ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72316— 2025

Дороги автомобильные общего пользования

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

Георадиолокационные методы обследования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

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 7 октября 2025 г. № 1158-ст

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 ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном 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 (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 4
5 Требования к оборудованию и инструментам 5
6 Методы обследования грунтов основания земляного полотна 6
6.1 Метод определения пространственного положения ослабленных зон 6
6.2 Метод контроля замены непригодного грунта 8
7 Методы операционного георадиолокационного контроля при устройстве слоев земляного полотна 10
7.1 Метод определения содержания и размера мерзлых комьев, неоднородных включений в грунтах 10
7.2 Метод георадиолокационного обследования однородности по типу и разновидности грунтов по геофизическим признакам 12
7.3 Метод определения плотности (коэффициента уплотнения) грунтов 12
Приложение А (справочное) Техническое задание на проведение георадиолокационного обследования 15
Приложение Б (справочное) Пример определения ослабленных зон в грунтах естественного основания 17
Приложение В (справочное) Пример контроля замены непригодного грунта 22
Приложение Г (справочное) Примеры радарограмм для определения однородности по типу и разновидности грунтов по геофизическим признакам 25
Приложение Д (справочное) Пример определения однородности по типу и разновидности грунтов по геофизическим признакам 29
Приложение Е (справочное) Пример выбора участков для определения плотности (коэффициента уплотнения) грунтов 31
Библиография 35

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дороги автомобильные общего пользования

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

Георадиолокационные методы обследования

Automobile roads of general use.
Road bed.
Ground Penetrating Radar survey methods

Дата введения — 2025—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к георадиолокационным методам при операционном контроле возведения земляного полотна и обследовании естественного (искусственного) основания в процессе производства работ при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог общего пользования.

Настоящий стандарт распространяется на участки автомобильных дорог при проектной высоте насыпи более 3 м, на участки засыпки замены грунтов основания, траншей и котлованов, устройства водопропускных труб, конусов и зон сопряжения земляного полотна с мостами.

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

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

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

ГОСТ 427 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 5180—2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик

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

ГОСТ 20522—2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний

ГОСТ 22733—2016 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности

ГОСТ 25100 Грунты. Классификация

ГОСТ 25358 Грунты. Метод полевого определения температуры

ГОСТ 25584 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации

ГОСТ 30416 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

Издание официальное

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

ГОСТ Р 51872 Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения

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

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

ГОСТ Р 58397—2019 Дороги автомобильные общего пользования. Правила производства работ. Оценка соответствия

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

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

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

СП 446.1325800 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный 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 документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 25100, 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 **антенный блок (антенна):** Конструктивный элемент георадара, выполняющий функцию излучения и/или приема электромагнитных сигналов, который имеет установленную изготовителем центральную частоту (диапазон частот) сканирования.

3.2 **атрибутный анализ георадарных данных:** Определение на радарограмме характеристик волнового поля по атрибутам с целью получения информации о состоянии объекта исследования.

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

3.4

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

[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 (георадарная) съемка:** Запись георадиолокационных трасс георадаром и представление полученной информации о среде в форме радарограммы.

Примечание — Георадиолокационная съемка отличается технологией выполнения работ (профилирование на постоянной базе, зондирование на переменной базе) и способом контакта со средой (контактный, бесконтактный, скважинный).

3.7 **георадиолокационный контроль:** Совокупность действий, связанных с оценкой результатов георадиолокационных обследований, позволяющих определить соответствие контролируемого параметра.

3.8 **георадиолокационный метод:** Неразрушающий метод обследования грунтов и строительных конструкций, основанный на излучении коротких импульсов электромагнитных волн и их регистрации при отражении от границ разделов сред, имеющих различные электрофизические свойства.

3.9 **геологическая заверка:** Установление соответствия между результатами георадиолокационного обследования и фактическими данными о строении, свойствах обследуемых грунтов и геометрических размерах ослабленных зон 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, на котором расположены основные производственные средства, выполняющие одну или несколько совмещенных по времени рабочих операций специализированного потока.

3.12 **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 несвязных грунтов или показателем текучести глинистых грунтов более 0,75.

3.13 **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 0,90.

Примечание — Коэффициент уплотнения следует принимать по ГОСТ Р 59864.1.

3.14 **зона переувлажнения грунта основания земляного полотна:** Область грунта естественного (искусственного) основания земляного полотна, характеризующая свойства грунта при коэффициенте водонасыщения от 0,5 до 0,8 для несвязных грунтов или показателе текучести глинистых грунтов от 0,5 до 0,75.

3.15 **зона разуплотнения:** Область грунта как естественного (искусственного) основания, так и земляного полотна, характеризующаяся пониженными значениями плотности (коэффициента уплотнения) грунта относительно требований нормативно-технической или проектной документации, в том числе коэффициентом пористости гравелистых, крупных и средних песков более 0,55, мелких и пылеватых песков — более 0,60, степенью плотности песчаного грунта равной или менее 0,66.

3.16 **интерпретация результатов георадарного обследования:** Подготовка геологических разрезов сканируемой среды путем количественного и качественного анализа радарограммы, а также векторизации объектов на ней (отрисовка границ слоев, ослабленных зон, подповерхностных локальных объектов и конструкций).

3.17 **максимум амплитуды:** Максимальное абсолютное значение амплитуды сигнала в выбранном временном окне георадиолокационной трассы.

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

3.19 **непригодный грунт:** Грунт основания земляного полотна, подлежащий замене.

3.20 **однородность свойств грунтов земляного полотна:** Отсутствие отклонений в физических и механических свойствах грунтов земляного полотна более допустимых значений, которое оценивается коэффициентом вариации.

Примечание — Коэффициент вариации следует принимать согласно ГОСТ 20522—2012 (пункт 5.5).

3.21 **ослабленная зона:** Локальный участок земляного полотна и/или естественного (искусственного) основания, характеризующийся снижением прочностных и деформационных характеристик грунтов по сравнению с характерными среде свойствами, которое вызвано изменением физических свойств грунтов от действия природных и техногенных факторов.

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

3.23 **профилирование:** Запись георадиолокационного профиля по длине обследуемого участка.

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

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

3.26 **скопления мерзлых комьев:** Область внутри отдельно устраиваемого грунтового слоя земляного полотна и/или искусственно созданного под ним основания автомобильной дороги, содержащая мерзлые комья на всем протяжении участка длиной более 2/3 толщины уплотняемого слоя.

3.27 **спектральная частота:** Частота, соответствующая максимуму амплитудно-частотного спектра сигнала.

3.28 **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.

3.29 **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 Настоящий стандарт устанавливает применение методов:

а) обследования грунтов основания земляного полотна:

1) для уточнения границ пространственного положения ослабленных зон в случаях, если в проектной и/или рабочей документации выявлены непригодные грунты в основании земляного полотна;

2) для контроля замены непригодного грунта;

б) операционного георадиолокационного контроля при послойном устройстве слоев земляного полотна:

1) для определения содержания и размера мерзлых комьев, неоднородных включений в грунтах;

2) для оценки однородности по типу и разновидности по геофизическим признакам грунтов;

3) для контроля плотности (коэффициента уплотнения) грунтов.

4.2 Георадиолокационное обследование грунтов естественного основания следует выполнять до проведения основных работ по строительству земляного полотна.

Георадиолокационное сканирование земляного полотна следует проводить в рамках операционного контроля устройства каждого его слоя.

Примечание — Допускается применять методы операционного контроля устройства каждого слоя земляного полотна с использованием виброкатков, оснащенных системами непрерывного контроля уплотнения, при включении таких методов в техническое задание на производство работ.

4.3 Работы георадиолокационным методом допускается выполнять специалистам с образованием в области строительства и инженерных изысканий, имеющим соответствующие документы о повышении квалификации или опыт работы с георадаром при обследовании автомобильных дорог.

Для обработки и интерпретации георадиолокационных данных рекомендуется использовать инструменты автоматизированной интерпретации (специализированное программное обеспечение), в том числе атрибутный анализ георадарных данных (как правило, параметров «максимум амплитуды» и/или «спектральная частота»), с последующим контролем оператора в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

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

Виды выполняемых работ в рамках операционного контроля строительства земляного полотна следует определять в соответствии с требованиями ГОСТ 32731 и настоящего стандарта с учетом положений рабочей документации и проекта производства работ.

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

4.6 Следующие технические требования к грунтам устраиваемого земляного полотна необходимо принимать по ГОСТ Р 59864.1—2022 (подраздел 5.2):

- 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.

4.7 Физические характеристики, перечисленные в 4.6, следует контролировать как точечно традиционными методами, так и непрерывно с помощью георадара, руководствуясь критериями, приведенными в методах настоящего стандарта.

4.8 Геологическую заверку результатов георадиолокационной съемки естественного основания следует выполнять прямыми разрушающими методами, в соответствии с требованиями ГОСТ 32868—2014 (таблица 3). Определение показателей деформативности грунтов земляного полотна следует выполнять по ГОСТ Р 59866.

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

Примечание — Определение класса, типа, вида и разновидности грунтов при проведении лабораторных испытаний допускается проводить согласно общей и частной классификации грунтов как по ГОСТ 33063, так и по ГОСТ 25100.

4.9 При выполнении георадиолокационной съемки следует учитывать требования охраны труда в соответствии с ГОСТ 32868—2014 (раздел 12).

4.10 При проведении комплекса лабораторных испытаний по определению физических характеристик грунта согласно 4.5 необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные ГОСТ 12.1.007.

4.11 Требования к условиям выполнения работ геодезическим и георадарным методами следует принимать аналогично ГОСТ Р 58349—2019 (раздел 8).

4.12 Следует учитывать ограничения, связанные со снижением глубины исследований георадиолокационного метода в засоленных, а также переувлажненных грунтах по классификации ГОСТ 33063—2014 (таблицы 36 и 38).

4.13 При возобновлении строительных работ по возведению насыпи после зимнего технологического перерыва при устойчивых положительных температурах необходимо выполнять повторные георадарные обследования последнего устроенного и принятого слоя согласно 7.3 с обязательной заверкой результатов прямыми разрушающими методами, отбором проб и лабораторными исследованиями грунтов.

4.14 Основанием для выполнения георадиолокационного обследования на участках возведения земляного полотна должен быть договор (контракт), заключенный между заказчиком (застройщиком) и исполнителем, к которому прилагается техническое задание, календарный план.

Образец технического задания на проведение георадиолокационного обследования приведен в приложении А, как дополнение к требованиям технического задания на производство работ по строительному контролю согласно ГОСТ 32731—2019 (пункт 4.2).

На основании технического задания, материалов изысканий, полученных на стадии проектной документации, и предварительной информации от заказчика должна быть составлена программа георадарных работ, которая в части георадарного обследования, должна разрабатываться исполнителем и утверждаться заказчиком.

Программа работ должна отвечать требованиям ГОСТ 32836—2014 (пункт 4.13).

4.15 Результаты операционного контроля и документы по приемке сооружения земляного полотна оформляют согласно ГОСТ Р 58397—2019 (пункты 13.3.2 и 13.3.3).

5 Требования к оборудованию и инструментам

5.1 Требования к оборудованию для геофизических исследований, а также аппаратуре для получения и обработки инженерно-геологических данных следует принимать в соответствии с ГОСТ 32868—2014 (раздел 6). Георадиолокационное оборудование должно соответствовать требованиям ГОСТ 32868—2014 (подраздел 6.2) и ГОСТ Р 58349—2019 (пункт 5.3).

При выполнении георадарных исследований следует применять центральные частоты (диапазоны частот) георадара согласно таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Используемые центральные частоты (диапазоны частот) георадара при различных видах работ

Вид работ	Центральная частота (диапазон частот), МГц
Обследование естественного грунтового основания	50—700
Операционный контроль при послойном возведении земляного полотна: при толщине слоя до 30 см при толщине слоя от 30* см и более	 300—700 100—500
* Максимальная мощность слоя грунта, подлежащего уплотнению и обследованию с помощью георадара при послойном контроле, не может превышать 100 см.	

Допускается использовать георадары:

- импульсные (с фиксированной центральной частотой);
- с пошаговой перестройкой частоты, а также измерением амплитуды и фазы волн в широком диапазоне частот;
- использующие линейно-частотно модулируемый сигнал.

5.2 Геодезическое оборудование, предназначенное для координатной привязки, начала и конца каждого геофизического профиля, мест проходки выработок и отбора проб, должно соответствовать требованиям ГОСТ 32869—2014 (подраздел 9.5). Погрешность использованных приборов или иного геодезического оборудования и методов (в том числе для кинематической съемки) должна удовлетворять требованиям, применяемым к техническим тахеометрам и тахеометрам средней точности, в соответствии с ГОСТ 32869—2014 (таблица А.1).

Датчик пути, входящий в комплект георадарного оборудования, допускается использовать для привязки георадарных профилей к линейному строительному пикетажу. Требования к результатам определения расстояния по датчику пути следует принимать согласно ГОСТ Р 58349—2019 (пункт 5.3).

5.3 Оборудование и инструмент для отбора, транспортирования и хранения образцов должны соответствовать требованиям ГОСТ 12071—2014 (раздел 4).

6 Методы обследования грунтов основания земляного полотна

6.1 Метод определения пространственного положения ослабленных зон

Настоящий метод необходимо применять для уточнения местоположения и локализации размеров ослабленных зон в пределах полосы отвода при выполнении работ на участках обследования грунтов естественного (искусственного) основания после удаления почвенно-растительного слоя.

6.1.1 Порядок проведения работ

6.1.1.1 Работы следует проводить по результатам анализа проектной (рабочей) документации на участках, требующих детализации местоположения границ ослабленных зон в продольном и поперечном направлениях.

6.1.1.2 Рекомендуемые центральные частоты (диапазон частот) георадара в зависимости от глубины зондирования для изучения естественного основания и локализации ослабленных зон приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 — Рекомендуемые центральные частоты (диапазон частот) антенн георадаров в зависимости от глубины зондирования

Глубина исследования	Рекомендуемые центральные частоты (диапазон частот), МГц
До 3 м	400—700
От 3 до 6 м	200—400
От 6 до 10 м	100—200
От 10* м	50—100
* С учетом 4.12.	

6.1.1.3 Георадарное обследование основания земляного полотна должно выполняться сетью продольных и поперечных профилей с использованием антенн согласно таблице 6.1. Назначение мест продольных проходов георадара с шагом, указанным в таблице 6.2, следует выполнять на одинаковом расстоянии, начиная от оси трассы.

Таблица 6.2 — Расстояние между продольными георадарными профилями на дорогах различной категории

Категория автомобильной дороги	Расстояние между проходами георадара, м
I	10—12
II, III	6—8
IV, V	Не более 5

Необходимо выполнять предварительную обработку полученных продольных георадарных профилей с целью первичного определения участков, которые могут идентифицироваться по результатам обработки как ослабленные зоны (см. приложение Б). В идентифицированных местах расположения ослабленных зон следует выполнять поперечные георадарные профили с шагом до 5 м.

На каждом выявленном участке ослабленной зоны необходимо проводить съемку не менее трех поперечных профилей с выходом за границу ослабленной зоны на 3 м.

6.1.1.4 Дополнительные геофизические методы необходимо применять согласно СП 446.1325800 (например, метод электротомографии) в тех случаях, когда данных георадиолокационных исследований недостаточно.

6.1.2 Обработка и интерпретация результатов обследования

6.1.2.1 При обработке георадарных данных следует применять следующие процедуры по ГОСТ Р 58349—2019 (подраздел 11.2):

- установка отметки поверхности земляного полотна на радарограмме;
- коррекция соответствия длины записанных георадарных профилей по фактически пройденному расстоянию;
- удаление сигнала прямого прохождения, которое выполняется в окне по всем трассам.

6.1.2.2 Для предварительной локализации ослабленных зон следует выполнять качественный анализ георадарных данных: на радарограммах выделяют участки с отличающимся типом записи. Качественные признаки определения ослабленных зон на радарограммах приведены в приложении Б (таблица Б.1).

6.1.2.3 На втором этапе следует выполнять количественный (атрибутный) анализ радарограмм. Пример выполнения атрибутного анализа для выделения ослабленных зон естественного основания приведен в приложении Б.

Количественные геофизические признаки ослабленных зон в основании строящейся или реконструируемой автомобильной дороги в анализируемом диапазоне глубин приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 — Количественные геофизические признаки ослабленных зон

Подкласс грунта (по ГОСТ 33063)	Атрибутная характеристика ослабленных зон		
	Разуплотнение	Переувлажнение	Обводнение
Связные	Увеличение максимума амплитуды на 15 % — 20 %, увеличение удельного электрического сопротивления в 1,5 и более раз по отношению к средним значениям в исследуемом диапазоне глубин	Увеличение максимума амплитуды более чем в 2—2,5 раза по отношению к средним значениям в исследуемом диапазоне глубин [1]; снижение спектральной частоты более чем в 3 раза по отношению к центральной частоте антенны	Снижение максимума амплитуды сигнала не менее чем на 40 % по отношению к средним значениям в исследуемом диапазоне глубин
Несвязные	Увеличение максимума амплитуды на 20 % — 25 % по отношению к средним значениям в исследуемом диапазоне глубин	—	Снижение спектральной частоты более чем на 30 % по отношению к центральной частоте антенны

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

- наименования объекта (титул объекта обследования);
- даты выполнения обследования;
- погодных условий (температура воздуха, наличие осадков);
- центральной частоты (диапазона частот) антенны;
- параметров сканирования (шаг сканирования, см; развертка сигнала, нс);
- номеров продольных/поперечных георадарных профилей.

Информацию о выявленных ослабленных зонах следует оформлять по форме, приведенной в таблице 6.4.

Таблица 6.4 — Форма представления результатов выявленных ослабленных зон по продольным/поперечным георадарным профилям

Местоположение ослабленной зоны, км		Координаты ослабленных зон (при наличии) *X*/*Y*, м (долгота)/(широта), град.мин.с		Диапазон глубины ослабленной зоны *Z*, м		Атрибутивная характеристика ослабленной зоны (при наличии)		Вид ослабленной зоны (переувлажнение, обводнение, разуплотнение)
начало	конец	начало	конец	верх	низ	наименование атрибута	характеристика атрибута	

6.1.3 Контроль результатов обследования

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

6.1.3.2 Для контроля наличия ослабленных зон следует выполнить отбор и лабораторные испытания согласно 4.5 не менее одной пробы на глубине выявленной ослабленной зоны и не менее одной пробы над или под ней.

6.2 Метод контроля замены непригодного грунта

Метод контроля глубины замены непригодного грунта при выполнении скрытых работ применяют по завершению уплотнения грунтов обратной засыпки в случаях, когда проектными решениями предусмотрена замена непригодного грунта естественного основания.

6.2.1 Порядок проведения работ

6.2.1.1 Георадиолокационный метод при обследовании искусственного грунтового основания следует применять в пространстве между точками геодезической съемки, а также в случаях, когда отсутствует технологическая возможность геодезическими методами получить отметки подошвы котлована на участках удаления непригодного грунта.

6.2.1.2 Обследование георадиолокационным методом предполагает выполнение работ антенными блоками согласно таблице 6.1 по сети профилей, выполненных проходами поперек участка обратной засыпки (на ширину слоя обратной засыпки).

Количество поперечных профилей должно составлять не менее трех, 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 с каждой стороны.

При проведении георадиолокационной съемки следует предусмотреть на каждые 50 м на участках замены непригодного грунта не менее одного пересечения георадарного профиля с калибровочной точкой.

6.2.1.3 Определение фактической протяженности каждого поперечного георадарного профиля по верху обратной засыпки и расстояний между параллельными поперечными георадарными профилями следует выполнять геодезическим методом, по методикам подготовки исполнительной геодезической документации по ГОСТ Р 51872.

6.2.2 Обработка и интерпретация результатов обследования

6.2.2.1 В процессе обработки георадарных данных необходимо:

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

Полученные результаты определения толщины грунта обратной засыпки следует выгружать в текстовом формате с шагом не более 1 м по длине поперечного профиля по форме, приведенной в таблице 6.5.

Таблица 6.5 — Форма представления толщины замененного грунта

Номер пикета	Расстояние от начала профиля, м	Координаты (при наличии)* X/Y, м (долгота)/(широта), град.мин.с		Толщина грунта обратной засыпки H_i, м	Примечание
		начало	конец		
* При отсутствии координатной привязки георадарных профилей согласно 6.2.1.3 допускается привязка точек определения толщины грунта обратной засыпки к строительному пикетажу и оси автомобильной дороги мерным колесом (лентой) с погрешностью, не превышающей ±30 см.					

6.2.2.2 Определение диэлектрической проницаемости грунта следует выполнять согласно ГОСТ Р 58349—2019 (пункт 6.2.1). Толщину слоя обратной засыпки в местах заверки необходимо определять по результатам контрольного бурения с учетом требований ГОСТ 32868.

6.2.2.3 Допускается использовать результаты определения толщины слоя обратной засыпки для оценки объема замены непригодного грунта в основании насыпи согласно справочной информации, приведенной в приложении В.

6.2.2.4 При выявлении в процессе интерпретации георадарных данных под толщей грунта обратной засыпки признаков не полностью изъятого непригодного грунта, данные о них должны быть оформлены в ведомость по форме, приведенной в таблице 6.6. Информацию следует выгружать с шагом не более чем 1 м по длине профиля.

Таблица 6.6 — Форма обнаружения признаков не полностью изъятого непригодного грунта

Расположение профиля*	Номер пикета	Координаты профиля (при наличии)** X/Y, м (долгота)/(широта), град.мин.с		Горизонт слоя не полностью изъятого непригодного грунта, м		Примечание
		начало	конец	от	до	
* Для поперечного профиля направление (лево-право Л-Пр, или наоборот Пр-Л) относительно возрастания пикетажа. ** При отсутствии координатной привязки георадарных профилей согласно 6.2.1.3 выполняют привязку точек определения толщины грунта обратной засыпки к строительному пикетажу и оси автомобильной дороги мерным колесом (лентой) с погрешностью, не превышающей ±30 см.						

6.2.2.5 В местах обнаружения признаков не полностью изъятого непригодного грунта на глубине, не превышающей указанную в ГОСТ 32868—2014 (пункты 8.3, 8.4, 9.2.3), необходимо предусматривать геологическую заверку разрушающими методами.

6.2.3 Контроль результатов обследования

6.2.3.1 Контроль результатов георадарного обследования должен осуществляться с учетом заверочного бурения по 6.2.2.2.

Места проходки контрольных выработок следует определять по результатам интерпретации георадарных данных, где выделены признаки не полностью удаленного непригодного грунта согласно 6.2.2.3.

6.2.3.2 Выработку по 6.2.2.5 следует выполнять на глубину до грунтов естественного основания, ниже выделенной прогнозируемой линзы непригодного грунта, не менее чем на 1 м.

7 Методы операционного георадиолокационного контроля при устройстве слоев земляного полотна

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

7.1.1 Порядок проведения полевых работ

7.1.1.1 Допустимое содержание и размер мерзлых комьев неоднородных включений (посторонних предметов, техногенных объектов и пр.) внутри отсыпаемого слоя земляного полотна регулируется требованиями ГОСТ 59864.1 и должны определяться на всю длину захватки.

Наличие мерзлых комьев и неоднородных включений с использованием георадарного метода оценивают до уплотнения слоя.

7.1.1.2 Георадиолокационную съемку необходимо выполнять по сети параллельных продольных профилей, равномерно распределенных на всю ширину земляного полотна, начиная от оси трассы. 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 скопление мерзлых комьев.

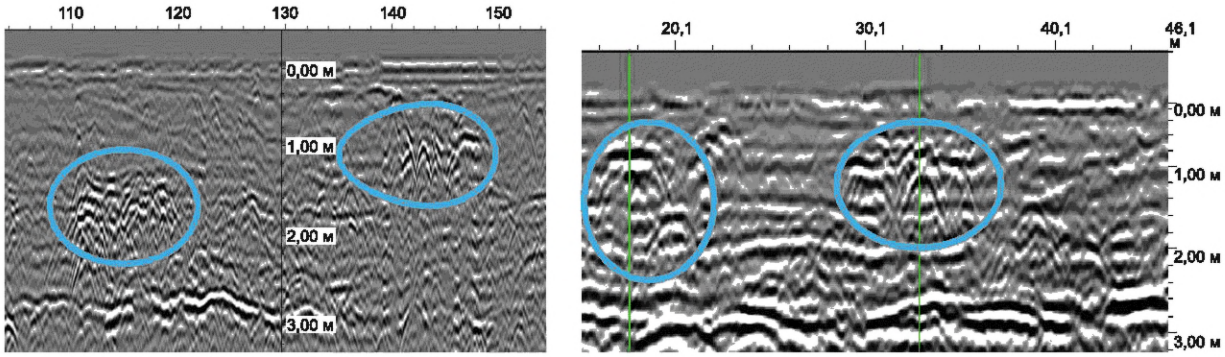
7.1.2 Обработка и интерпретация результатов обследования

7.1.2.1 Наличие мерзлых комьев (скоплений мерзлых комьев) или неоднородных включений на радарограммах в пределах устраиваемого слоя земляного полотна следует определять согласно признакам, представленным в таблице 7.1.

Таблица 7.1 — 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
Амплитуда отраженного сигнала	Малая		Большая

Примеры отображения скопления мерзлых комьев на радарограммах, полученных различными антеннами, 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 таблице 7.1, размер мерзлых комьев в пределах толщины слоя отсыпки следует определять согласно таблице 7.2, а размер области скоплений мерзлых комьев по максимальной длине этой области.

Допустимый размер мерзлых комьев и скоплений мерзлых комьев в теле насыпи при послойном устройстве должен удовлетворять требованиям ГОСТ Р 59864.1—2022 (пункт 5.2.3).

Таблица 7.2 — Определение размера мерзлых комьев и неоднородных включений в мерзлом грунте

Центральная частота (диапазон частот), МГц	Размер мерзлых комьев, см, при толщине слоя	
	до 30 см	от 30 до 50 см
200—300	Более 15	Более 30
400—500	Более 10	Более 15

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

- наименования объекта (титул объекта обследования);
- даты выполнения обследования;
- погодных условий (температура воздуха, наличие осадков);
- центральной частоты (диапазона частот) антенны;
- параметров сканирования (шаг сканирования, см; развертка сигнала, нс).

Информацию о выявленных на радарограммах скоплений мерзлых комьев следует оформлять по форме, приведенной в таблице 7.3.

Таблица 7.3 — Форма представления результатов выявленных скоплений мерзлых комьев по продольным/поперечным георадарным профилям

Местоположение скопления мерзлых комьев, км (ПК)		Координаты скопления мерзлых комьев (при наличии) *X*/*Y*, м (долгота)/(широта), град.мин.с		Диапазон глубины *Z*, м		Примечание
начало	конец	начало	конец	верх	низ	

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 обнаруженной области, но не более чем на толщину слоя отсыпки.

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

7.1.3.3 При превышении требований 7.1.2.2 по допустимому размеру и скоплению мерзлых комьев необходимо выполнить изъятие грунта отсыпанного слоя с последующей заменой на грунт, не содержащий включений недопустимого размера.

7.2 Метод георадиолокационного обследования однородности по типу и разновидности грунтов по геофизическим признакам

7.2.1 Порядок проведения работ

7.2.1.1 Использование разных видов грунтов, различающихся по своим физическим характеристикам, в одном слое насыпи земляного полотна регламентируется ГОСТ Р 58397—2019 (пункт 7.3.3).

7.2.1.2 Для определения однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна георадарное обследование должно выполняться по сети продольных профилей, равномерно распределенных на всю ширину насыпи до начала уплотнения слоя, 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 осуществлять предварительную обработку радарограмм по 7.2.2.1 (качественный анализ радарограмм согласно таблице Г.1 приложения Г), для идентификации участков, отличающихся по типу или разновидности грунтов. На таких участках необходимо проводить съемку не менее трех поперечных профилей на всю ширину земляного полотна с шагом не менее 5 м между профилями.

7.2.2 Обработка и интерпретация результатов обследования

7.2.2.1 При обработке георадарных данных необходимо применять следующие процедуры по ГОСТ Р 58349—2019 (подраздел 11.2):

- установка отметки поверхности земляного полотна на радарограмме;
- определение фактической диэлектрической проницаемости по ГОСТ Р 58349—2019 (пункт 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. Справочная диэлектрическая проницаемость некоторых типов грунтов и материалов приведена в приложении В [1].

7.2.2.2 Для определения геофизических признаков однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна следует применять атрибутный анализ (максимум амплитуды, спектральная частота). Количественным признаком изменения однородности следует считать изменение одного из выбранных для расчета атрибутов более чем на 25 % для разных типов и разновидностей грунта земляного полотна.

7.2.3 Контроль результатов обследования

7.2.3.1 На участках смены типа и/или разновидности грунтов по геофизическим признакам, приведенным в приложении Г, должно выполняться контрольное бурение и отбор проб грунта для лабораторных испытаний с целью контроля соответствия требованиям ГОСТ Р 58397—2019 (пункт 7.3.3).

Точки контрольного бурения следует назначать в створе георадарного профиля, в местах, где на радарограмме выделены геофизические признаки, приведенные в приложениях Г и Д.

7.2.3.2 Для заверки необходимо выполнить отбор не менее чем трех проб на 1000 м^2 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 более 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 проектными решениями в части применяемых грунтов по следующим параметрам:

- тип и разновидность согласно ГОСТ 33063—2014 (пункт 4.3 с учетом 4.8 настоящего стандарта);
- частная классификация согласно ГОСТ 33063—2014 (раздел 7 с учетом 4.8 настоящего стандарта).

7.3 Метод определения плотности (коэффициента уплотнения) грунтов

Определение участков земляного полотна, где в дальнейшем выполняется контроль плотности (коэффициента уплотнения) грунта при устройстве каждого слоя, осуществляют по 7.3.1.

Определение плотности (коэффициента уплотнения) грунтов земляного полотна в местах, выбранных по результатам георадарного обследования, выполняют по 7.3.2.

7.3.1 Выбор участков для определения плотности (коэффициента уплотнения) грунтов

7.3.1.1 Выбор участков для определения плотности (коэффициента уплотнения) грунтов предусматривает непрерывный контроль участков вновь возводимых слоев земляного полотна с помощью георадара после первого и завершающего прохода уплотняющей техники (соответственно первый и завершающий проходы георадара).

При сплошном обследовании каждого слоя земляного полотна с помощью георадара определяют участки изменения максимума амплитуды, в которых контролируется отклонение плотности (коэффициента уплотнения) грунтов земляного полотна.

7.3.1.2 Необходимо выполнять указанную последовательность процедур по оценке наличия участков отклонения плотности (коэффициента уплотнения) грунта от требуемого значения:

- запись георадарного профиля на длину захватки по 7.3.1.3, 7.3.1.4;
- расчет и выгрузка значений максимума амплитуды сигнала по 7.3.1.5;
- поиск мест недостаточного изменения максимума амплитуды по 7.3.1.6;
- фиксация выявленных с помощью георадара участков контроля плотности (коэффициента уплотнения) грунтов в ведомости по 7.3.1.8;
- вынос на местности выявленных границ участков для контроля плотности (коэффициента уплотнения) грунтов по 7.3.1.9 традиционными методами по 7.3.2.1, 7.3.2.2;
- достижение требуемой плотности (коэффициента уплотнения) на выявленных участках по 7.3.1.7 и 7.3.1.11.

7.3.1.3 Продольные георадарные профили следует выполнять на длину участка захватки:

- при ширине отсыпаемого слоя до 20 м — по оси дороги;
- при ширине отсыпаемого слоя более 20 м — по оси дороги и по середине между осью и бровками.

При выполнении георадарного обследования слоя земляного полотна шаг сканирования следует принимать не более 0,1 м.

7.3.1.4 Первый и завершающий проходы георадара должны быть выполнены в условиях, когда влажность грунтов устроенного слоя соответствует ГОСТ Р 59864.1—2022 (пункт 5.2.1).

7.3.1.5 Расчет максимума амплитуды следует выполнять посредством анализа исходного необработанного георадарного профиля, без усиления сигнала (коррекции амплитуд) в постобработке. Максимум амплитуды необходимо рассчитывать в пределах толщины устраиваемого слоя в каждой георадиолокационной трассе.

Рассчитанные значения максимума амплитуды следует усреднять с шагом не менее 10 м по длине участка захватки.

Расчет и выгрузку значений максимума амплитуды сигнала на толщину контролируемого слоя следует выполнять для каждого георадарного профиля на весь участок обследования (см. приложение Е).

7.3.1.6 Поиск мест отклонения амплитудно-частотных характеристик обследуемого грунта по изменению максимума амплитуды следует выполнять в соответствии с критериями, указанными в таблице 7.4.

Таблица 7.4 — Критерии допустимого отклонения максимума амплитуды

Тип грунта	Снижение среднего значения максимума амплитуды между первым и завершающим проходами георадара, %
Дисперсный	Не менее 15
Крупнообломочный	Не менее 20

7.3.1.7 При использовании георадара допускается сокращать объемы определения плотности (коэффициента уплотнения) грунтов земляного полотна по 7.3.2.1. При этом расстояние между двумя соседними точками контроля в продольном направлении допускается независимо от высоты насыпи до 100 м.

7.3.1.8 Информацию о местах, где наблюдаются условия несоответствия критериев, указанных в 7.3.1.6, следует фиксировать в ведомости по форме, приведенной в таблице 7.5.

Таблица 7.5 — Форма представления местоположения участков необеспеченного уплотнения слоя по данным георадарной съемки

Местоположение точки/участка, ПК		Координаты точки/участка (при наличии) *X*/*Y*, м (долгота)/(широта), град.мин.с		Снижение среднего значения максимума амплитуды между первым и завершающим проходами георадара, %
начало	конец	начало	конец	

7.3.1.9 Вынос на местности выявленных участков контроля плотности (коэффициента уплотнения) грунтов выполняется либо поверенными мерными колесами (лентами), либо с помощью геодезического оборудования с погрешностью, указанной в 5.2.

7.3.1.10 В случае несоответствия отклонения максимума амплитуды согласно критериям, указанным в 7.3.1.6, по длине каждого прохода георадара, где было обнаружено такое отклонение, должно быть выполнено одно из следующих действий:

- отбор и лабораторные испытания проб из дисперсных грунтов согласно 7.3.1 для определения их плотности (коэффициента уплотнения) и влажности;
- определение показателей деформативности скальных (крупнообломочных) грунтов согласно ГОСТ Р 59866.

7.3.1.11 Если в пространстве между двумя соседними точками отбора проб в продольном направлении по ГОСТ Р 59864.1—2022 (пункт 5.2.2) с учетом 7.3.1.7 обнаружено более одного участка несоответствия критериев, указанных в 7.3.1.6, контрольные определения плотности (коэффициента уплотнения) допускается выполнять только в одном месте этого пространства с наивысшим коэффициентом вариации максимума амплитуды. Критерием необходимости работ по доуплотнению грунта по длине прохода георадара на каждом десятиметровом отрезке профиля следует считать расчетные значения коэффициента вариации максимума амплитуды, превышающие 15 %.

Расчет коэффициента вариации необходимо выполнять не менее чем для 100 значений в пределах каждой десятиметровой секции захватки по формуле

$$C_v = \frac{\sigma}{A_{max\,i}}, \quad (1)$$

где $A_{max\,i}$ — значение максимума амплитуды в каждой точке сканирования георадара;

σ — среднеквадратическое отклонение, рассчитываемое по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(A_{max\,i} - \overline{A_{max}})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где $\overline{A_{max}}$ — среднее значение максимума амплитуды, рассчитанное для всей выборки данных;

n — общее количество значений в выборке данных.

7.3.2 Порядок определения плотности (коэффициента уплотнения) грунтов земляного полотна в местах, выбранных по результатам георадарного обследования

7.3.2.1 Определение плотности грунта каждого слоя земляного полотна вдоль профиля движения георадара следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59864.1 и ГОСТ 5180, только после записи завершающего георадарного профиля.

Коэффициент уплотнения грунта следует вычислять как отношение плотности сухого (скелета) грунта, полученной по ГОСТ 5180—2015 (подраздел 9.4) к максимальной плотности этого же грунта, определенной в соответствии с ГОСТ 22733—2016 (раздел 8).

7.3.2.2 При отсыпке земляного полотна из скальных (крупнообломочных) грунтов коэффициент уплотнения следует определять по показателям деформативности грунтов методами статического и динамического нагружения согласно ГОСТ Р 59866.

7.3.2.3 При несоответствии коэффициента уплотнения требованиям ГОСТ Р 59864.1 необходимо увеличить количество проходов уплотняющей техники с обеспечением оптимальной влажности грунта (для несвязных грунтов) до достижения требуемого результата.

Приложение А
(справочное)

Техническое задание на проведение георадиолокационного обследования

А.1 Общий состав работ по строительному контролю при новом строительстве, реконструкции или капитальном ремонте участка автомобильной дороги указан в ГОСТ 32731—2014 (пункт 4.2).

Неразрушающее георадиолокационное обследование участков строящегося, реконструируемого, а также ремонтируемого земляного полотна автомобильных дорог необходимо проводить в дополнение к требованиям ГОСТ 32731—2014 (пункт 3.1.6 приложения А). Состав дополнительных работ по приведенным в разделах 6 и 7 методам представлен в таблице А.1. Форма ведомости объемов дополнительных работ на обследуемом участке автомобильной дороги приведена в таблице А.2.

Таблица А.1 — Состав дополнительных работ по георадиолокационному обследованию

Раздел	Пункт	Содержание технического задания
Раздел 3 технического задания приложения А ГОСТ 32731—2019	Дополнительные работы в 3.1.6 технического задания	3.1.6.1 Георадиолокационное обследование грунтов основания земляного полотна по настоящему стандарту: а) определение пространственного положения ослабленных зон в грунтах основания земляного полотна; б) определение объемов замены непригодного (слабого) грунта; в) определение под толщей грунта обратной засыпки остатков не полностью изъятого непригодного грунта. 3.1.6.2 Георадиолокационное обследование грунтов земляного полотна при его устройстве по настоящему стандарту: а) определение содержания и размера мерзлых комьев, неоднородных включений в грунтах насыпи; б) определение однородности по типам и разновидности грунтов земляного полотна; в) определение однородности по плотности грунтов земляного полотна при послойном возведении насыпи

Таблица А.2 — Форма ведомости объемов дополнительных работ по георадиолокационному обследованию

Наименование работ	Единица измерения	Объем работ (в зависимости от метода)
1 Георадиолокационный метод	пог. м	Определяют в соответствии с 6.1.1.3, 6.2.1.2, 7.1.1.2, 7.2.1.2, 7.3.1.3
2 Геодезический метод	кол-во точек	Определяют в соответствии с 4.11, 6.2.1.3, 7.2.2.1, 7.3.1.9
3 Испытания статическим/динамическим плотномером	кол-во точек	Определяют в соответствии с 7.3.2.2
4 Испытание статическим штампом	кол-во точек	Определяют в соответствии с 7.3.2.2
5 Испытание динамическим штампом	кол-во точек	Определяют в соответствии с 7.3.2.2
6 Контрольное бурение скважин (выработок)	шт./пог. м	Определяют в соответствии с 4.8, 6.1.3.1, 6.2.2.2, 6.2.2.4, 7.1.3.1, 7.2.3.1, 7.3.1.10
7 Отбор проб	шт.	Определяют в соответствии с 4.8, 6.1.3.2, 7.2.3.2, 7.3.1.10

Окончание таблицы А.2

Наименование работ	Единица измерения	Объем работ (в зависимости от метода)
8 Лабораторные испытания проб: а) плотность б) стандартное уплотнение в) оптимальная влажность г) влажность д) тип грунта е) гранулометрический состав	шт.	Определяют в соответствии с 4.6, 7.3.1.10

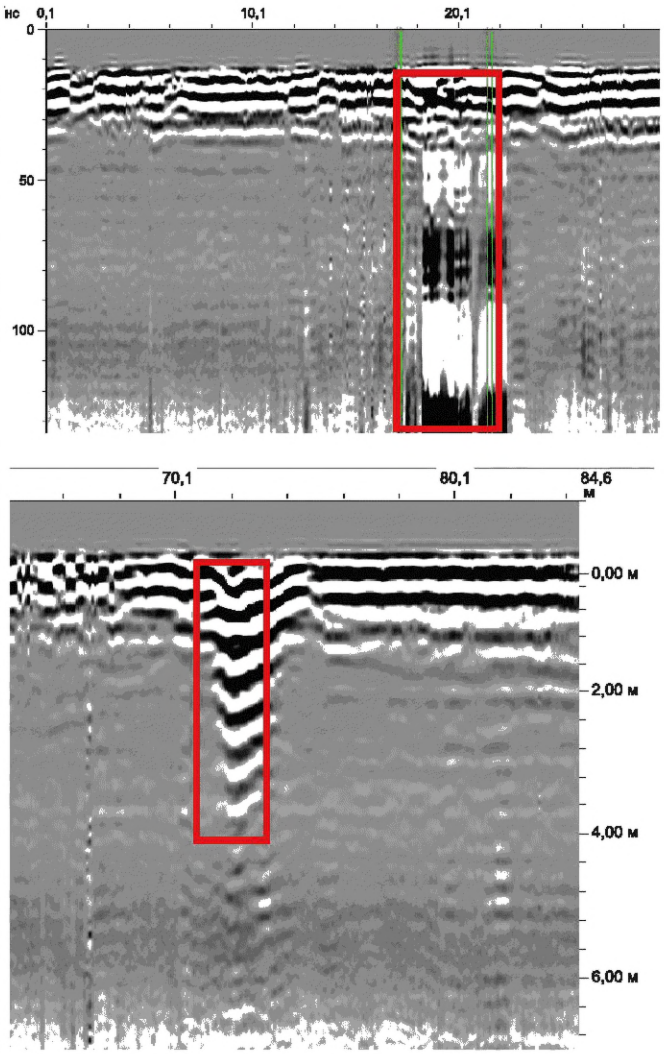
А.2 Перечень нормативных документов и технической документации, в соответствии с требованиями которых необходимо выполнять работы по строительному контролю, определяют при составлении договора (контракта) на проведение работ согласно требованиям ГОСТ 32731—2014 (пункт 3.8). Для выполнения неразрушающего контроля дорожно-строительных работ с использованием георадиолокационного метода целесообразно в проект технического задания включать нормативные документы согласно разделу 2.

Приложение Б
(справочное)

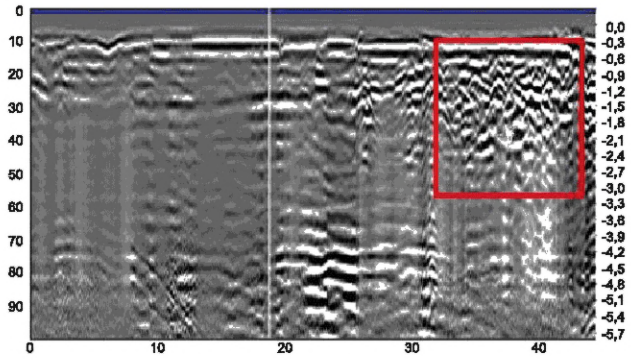
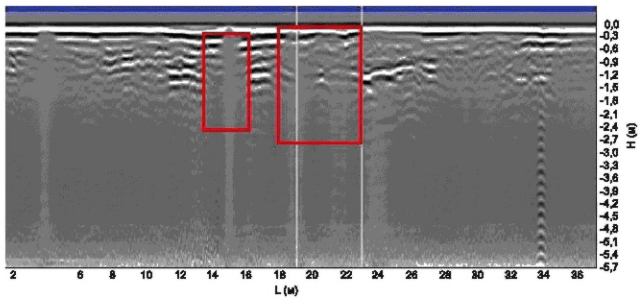
Пример определения ослабленных зон в грунтах естественного основания

Б.1 Геофизические признаки определения ослабленных зон в естественном основании приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1

Ослабленная зона	Качественный признак	Количественный признак
Зона переувлажнения	 «Звенящий» тип записи (многократные переотражения), искажение субгоризонтального поведения осей синфазности, локальное увеличение интенсивности и яркости отражающих границ	Увеличение диэлектрической проницаемости в 1,2 — 1,5 раза (уменьшение скорости электромагнитной волны). Локальное увеличение значений максимума амплитуды не менее чем в 2 раза по отношению к средним значениям в исследуемом диапазоне глубин. Снижение спектральной частоты более чем в 3 раза по отношению к центральной частоте антенны

Окончание таблицы Б.1

Ослабленная зона	Качественный признак	Количественный признак
Зона разуплотнения	 «Хаотический» тип записи (скопление гипербол дифракции)	Для несвязных грунтов: увеличение максимума амплитуды на 20 % — 25 % по отношению к средним значениям в исследуемом диапазоне глубин. Для связных грунтов: увеличение максимума амплитуды на 15 % — 20 % по отношению к средним значениям в исследуемом диапазоне глубин
Зона обводнения	 «Прозрачный» тип записи (отсутствие отражающих границ)	Для связных грунтов: снижение максимума амплитуд не менее чем на 40 % по отношению к средним значениям в исследуемом диапазоне глубин. Для несвязных грунтов: снижение спектральной частоты более чем на 30 % по отношению к центральной частоте антенны

Б.2 Пример выполнения атрибутного анализа для определения ослабленных зон в грунтах естественного основания

Б.2.1 Атрибутный анализ георадарных данных выполняют с целью определения количественных геофизических признаков, характеризующих ослабленные зоны.

Атрибутный анализ георадарных данных определяет взаимосвязь между изменениями амплитудно-частотных характеристик и физических свойств грунтов (влажностью и плотностью).

Расчет атрибута выполняют в специальном программном обеспечении для обработки георадарных данных, в окне фиксированной длины, вдоль временной развертки сигнала. Длину окна задают в наносекундах, интервал для расчета атрибута выбирают для целевой глубины, где необходимо определить наличие ослабленной зоны.

Наиболее распространенными амплитудно-частотными характеристиками, которые оценивают при выполнении атрибутного анализа, являются максимальная амплитуда сигнала и частота, соответствующая максимуму амплитудно-частотного спектра сигнала (спектральная частота) (см. рисунок Б.1). Максимум амплитуды определяется как максимальное значение по модулю амплитуды сигнала в выбранном окне.

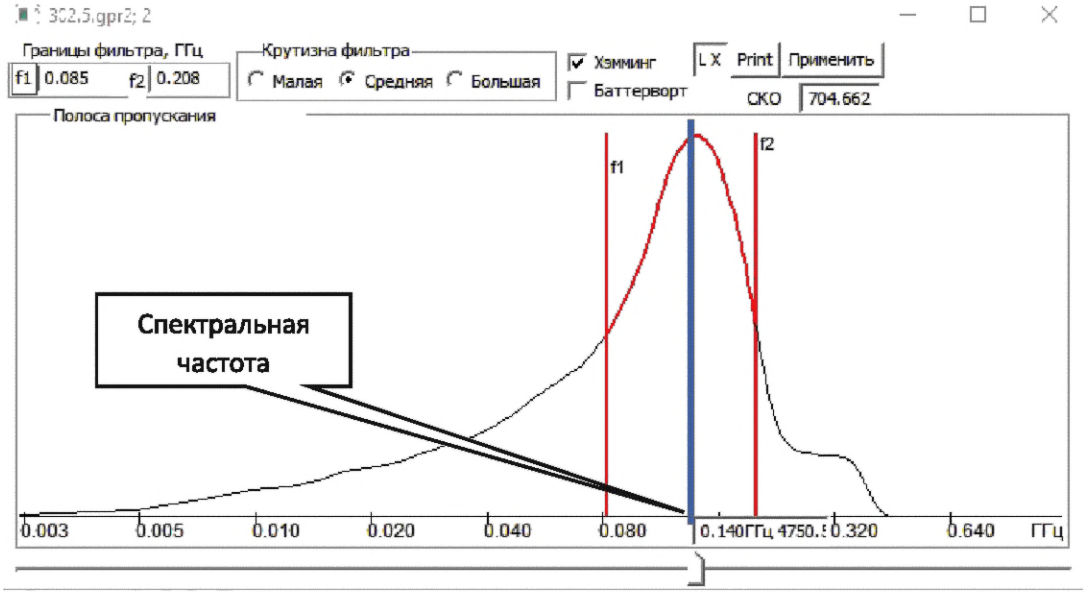


Рисунок Б.1 — Амплитудно-частотный спектр сигнала

Б.2.2 Пример выполнения атрибутного анализа № 1

Исходные данные:

- обследование участка строящейся автомобильной дороги категории I в Московской области до возведения земляного полотна;
- проектируемая ширина верха земляного полотна 35 м;
- почвенно-растительный слой удален;
- грунты естественного основания до глубины 1,5 м по данным проектной документации представлены глинами.

В рамках выполненной геологической заверки было установлено, что непосредственно с поверхности у основания насыпи земляного полотна выделен участок ослабленных грунтов. По данным лабораторных испытаний грунт был определен как мягкопластичный суглинок (показатель текучести выше 0,5).

Георадарная съемка на участке обследования выполнена с антенным блоком 150 МГц до возведения земляного полотна. Поскольку ослабленные грунты в естественном основании были выделены с поверхности, то при выполнении атрибутного анализа с целью определения ослабленных зон окно для расчета было выбрано 10 нс от поверхности сканирования, что для конкретного рассматриваемого примера будет соответствовать глубине от 0 м до 0,8—1,0 м (см. рисунок Б.2).

Участки графика, где отмечается понижение значения максимума амплитуды на 40 % и более относительно средних значений говорят о наличии ослабленной зоны, а именно об участке обводнения в грунтах естественного основания.

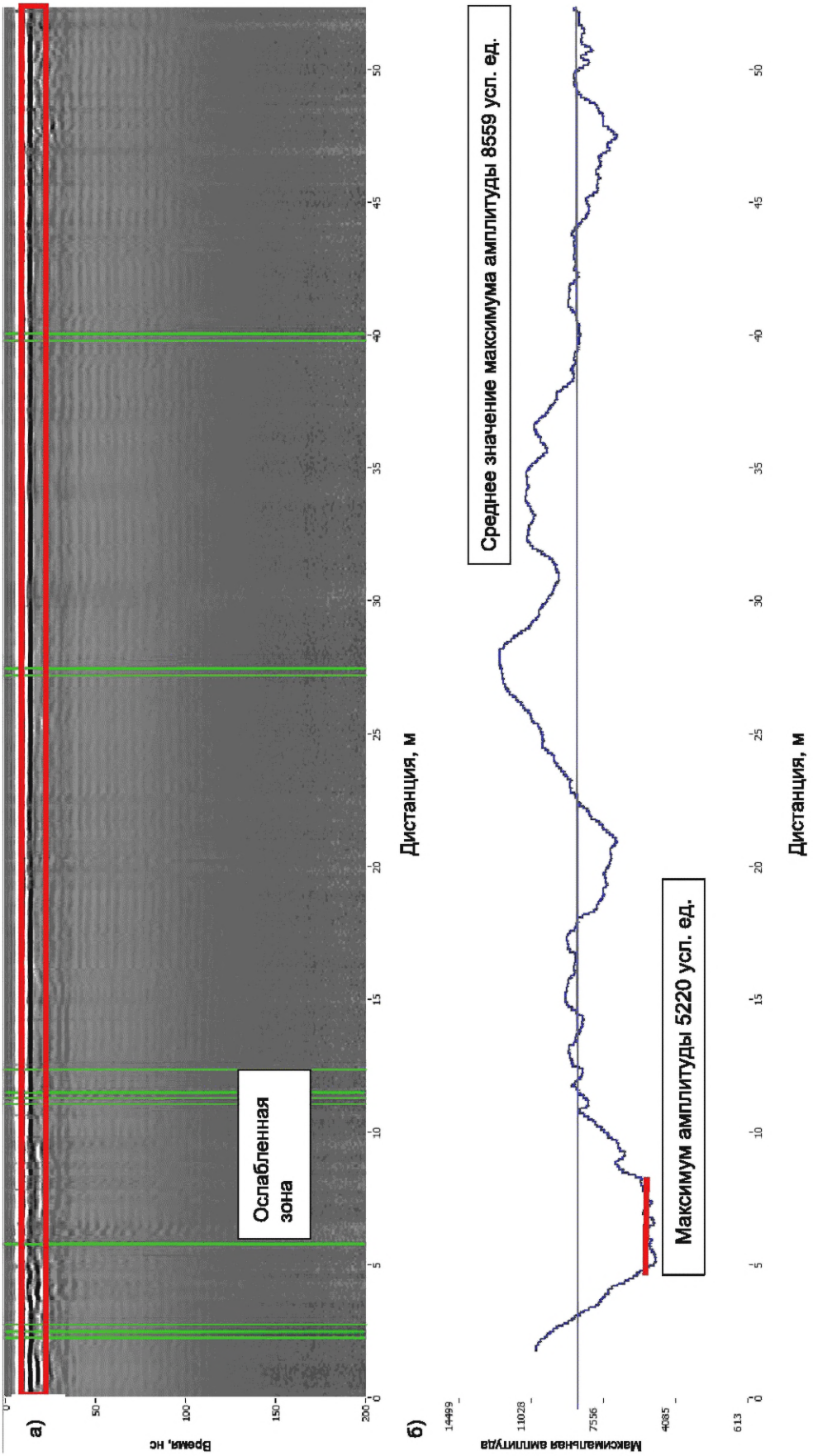
Б.2.3 Пример выполнения атрибутного анализа № 2

Исходные данные:

- обследование участка капитального ремонта автомобильной дороги категории II в Ульяновской области, где по проектной документации предполагается демонтаж дорожной одежды и частичная замена грунта земляного полотна;
- грунты естественного основания по данным проектной документации до глубины 1—2 м представлены почвенно-растительным слоем (черноземом), ниже — суглинки.

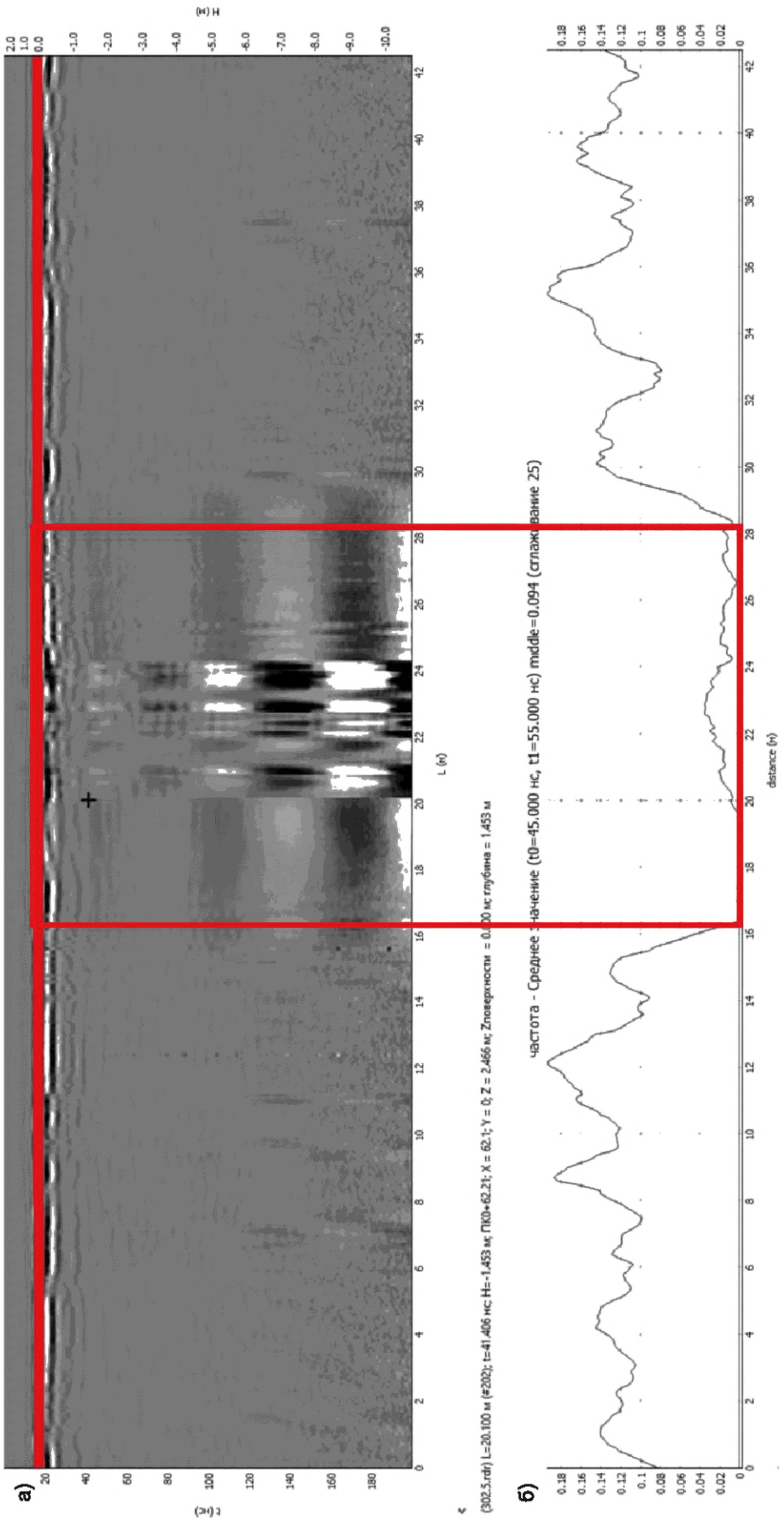
Георадарная съемка выполнена с антенным блоком 250 МГц на участке обследования после демонтажа дорожной одежды и частично старого слоя земляного полотна. Следует рассмотреть график спектральной частоты, который построен в окне, соответствующем диапазону глубин от 1,5 до 2,5 м от поверхности, по профилю через ослабленную зону (см. рисунок Б.3). Снижение спектральной частоты более чем в 4 раза по отношению к центральной частоте антенны (250 МГц) согласно 6.1.2.3 является критерием определения переувлажненных грунтов естественного основания.

В рамках выполненной геологической заверки проведен отбор проб из естественного основания. По результатам лабораторных испытаний подтвердилось наличие суглинистых грунтов низкой плотности и с показателем текучести более 0,75, что позволяет отнести их к грунтам ослабленной зоны.



Примечание — Красный прямоугольник — окно расчета атрибута 10 нс.

Рисунок Б.2 — Георадарный профиль, полученный с антенной 250 МГц, пересекающий ослабленную зону, см. а), и график изменения максимума амплитуды от протяженности профиля в окне 5—15 нс, см. б)



Примечание — Красным выделен участок ослабленной зоны.

Рисунок Б.3 — Георадарный профиль, полученный с антенной 250 МГц, пересекающий ослабленную зону, см. а), и график изменения спектральной частоты от протяженности профиля в окне 45—55 нс, см. б)

Приложение В
(справочное)

Пример контроля замены непригодного грунта

В.1 Результаты определения объема замены непригодного грунта в основании насыпи должны содержать следующую информацию:

- наименование объекта (титул объекта обследования, строительный пикетаж);
- погодные условия (температура воздуха, наличие осадков);
- центральная частота (диапазон частот) антенны;
- схемы расположения профилей.

Расчет объема замены непригодного грунта следует выполнять двумя способами:

а) по смежным поперечным профилям;

б) методом вычитания поверхностей.

В.2 Объем грунта обратной засыпки в основании насыпи по смежным поперечным профилям следует рассчитывать с учетом информации о ее средней толщине, определенной по всем георадарным профилям, а также о расстоянии между поперечными профилями. Указанную информацию необходимо заполнять в ведомость по форме, приведенной в таблице В.1.

Таблица В.1 — Форма представления толщины замененного грунта

Номер георадарного профиля	Номер пикета	Координаты профиля (при наличии)* *X*/*Y*, м (долгота)/(широта), град.мин.с		Средняя толщина грунта обратной засыпки H_{icp}, м	Средняя ширина грунтового массива обратной засыпки по кровле и подошве b_{icp}, м
		начало	конец		
* 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.					

Результаты определения объема замененного непригодного грунта в основании насыпи способом по смежным поперечным профилям следует оформлять по форме, приведенной в таблице В.2.

Таблица В.2 — 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			
i+3			
Итого, м^3			

В.3 Вычисление объема грунта обратной засыпки методом вычитания поверхностей следует выполнять с использованием специализированного программного обеспечения автоматизированного проектирования автомобильных дорог, сертифицированным в установленном порядке.

Фактический объем грунта обратной засыпки между двух смежных поперечных профилей $V_{1,2}$, например ПП 1 и ПП 2 (см. рисунок В.1), следует рассчитывать по формуле

$$V_{1,2} = \frac{(b_{1ср} + b_{2ср})}{2} \cdot a_{1,2} \cdot H_{ср1,2}, \quad (В.1)$$

где $b_{1ср}$ — средняя ширина выемки по первому поперечному профилю, м;

$b_{2ср}$ — средняя ширина выемки по второму поперечному профилю, м;

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

$H_{ср1,2}$ — средняя толщина слоя обратной засыпки, определенная по двум смежным поперечным георадарным профилям на площади, ограниченной отрезками $b_{1верх}$ и $b_{2верх}$ (см. рисунки В.1 и В.2), вычисляемая по формуле

$$H_{ср1,2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} H_i, \quad (В.2)$$

где n — общее количество точек определения мощности слоя насыпного грунта;

H_i — мощность слоя насыпного грунта, определенная в точках георадарного обследования на радарограммах с заданным равным шагом выгрузки, ограниченная отрезками $b_{1верх}$ и $b_{2низ}$ (см. рисунок В.2).

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

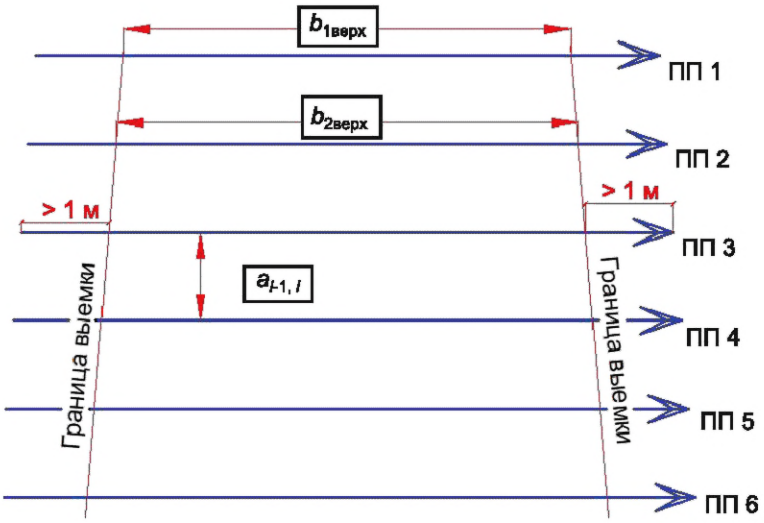
Поперечный профиль при выполнении георадиолокационного обследования должен обязательно выходить за границы выемки заменяемого грунта с целью однозначного определения границы перехода от грунтов естественного основания в грунты обратной засыпки (см. рисунок В.1). Среднюю ширину выемки по поперечному профилю $b_{iср}$ рассчитывают по формуле

$$b_{iср} = \frac{(b_{iверх} + b_{iниз})}{2}, \quad (В.3)$$

где $b_{iверх}$ — ширина верха обратной засыпки, соответствующего поперечного георадарного профиля (см. рисунок В.2);

$b_{iниз}$ — ширина обратной засыпки по дну соответствующего поперечного георадарного профиля;

i — номер поперечного георадарного профиля.



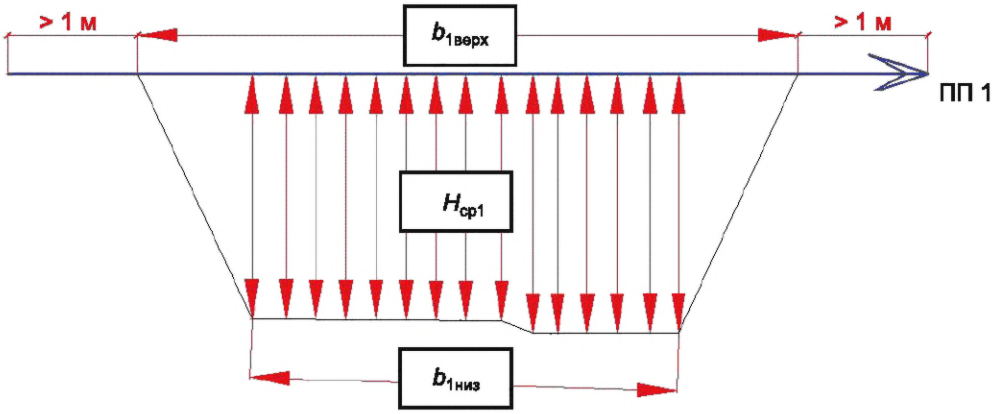
ППi — поперечный георадарный профиль и его номер;

$a_{i\text{-}1,\,i}$ — расстояние между двумя поперечными профилями ПП 1 и ПП 2 в плане;

$b_{1верх}$ — ширина выемки на поверхности по 1-му поперечному профилю;

$b_{2верх}$ — ширина выемки на поверхности по 2-му поперечному профилю

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



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

$b_{1низ}$ — ширина выемки по дну для выбранного поперечного профиля;

$H_{ср1}$ — средняя толщина слоя обратной засыпки по выбранному поперечному профилю

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.

В.4 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, $V_{гр}$ необходимо использовать формулу

$$V_{гр} = K_k V, \quad (В.4)$$

где K_k — коэффициент относительного уплотнения [отношение плотности (скелета) сухого грунта в теле обратной засыпки к плотности (скелета) сухого грунта в источнике получения (карьере)];

V — объем грунта обратной засыпки в уплотненном состоянии, рассчитанный по результатам георадарной съемки.

Для контроля объема грунта, перевезенного в транспортных средствах, когда он находится в разрыхленном состоянии, $V_{тр}$ следует использовать формулу

$$V_{тр} = K_{10л} V, \quad (В.5)$$

где $K_{10л}$ — 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];

V — объем грунта обратной засыпки в уплотненном состоянии, рассчитанный по результатам георадарной съемки.

Массу уплотненного грунта m, использованного при обратной засыпке, рассчитывают по формуле

$$m = V \cdot \rho, \quad (В.6)$$

где V — объем грунта обратной засыпки, рассчитанный по данным георадарной съемки;

ρ — средняя плотность уплотненного грунта обратной засыпки.

Приложение Г
(справочное)

Примеры радарограмм для определения однородности по типу и разновидности грунтов по геофизическим признакам

Г.1 Наиболее распространенные типы записи георадарных профилей приведены на рисунках Г.1 — Г.6.

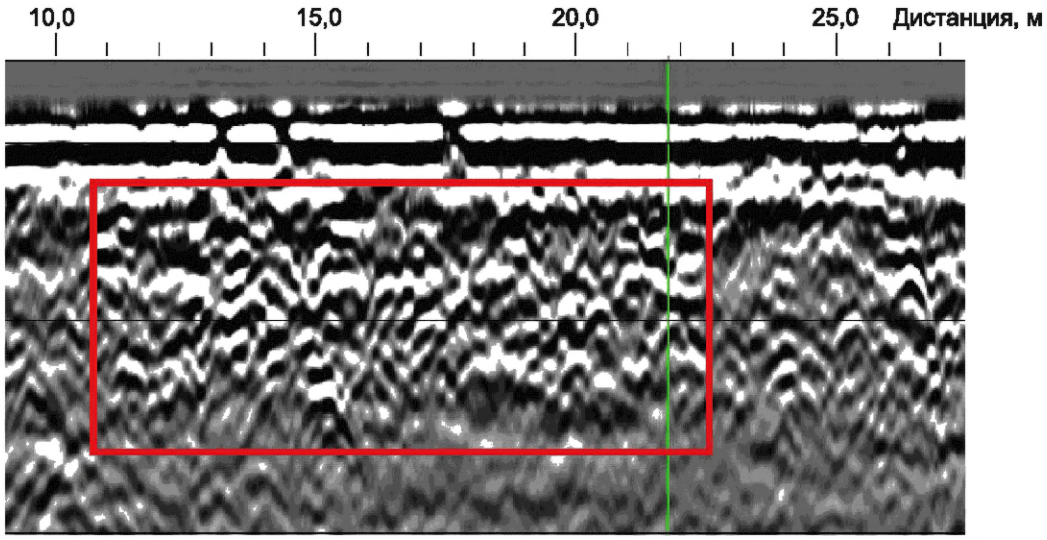


Рисунок Г.1 — Тип записи хаотичный — характерен для крупнообломочного грунта

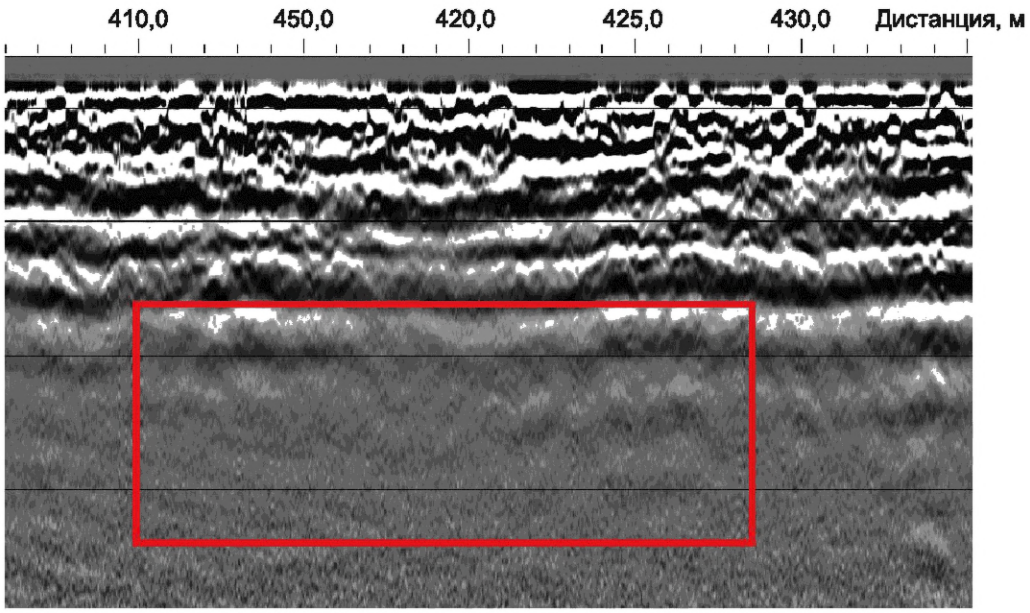


Рисунок Г.2 — Тип записи затухающий, прозрачный — характерен для суглинистых грунтов

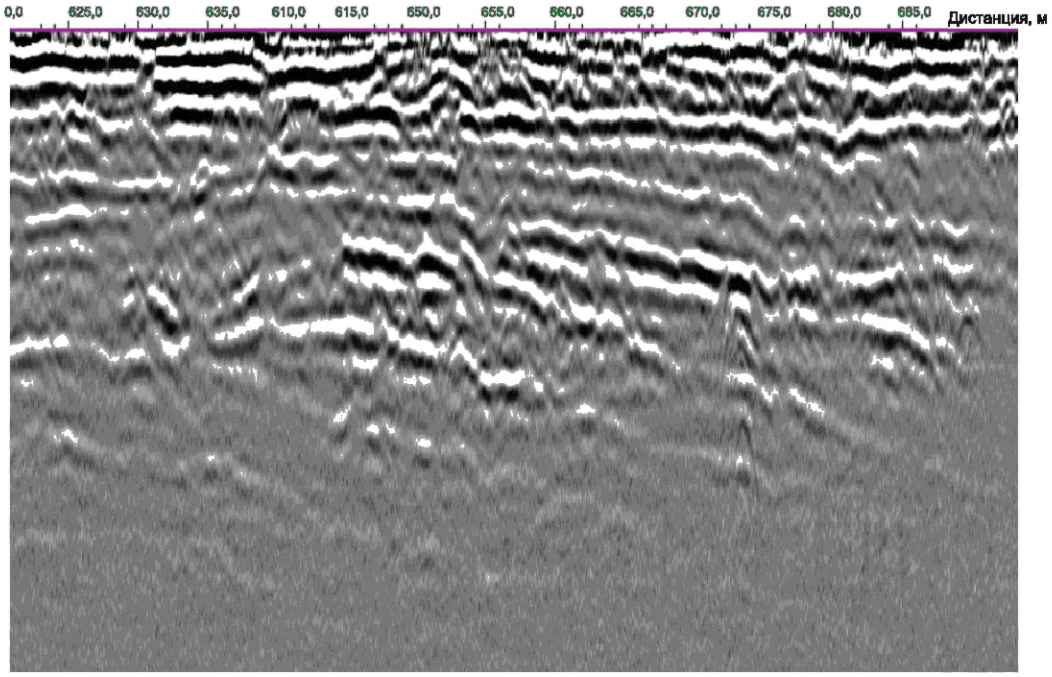


Рисунок Г.3 — Тип записи линзовидный, косослоистый — характерен для песчаных и супесчаных насыпей с неравномерным уплотнением (внутри каждого слоя преобладает прозрачный тип записи)

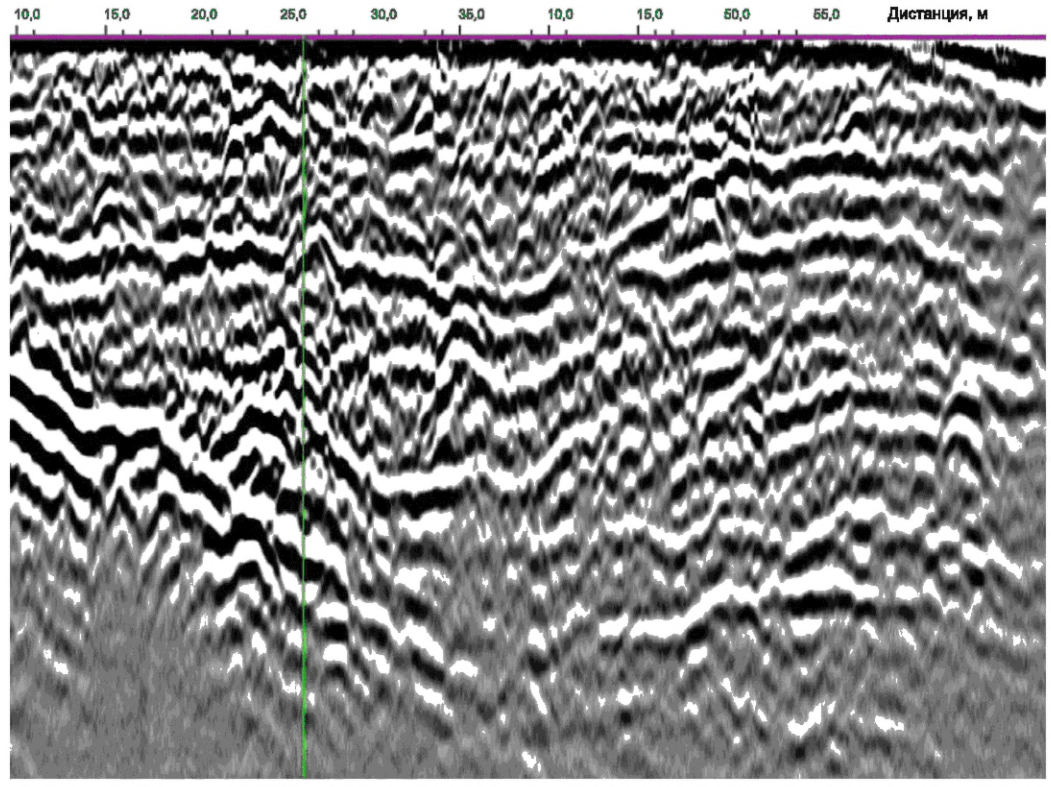


Рисунок Г.4 — Тип записи смешанный (хаотичный, линзовидный) — характерен для участков с обратной засыпкой крупнообломочным грунтом с неравномерным уплотнением и неоднородным составом грунта

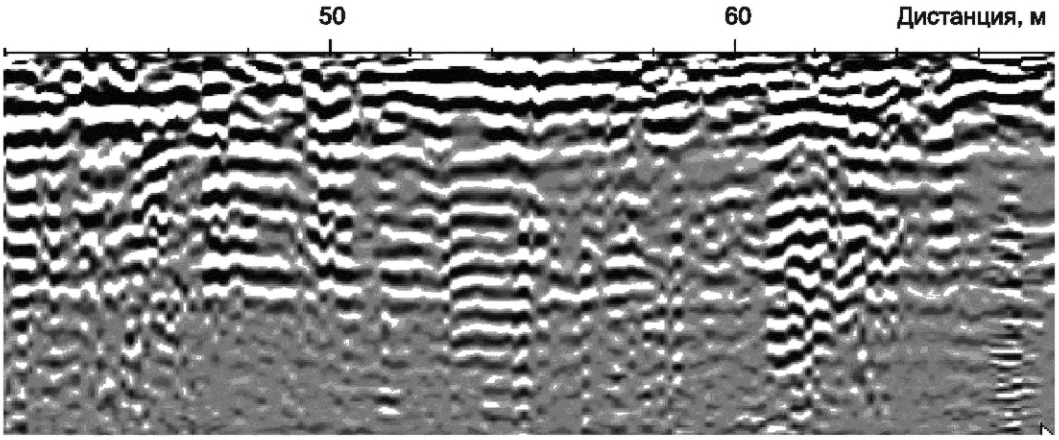


Рисунок Г.5 — Тип записи параллельно-слоистый — характерен для песчаных и супесчаных насыпных грунтов при послойном уплотнении

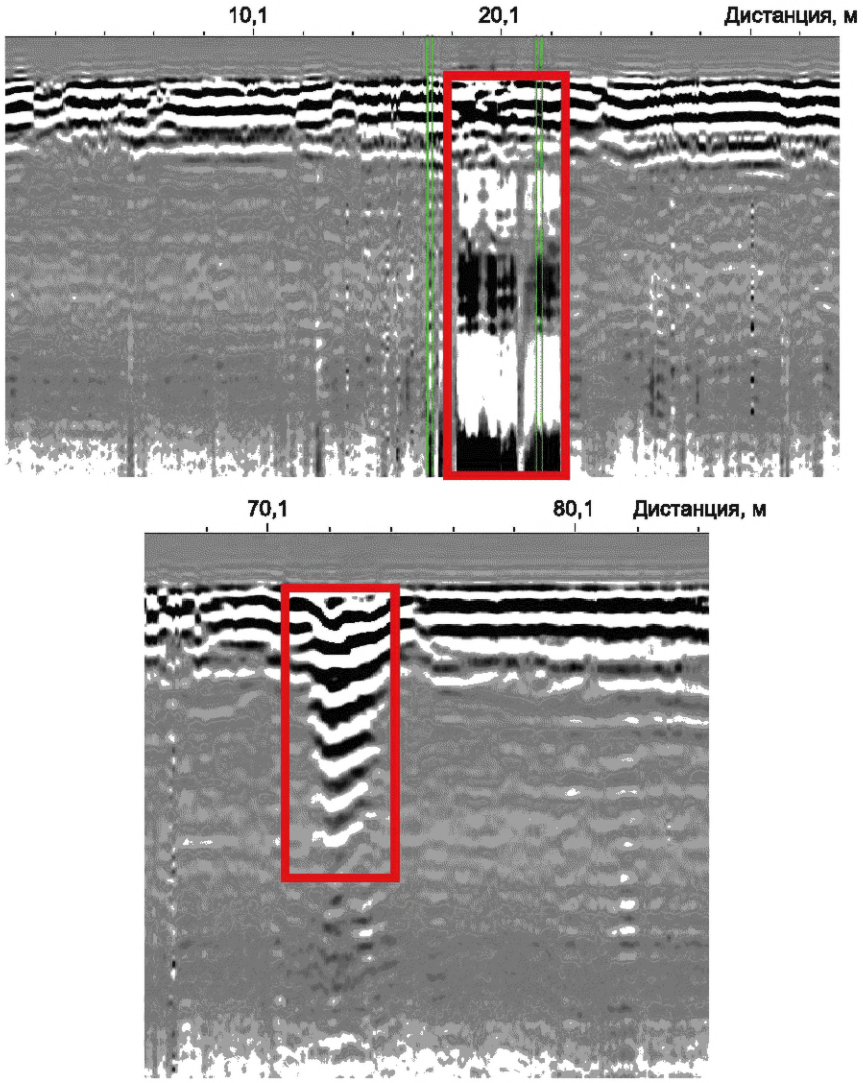


Рисунок Г.6 — Тип записи «звенящий» (многократные переотражения сигнала) — характерен для переувлажненных грунтов

Г.2 Классификация дисперсных и мерзлых грунтов по привязке к типу записи на радарограмме по ГОСТ 33063 приведена в таблице Г.1.

Таблица Г.1

<table>
<tr><th>Класс грунтов</th><th>Подкласс</th><th>Вид</th><th>Подвид</th><th colspan="2">Разновидности</th><th>Тип записи</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Дисперсные</td><td rowspan="5">Несвязные</td><td rowspan="5">Минеральные и органоминеральные</td><td rowspan="2">Крупнообломочные грунты</td><td rowspan="2">По размеру фракций

От мелкого гравия (2—5 мм) до крупных валунов (>800 мм)</td><td>По степени водонасыщения, засоленности

Малой и средней степени водонасыщения</td><td>Хаотический</td></tr>
<tr><td>Водонасыщенные, засоленные</td><td>Прозрачный</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Пески, заторфованные пески</td><td>Песчаные частицы:

от 0,25 до 2,00 мм: грубые, крупные, средние</td><td>Малой и средней степени водонасыщения</td><td>Параллельно-слоистый, косослоистый</td></tr>
<tr><td rowspan="2">от 0,05 до 0,10 мм: мелкие, тонкие</td><td>Водонасыщенные</td><td>Косослоистый, прозрачный</td></tr>
<tr><td>Засоленные</td><td>Прозрачный</td></tr>
<tr><td>Пылеватые частицы от 0,002—0,010 мм до 0,050 мм: крупные, мелкие</td><td>Малой и средней степени водонасыщения, водонасыщенные, засоленные</td><td>Прозрачный</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Связные</td><td rowspan="2">Минеральные, органоминеральные, органические</td><td>Глинистые грунты</td><td colspan="2">Супеси (в том числе пластичные и текучие)</td><td>Косослоистый, прозрачный</td></tr>
<tr><td>Илы, сапропели, заторфованные глинистые грунты, торфы</td><td colspan="2">Суглинки и глины (в том числе мягко и текучепластичные, текучие, засоленные)</td><td>Прозрачный</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Мерзлые</td><td colspan="2" rowspan="2">Все виды дисперсных грунтов</td><td colspan="2">По температуре (см. ГОСТ 25358)
Немерзлые (талые)</td><td>Параллельно-слоистый, звенящий</td></tr>
<tr><td colspan="2">Мерзлые, морозные, сыпучемерзлые</td><td>Хаотический</td></tr>
</table>

Приложение Д
(справочное)

Пример определения однородности по типу и разновидности грунтов по геофизическим признакам

Д.1 Определение однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна выполняют путем выявления на радарограммах характерных признаков изменения амплитудно-частотных характеристик сигнала георадара (атрибуты максимум амплитуды, спектральная частота и др.).

Методика камеральной обработки представлена следующими этапами:

1) расчет выбранного атрибута выполняется в окне по вертикали развертки георадиолокационной трассы на толщину отсыпанного слоя земляного полотна. Для каждой георадиолокационной трассы в выбранном окне рассчитывается одно значение атрибута;

2) анализ однородности по типу и разновидности грунтов земляного полотна выполняется по оценке изменения значений рассчитанного атрибута по сравнению со средними значениями в исследуемом диапазоне глубин.

Д.2 Пример выполнения атрибутного анализа:

Исходные данные:

- обследование участка строящейся автомобильной дороги категории I в Московской области;
- георадарное обследование слоя земляного полотна выполнялось антенным блоком 900 МГц;
- земляное полотно отсыпано двумя типами песчаного грунта, различающимися по цвету и минералогическому составу частиц;
- песок № 1 и песок № 2 близки по гранулометрическому составу (песок средней крупности) и влажности;
- песок № 1 имеет плотность 1,52 г/см^3, песок № 2 имеет плотность 1,61 г/см^3.

На рисунке Д.1 представлен георадарный профиль участка земляного полотна, совмещенный с графиком расчета максимума амплитуды, построенного в окне 7—15 нс (в диапазоне глубин 0—0,4 м). Анализ рисунка показывает, что для песка № 2 количественная оценка максимума амплитуды снижается в среднем на 30 %—35 % по сравнению с расчетом того же атрибута для песка № 1.

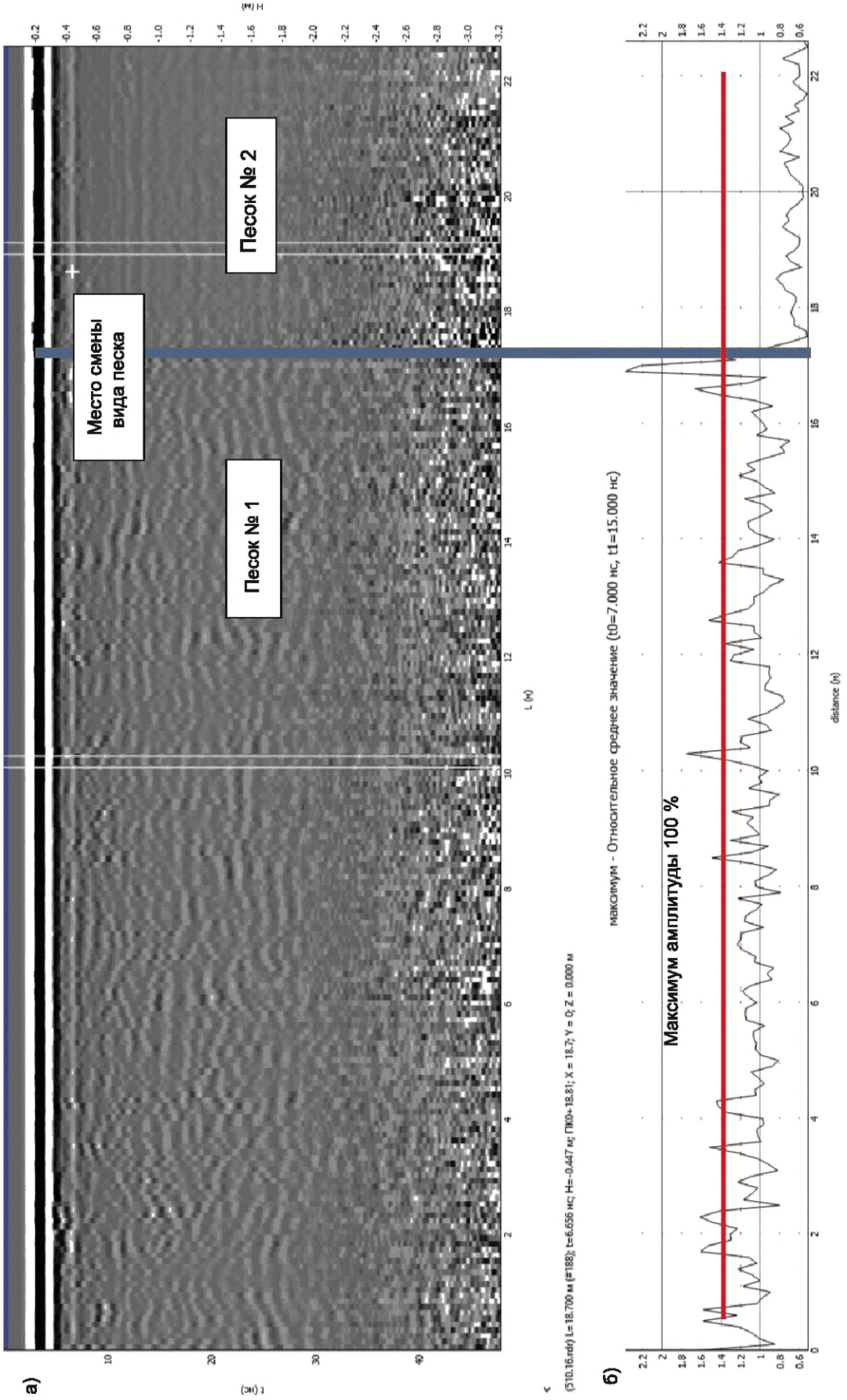


Рисунок Д.1 — Георадарный профиль, полученный с антенной 900 МГц, через два вида песка, см. а), и график изменения максимума амплитуды от протяженности профиля в окне 7—15 нс , см. б)

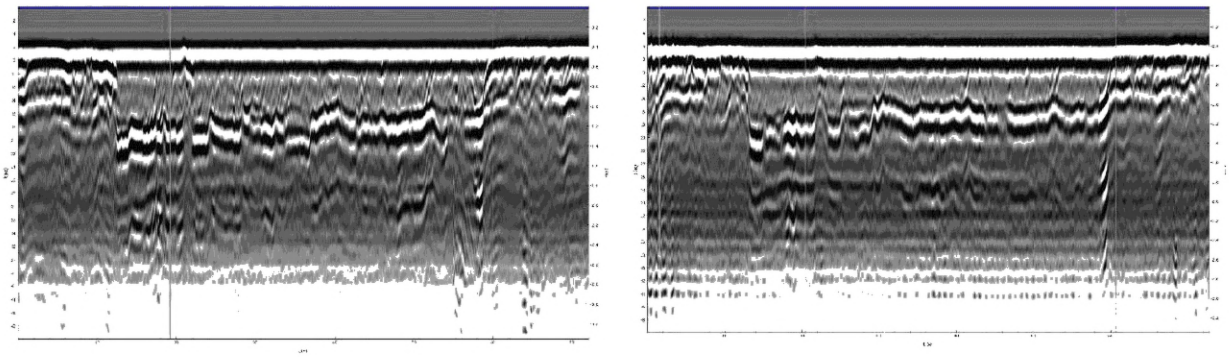
Приложение Е
(справочное)

Пример выбора участков для определения плотности (коэффициента уплотнения) грунтов

Е.1 Исходные данные:

- обследование участка строительства автомобильной дороги категории II, где предусмотрено возведение нового земляного полотна высотой более 3 м;
- общая протяженность участка обследования составляет 70 м, ширина земляного полотна менее 20 м;
- требуемый коэффициент уплотнения грунта — 0,97;
- материал земляного полотна представлен твердым легким песчанистым суглинком с оптимальной влажностью 15,6 % и максимальной плотностью 1,83 г/см^3;
- толщина каждого отсыпаемого слоя составила примерно 30 см в рыхлом состоянии и 25 см в уплотненном;
- согласно проекту производства работ на участке возводимого земляного полотна предусмотрено 14 проходов уплотняющим катком массой 16 т;
- съемка выполнена по оси насыпи после первого и завершающего проходов уплотняющей техники георадаром с антенным блоком 400 МГц, при шаге сканирования 0,05 м согласно 7.3.1.3.

На рисунке Е.1 представлены исходные необработанные георадарные профили после первого и завершающего проходов уплотняющей техники.



а) После первого прохода б) После завершающего прохода

Рисунок Е.1 — Георадарные профили до и после уплотнения грунта

С целью последующего анализа георадарных данных необходимо подготовить каждый из профилей, определив поверхность сканирования земляного полотна на них (см. рисунок Е.2), а также изменив диэлектрическую проницаемость слоя согласно справочным значениям, указанным в приложении В [1] для суглинка. В указанном источнике приведены значения диэлектрической проницаемости для суглинков влажностью 10 % и 20 % соответственно 6,5—7,0 и 10—14,7. Однако на обследуемом объекте оптимальная влажность грунта составляет 15,6 %. Диэлектрическая проницаемость определена путем интерполяции данных согласно приложению В [1] и составила 10,1.

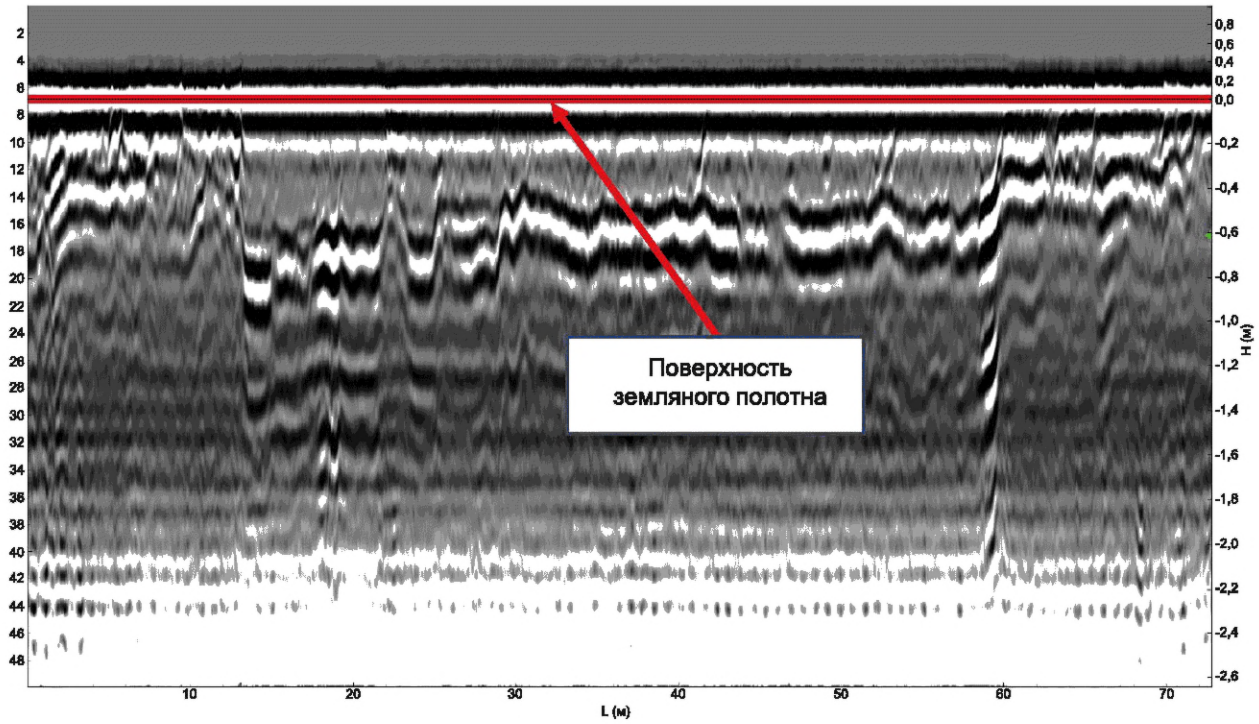


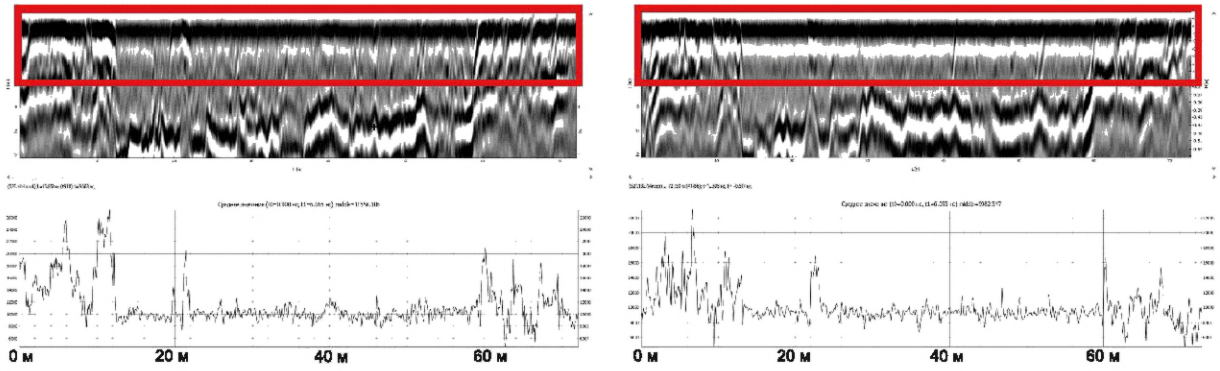
Рисунок Е.2 — Подготовка георадарного профиля к анализу

Е.2 Расчет максимума амплитуды необходимо выполнять на глубину, не превышающую толщину слоя. На радарограмме (см. рисунок Е.2) имеется две вертикальные шкалы: левая — шкала времени (показывает время пробега сигнала до определенной глубины) и правая — шкала глубин. В зависимости от функционала используемых программ для ЭВМ атрибутный анализ выполняется с привязкой как к шкале времени, так и к шкале глубин. В представленном примере атрибутный анализ выполнен с учетом толщины слоя в уплотненном состоянии — 25 см, с привязкой к шкале времени в интервале временной развертки от 6,836 до 12,891 нс (общий интервал временного окна для обследуемого слоя составил 6,055 нс).

Результаты расчета максимума амплитуды для радарограмм первого и завершающего проходов уплотняющей техники представлены в таблице Е.1 и на рисунке Е.3.

Таблица Е.1 — Значения максимума амплитуды до и после уплотнения грунта

Секция, м	Максимум амплитуды после прохода уплотняющей техники	
	первого	завершающего
0—10	15383,82	12409,67
10—20	12715,53	10255,99
20—30	10573,92	9928,70
30—40	10040,36	9215,76
40—50	9842,103	9408,32
50—60	10788,46	9364,86
60—70	11960,21	9923,12



а) После первого прохода

б) После завершающего прохода

Примечание — Красным прямоугольником указан анализируемый диапазон максимума амплитуды.

Рисунок Е.3 — Графики максимума амплитуды до и после уплотнения грунта

Ведомость по форме, приведенной в таблице 7.5, представлена в таблице Е.2.

Таблица Е.2 — Определение местоположения участков необеспеченного уплотнения слоя по данным георадарной съемки

Местоположение точки/участка, ПК		Координаты точки/участка (при наличии) *X*/*Y*, м (долгота)/(широта), град.мин.с		Снижение среднего значения максимума амплитуды между первым и завершающим проходами георадара, %
начало	конец	начало	конец	
0	10	—	—	19,33
10	20	—	—	19,34
20	30	—	—	6,10
30	40	—	—	8,21
40	50	—	—	4,41
50	60	—	—	13,20
60	70	—	—	17,03

Согласно таблице Е.2 не обеспечивается критерий снижения атрибута по 7.3.1.6 для секций с 20 по 60 м, в связи с чем для них дополнительно выполнен расчет коэффициента вариации максимума амплитуды (см. таблицу Е.3).

Таблица Е.3 — Результаты расчета коэффициента вариации максимума амплитуды

Местоположение точки/участка, ПК		Коэффициент вариации максимума амплитуды между первым и завершающим проходами георадара, %
начало	конец	
20	30	18,96
30	40	7,28
40	50	9,10
50	60	6,55

Для секций с 30 по 60 м дополнительных контрольных мероприятий и уплотнения грунта не требуется ввиду расчетных значений коэффициента вариации максимума амплитуды, не превышающих 15 %.

Е.3 В соответствии с 7.3.1.6 и 7.3.1.11 необходимость отбора пробы грунта для испытаний по 7.3.2.1 обоснована с помощью георадарного обследования для секции с 20 по 30 м. Отбор пробы грунта с испытаниями по ГОСТ Р 59864.1 и ГОСТ 5180 на участке, определенном с помощью георадара, продемонстрировали следующие результаты:

- плотность сухого грунта — 1,68 г/см^3;
- коэффициент уплотнения — 0,92.

Вывод — коэффициент уплотнения грунта для секции с 20 по 30 м не обеспечен. Согласно 7.3.1.11 требуется проведение дополнительных работ по уплотнению грунта на ней.

Библиография

[1] ОДМ 218.3.075—2016 Рекомендации по контролю качества выполнения дорожно-строительных работ методом георадиолокации

УДК 625.7/.8:006.354 ОКС 93.080.01

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

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 09.10.2025. Подписано в печать 17.10.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,18.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru