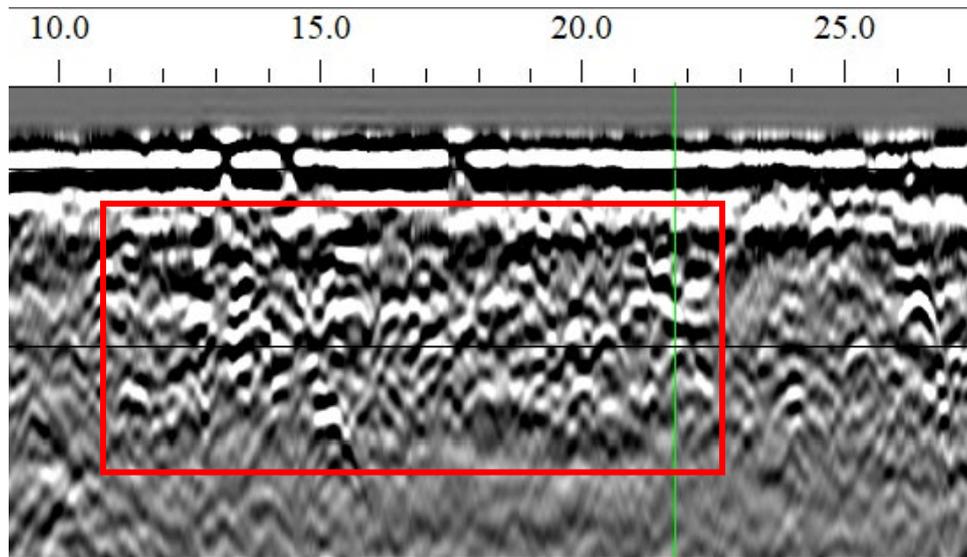


Рисунок Г.1 – Тип записи хаотичный, характерен для крупнообломочного грунта

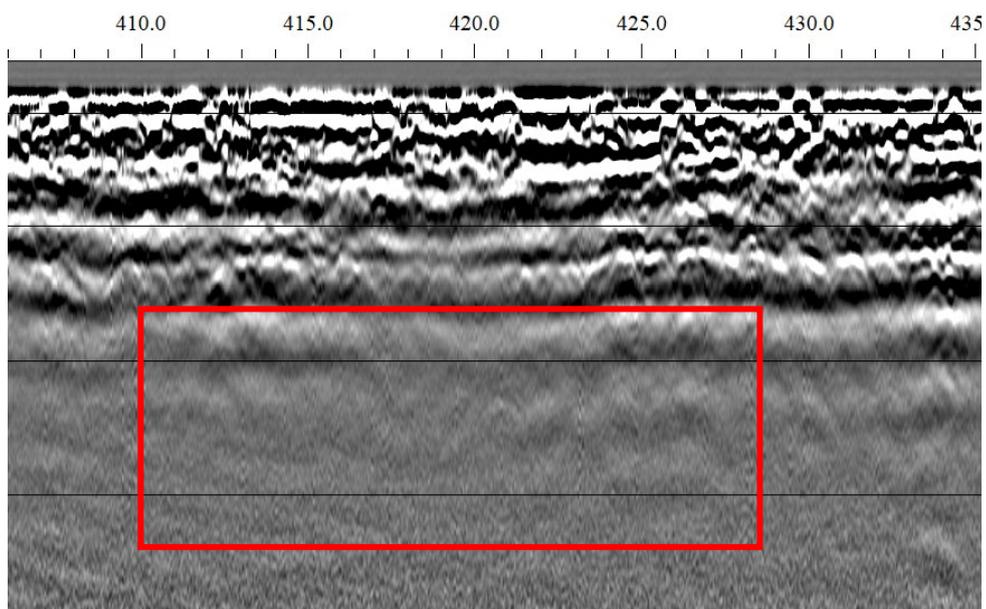


Рисунок Г.2 – Тип записи затухающий, прозрачный, характерен для суглинистых грунтов

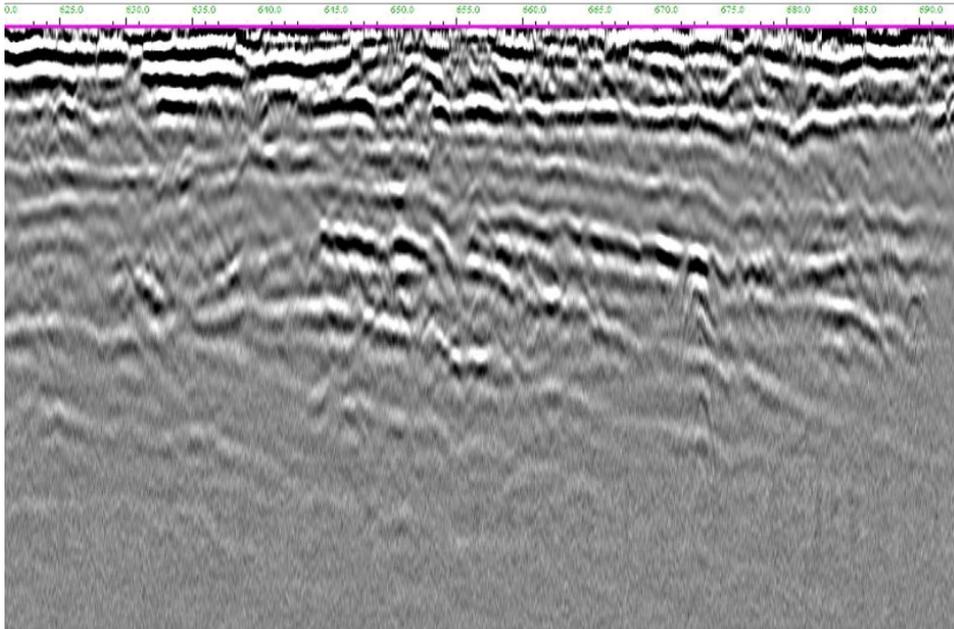


Рисунок Г.3 – Тип записи линзовидный, косослоистый, характерен для песчаных и супесчаных насыпей с неравномерным уплотнением. Внутри каждого слоя преобладает прозрачный тип записи

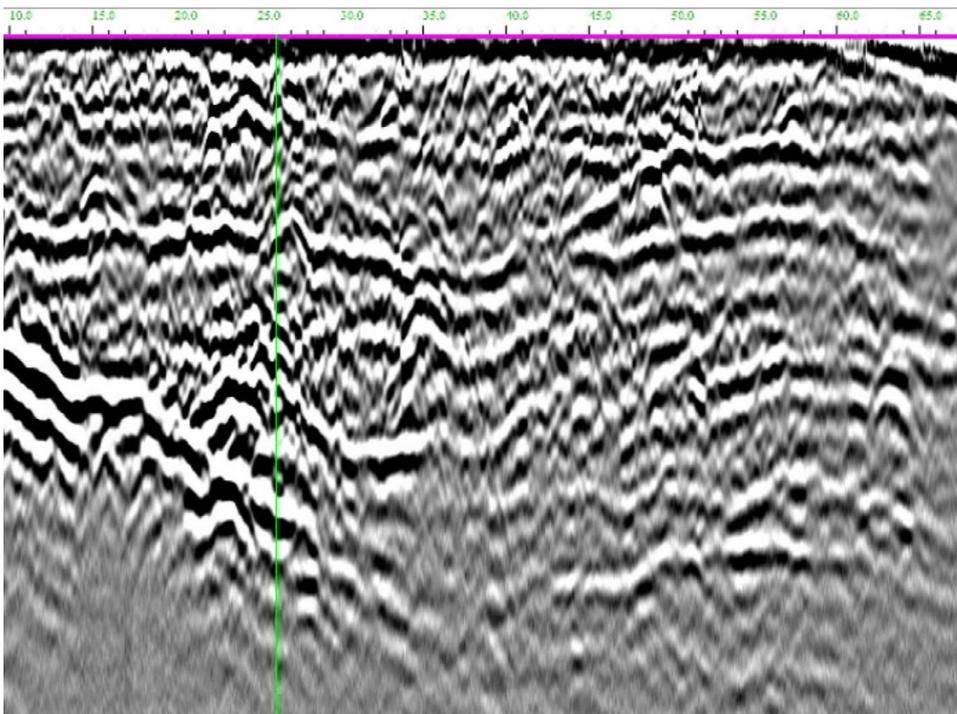


Рисунок Г.4 – Тип записи смешанный (хаотичный, линзовидный), характерен для участков с обратной засыпкой крупнообломочным грунтом с неравномерным уплотнением и неоднородным составом грунта

Таблица Г.1 – Классификация дисперсных и мерзлых грунтов по привязке к типу записи на радарограмме по ГОСТ 33063

Класс грунтов	Подкласс	Вид	Подвид	Разновидности		Тип записи
				По размеру фракций	По степени водонасыщения	
Дисперсные	Несвязные	Минеральные и органоминеральные	Крупнообломочные грунты, Пески, заторфованные пески	от 2-5 мм до >800 мм (валуны, глыбы, галька, щебень, гравий)	Малой и средней степени водонасыщения Водонасыщенные, засоленные	Хаотический, бугристый Прозрачный
				Песчаные частицы от 0,5 до 2 мм крупные, средние,	Малой и средней степени водонасыщения, супеси	Параллельно-слоистый, косослоистый
				от 0,05 до 0,1 мм мелкие, тонкие	Водонасыщенные, засоленные	Косослоистый, прозрачный Прозрачный
				Пылеватые частицы от 0,002-0,01 мм до 0,05 мм Крупные Мелкие	Малой и средней степени водонасыщения, водонасыщенные, засоленные	Прозрачный
				Супеси, (в том числе пластичные и текучие)	Косослоистый, прозрачный	

Класс грунтов	Подкласс	Вид	Подвид	Разновидности	Тип записи
	Связные	Минеральные, органоминеральные, органические	Глинистые грунты, Илы, сапропели, заторфованные глинистые грунты, торфы	Суглинки и глины (в том числе мягко и текучепластичные, текучие, засоленные)	Прозрачный
Мерзлые		Все виды дисперсных грунтов		По температуре по ГОСТ 253258	Параллельно-слоистый, звенящий
				Немерзлые (талые)	
				Мерзлые, морозные, сыпучемерзлые	Хаотический

Приложение Д (справочное)

Диэлектрическая проницаемость пород и материалов

Таблица Д.1 – Диэлектрическая проницаемость пород и материалов

Материал (порода)	Содержание воды (характеристика)	Значение диэлектрической проницаемости
Песок разнозернистый	Мерзлый	4,5
	0 %	3,2
	4 %	4,8
	8 %	7
	12 %	11
	16 %	15
	25 %	37,6
Суглинок	Мерзлый	16
	0 %	3,2
	5 %	4,0-4,8
	10 %	6,5-7,0
	20 %	10-14,7
	25 %	27,3
Глина	0 %	2,4
	4 %	5,4
	8 %	8
	12 %	12
	16 %	18,6
	25 %	27,9
Снег	Сухой	1,2-2,8
	Мокрый	2-6
Лед	Пресный	3,3
	Морской минус 15 °С	7,7-8,1
	Морской минус 25 °С	4,4-6,7
Базальт	Сухой, водонасыщенный	8-9
Известняк	Сухой, водонасыщенный	4-8
Гранит	Сухой, водонасыщенный	4-7

Приложение Е (справочное)

Пример расчета атрибута для определения однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна

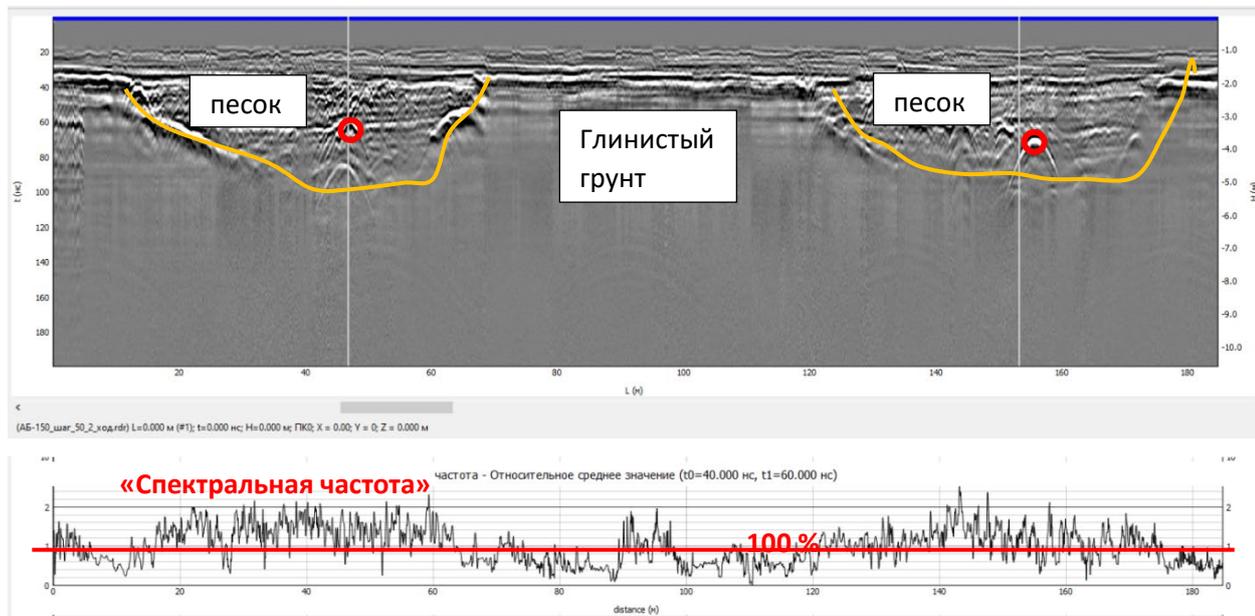
Для определения геофизических признаков однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна следует применять атрибутивный анализ. При обработке радарограмм выполняют ряд математических преобразований, позволяющих выделить определенные признаки изменения амплитудно-частотных характеристик сигнала георадара (максимум амплитуды, спектральная частота, участки снижения амплитуды и др.).

Методика камеральной обработки представлена следующими этапами:

1) Расчет выбранного атрибута выполняется в окне по вертикали на толщину отсыпанного слоя земляного полотна. Окно выбирается вниз относительно поверхности сканирования.

2) Анализ однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна выполняется по оценке изменения значений рассчитанного атрибута по сравнению со средними значениями.

На рисунке Е.1 представлен расчет атрибута «спектральная частота» по георадарному профилю (антенная 150 МГц), выполненному по земляному полотну, отсыпанному двумя видами грунта: глинистым грунтом и песком (в районе водопропускных труб). График атрибута построен в окне 40-60 нс. Анализ рисунка показывает, что на участках с песком атрибут «спектральная частота» имеет высокие значения, а для глинистых грунтов характерно значительное снижение атрибута «спектральная частота» (до 50 % и выше), что связано с затуханием электромагнитного сигнала.



Кружком отмечено местоположение водопропускных труб
Рисунок Е.1 – Радарограмма, полученная с антенной 150 МГц, в сопоставлении с графиком атрибута «спектральная частота»

Приложение Ж (справочное)

Пример определения однородности уплотнения слоя земляного полотна с использованием атрибутивного анализа

Для анализа георадарных данных принимаются в расчет радарограммы после первого и завершающего проходов уплотняющей техники без какой-либо первичной обработки, в исходном виде, без усиления.

Методика камеральной обработки представлена следующими этапами:

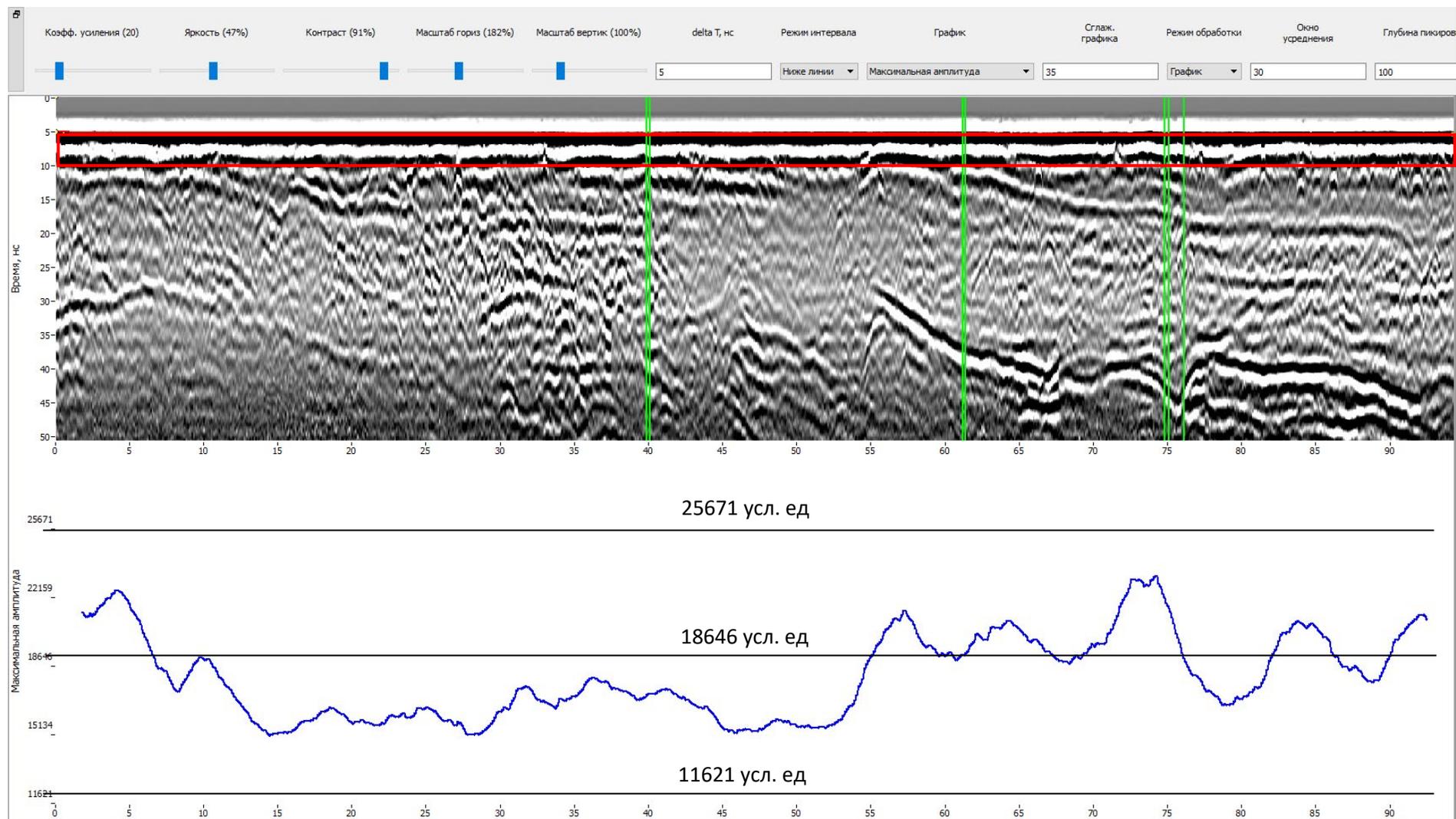
1) Расчет атрибута «максимум амплитуды» выполняется в окне по вертикали на толщину отсыпанного слоя земляного полотна. Например, для слоя отсыпки толщиной 40 см, окно составляет 5 нс по вертикальной шкале развертки сигнала при использованном антенном блоке 400 МГц (рисунок Ж.1). Окно выбирается вниз относительно поверхности сканирования.

2) Выполняется осреднение графиков атрибута «максимум амплитуды» в окне 10 м (рисунок Ж.2). На рисунке Ж.2 представлены графики максимума амплитуды, построенные в окне осреднения 10 м, для первого и 13 проходов уплотняющей техники.

3) Анализ уплотнения слоя земляного полотна выполняется по оценке степени снижения значений максимума амплитуды по сравнению между первым и последним проходом уплотняющей техники.

По мере увеличения плотности грунтов слоя земляного полотна значения атрибута максимум амплитуды снижаются на 20-30% для песчаного грунта и на 15-25% для глинистого грунта.

4) Наличие мест с потенциально необеспеченным уплотнением слоя грунтов земляного полотна вдоль участка обследования (на длину захватки) оценивается по повышенным значениям максимума амплитуды, где отмечается превышение атрибута на 25% и более относительно средних значений (рисунок Ж.3).



Красным выделена полоса расчета атрибута, зеленые вертикальные метки – места отбора проб
Рисунок Ж.1 – Радарограмма, записанная антенной 400 МГц после 1 прохода катка в сопоставлении с атрибутом «максимум амплитуды» в окне 5 нс

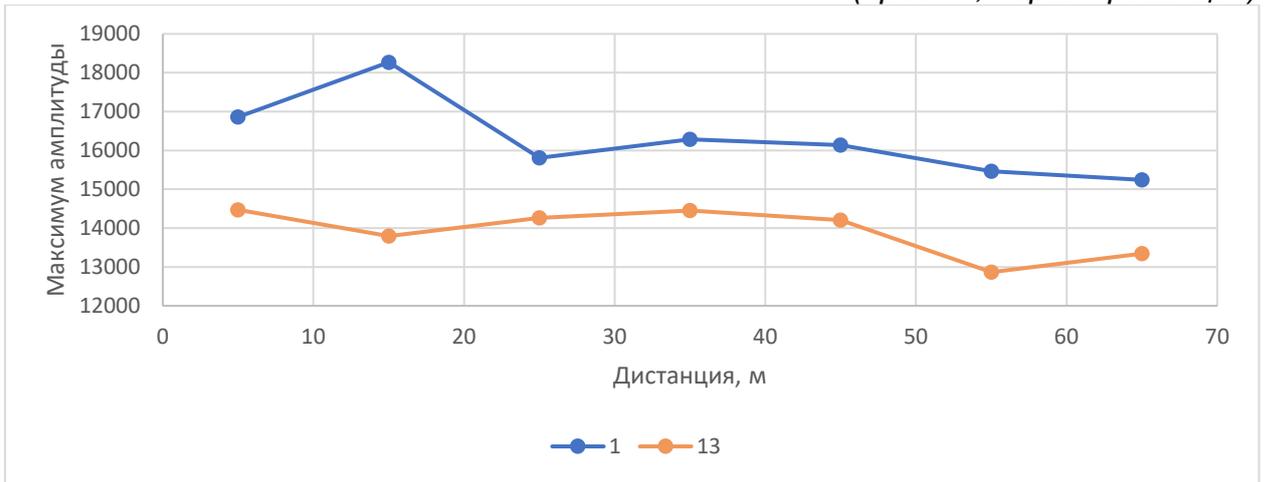
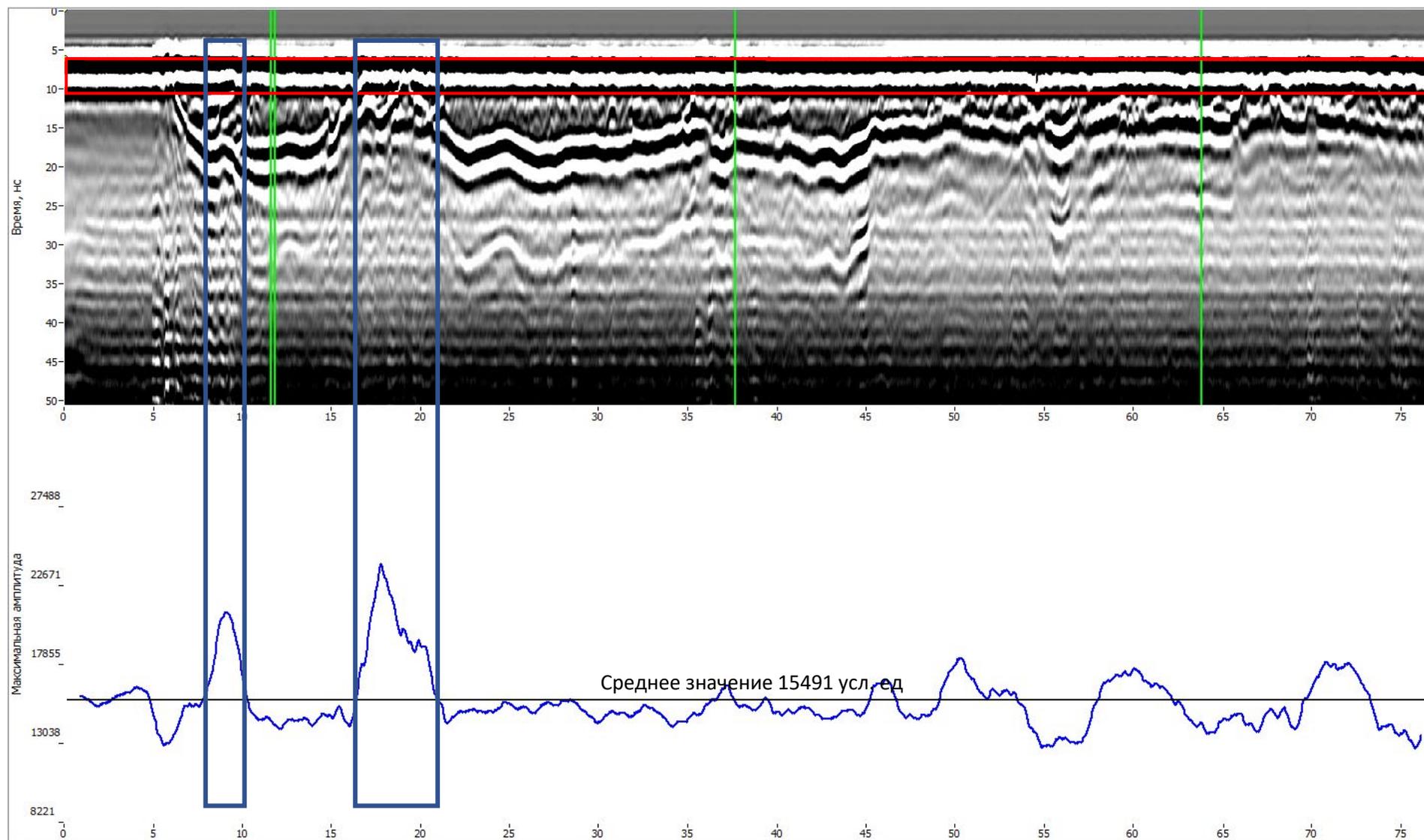


Рисунок Ж.2 – Графики атрибута максимум амплитуды с осреднением 10 м для первого и последнего проходов катка



Красным выделена полоса расчета атрибута, зеленые метки – места отбора проб, синим квадратом – участок отклонения
Рисунок Ж.3 – Профиль, записанный с антенной 400 МГц, после завершающего прохода катка в сопоставлении с атрибутом
максимум амплитуды в окне 5 нс

_УДК 625.71.8:006.354

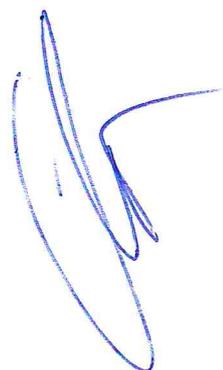
ОКС 93.080.01

Ключевые слова: автомобильные дороги, георадарное обследование, радарограмма, земляное полотно, диэлектрическая проницаемость, ослабленные зоны, влажность, плотность, атрибутивный анализ, операционный контроль, приемочный контроль, геофизические признаки

Руководитель организации-разработчика:

Заместитель генерального директора

ФАУ «РОСДОРНИИ»



В.Л. Мартинсон

Руководитель разработки:

Начальник управления методов

проектирования

автомобильных дорог, д. т. н., проф.



А.М. Кулижников

Ответственные исполнители:

Заместитель начальника управления

методов проектирования

автомобильных дорог, к. т. н.



Р.А. Еремин

Начальник отдела геофизических

методов исследования



Н.Г. Пудова