

УТВЕРЖДАЮ

РАЗРАБОТАНО

Директор

ООО «УК ДЕЗ ВЖР»

_____ В.М. Чураков

« _____ » _____ 2017 г.

Директор

ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»

_____ Д.М. Ковалев

« _____ » _____ 2017 г.



Экз. _____ 1 _____

ОТЧЕТ ПО ГЕОРАДАРНОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ

Выполнен по договору №181/17 от 11 апреля 2017 года.

Тема работы: «Проведение технического обследования георадарами с частотами 250, 400 МГц инженерных сооружений Заказчика».

Заказчик: ООО «УК ДЕЗ ВЖР».

Подрядчик: ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»



Руководитель работ:

Д.М. Ковалев

г. Сургут – 2017

Оглавление

1 Георадиолокационный метод в инженерно-геологических изысканиях при обследовании состояния грунтов основания зданий и сооружений	4
1.1 Обоснование метода	4
1.2 Направления использования георадарных технологий	4
1.3 Принцип работы георадара	5
1.4 Методы проведения работ и сбор данных. Способы обработки и представления информации	6
2. Методика проведения работ и обработки данных по обследованию железобетонных, керамических и пластиковых коллекторов георадиолокационной аппаратурой	9
2.1 Общие положения.....	9
2.2 Условия сбора информации, георадарного профилирования, проведения полевых работ	11
2.3 Оборудование	12
2.4 Аппаратура и оборудование.....	13
2.5 Требования к специалистам	14
2.6 Проведение георадарных обследований	14
2.7 Камеральная обработка георадарных данных.....	28
2.8 Оформление результатов	29
Выводы и заключение.....	30
Приложение 1	31
1. Методика определения состояния обследуемой среды	31
1.1 Принцип метода.....	31
Приложение 2.....	35
1 Методика определения состояния вмещающей среды и состояние стенок железобетонной трубы	35
Список литературы	39
Приложение 3.....	40

Введение

С каждым годом проблемы безаварийной эксплуатации инженерных сооружений все более обостряются и вызвано это тем, что срок службы многих из них превышает критический – 20-30 лет и более. В настоящее время в большинстве случаев проводится аварийный ремонт, что приводит к большим материальным потерям городских служб.

Для совершенствования и развития городских коммунальных сетей и зон благоустройства необходимо провести мониторинг их состояния и создать программу планового капитального ремонта. Для организации таких работ необходимо внедрять в повседневную практику современные технологии и технические средства.

Одним из таких методов является георадарный метод, метод радиолокационного подповерхностного зондирования (Ground Penetrating Radar), который, благодаря использованию широкого спектра частот - от 10 МГц до 2 ГГц- реализует прохождение сигнала через геологические породы различной плотности, воду, армированный бетон, асфальт и т.д., позволяет строить инженерно-геологические профили до глубины 20-25 метров, обнаруживать разрушения в структуре исследуемого объекта.

Метод позволяет в режиме реального времени проводить профилирование и обработку георадарных данных. Апостериорная обработка данных позволяет получить геологические разрезы в удобной для пользователя форме. Тактико-технические возможности георадарных методов и существующих георадаров позволяют говорить о том, что они могут быть использованы во многих областях деятельности человека, т.е. там, где необходимо производить дистанционный неразрушающий контроль и диагностику состояния полупроводящих сред, подземных инженерных сетей, строительных конструкций, дворовых площадок, придомовых территорий, автомобильных дорог и т.д.

1 Георадиолокационный метод в инженерно-геологических изысканиях при обследовании состояния грунтов основания зданий и сооружений

1.1 Обоснование метода

В последние годы активно начал внедряться метод георадиолокационного зондирования (ГРЗ). Опробование метода георадиолокационного зондирования по обследованию оснований фундаментов зданий и сооружений, дворовых площадок, автомобильных дорог, трубопроводов, коллекторов, в различных регионах страны показало, что его возможности существенно выше имеющихся геофизических методов по качеству и достоверности получаемой информации, а также по производительности выполнения работ, как на суше, так и в акваториях. Съемка методом ГРЗ осуществляется посредством непрерывного перемещения антенны георадара по обследуемой поверхности со скоростью 0,1...20 км/ч. Георадар позволяет изучать разрез с поверхности почвы, воды, льда и снега. Шаг зондирования, равный 1...30см, обеспечивает высокую степень детальности изучения геологического разреза. Диаграмма направленности антенны георадара рассчитана на изучение разреза непосредственно под точкой зондирования, что позволяет успешно использовать метод ГРЗ в условиях пересеченного рельефа.

1.2 Направления использования георадарных технологий

Опыт практического использования георадаров позволил выделить наиболее перспективные в настоящее время направления.

1. Определение пустот, разуплотнения и зон пучинообразования в земном полотне.
2. Определение мест локальных разрушений.
3. Определение уровня грунтовых вод.
4. Определение толщины слоев дорожного полотна.
5. Литологическое расслоение грунтов.
6. Определение состояния зданий фундамента зданий и сооружений.
7. Локализация зон порывов и утечек с координатной привязкой GPS.

8. Определение фактического планового и высотного положения стальных, чугунных, керамических, пластиковых и железобетонных коллекторов, трубопроводов и водопроводов относительно уровня земли.
9. Локализация мест повреждений трубопровода.
10. Определение степени заполнения коллектора жидкостью и загрязнениями.
11. Обнаружение неучтенных инженерных коммуникаций.
12. Восстановление схем инженерных подземных коммуникаций.
13. Построение 3D модели.
14. Мониторинг подповерхностных зон.
15. Оценка запасов разрабатываемых месторождений.
16. Определение состояния асфальтобетонных и других покрытий автомобильных дорог и взлетно-посадочных полос.
17. Составление отчета инженерно-геофизических изысканий.

1.3 Принцип работы георадара

Электромагнитные импульсы излучаются сверхширокополосными (СШП) антеннами, при распространении сквозь среду испытывают поглощение, рассеяние и отражение. Эти процессы зависят от большого количества параметров среды, таких как, диэлектрическая проницаемость, проводимость, однородность, влажность, поляризуемость, время релаксации собственных колебаний и других. Любая среда обладает своим специфическим набором подобных характеристик. Можно провести идентификацию среды, измерив характеристики поглощения и отражения. Если при этом известно время и скорость прохождения сигнала от объекта до приемника, то легко вычисляется и расстояние до объекта.

Измерительный комплекс укомплектован широкополосными антеннами, имеющими хорошее согласование с передающим трактом и высокую чувствительность к принимаемому сигналу и устройством сбора и обработки информации. Главным условием получения большой глубины зондирования

и высокой точности идентификации слоев является специальная математическая программа обработки, сочетающаяся с большой экспериментальной базой данных, накопленной в течение нескольких лет работы комплекса. Использование экспериментальной базы данных, дающей связь между характером принимаемого сигнала и типом геологической среды, позволяет получать высококачественные и точные результаты.

1.4 Методы проведения работ и сбор данных. Способы обработки и представления информации

Перед началом георадарного профилирования изучается рабочая проектная документация или другая, затем участок размечается и на план-схему наносится схема профилирования. Затем по намеченным профилям осуществляется сканированием георадарами с частотами 250 - 2500 МГц (Рис.1). Георадарное профилирование осуществлялось георадарами с частотами 250 - 2500 МГц, что позволяет произвести зондирование до глубины 10 метров с точностью $\pm(0,2-12)$ см. Зондирование осуществляется с шагом 1 – 30 см по профилю, привязка к местности обеспечивалась датчиком пути, лазерным дальномером Disto A8 и системой спутниковой навигации GPS. Обработка георадарных данных производится с помощью программ обработки «Geoscan 32» и «Эксперт-радар», RADAR, Surfer Ver. 8., RADAN 6.0. Методика георадарного обследования придомовой территории заключается в поперечном и продольном сканировании обследуемого участка с некоторым шагом. Шаг профилирования и длина профилей задаются исходя из поставленной задачи. По результатам поперечного профилирования определяется структура среды, ее однородность количество и мощность слоев, определяется УГВ, выделяются различного рода аномалии, восстанавливается подземная схема коммуникаций с указанием диаметров и положения трубопроводов в плане. После определения положения трубопроводов производится непрерывное профилирование вдоль труб с целью определения положения трубы по глубине, уровня грунтовых вод и обводненных участков, глинисто-илистых отложений на дне коллектора, почво-грунтов подающих в коллектор через трещины,

пустоты, уровня канализационных стоков. С целью уточнения границ обводненной зоны и обнаружения места утечки воды из трубы проводится дополнительное поперечное профилирование обнаруженных обводненных участков с более мелким шагом между профилями. По результатам георадарного обследования производится камеральная обработка данных с учетом фотосъемки участка и проектной (рабочей либо другой) документации.

Инженерно-геологические профили, построенные по результатам обработки первичных георадарных данных, представляются в виде, как показано на рис.2. Верхний слой относится к техногенному, который включает в себя асфальт, гравийную отсыпку, строительный мусор, верхний плодородный слой. Между верхним слоем и насыпным грунтом имеет место переходная обводненная зона, обусловленная просачиванием атмосферных осадков. На рис.2 приведен пример отображения литологического расслоения грунта с выделением зон разуплотнения. В местах наибольшего скопления торфа наблюдается просадки грунта и зоны разуплотнения вызванные естественным уплотнением торфяного слоя. Уплотнение торфа развивает процессы суффозии, которые в свою очередь еще больше разуплотняют грунт. Дальнейшее развитие этих процессов приводит к образованию просадок (воронок) на поверхности земли.



Рис.1 – Пример георадарного сканирования.

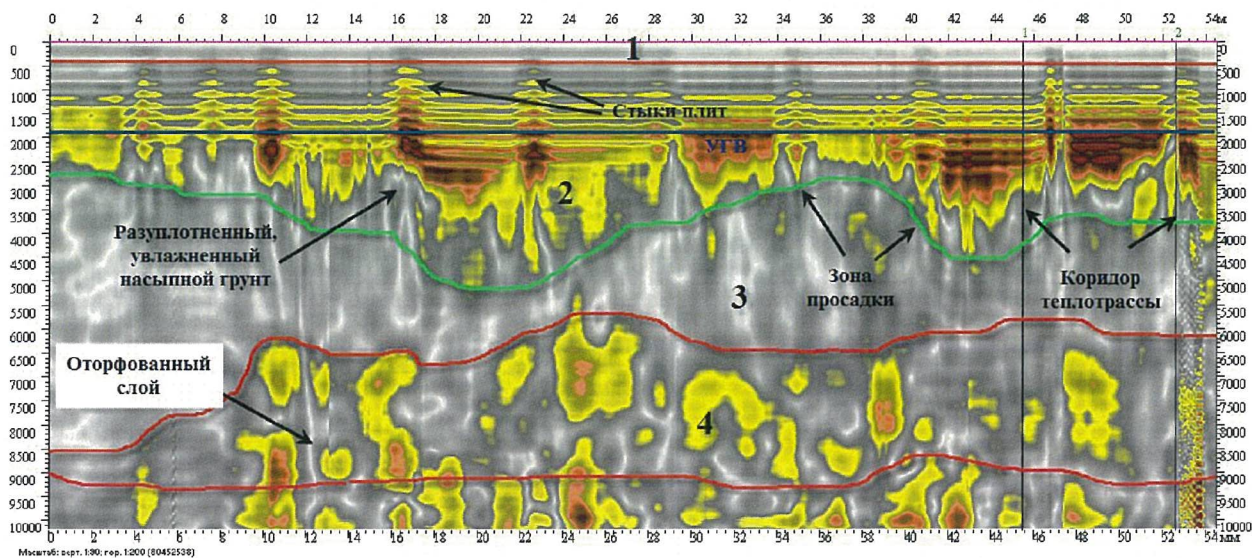


Рис. 2 Георадарный профиль с примером литологического расслоения грунта

1. Верхний техногенный слой
2. Разуплотненный, увлажненный насыпной грунт.
3. Основной грунт.
4. Оторфованный слой.

2. Методика проведения работ и обработки данных по обследованию железобетонных, керамических и пластиковых коллекторов георадиолокационной аппаратурой

Настоящая методика распространяется на георадарные технологии, связанные с контролем и диагностикой состояния трубопроводов (железобетонных, пластиковых, и керамических коллекторов) и включает в себя полевые работы по сбору информации с применением георадаров и камеральную обработку в лабораторных условиях. Данная методика распространяется на условия, когда контролируемые трубопроводы располагаются в полупроводящих средах, в том числе в незасоленных грунтах (почвы, песок, суглинки, глины и т.д.) и в пресной воде.

2.1 Общие положения

Метод георадиолокации основан на явлении отражения электромагнитной волны от границ неоднородностей в изучаемой среде, на которых скачкообразно изменяются электрические свойства – электропроводность и диэлектрическая проницаемость. Излучаемые георадаром электромагнитные сверхширокополосные импульсы наносекундной длительности, распространяясь в обследуемой среде, отражаются от находящихся там объектов, слоев грунта принимаются антенной, усиливаются, преобразуются в цифровой вид, обрабатываются в ПК, далее информация об обнаруженном объекте визуализируется на мониторе.

2.1.1 Сбор информации осуществляется путем сканирования:

- Первоначально производится сканирование георадарами для определения: планового и высотного местоположения трубы и других коммуникаций проходящих вдоль обследуемой трубы, уровня грунтовых вод (УГВ) и обводненных участков относительно трубы, диаметра трубы, структуры вмещающей среды, околотрубного пространства, выявление аномальных участков, определение зон пучинообразования в земном полотне, обнаружение неучтенных инженерных коммуникаций, мониторинг подповерхностных зон. На основании этого произ-

проводится составление карты инженерных сетей обследуемого участка с нанесением аномальных зон и координатных привязок к зданиям, объектам капитального строительства и спутниковой системы навигации.

- По полученной предварительно обработанной информации производится более детальное обследование тубы.
- Далее производится сканирование аномальных участка с мелким шагом георадаром с более высокой детализацией, с целью оконтуривания аномальных зон, определения мест локальных разрушений трубы, определения толщины стенки трубы, определения объемов утечки жидкости из трубы, определение провалов в трубе (с указанием диаметра провала), восстановления схемы инженерных подземных коммуникаций, определения аварийных зон и нанесения их, на карту инженерных сетей обследуемого участка.

2.1.2 Для определения местоположения трассы трубопровода необходимо определение ее положения по глубине и в плане – для этого намечаются поперечные профили по трассе с некоторым шагом, позволяющим восстановить ее положения (5-50 метров).

2.1.3 Для восстановления схемы инженерных сетей коммуникаций строится сетка с заданным шагом (1- 50 метров) в зависимости от решаемой задачи, по линиям которой намечаются профили, и производится обследование объекта.

2.1.4 Местоположение объектов и намеченных профилей, определяются посредством глобальной системы навигации GPS (с указанием высотных отметок, долготы и широты), а также привязываются к местным характерным объектам, затем наносятся на карту (схему).

2.1.5 Положение точек зондирования по профилю задается приборным датчиком пути – шаг зондирования задается программно в зависимости от решаемой задачи - обычно (5-10) сантиметра.

- 2.1.6 Глубина зондирования задается программно в рамках одного используемого георадара и путем выбора антенного блока в зависимости от решаемой задачи.
- 2.1.7 Собранные по профилю данные записываются в память компьютера в виде числового файла. Файлы, соответствующих профилей, объединяются в «папку». Данные «папки» могут обрабатываться совместно с построением 3D изображений.
- 2.1.8 Для получения необходимой детальности проработки контролируемого участка профилирование осуществляют георадарами, обладающие разной глубиной и разрешающей способностью.
- 2.1.10 Камеральная обработка георадарных данных производится в лабораторных условиях с привлечением пакета программ «Радар-эксперт» и «Geoscan-32», удовлетворяющих заданным требованиям.
- 2.1.11 По данным профилирования георадаром определяется положение трубы по глубине и в плане, определяется геологическая структура вмещающей трубопроводы среды, в том числе уровень грунтовых вод, состояние трубы (степень разрушенности) и зоны утечки воды.

2.2 Условия сбора информации, георадарного профилирования, проведения полевых работ

Условия сбора информации, георадарного профилирования, проведения полевых работ

- 2.2.1 Требования к погодным условиям при проведении георадарных изысканий.
- 2.2.2 Температура воздуха – от -20 до +40 С0.
- 2.2.3 Влажность воздуха до 90% - отсутствие дождя, тумана.
- 2.2.4 Скорость ветра – (1-7) м\сек.
- 2.2.5 Требования к поверхности участков, подлежащих обследованию.
- 2.2.6 Поверхность участков (линии профилирования) необходимо освободить от мешающих объектов (металлического, строительного и другого му-

сора), которые создают препятствия передвижению антенных датчиков по земле и являются причиной появления помеховых сигналов.

2.2.7 В случае невозможности очистить линию профилирования от мешающих объектов последняя переносится на свободное место, что отображается на план-схеме.

2.2.8 Мешающие и другие объекты, присутствующие на расстоянии до 20 м от линии профилирования наносятся на план-схему и эта информация используется для очистки георадарных данных от помех.

2.3 Оборудование

Для проведения обследований могут быть использованы следующие виды приборов, оборудования и инструментов:

2.3.1. Сравнительная характеристика георадаров.

георадары характеристики	SIR	Ramac	Лоза	ГРОТ	ОКО	ТР-ГЕО	ЗОНД-12е
Экранированные антенны, МГц	100, 200, 270, 400, 900, 1500	100, 250, 500, 800, 1000	-	-	90, 150, 250, 400, 700, 1000, 1200, 1700	-	100, 300, 500, 750, 900, 1500
Неэкранированные антенны, МГц	16-80	Нет данных	50-300	1-140, 50-500	50-100 (35 на заказ)	80-120, 110-150	150-75-38, 2000
Возможность работы с ноутбуком	+	+	-	-	+	+	+
Модификация с дисплеем	+	+	+	+	+	-	-
Связь с компьютером (порты)	Ethernet RS232, Compact Flash, USB	Ethernet	RS232	RS232	Ethernet	Нет данных	Ethernet
Рабочая температура °С	-10 - +40	-20 - +50	До +30 С	-10 - +40	-20 - +50	-10 - +40	-20 - +50
Масса, кг	4,1 с батарей	2 (без антенн)	10 (базовая комплектация)	Нет данных	2 (без антенн)	3-10	2 (без антенн)
Датчик перемещения	+	+	-	-	+	+	+

- 2.3.2 Прибор для определения параметров коррозии ППК.
- 2.3.3 Датчик измерения расстояния (пути профиля);
- 2.3.4 Комплекс телеинспекционного оборудования P200 150-1800;
- 2.3.5 Переносная ЭВМ, типа «Notebook» или «Palm»;
- 2.3.6 Спутниковая система навигации GPS;
- 2.3.7 Программа управления георадаром ОКО и визуализации полученных данных.
- 2.3.8 Программа обработки полученных данных RADAR.
- 2.3.9 Программа обработки полученных данных Surfer Ver. 8.
- 2.3.10. Программа обработки полученных данных RADAN 6.0.
- 2.3.11 Лазерная измерительная рулетка.

2.4. Аппаратура и оборудование

- 2.4.1 Для проведения изысканий рекомендуются следующие приборы, оборудование и инструменты.
- 2.4.2 Ряд видеоимпульсных георадаров в комплекте с радиомодемом и специализированным блоком обработки, отличающихся глубинностью и разрешающей способностью. Рекомендуются к использованию промышленные георадары идентифицированные как средство измерения - радиотехнический прибор подповерхностного зондирования РППЗ (георадар) и имеющие сертификат соответствия, например, ОКО-2 с антенными блоками АБ-1700, АБ-100, АБ-700, АБ-500, АБ-400, АБ-250, АБ-150, АБ-90, АБ-Тритон.
- 2.4.3 Станция подповерхностного зондирования Geophysical Survey Sistem, inc. SIR Sistem 3000, с комплектом антенных блоков: FGMOD4105 450 MGz, 350 MGz, 300 MGz, 250 MGz, 150 MGz, 2000 MGz; FGMOD 2515 250 MGz, 150 MGz; FGMOD 38-08 200 MGz.
- 2.4.4 Измерительная рулетка - 20 м.
- 2.4.5 Лазерная измерительная рулетка.
- 2.4.6 Нивелир.
- 2.4.7 Система GPS для привязки профилей к местности.

- 2.4.8 Линейка металлическая длиной 30 см по ГОСТ 427-75.
- 2.4.9 Карандаши, ручки и др.
- 2.4.10 Переносная буровая установка типа КМБ 2-10
- 2.4.11 GEOSCAN - Программа управления георадаром и визуализации получаемых данных. Руководство пользователя. Г. Жуковский – 2001 г.
- 2.4.12 Программа обработки полученных данных RADAR.
- 2.4.13 Программа обработки полученных данных Surfer Ver. 8.
- 2.4.14 Программа обработки полученных данных RADAN 6.0.
- 2.4.15 Программа MapInfo 8.5.
- 2.4.16 Программа Auto cad 2008.
- 2.4.17 Программа RadExplorer.
- 2.4.18 Программа 3D Gazer.
- 2.4.19 Программа IPI-1D

2.5 Требования к специалистам

- 2.5.1 Работа с применением георадарных технологий выполняется бригадой из четырех человек подготовленных к работе с аппаратурой и владеющих данной методикой.
- 2.5.2 Состав: ИТР всего 10 чел.: Вед. Инженер II категории – 2 чел., инженер I категории – 1 чел., инженера оператор – 3 чел., инженер обработчик – 4 чел. Рабочих всего 1 чел., водитель 1 чел.

2.6 Проведение георадарных обследований

- 2.6.1 На 1 этапе делаются поперечные профили, по которым определяется положение трубы в плане.
- 2.6.2. Положение определяется оператором по радарограмме путем снятия отсчета с датчика пути (расстояние от начала профиля до появления отметки от трубы). Методика определения координат трубы приведена в разделе 2.7. «Обработка георадарных данных» и в Приложении 1.

№	Наименование метода обследования.
Центр обработки данных и проб производит:	

1	Составление программы производства работ (последовательность обследования участков, направление обследования, время и дата обследования).
2	Согласование с заказчиком программы (предписания) изысканий.
3	Подготовку, поверку приборов, инструментов, оборудования и метрологическое обеспечение единства и точности средств измерений.
4	Перебазировку бригад и изыскательского оборудования на объект обследования.
5	Организацию работ на объекте.
6	Оформление разрешений (регистрации) на производство инженерных изысканий.
Бригада первичного сбора данных и проб производит:	
7	Монтаж специального изыскательского оборудования ОКО - М1 (Передающая антенна, приемная антенна, блок первичной обработки данных, датчик перемещения, блоки питания, усилители радиосигнала, пространственно-временной фильтр радиолокационных сверхширокополосных сигналов, один монтаж на весь объем работ).
8	Настройку и контрольную поверку оборудования на характерных (аномальных) участках трассы, установку: нумерации, даты и времени файлов, количества точек по глубине, количества трасс в профиле, накопления измерений, эpsilon среды (По методике приведенной в Приложении 1 проводятся измерения для определения действительной части диэлектрической проницаемости (ϵ'), шага вдоль по трассе (мм), развертки по глубине (нс), нижней частоты, верхней частоты, базы антенны, номера серии по файлам, окна выравнивания, коэффициента усиления, профиля усиления (прямая, экспонента), аттенюатора (0, 20 дБ), режима измерений (пошаговый, непрерывный, по перемещению, вперед-назад), вибратора, времени ожидания, датчика перемещения, диаметра колеса, количества импульсов на оборот, сдвига.
9	Разметку и нанесение перпендикулярных профилей с шагом 0,1-20 м (в

	зависимости от решаемой задачи). (Наносится для перпендикулярного сканирования трубы).
10	Перпендикулярное сканирование трубы с шагом 0,1-20 м (в зависимости от решаемой задачи), для определения: планового и высотного местоположения трубы и других коммуникаций проходящих вдоль обследуемой трубы, уровня грунтовых вод (УГВ) и обводненных участков относительно трубы, диаметра трубы, структуры вмещающей среды. (Длина профиля перпендикулярного сканирования индивидуальна для каждого случая).
11	По предварительным данным перпендикулярного сканирования наносит продольный профиль для непрерывного продольного сканирования.
12	Непрерывное продольное сканирование трубы для определения около-трубного пространства, уровня грунтовых вод на протяжении всего обследуемого участка трубы, выявление аномальных участков, определение зон пучинообразования в земном полотне, обнаружение неучтенных инженерных коммуникаций, мониторинг подповерхностных зон.
13	Снятие георадарных данных, замена расходных материалов, заборы проб грунтов на глубину (индивидуально для каждого случая).
14	Передачу первичных данных и образцов грунтов в центр обработки данных и проб.
Центр обработки данных и проб производит:	
15	Получение первичных данных и образцов грунтов.
16	Составление и настройка программы обследований GEOSCAN 32.
17	Камеральную обработку первичных георадарных профилей: 1. Для обработки профиля, сохраненного ранее на диске открывает папку с профилями и находит нужный по номеру, дате и времени профиль. На изображении профиля цветом кодируется мгновенное значение сигнала. Между дискретными отсчётами проводится линейная интерполяция. При раскраске использовать 256 цветов. 2. Экспериментально задавая цвета и границы изменяющегося цвета, под-

бирает раскраску профиля.

3. Производит выбор видимого участка путем изменения числа реализации трасс.

4. Определяет спектр интересующего фрагмента. На осциллограмме появляется амплитудно-частотная характеристика. С помощью прямой, а затем обратной фильтрации убирает помеховые составляющие частотного спектра. Таким образом, выделяются отраженные сигналы от различных неоднородностей (слоев почвы, локальных объектов, УГВ и т.д.).

5. Расчет и настройка коэффициента усиления по глубине. Путем экспериментального изменения параметров усиления (прямолинейное или экспоненциальное) и коэффициентов усиления для каждой трассы сигнала прямого прохождения.

6. Для того, чтобы подробно исследовать форму отраженного сигнала в профиле, использует инструмент, называемым «Визиркой». С помощью визирки определяется амплитуда сигнала в точке визирования и определение координаты границ (слоев почвы, локальных объектов, УГВ и т.д.).

7. Производит настройку экрана, путем изменения размеров по горизонтали и по вертикали, для более удобной формы представления информации.

8. При сканировании профилей оператор первичной бригады сбора данных может устанавливать метки на профиле привязанные к прохождению аномальных (аварийных) участков трассы, либо просто привязать профиль к характерному объекту, которые описываются по номерам в специальном журнале. В процессе обработки профилей «Цент обработки и проб» учитывает эту информацию.

9. Выполнение операции «Отрисовка графиком», с помощью этой математической операции представляем изображение профиля набором осциллограмм. Обработав и проанализировав полученную информацию делает соответствующие выводы.

10. Выполнение операции «Вычитание с окном» экспериментальным об-

разом устанавливает размер окна, который влияет на вычитание глобального среднего по более быстрому алгоритму. Эта математическая операция используется как эффективное средство для удаления регулярных помех, позволяет вычитать сигнал прямого прохождения, который, как правило, не несет полезной информации.

11. Выполнение операции «Удаление тренда», эта операция выполняется для устранения помех, обусловленных погрешностями аппаратуры или внешними наводками, которые не могут быть устранены обычной фильтрацией. Эта математическая операция позволяет задать степень, характеризующую сложность помехи. Степень тренда устанавливает от 1 до 5.

12. Выполнение операции «Медианная фильтрация» устанавливает различные значения от 1 до 10. Это позволяет эффективно бороться со случайными выбросами, обусловленными внешними помехами или другими причинами.

13. Далее производится изменение направления профиля на противоположное, то что, было, слева станет справа и наоборот.

14. Определяет характеристики грунта. Диэлектрическая проницаемость среды является характеристикой, позволяющей судить о физических свойствах грунта и линейных размерах подповерхностных целей. Типичная для точечных целей картина в виде гиперболы позволяет определить диэлектрическую проницаемость однородной среды (грунта). С помощью математической операции «гипербола».

15. Производится полосовая фильтрация, задавая полосу пропускания фильтра, перемещая специальные визирки, рассчитывается усредненный спектр по всему профилю.

16. Производится синтез апертуры для повышения разрешающей способности по горизонтали, для локализации компактных целей. Для синтеза апертуры большое значение имеет правильное определение значения диэлектрической проницаемости среды зондирования, которое получается из лаборатории. Расстояние между антеннами (центрами антенн) обычно

устанавливается автоматически, но при детальном обследовании оно задается вручную.

17. Производится выделение огибающей, что позволяет выделить огибающую сигнала с помощью преобразования Гильберта.

18. Для устранения чрезмерно пестрого изображения, когда полезный сигнал трудно различим на фоне шума, производится двумерное сглаживание сигнала.

19. Для устранения малоконтрастного изображения, когда полезный сигнал кажется размытым, производится увеличение контрастности изображения с помощью выполнения операции «Выделение контуров».

20. Вместо обычного изображения профиля визуализируется результат быстрого преобразования Фурье для каждой трассы. Спектры могут быть нормированные или нет, в зависимости от «Нормировка спектров в поле».

21. Далее создается профиль со слоями.

22. Производится прокладка слоев на профиле. В пространстве между слоем 0 и 1 можно располагать произвольные слои, так чтобы на любой вертикали не было более двенадцати слоев.

Для этого выполняем расчет с помощью граф. станции "Маркеры". Когда рассчитан интересующий слой, производим совмещение баз и определяем «Черный слой». После этого можно изменить свойства выделенной части слоя или удалить ее. К свойствам слоя относится диэлектрическая проницаемость и цвет границы слоя. Кроме того, может ввести описание слоя, которое будет печататься на бланке. По заданному значению диэлектрической проницаемости автоматически рассчитывается скорость сигнала.

23. Производится редактирование слоев. Далее удаляется часть слоя, выделяя его из контекстного меню. Участок границы слоя между двумя фиксаторами можно перемещать, совмещая данные различных съемок.

24. Используется «визирка» с разделением по слоям с учетом их электрических характеристик. С помощью визирки определяется амплитуда сигнала в точке визирования, и определяются уточненные координаты гра-

	<p>ниц с разной диэлектрической проницаемостью (слоев почвы, локальных объектов, УГВ и т.д.).</p> <p>25. В процессе камеральной обработки во всех проделанных операциях коэффициенты подбираются оптимальным образом для получения более точных и качественных результатов.</p> <p>26. Вся камеральная обработка выполняется на специальных компьютерах с повышенными тактико-техническими характеристиками.</p>
18	<p>В процессе камеральной обработки первичных георадарных профилей определяется: околотрубное пространство, уровень грунтовых вод, зоны пучинообразования в земном полотне. Происходит обнаружение неучтенных инженерных коммуникаций, мониторинг подповерхностных зон, выявление аномальных участков.</p>
19	<p>Составление карты инженерных сетей обследуемого участка с нанесением аномальных зон и координатных привязок к зданиям, объектам капитального строительства и спутниковой системы навигации GPS, MapInfo.</p>
20	<p>Передача первично обработанной информации бригаде основного сбора данных.</p>
<p>Бригада основного сбора данных производит:</p>	
21	<p>Монтаж специального более мощного изыскательского оборудования ОКО-М2 (Передающая антенна, приемная антенна, блок первичной обработки данных, датчик перемещения, блоки питания, усилители радиосигнала, пространственно-временной фильтр радиолокационных сверхширокополосных сигналов, один монтаж на весь объем работ).</p>
22	<p>Настройку и контрольную поверку оборудования на характерных (аномальных) участках трассы, установку: нумерации, даты и времени файлов, количества точек по глубине, количества трасс в профиле, накопления измерений, эpsilon среды, шага вдоль по трассе (мм), развертки по глубине (нс), нижней частоты, верхней частоты, базы антенны, номера серии по файлам, окна выравнивания, коэффициента усиления, профиля усиления (прямая, экспонента), аттенюатора (0, 20 дБ), режима измерений</p>

	(пошаговый, непрерывный, по перемещению, вперед-назад), вибратора, времени ожидания, датчика перемещения, диаметра колеса, количества импульсов на оборот, сдвига.
23	По полученной предварительно обработанной информации производит более детальное обследование тубы и аномальных участков.
24	Разметку и нанесение перпендикулярных профилей с различным шагом на каждый аномальный участок. (Наносится для перпендикулярного сканирования трубы).
25	Перпендикулярное сканирование аномального участка с мелким шагом и более мощным георадаром, с целью оконтуривания аномальных зон.
26	По предварительным данным перпендикулярного сканирования наносит продольные профили для непрерывного продольного сканирования.
27	Настройку оборудования, установку: нумерации, даты и времени файлов, количества точек по глубине, количества трасс в профиле, накопления измерений, эpsilon среды, шага вдоль по трассе (мм), развертки по глубине (нс), нижней частоты, верхней частоты, базы антенны, номера серии по файлам, окна выравнивания, коэффициента усиления, профиля усиления (прямая, экспонента), аттенюатора (0, 20 дБ), режима измерений (пошаговый, непрерывный, по перемещению, вперед-назад), вибратора, времени ожидания, датчика перемещения, диаметра колеса, количества импульсов на оборот, сдвига.
28	Продольное сканирование аномального участка с мелким шагом и более мощным георадаром, с целью оконтуривания аномальных зон.
29	Продольное сканирование над трубой более мощным георадаром производится целью определения мест локальных разрушений трубы, определения толщины стенки трубы, определения объемов утечки жидкости из трубы, определение провалов в трубе (с указанием диаметра провала).
30	Снятие георадарных данных
3	Передачу данных в центр обработки данных и проб.
Центр обработки данных и проб производит:	

32	Получение данных
33	<p>Камеральную обработку георадарных профилей.</p> <p>Действия «Центра обработки данных и проб»:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Для обработки профиля, сохраненного ранее на диске открывает, папку с профилями и находит нужный по номеру, дате и времени профиль. На изображении профиля цветом кодируется мгновенное значение сигнала. Между дискретными отсчётами проводится линейная интерполяция. При раскраске можно использовать 256 цветов. 2. Экспериментально задавая цвета и границы изменяющегося цвета, подбирает раскраску профиля. 3. Производится выбор видимого участка путем изменения числа реализации трасс. 4. Определяется спектр интересующего нас фрагмента прямоугольного фрагмента профиля. На осциллограмме появляется амплитудно-частотная характеристика. С помощью прямой, а затем обратной фильтрации убирает помеховые составляющие частотного спектра. Таким образом, выделяются отраженные сигналы от различных неоднородностей (слоев почвы, локальных объектов, стенок трубы, зон провалов, УГВ и т.д.). 5. Настраивается коэффициент усиления по глубине. Путем экспериментального изменения параметров усиления (прямолинейное или экспоненциальное) и коэффициентов усиления для каждой трассы сигнала прямого прохождения. 6. Для того чтобы подробно исследовать форму отраженного сигнала в профиле, использует инструмент, называемым «Визиркой». С помощью визирки определяется амплитуда сигнала в точке визирования, и определить координаты границ (слоев почвы, локальных объектов, стенок трубы, зон провалов, УГВ и т.д.). 7. Производится настройку экрана, путем изменения размеров по горизонтали и по вертикали, для более удобной формы представления информации.

8. При сканировании профилей оператор основной бригады сбора данных устанавливает метки на профиле привязанные к прохождению аномальных (аварийных) участков трассы, либо просто привязать профиль к характерному объекту, которые описываются по номерам в специальном журнале. В процессе обработки профилей «Цент обработки и проб» учитывает эту информацию.

9. Выполняется операция «Отрисовка графиком», с помощью этой математической операции определяем изображение профиля набором осциллограмм. Обработав и проанализировав полученную информацию, делает соответствующие выводы.

10. Выполняется операция «Вычитание с окном» экспериментальным образом устанавливается размер окна, который влияет на вычитание глобального среднего по более быстрому алгоритму. Эта математическая операция определяет средство для удаления регулярных помех, позволяет вычитать сигнал прямого прохождения, который, как правило, не несет полезной информации.

11. Выполняется операция «Удаление тренда» эта операция производится для устранения помех, обусловленных погрешностями аппаратуры или внешними наводками, которые не могут быть устранены обычной фильтрацией. Эта математическая задает степень, характеризующую сложность помехи. Степень тренда устанавливает от 1 до 5.

12. Выполняется операция «Медианная фильтрация», устанавливается различные значения от 1 до 10. Это позволяет эффективно бороться со случайными выбросами, обусловленными внешними помехами или другими причинами.

13. Если есть необходимость изменить направление профиля на противоположное, то что, было, слева станет справа и наоборот выбирает опцию «Реверсировать».

14. Использует полосовую фильтрацию, задавая полосу пропускания фильтра, перемещая специальные визирки, рассчитывается усредненный

спектр по всему профилю.

15. Производится синтез апертуры для повышения разрешающей способности по горизонтали, для локализации компактных целей. Для синтеза апертуры большое значение имеет правильное определение значения диэлектрической проницаемости среды зондирования, которое получается из лаборатории. Расстояние между антеннами (центрами антенн) обычно устанавливается автоматически, но может быть исправлено вручную.

16. Производится выделение огибающей позволяет выделить огибающую сигнала с помощью преобразования Гильберта.

17. Устраняется изображение чрезмерно пестрое, когда полезный сигнал трудно различим на фоне шума, производит двумерное сглаживание сигнала.

18. Устраняется изображение малоконтрастное, когда полезный сигнал кажется размытым, применяет увеличение контрастности изображения с помощью пункта меню «Выделение контуров».

19. Производится изменение обычного изображения профиля, визуализируется результат быстрого преобразования Фурье для каждой трассы. Спектры могут быть нормированные или нет, в зависимости от опции «Нормировка спектров в поле».

20. Создается новый профиль со слоями.. На экране появится профиль с обозначенной верхней и нижней границей.

21. Производит прокладку слоев на профиле. В пространстве между слоем 0 и 1 можно располагать произвольные слои, так чтобы на любой вертикали не было более двенадцати слоев.

22. Производит редактирование слоев. Если надо продолжить слой направо, то обозначает продолжение слоя маркерами (как при создании нового слоя). Если надо продолжить слой налево, то обозначает продолжение слоя маркерами (как при создании нового слоя). Для изменения линии слоя использует фиксаторы, применяя пункт «Фиксировать» контекстного меню.

	<p>23. Используется «визирка» с разделением по слоям с учетом их электрических характеристик. С помощью визирки определяется амплитуда сигнала в точке визирования, и определить уточненные координаты границ с разной диэлектрической проницаемостью (слоев почвы, локальных объектов, стенок трубы, зон провалов, УГВ и т.д.).</p> <p>24. В процессе камеральной обработки во всех проделанных операциях коэффициенты подбираются оптимальным образом для получения более точных и качественных результатов.</p> <p>25. Вся камеральная обработка выполняется на специальных компьютерах с повышенными тактико-техническими характеристиками.</p>
34	<p>В процессе камеральной обработки георадарных профилей определяет: толщину стенки трубы, объемы утечки жидкости из трубы, провалы в трубе (с указанием диаметра провала). Восстанавливает схему инженерных подземных коммуникаций. Выделяет аварийные зоны и наносит их на карту инженерных сетей обследуемого участка.</p>
35	<p>Подготавливает и выдает заказчику промежуточные материалы инженерных изысканий, для определения критических участков требующих проведения срочных восстановительных мероприятий, определения необходимости дальнейшего обследования данного коллектора.</p>
36	<p>Передает обработанную информацию бригаде уточненного сбора данных.</p>
<p>Бригада уточненного сбора данных производит:</p>	
37	<p>Монтаж специального более мощного изыскательского оборудования станции подповерхностного зондирования Sir2000 или Sir3000 Штыревой разъем управляющего антенного кабеля подключает к разъему АНТЕННЫ управляющего блока SIR 2000 +. Другой конец этого кабеля (с 11 штыревым разъемом) подключает к антенне GSSI.</p> <ul style="list-style-type: none"> • поскольку в SIR 2000 + используется новый управляющий кабель, подключить старые типы антенн от SIR 2000 на прямую к прибору невозможно. Использует для этих целей специальный переходник. <p>Штыревой разъем кабеля питания подсоединяет к разъему БАТАРЕЯ на</p>

	контрольном блоке. Одометр подключает к антенне. Подключает аккумуляторы, усилители радиосигнала, пространственно-временной фильтр радиолокационных сверхширокополосных сигналов, один монтаж на весь объем работ).
38	Настройку и контрольную поверку оборудования на характерных (аномальных) участках трассы, установку: нумерации, даты и времени файлов, количества точек по глубине, количества трасс в профиле, накопления измерений, эpsilon среды, шага вдоль по трассе (мм), развертки по глубине (нс), нижней частоты, верхней частоты, базы антенны, номера серии по файлам, окна выравнивания, коэффициента усиления, профиля усиления (прямая, экспонента), аттенюатора (0, 20 дБ), режима измерений (пошаговый, непрерывный, по перемещению, вперед-назад), вибратора, времени ожидания, датчика перемещения, диаметра колеса, количества импульсов на оборот, сдвига.
39.	По полученной обработанной информации производит более точное обследование аварийных участков.
40	Разметку и нанесение перпендикулярных профилей с различным шагом на каждый аномальный участок. (Наносится для перпендикулярного сканирования трубы).
41	Перпендикулярное сканирование аномального участка с мелким шагом и более точным оборудованием станцией подповерхностного зондирования Sir2000, с целью определения толщины стенки трубы, определение трещин в трубе.
42	По предварительным данным перпендикулярного сканирования наносит продольные профили для непрерывного продольного сканирования.
43	Настройку оборудования, установку: нумерации, даты и времени файлов, количества точек по глубине, количества трасс в профиле, накопления измерений, эpsilon среды, шага вдоль по трассе (мм), развертки по глубине (нс), нижней частоты, верхней частоты, базы антенны, номера серии по файлам, окна выравнивания, коэффициента усиления, профиля усиления

	ния (прямая, экспонента), аттенюатора (0, 20 дБ), режима измерений (пошаговый, непрерывный, по перемещению, вперед-назад), вибратора, времени ожидания, датчика перемещения, диаметра колеса, количества импульсов на оборот, сдвига.
44	Продольное сканирование участка с более точным оборудованием станцией подповерхностного зондирования с целью определения толщины стенки трубы, определение трещин в трубе.
45	Передача данных в центр обработки данных и проб.
Центр обработки данных и проб производит:	
46	Получение данных
47	<p>Камеральную обработку георадарных профилей.</p> <p>Действия «Центра обработки данных и проб»:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Для обработки профиля, сохраненного ранее на диске открывает папку с профилями и находит нужный по номеру, дате и времени профиль. На изображении профиля цветом кодируется мгновенное значение сигнала. Между дискретными отсчётами проводится линейная интерполяция. При раскраске можно использовать 256 цветов. 2. Экспериментально задавая цвета и границы изменяющегося цвета, подбирает раскраску профиля. 3. Производится выбор видимого участка путем изменения числа реализации трасс. 4. Используя программы обработки данных RADAR, Surfer Ver.8, RADAN 6.0., производится обработка полученной информации. 5. В процессе камеральной обработки во всех проделанных операциях коэффициенты подбираются оптимальным образом для получения более точных и качественных результатов. 6. Вся камеральная обработка выполняется на специальных компьютерах с повышенными тактико-техническими характеристиками.
48	В процессе камеральной обработки георадарных профилей детально определяет: толщину стенки трубы, объемы утечки жидкости из трубы, про-

валы в трубе (с указанием диаметра провала), трещины в трубе, заполнение трубы жидкостью и осадками.

2.7 Камеральная обработка георадарных данных

2.7.1 По радарограмме, представленной на рис. 2, определяется положение трубы и других объектов в пространстве. В верхней части Рисунка приведена метрическая шкала формируемая датчиком пути (расстояние в метрах от начала профиля), с левой стороны находится временная шкала в наносекундах (время t распространения сигнала до объекта и обратно, а с правой – метрическая шкала по глубине.

2.7.1 Положение объектов в плане определяется, как расстояние между началом профиля и отметкой от объекта на радарограмме по верхней шкале (см. рис.2).

2.7.2 Положение объекта по глубине определяется по следующей формуле

$$R = Vt, \quad (1)$$

где V – скорость распространения сигнала в среде,

$$V^2 = C^2 \cdot \epsilon', \quad (2)$$

ϵ' - действительная часть диэлектрической проницаемости,

t – время распространения сигнала.

По методике приведенной в Приложении 1 определяется состояние вмещающей среды. Состояние среды определяется через коэффициент разрушенности, который отражает разуплотнение грунта между поверхностью земли и трубой. Разуплотнение возникает в результате процессов суффозии, вымывания и обвалов грунта в разрушенных местах трубы.

2.7.3 Степень разрушенности трубы (цементно-бетонных, гипсо-бетонных) определяется по коэффициенту разрушенности трубы, который определяется по методике приведенной в Приложении 2. Коэффициент раз-

рушенности трубы определяется через коэффициенты передачи сигнала стенкой трубы. При полном разрушении стенки трубы пропадают сигналы от верхней и нижней границы трубы. При частичном разрушении изменяется соотношение сигналов, а значит и коэффициент передачи.

2.7.4 Разрушенные участки обнаруживаются по нарушенной структуре радарограммы.

2.7.5 Обнаруженные и идентифицированные объекты наносятся на план-схему.

2.8 Оформление результатов

2.8.1 Составляет схемы инженерных подземных коммуникаций с координатной и высотной привязкой к объектам капитального строительства и системе спутниковой навигации GPS, с указанием аварийных участков на них.

2.8.2 Восстанавливает план схему города с указанием обследуемых участков.

2.8.3 Оформляет, размножает и выпускает материалы изысканий, в том числе технические отчеты (пояснительные записки).

2.8.4 Составляет отчет инженерно-геофизических изысканий.

2.8.5 Сдает отчет инженерно-геофизических изысканий заказчику, а также в установленном порядке органам, выдавшим разрешение на производство изысканий по конкретному объекту или осуществившим их регистрацию.

2.8.6 Завершает и ликвидирует работы на объекте; передает объект заказчику.

2.8.7 Отчет по работе записывается на электронный диск.

Выводы и заключение

Используя оборудование и отработанные методики были выполнены следующие виды работ:

- Определены причины просадки придомовой территории.
- Выделены обводненные зоны.

На основании проведенных вышеуказанных работ, были подготовлены выводы и заключения о состоянии придомовой территории по ул. Югорская 12/4, 22 и представлены в виде приложения к отчету:

1. Результаты обследования, придомовой территории по ул. Югорская 12/4, 22, L = 380 п.м. (Приложение 3).

Приложение 1

1. Методика определения состояния обследуемой среды

Диэлектрическая проницаемость определяется по методу переменной базы, приведенной в Инструкции по эксплуатации (Радиотехнический прибор подповерхностного зондирования «ОКО-М1»). - Техническое описание. Инструкция по эксплуатации. Формуляр. КЖИС. 464514.007 ТО, ИЭ, ФО. – г. Жуковский) и программном руководстве (GEOSCAN - Программа управления георадаром и визуализации получаемых данных. Руководство пользователя. г. Жуковский – 2001).

1.1 Принцип метода.

Антенный датчик устанавливается на оси трубы и производится измерение времени t_1 распространения сигнала до трубы при базе l_1 (рис.1). Затем антенны раздвигаются и при базе l_2 производится измерение t_2 .

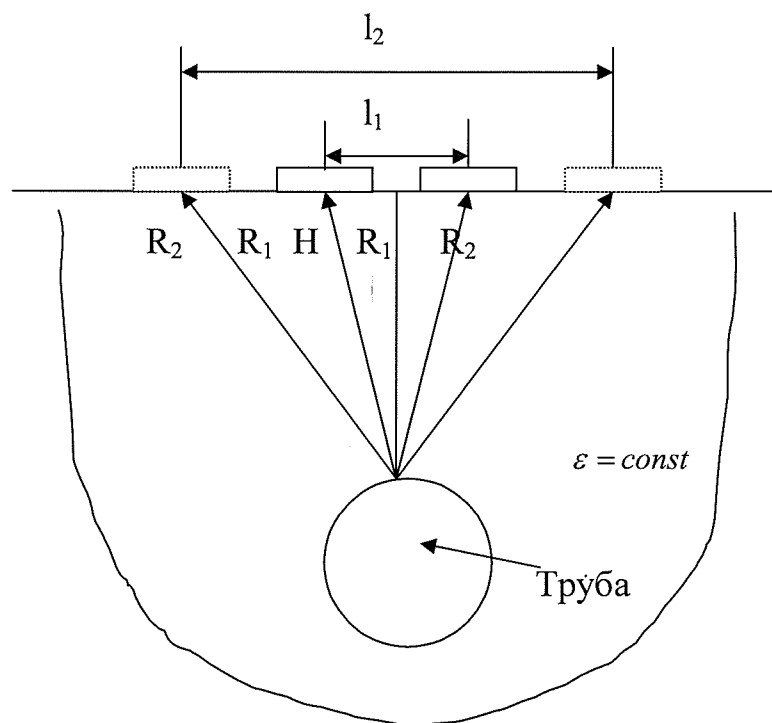


Рис. 1 - Определение диэлектрической проницаемости ϵ обследуемой среды.

l_1, l_2 – расстояние между антеннами;

H – наименьшее расстояние от плоскости сканирования до трубы;

$H = \text{const}$;

R_1 – расстояние от антенны до верхней точки трубы;

R_2 – расстояние от антенны до верхней точки трубы;

ε - диэлектрическая проницаемость.

Затем по формулам (1) –(9) определяется диэлектрическая проницаемость среды, которая используется для определения глубины заложения трубы.

$$H = \sqrt{R_i^2 - \left(\frac{l_i}{2}\right)^2}, \quad (1)$$

$$H = \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{l_1}{2}\right)^2}, \quad (1.1)$$

$$H = \sqrt{R_2^2 - \left(\frac{l_2}{2}\right)^2}, \quad (1.2)$$

$$R = V \cdot t, \quad (2)$$

где V – скорость распространения сигнала в среде,

t – время распространения сигнала в среде.

$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon}}, \quad (3)$$

где C – скорость распространения света.

Решим систему уравнений (1.1)(1.2)

$$R_1^2 - \left(\frac{l_1}{2}\right)^2 = R_2^2 - \left(\frac{l_2}{2}\right)^2, \quad (4)$$

$$R_1^2 - R_2^2 = \left(\frac{l_1}{2}\right)^2 - \left(\frac{l_2}{2}\right)^2, \quad (5)$$

$$V \cdot t_1 - V \cdot t_2 = V(t_1 - t_2) = \left(\left(\frac{l_1}{2}\right)^2 - \left(\frac{l_2}{2}\right)^2\right), \quad (6)$$

$$\frac{C}{\sqrt{\varepsilon}}(t_1 - t_2) = \left(\left(\frac{l_1}{2} \right)^2 - \left(\frac{l_2}{2} \right)^2 \right), \quad (7)$$

$$\sqrt{\varepsilon} = \frac{C \cdot (t_1 - t_2)}{\left(\left(\frac{l_1}{2} \right)^2 - \left(\frac{l_2}{2} \right)^2 \right)}, \quad (8)$$

$$\varepsilon = \left(\frac{C \cdot (t_1 - t_2)}{\left(\left(\frac{l_1}{2} \right)^2 - \left(\frac{l_2}{2} \right)^2 \right)} \right)^2, \quad (9)$$

где $t_{1,2}$ – измеряется прибором (рис.2, 3.).

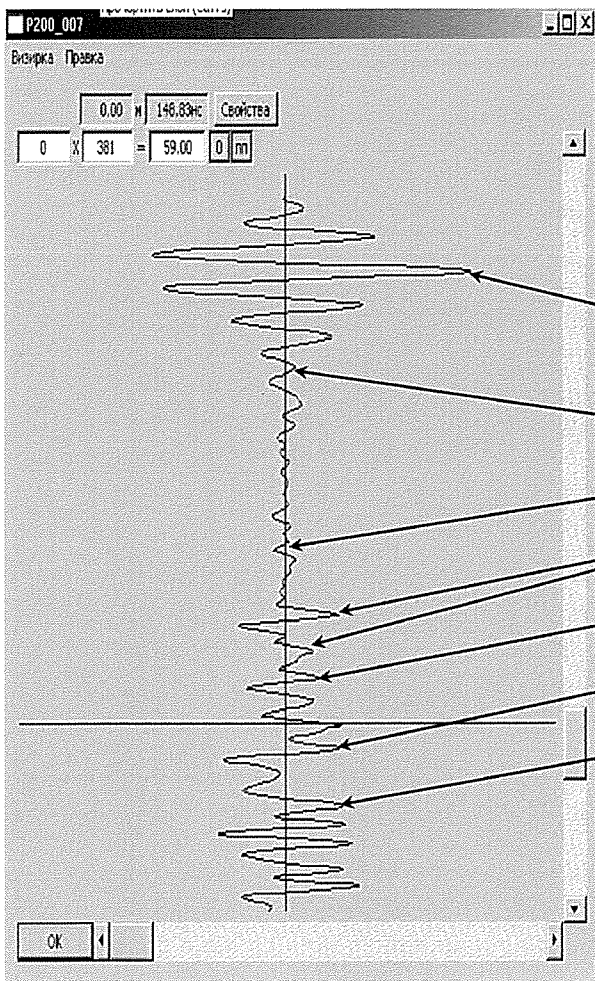


Рис. 2, (а)

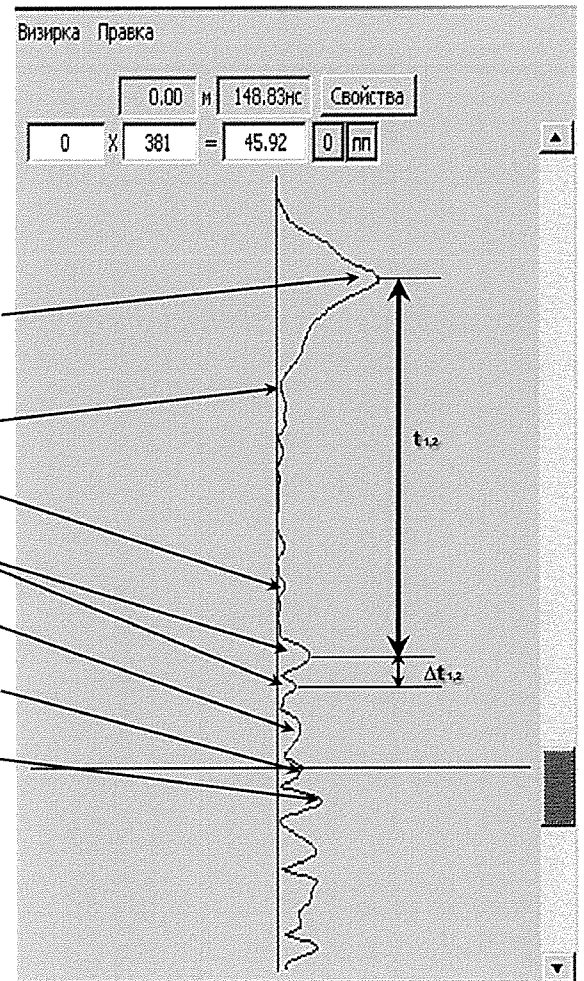


Рис. 2, (б)

Рис. 2 – Сигнал на выходе приемного устройства и после детектирования по Гильберту

1. Сигнал от верхнего техногенного слоя.
2. Сигнал от обводненной зоны между верхним техногенным слоем и нижним глинистым слоем.
3. Сигнал от основного глинистого слоя.
4. Сигнал и его амплитудные значения ($U_{1,2}$) от верхней и нижней границы коллектора.
5. Сигнал от верхней границы канализационных стоков.
6. Сигнал от верхней границы глинисто-илистых отложений на дне коллектора.
7. Отражение сигнала от нижней границы коллектора.
 t_1 – измеряется прибором для l_1 ,
 t_2 – измеряется прибором для l_2 .

Приложение 2

1 Методика определения состояния вмещающей среды и состояние стенок железобетонной трубы

Состояние среды (степень разуплотненности) определяется через отношение коэффициентов передачи сигнала – от георадара до поверхности трубы - для случая ее естественного состояния и для случая разуплотненного состояния под влиянием различных техногенных факторов. Для расчетов используются усредненные коэффициенты передачи среды на не разрушенном участке

$$K_{cp}^{ест} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{U_{зонд}^i}{U_{тр}^i}, \quad (1)$$

где $K_{cp}^{ест}$ - средний, коэффициент передачи сигнала средой до естественной трубы,

$U_{зонд}^i$ – напряжение зондируемого сигнала,

$U_{тр}^i$ – напряжение отраженного от трубы сигнала,

N – число измерений на обследуемом отрезке трассы,

и на участке подверженном разуплотнению

$$K_{cp}^{раз} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{U_{зонд}^i}{U_{тр}^i}, \quad (2)$$

где $K_{cp}^{раз}$ - средний коэффициент передачи сигнала на участке с разуплотненной средой. Значения сигналов снимаются с сигнальной реализации, по методике приведенной в Приложении 1. Зоны с разрушенным и не разрушенным грунтом выделяются по результатам анализа радарограмм. Пример радарограммы приведен в Приложении 3. В разрушенной зоне наблюдаются изменения естественной структуры грунтов.

Отношение (1) к (2) позволяет оценить степень разуплотненности среды [1, 2]

$$K = \frac{K_{cp}^{ест}}{K_{cp}^{раз}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где K – степень состояния вмещающей трубу среды:

(60-70)% - Третья степень разрушенности (наблюдаются просадки грунта, локальные пустоты над трубой);

(70-80)% - Вторая степень разрушенности (наблюдаются на радарограмме разрушения структуры грунтов, разуплотнения);

(80-90)% - Первая степень разрушенности (наблюдаются разуплотнения).

Степень разуплотнения грунтов сильно зависит от состояния разрушенности трубы. При начальной степени разрушенности трубы, когда появляются трещины в ней, происходит утечка воды сквозь трещины и смачивание внешней стенки трубы и около трубного пространства. При следующей стадии разрушенности трубы, когда происходит утоньшение и локальные разрушения стенок, начинает происходить более сильное увлажнение грунта, затем его вымывание и образование пустот около трубы. При этом начинает образовываться процесс суффозии, за счет протекания поверхностных вод в трубу. При конечной стадии разрушенности наблюдается полное разрушение трубы на отдельных участках. Это приводит к более активному вымыванию грунта, а затем к развитию просадочных явлений и в конечном счете к образованию воронок на поверхности земли. Для количественной оценки степени разрушенности используется отношение коэффициентов передачи сигнала от стенок целой трубы к разрушенной. Коэффициент передачи сигнала целой стенкой трубы определяется следующей формулой

$$K_{ст.тр.ц.} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{U_{вн.ст.}^i}{U_{внеш.ст.}^i}, \quad (4)$$

где

$K_{ст.тр.ц.}$ - коэффициент передачи сигнала целой стенкой трубы,

$U_{вн.ст.}^i$ - напряжение отраженного сигнала от внешней стенки трубы,

$U_{\text{вн.ст.}}^i$ - напряжение отраженного сигнала от внутренней стенки трубы,
а коэффициент передачи сигнала разрушенной стенкой трубы по формуле (5)

$$K_{\text{ст.тр.разр.}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{U_{\text{вн.ст.}}^i}{U_{\text{вн.ст.}}^i}, \quad (5)$$

где

$K_{\text{ст.тр.разр.}}$ - коэффициент передачи сигнала разрушенной стенкой трубы,

$U_{\text{вн.ст.}}^i$ - напряжение отраженного сигнала от внешней стенки трубы,

$U_{\text{вн.ст.}}^i$ - напряжение отраженного сигнала от внутренней стенки трубы.

Отношение найденных коэффициентов позволяет оценить степень разрушенности стенок трубы

$$K_{\text{разр}} = \frac{K_{\text{ст.тр.ц.}}}{K_{\text{ст.тр.разр.}}} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где

$K_{\text{разр}}$ – коэффициент разрушенности трубы.

(0-30)% - третья степень - труба разрушена на отдельных участках с нарушением цельности стенок и обвалом грунта. Труба не пригодна для эксплуатации.

(30-60)% - вторая степень - труба частично разрушена с локальным нарушением стенок и внутренним ее засорением. Это приводит к уменьшению пропускной способности и повышению уровня сточных вод в колодцах, что в свою очередь приводит к повышению уровня грунтовых вод на таких участках.

(60-90)% - первая степень - труба мало разрушена. В этом случае наблюдаются трещины на поверхности трубы, приводящие к утечке воды и при этом к увлажнению внешней стенки трубы и околотрубного пространства.

Примеры реальных сигналов полученных на грунтах с различной степенью разуплотнений и степенью разрушенности стенок трубы приведены на

рис. 1-3. Разуплотнение грунта и нарушение стенок трубы приводит к изменению структуры сигнала, что наблюдается на приведенных реализациях.

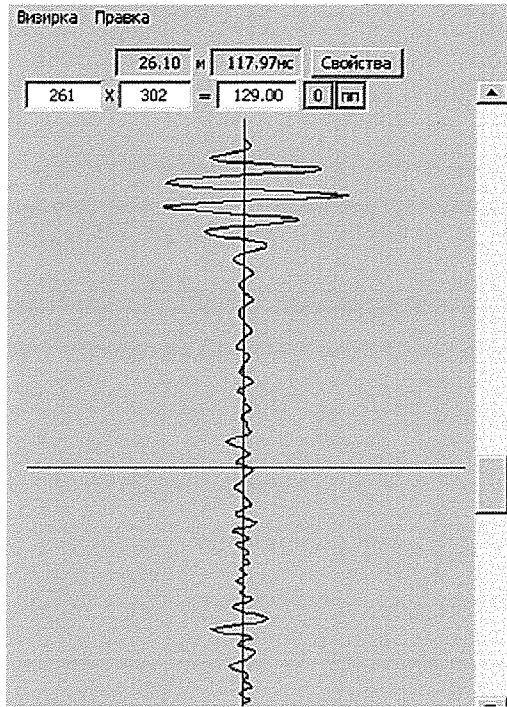


Рис. 1. Первая степень разрушенности.

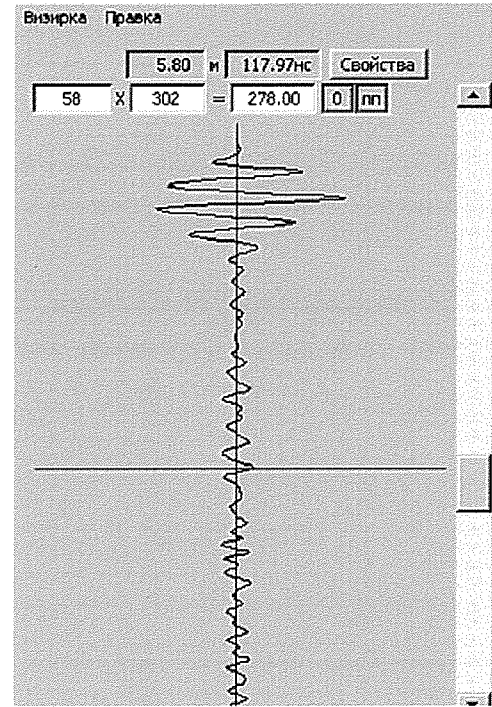


Рис. 2. Вторая степень разрушенности.

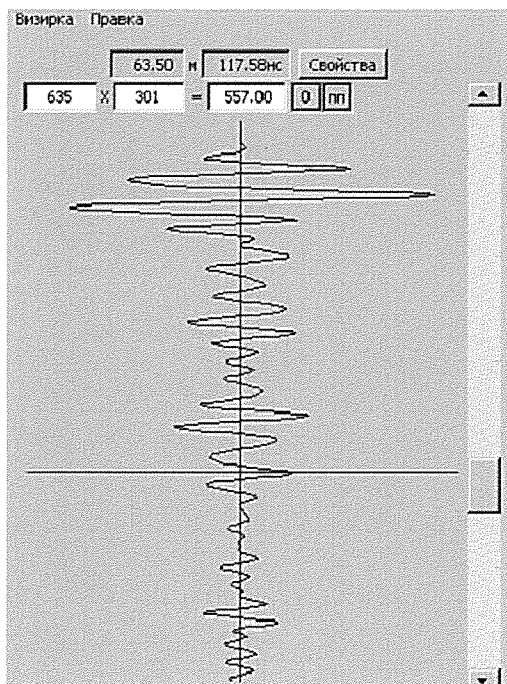


Рис. 3. Третья степень разрушенности.

Коэффициент усиления = 1000.

Время распространения сигнала до
трубы 117 нс.

Список литературы

- Владов М.Л. Великин С.А., Макеечева И.В.** Применение метода георадиолокации при изучении гидросооружений в условиях многолетнемерзлых пород. [Журнал]. - [б.м.] : Разведка и охрана недр, 2001 г.. - №3, С.14-18.
- Владов М.Л. Старовойтов А.В.** Георадиолокационные исследования верхней части разреза. [Книга]. - Москва : МГУ, 1999, 91 с..
- Диденко И.А. Сандыков А.Г.** Пояснительная записка к предложению «Использование георадарной съемки при проведении геологоразведочных и инженерно-изыскательских работ».. - Томск : [б.н.], 2002, 18 с. г..
- Старовойтов А.В.** Интерпритация георадиолокационных данных [Книга]. - Москва : МГУ, 2008, 192с..
- Финкельштейн М.И. Кутеев В.А., Золотарев В.П.** Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии. [Книга]. - Москва : Недра, 1986, 128 с..
- Финкельштейн М.И. Мендельсон В.Л., Кутеев В.А.** Радиолокация слоистых земных покровов. [Книга]. - Москва : «Советское радио», 1977, 174 с..
- Шошин Е.Л. Ковалев Д.М., Лукьянов С.П.** Георадарные методы инженерного обследования [Книга]. - Ханты-Мансийск : Полиграфист, 2008, 152 с..

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОРАДАРНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРИДОМОВОЙ ТЕРРИТОРИИ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПО УЛ. ЮГОРСКАЯ 12/4, 22.

1.1 Общие положения

Полевые георадарные обследования проводились с целью определения причин просадки придомовой территории жилых домов, по ул. Югорская 12/4, 22, в г. Сургуте.

На участке протяженностью **380** погонных метров сделано 46 профилей георадарами с рабочей частотой 250, 400 МГц. Работы осуществлялись в весенний период при температуре (8) С⁰. Полевые работы и камеральная обработка выполнялись под руководством Ковалева Д.М.

1.2 Перечень выполненных работ

В ходе выполнения георадарных обследований были произведены следующие виды работ.

1. Полевые работы – пройдено 700 м по намеченным маршрутам георадарами с частотой 250, 400 МГц. Получено 46 георадарных профилей.
2. Определены причины просадки придомовой территории.
3. Камеральная обработка – построено 14 инженерно-геологических разрезов (Приложение 3.2), составлен отчет.

1.3 Интерпретация георадарных данных и обсуждение полученных результатов

1. Описание участка и принятых обозначений.

Георадарное обследование производилось с целью определения причин просадки придомовой территории жилых домов, по ул. Югорская 12/4, 22, в г. Сургуте.

На обследованном участке расположены парковочная зона, проезжая часть, пешеходные тротуары, отмостки жилых домов, самотечная канализация, теплотрасса.

План-схема, на котором расположена обследуемая зона, приведена в Приложении 3.1.

Привязка осуществлялась к объекту капитального строительства, а именно к жилым домам по ул. Югорская 12/4, 22.

Профилирование осуществлялось путем сканирования, как показано на рис.1, георадарами с АБ-250 и 400 МГц. По обработанным георадарным профилям были построены инженерно-геологические разрезы, по которым были определены причины просадки.



Рис. 1 – Фотография участка возле дома по ул. Югорская 22 с примером георадарного сканирования.

Профиль 1 - это участок 40 м. На этом участке четко отображаются слои асфальта, щебня, техногенного слоя и торфа, мощность слоя торфа составляет 1-1,5 м на глубине 2-3,5 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 2 - это участок 39 м. На этом участке четко отображаются

слои асфальта, щебня, техногенного слоя и торфа, мощность слоя торфа составляет 1,5-2 м на глубине 2-4 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 3 - это участок 35 м. На этом участке четко отображаются слои асфальта, щебня, техногенного слоя и торфа, мощность слоя торфа составляет 1,5 м на глубине 2-3,5 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 4 - это участок 35 м. На этом участке четко отображаются слои асфальта, щебня, техногенного слоя и торфа, мощность слоя торфа составляет 1,5 м на глубине 2-3,5 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 5 - это участок 20 м. На этом участке четко отображаются слои асфальта, щебня, техногенного слоя и торфа, мощность слоя торфа составляет 1-1,5 м на глубине 1-2,5 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 6 - это участок 20 м. На этом участке четко отображаются слои асфальта, щебня, техногенного слоя и торфа, мощность слоя торфа составляет 1-1,5 м на глубине 1-2,5 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 7 - это участок 21 м. На этом участке четко отображаются слои асфальта, щебня, техногенного слоя и торфа, мощность слоя торфа составляет 1-1,5 м на глубине 1-2,7 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 8 - это участок 22 м. На этом участке четко отображаются слои асфальта, щебня, техногенного слоя и торфа, мощность слоя торфа составляет 1-1,5 м на глубине 1,3-2,8 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 9 - это участок 14м. На этом участке четко отображаются слои отсыпки, щебня, техногенного слоя и торфа, мощность слоя торфа составляет 1-1,5 м на глубине 1,5-2,5 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 10 - это участок 14 м. На этом участке четко отображаются техногенный слой и слой торфа, мощность слоя торфа составляет 1-2 м на глубине 1-3 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 11 - это участок 14 м. На этом участке четко отображаются техногенный слой и слой торфа, мощность слоя торфа составляет 1-2 м на глубине 1,5-3,5 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 12 - это участок 14 м. На этом участке четко отображаются техногенный слой и слой торфа, мощность слоя торфа составляет 1-2 м на глубине 1-3 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 13 - это участок 18 м. На этом участке четко отображаются слои отсыпки, щебня, техногенного слоя и торфа, мощность слоя торфа составляет 1-1,5 м на глубине 1,3-2,8 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Профиль 14 - это участок 19 м. На этом участке четко отображаются техногенный слой и слой торфа, мощность слоя торфа составляет 1-1,5 м на глубине 1-2,5 м относительно поверхности, как показано на радарограмме (Приложение 3.2).

Выводы и заключение.

Проанализировав данные георадарного обследования придомовой территории жилых домов, по ул. Югорская 12/4, 22, можно сделать вывод, что средняя мощность слоя торфяной линзы на обследуемой территории составляет 1,5 м, с залеганием 1,0-3,5 м от поверхности и распространяется на всю территорию придомовой территории, включая парковочную зону, проезжую часть, пешеходные тротуары и отмостки жилых домов.

Оказываемое давление на торфяную линзу, верхних техногенных слоев приводит к ее постепенному уплотнению и как следствие просадке придомовой, отдельные элементы инженерных сооружений не подвержены этим процессам, так как при их строительстве была произведена выторфовка, например сети канализации, выпускные колодцы.

Обнаружения выноса грунта в сети канализации **не обнаружено**. Ни в процессе георадарного обследования, ни в процессе визуального осмотра выпускных колодцев в присутствии представителей СГМУП «Горводоканал».

Таким образом, основной причиной просадки придомовой территории на обследуемом участке является естественное уплотнение торфяной линзы.

Рекомендации.

1. Произвести нивелирное измерение высотных отметок просаживаемой территории, с разрывом по временному интервалу, для определения скорости данного процесса. Зная, что процесс замедляется или вовсе остановился можно принять решение о производстве капитального ремонта.
2. В случае ускорения или активного движения данного процесса для стабилизации просадки придомовой территории необходимо усилить основание путем инъекций под давлением специальных расширяющихся при затвердевании растворов в обнаруженную торфяную линзу, либо произвести выторфовку данной линзы.

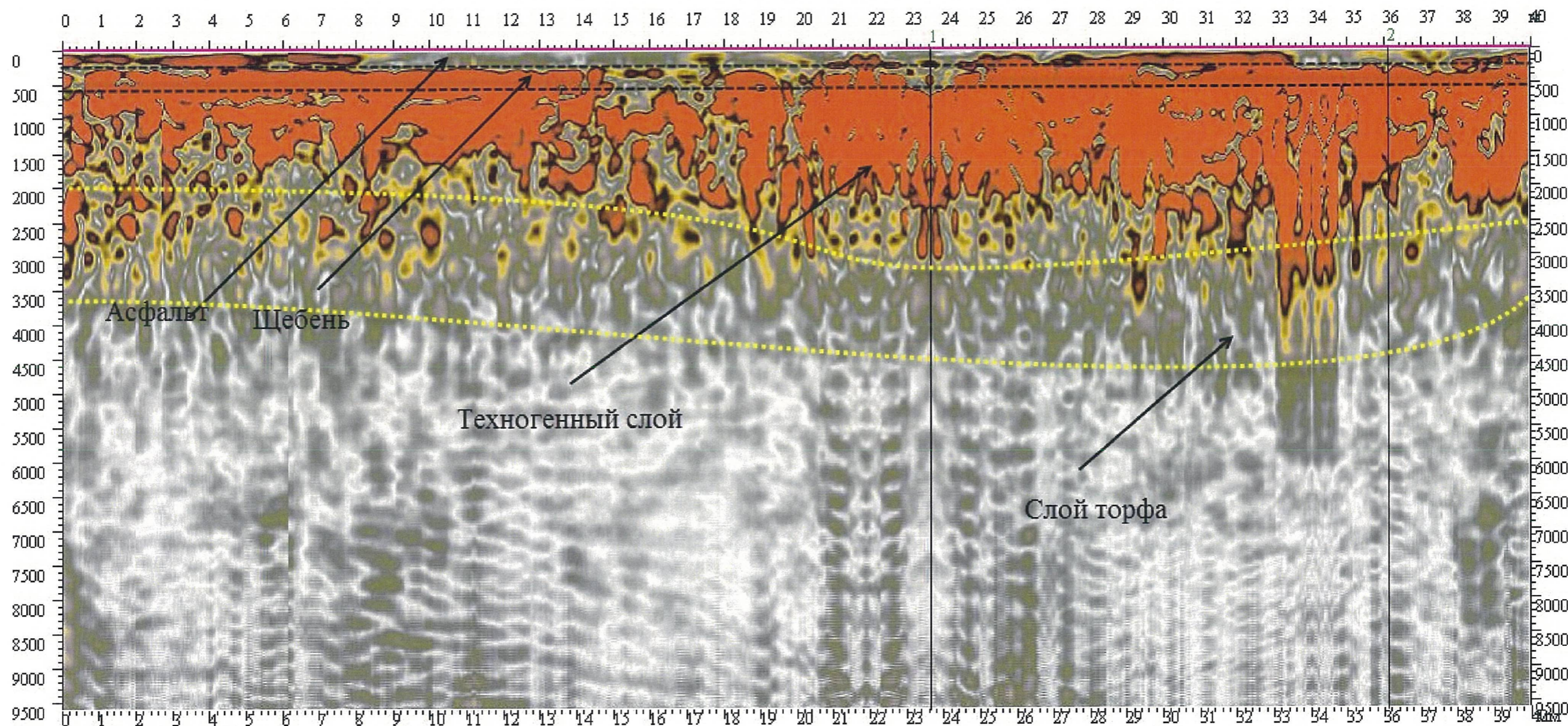


1 → Георадарный профиль



ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 1

Антенна 250 МГц

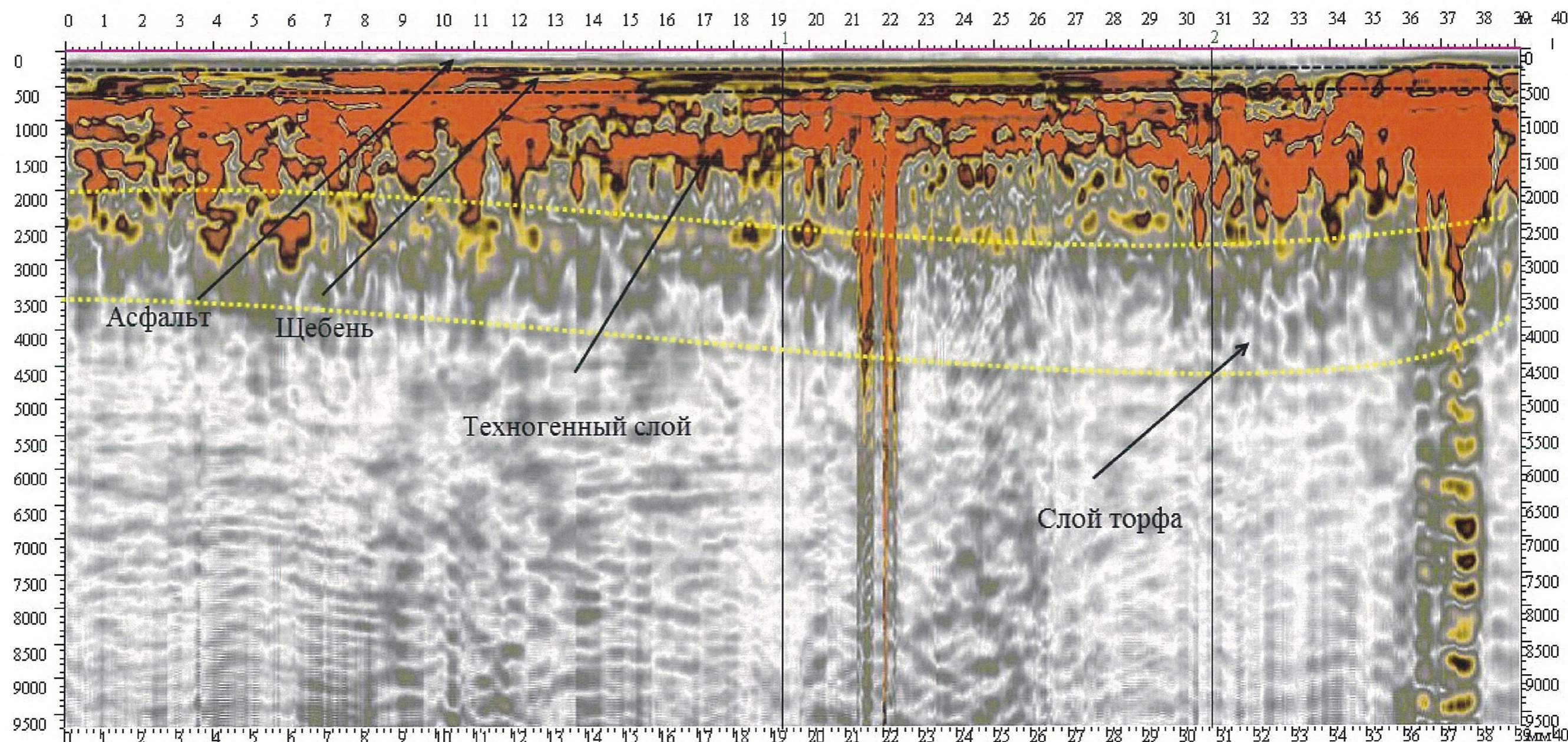


Масштаб: верт. 1:80; гор. 1:150 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 1
Исполнитель		Иванов В.В.		2017г.
Проверил		Ковалев Д.М.		

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 2

Антенна 250 МГц

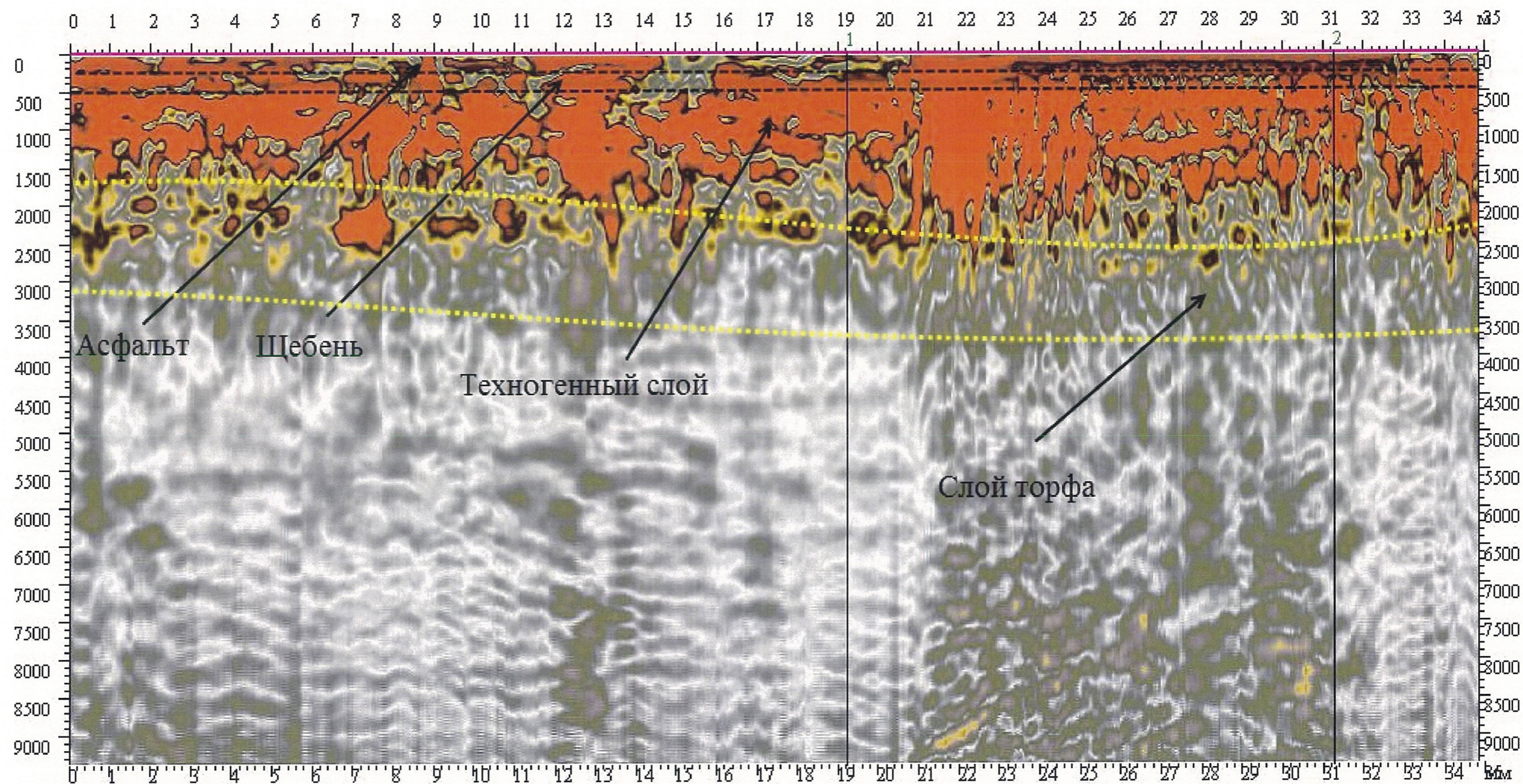


Масштаб: верт. 1:80; гор. 1:150 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 2
Исполнитель		Иванов В.В.		2017г.
Проверил		Ковалев Д.М.		

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 3

Антенна 250 МГц

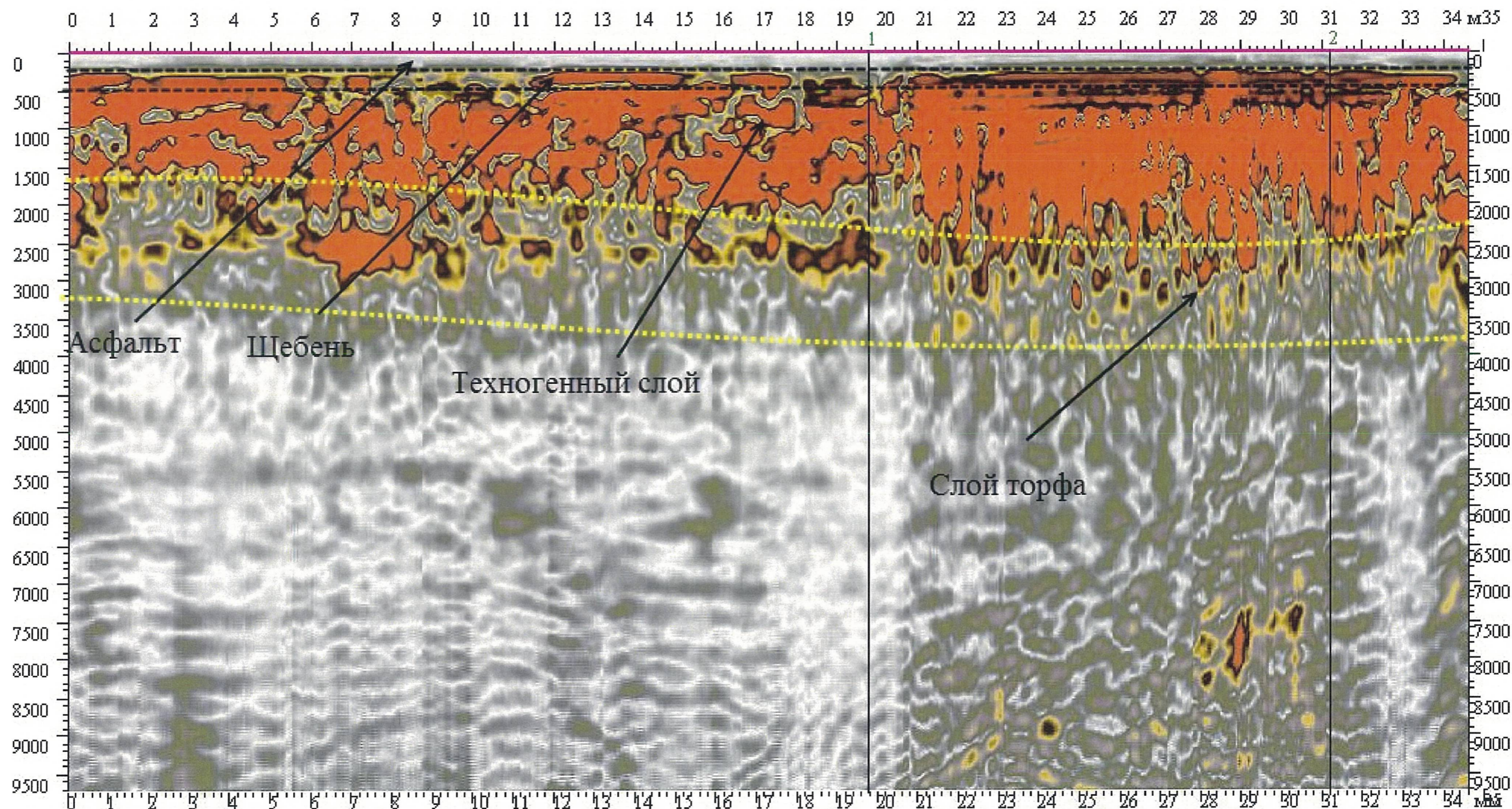


Масштаб: верт. 1:80; гор. 1:150 (3736.011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 3
Исполнитель		Иванов В.В.		2017г.
Проверил		Ковалев Д.М.		

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 4

Антенна 250 МГц

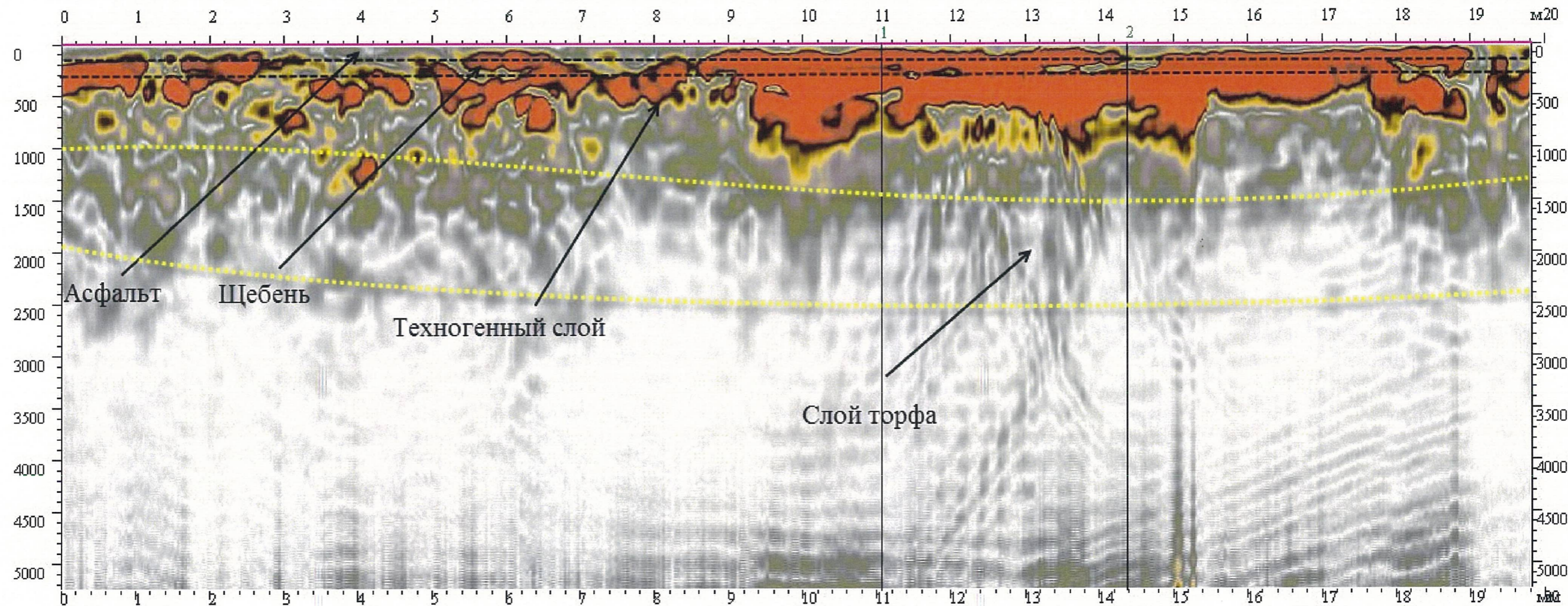


Масштаб: верт. 1:80; гор. 1:150 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 4
Исполнитель		Иванов В.В.		2017г.
Проверил		Ковалев Д.М.		

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 5

Антенна 400 МГц

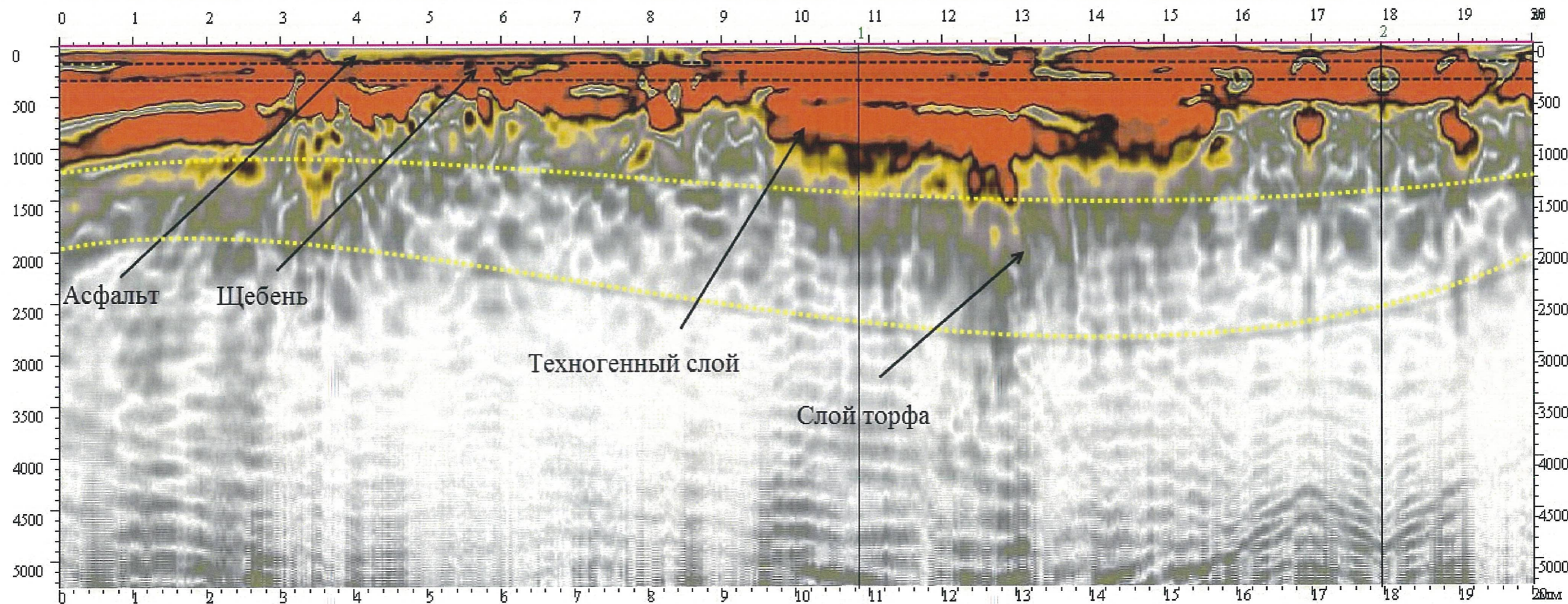


Масштаб: верт. 1:50; гор. 1:70 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 5
Исполнитель		Иванов В.В.		2017г.
Проверил		Ковалев Д.М.		

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 6

Антенна 400 МГц

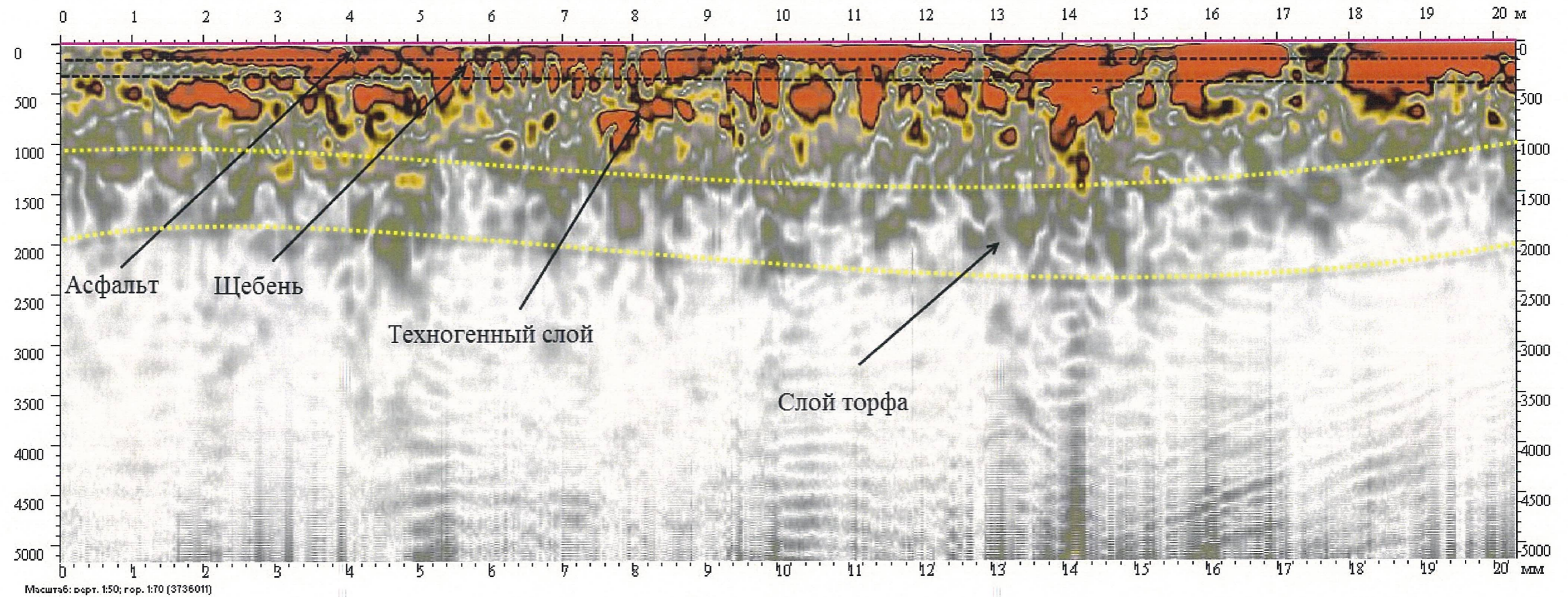


Масштаб: верт. 1:50; гор. 1:70 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 6
Исполнитель		Иванов В.В.		2017г.
Проверил		Ковалев Д.М.		

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 7

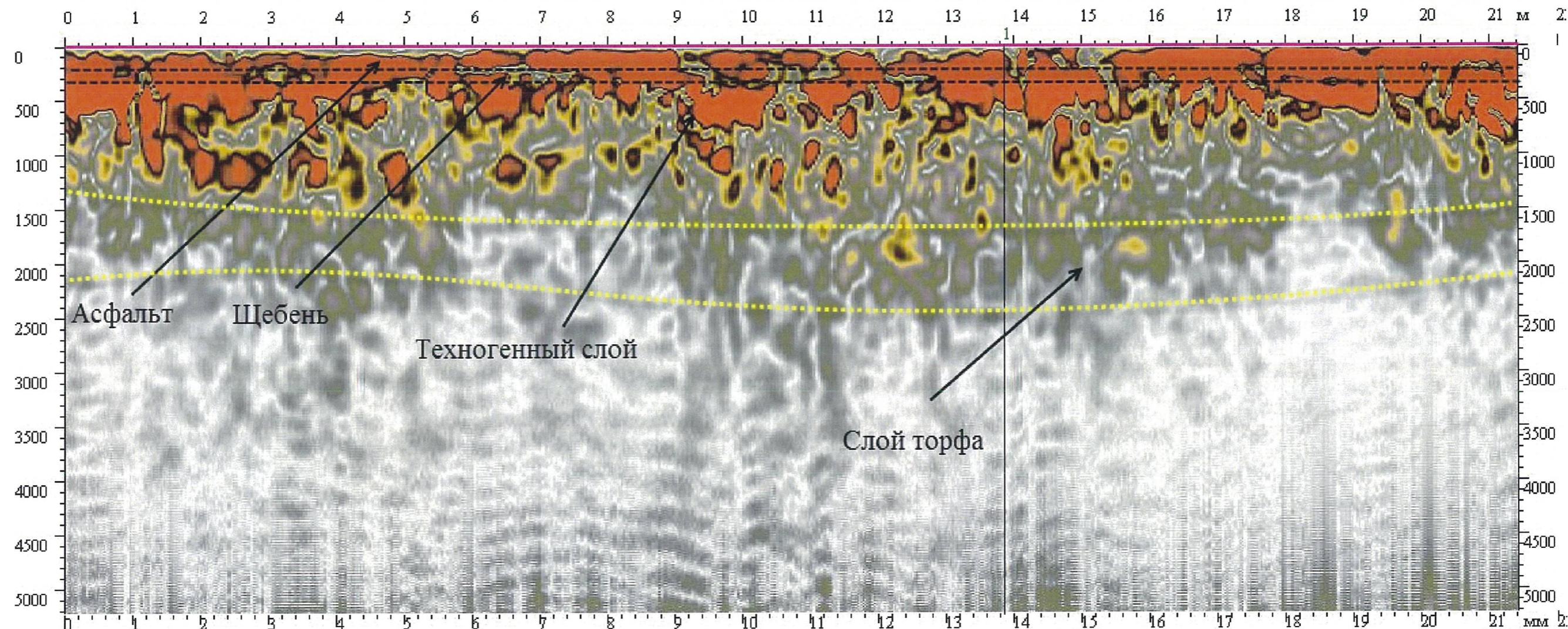
Антенна 400 МГц



Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 7
Исполнитель		Иванов В.В.		2017г.
Проверил		Ковалев Д.М.		

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 8

Антенна 400 МГц

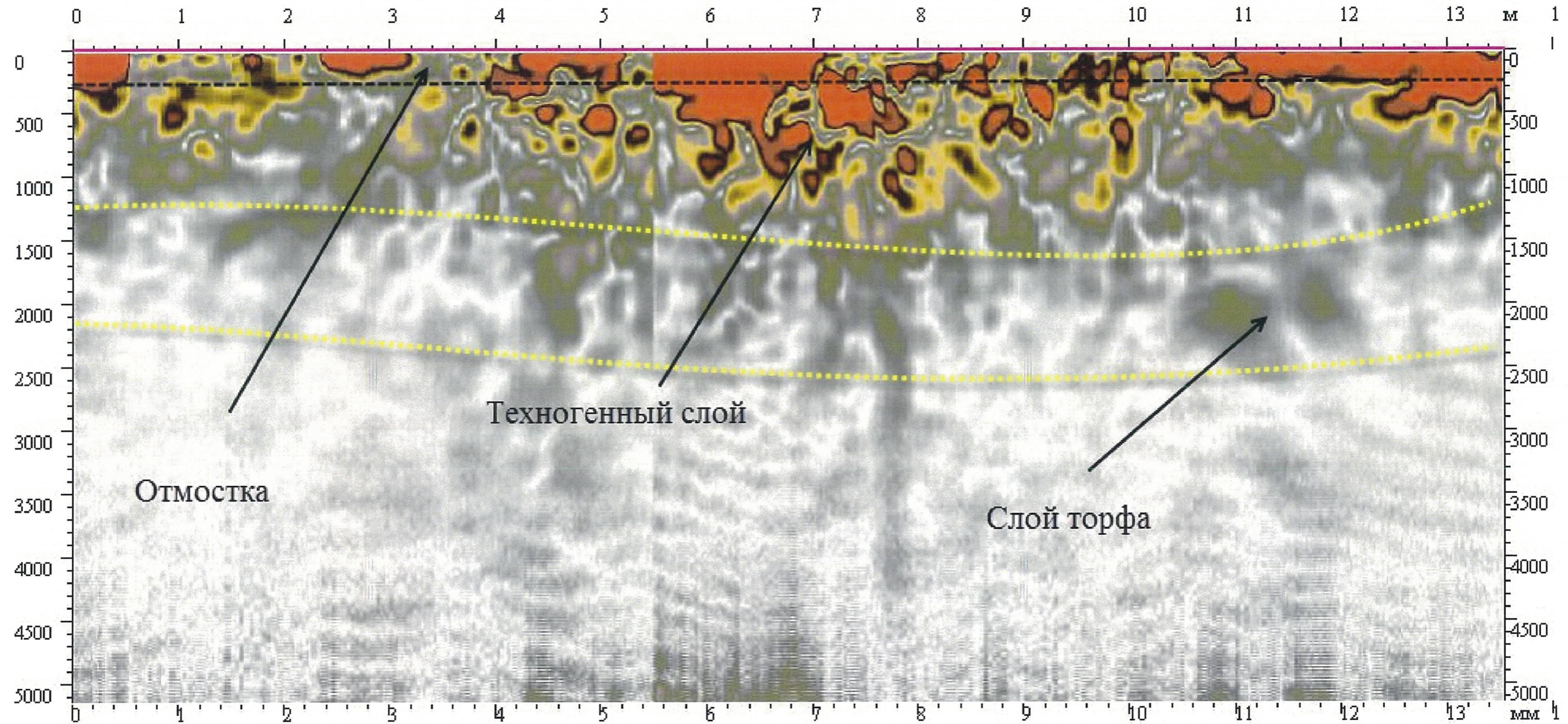


Масштаб: верт. 1:50; гор. 1:80 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор _____	_____	Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 8
Исполнитель _____	_____	Иванов В.В.	_____	2017г.
Проверил _____	_____	Ковалев Д.М.	_____	_____

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 9

Антенна 400 МГц



Отмостка

Техногенный слой

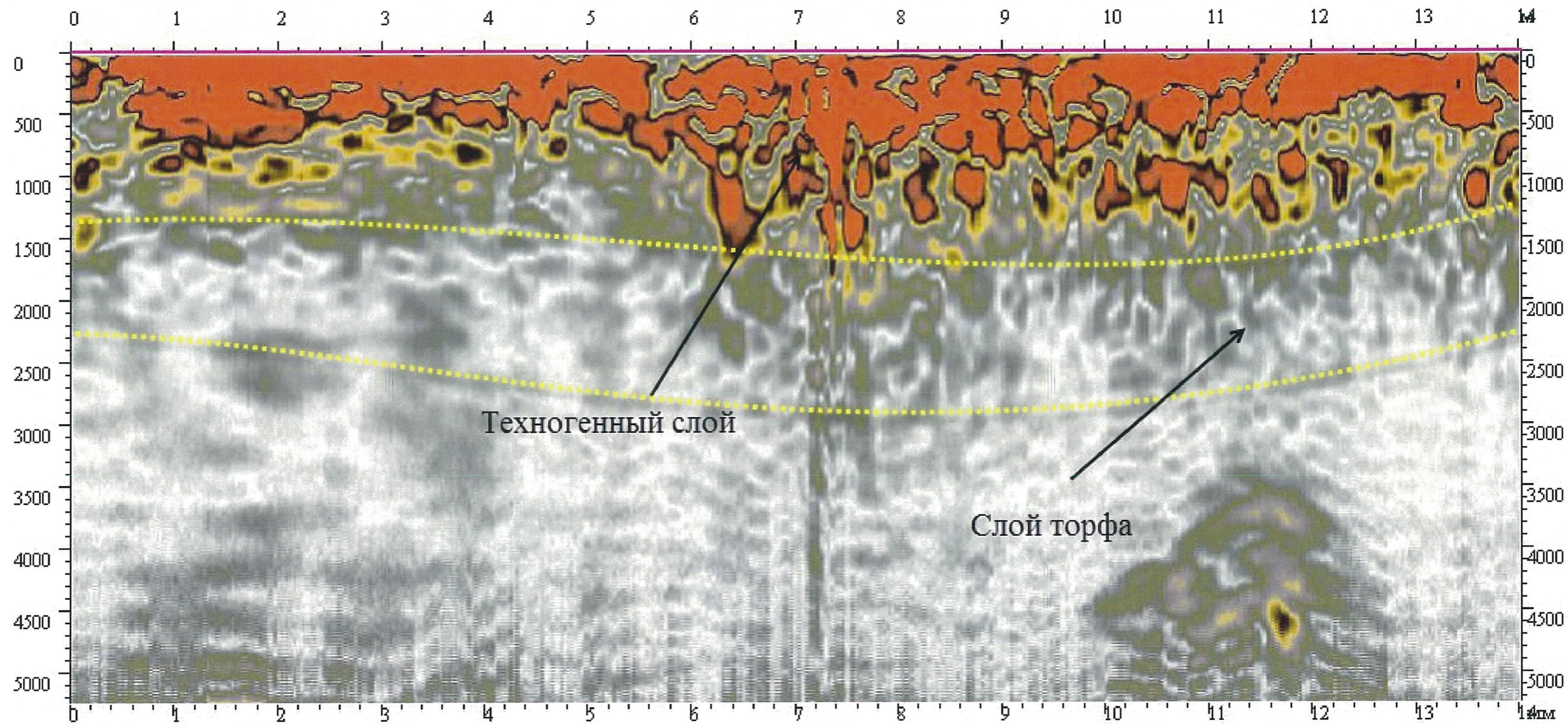
Слой торфа

Масштаб: верт. 1:50; гор. 1:60 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 9
Исполнитель		Иванов В.В.		2017г.
Проверил		Ковалев Д.М.		

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 10

Антенна 400 МГц

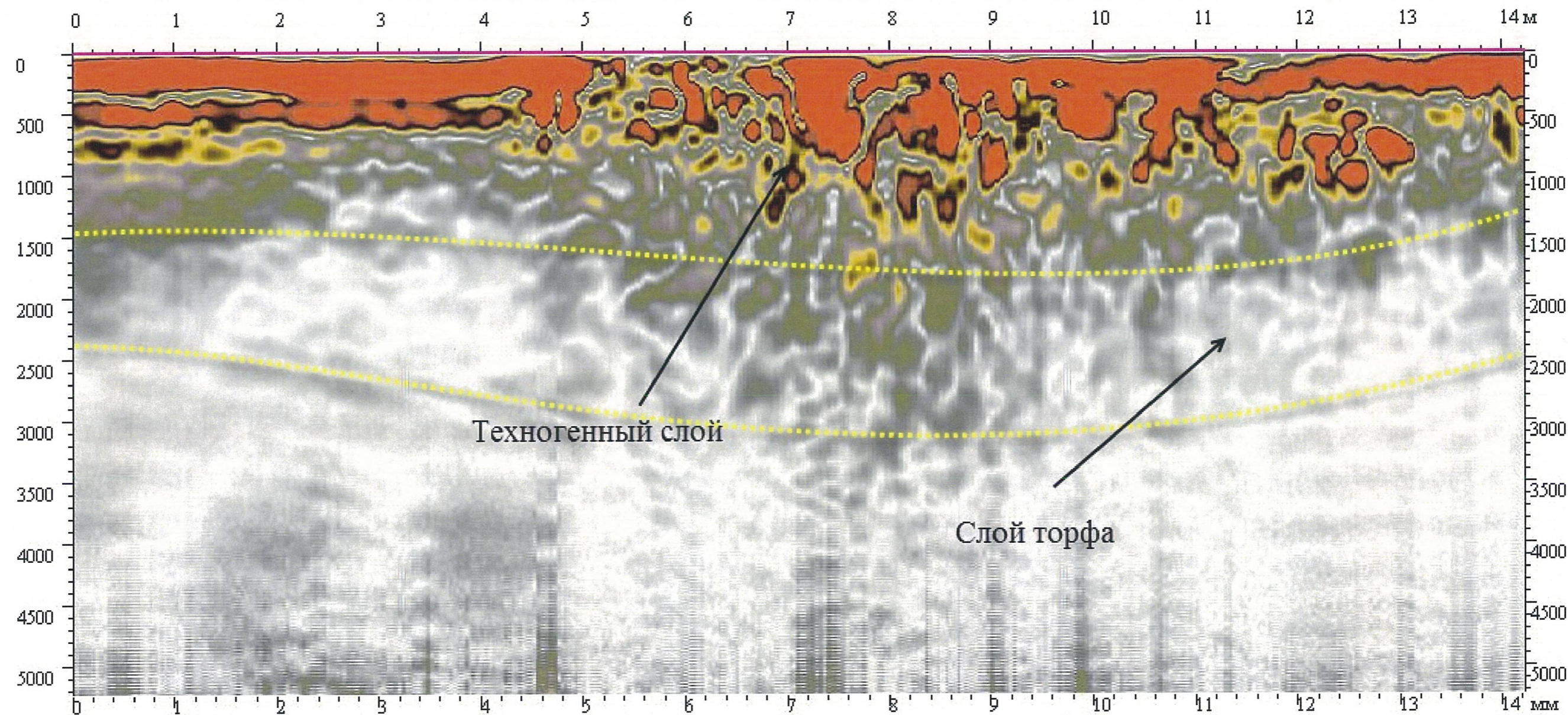


Масштаб: верт. 1:50; гор. 1:60 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.		
Исполнитель		Иванов В.В.	Кол-во листов 14	Лист 10
Проверил		Ковалев Д.М.		2017г.

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 11

Антенна 400 МГц

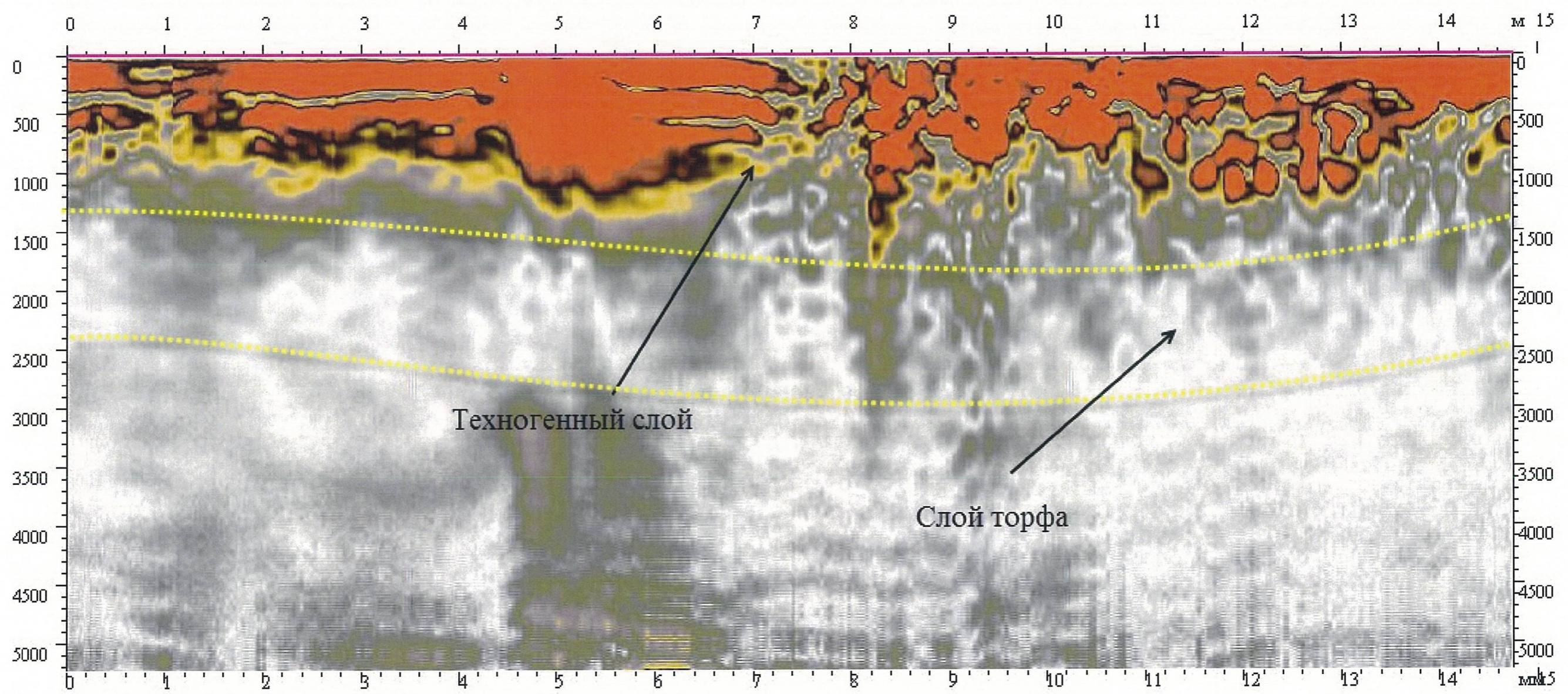


Масштаб: верт. 1:50; гор. 1:60 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 11
Исполнитель		Иванов В.В.		2017г.
Проверил		Ковалев Д.М.		

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 12

Антенна 400 МГц

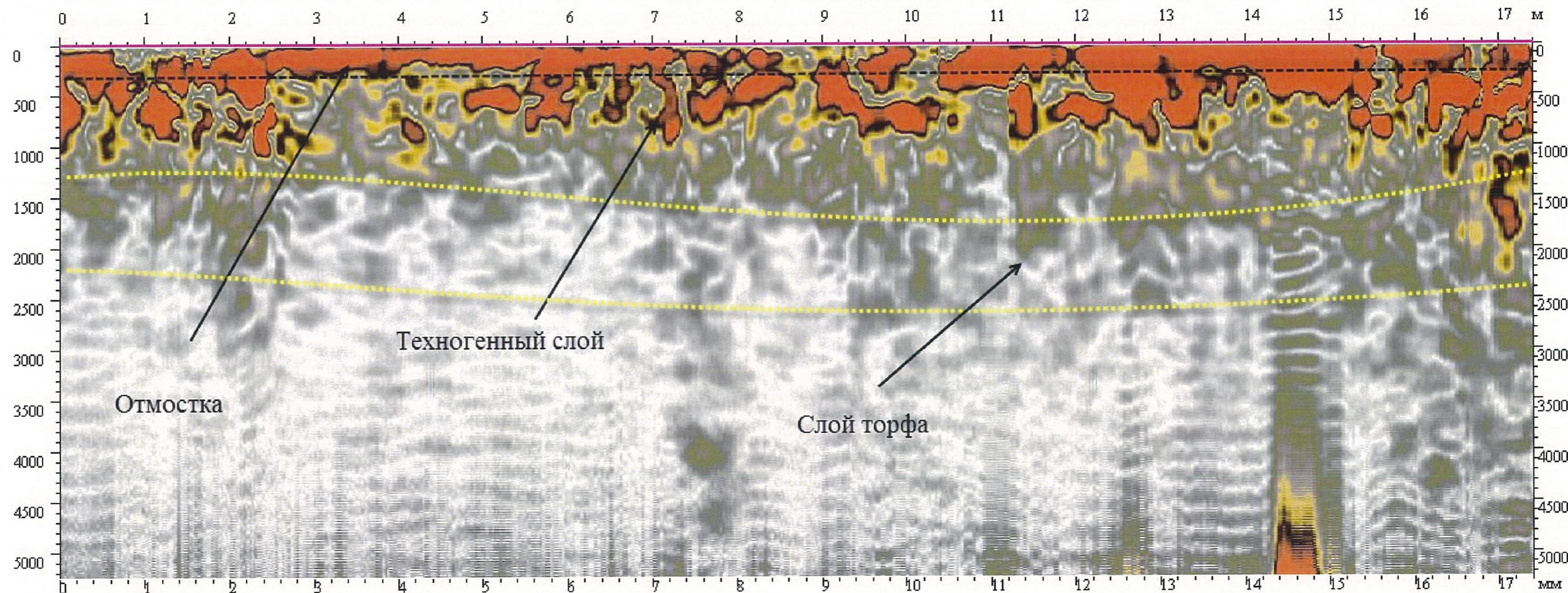


Масштаб: верт. 1:50; гор. 1:60 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 12
Исполнитель		Иванов В.В.		2017г.
Проверил		Ковалев Д.М.		

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 13

Антенна 400 МГц

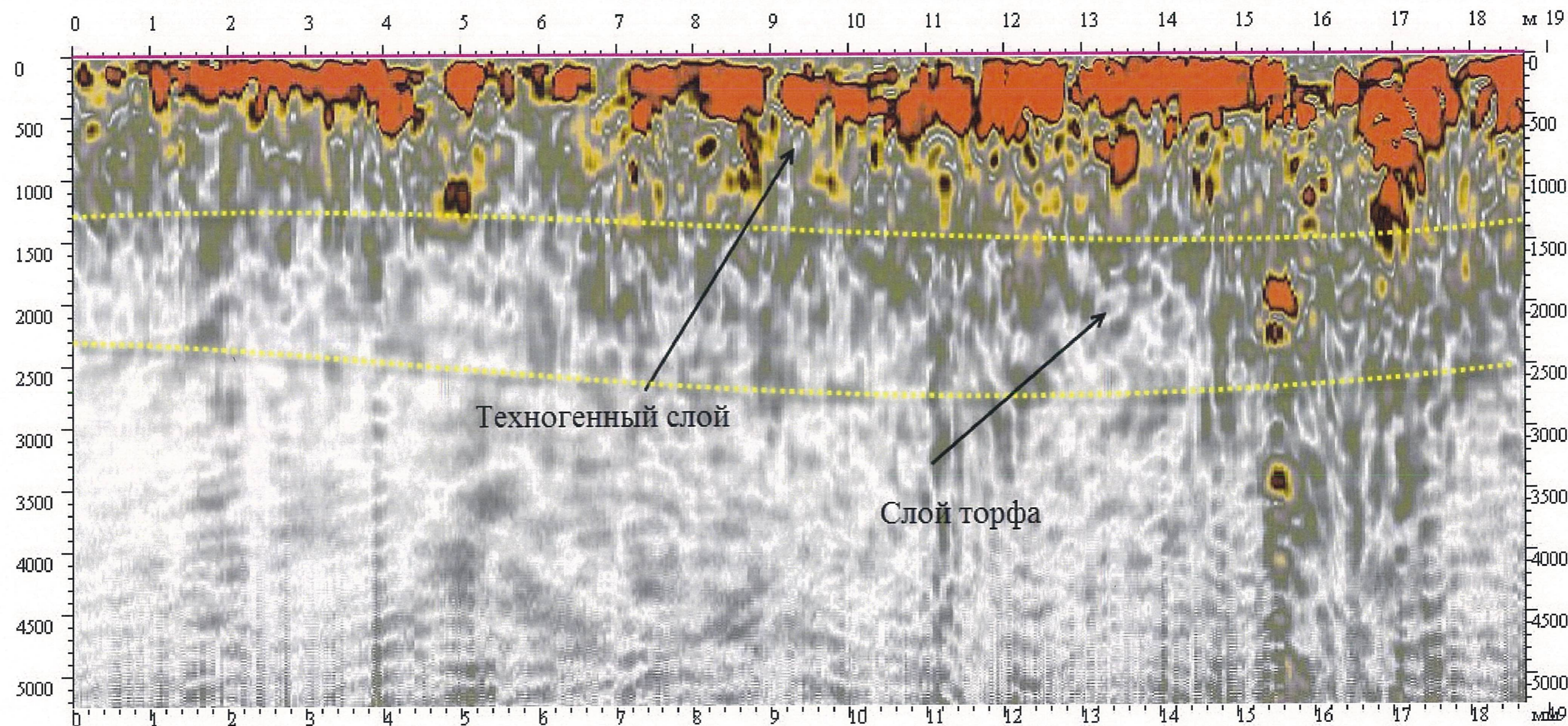


Масштаб: верт. 1:50; гор. 1:60 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.	Кол-во листов 14	Лист 13
Исполнитель		Иванов В.В.		2017г.
Проверил		Ковалев Д.М.		

ГЕОРАДАРНЫЙ РАЗРЕЗ 14

Антенна 400 МГц



Масштаб: верт. 1:50; гор. 1:80 (3736011)

Российская Федерация ООО «НМЦ «ГеоТрубоКонтроль»		Объект: Придомовая территория многоквартирного дома по ул. Югорская 12/4.		
Директор		Ковалев Д.М.		
Исполнитель		Иванов В.В.	Кол-во листов 14	Лист 14
Проверил		Ковалев Д.М.		2017г.



Рис. 1. Поперечное георадарное сканирование.



Рис. 2. Поперечное георадарное сканирование.



Рис. 3. Поперечное георадарное сканирование.



Рис.4. Поперечное георадарное сканирование.