Министерство транспорта Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)

УДК
№ госрегистрации
Инв. №

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ФАУ «РОСДОРНИИ»
_____ А.П. Варятченко
«____» _____ 2019 г.

ОТЧЁТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Результаты работ на объекте «Автомобильная дорога А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио» установками ударного нагружения (FWD) и георадарами

Книга 2

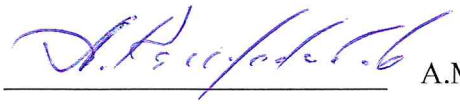
ПРИЛОЖЕНИЯ

Руководитель НИР,
начальник управления методов
проектирования автомобильных дорог,
д. т. н., профессор _____ А.М. Кулижников

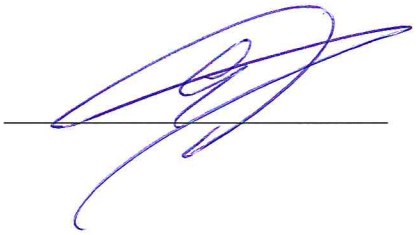
Ответственный исполнитель,
начальник отдела инновационных технологий
в инженерных изысканиях, к. т. н. _____ Р.А. Еремин

Москва 2019

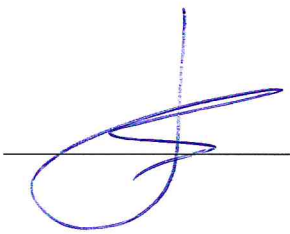
СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

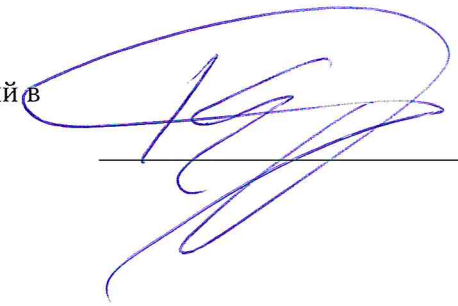
Руководитель НИР,
Начальник управления методов
проектирования
автомобильных дорог,
д. т. н., профессор  А.М. Кулижников
(общее руководство,
редактирование текста,
заключение)

Ответственный исполнитель

Начальник отдела
инновационных технологий в
инженерных изысканиях,
к. т. н.  Р.А. Еремин
(введение, разделы 1-5,
заключение,
приложения)

Исполнители:

Главный специалист отдела
инновационных технологий в
инженерных изысканиях  А.О. Кузнецов
(разделы 1-3,
подраздел 5.4)

Ведущий инженер отдела
инновационных технологий в
инженерных изысканиях  М.А. Милавкин
(раздел 4,
приложение А)

СОДЕРЖАНИЕ

Приложение А Программа работ 4
Приложение Б Обосновывающие материалы ФАУ «РОСДОРНИИ»..... 12
Приложение В Обосновывающие материалы группы компаний «ЛогиС-Геотех»... 18
Приложение Г Обосновывающие материалы компании «Геоэксперт»..... 76
Приложение Д Обосновывающие материалы компании Geoscanners AB RUSSIA .. 125
Приложение Е Дополнительные материалы компании «ЭКОИНСТРУМЕНТ» 181
Приложение Ж Обосновывающие материалы НПО «Терразонд» 190
Приложение И Обосновывающие материалы ООО «Таймер» 231
Приложение К Обосновывающие материалы ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ..... 258

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Программа работ

Программа работ на объекте «Автомобильная дорога А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио» установками ударного нагружения (FWD) и георадарами

Цели исследования:

1. Оценка возможности определения с помощью георадарного обследования участков снижения общего модуля упругости дорожной конструкции с выявлением местоположения областей ослабления в слоях дорожной конструкции.
2. Оценка корреляции результатов георадарного обследования с результатами определения упругого прогиба, влагонасыщения и расчета общего модуля упругости дорожной конструкции по данным измерений установками ударного нагружения (FWD).

Задачи исследования:

1. Сбор данных установкой ударного нагружения (FWD) на экспериментальном участке и маркирование точек измерения упругого прогиба;
2. Сбор данных георадарами различных производителей, на различных частотах сканирования в створе профилей прохода установкой ударного нагружения (FWD);
3. Контрольное бурение, определение типа материала и толщины слоев дорожной конструкции, физико-механических свойств образцов (при наличии технической возможности);
4. Интерпретация радарограмм с учетом результатов контрольного бурения;
5. Обработка результатов измерений установками ударного нагружения (FWD) и расчет значений общего модуля упругости дорожной конструкции, определение модулей на границах нижележащих слоев, в том числе слоя с геосинтетикой;
6. Совместный анализ результатов интерпретации радарограмм и результатов измерения упругого прогиба и расчета общего модуля упругости дорожной конструкции;
7. Подготовка отчетных материалов.

Описание участка обследования

Участок обследования протяженностью 720 м (ПК 0+00 – ПК 7+20) имеет 2 полосы движения в прямом и обратном направлении. Дорожная конструкция экспериментальных секций представлена следующими материалами:

1. Грунт земляного полотна – песчаный грунт (песок) по ГОСТ 25100-2011 с $К_ф \geq 0,5$ м/сут;

2. Песок $К_ф \geq 2$ м/сут по ГОСТ 8736-20104 (30 см);

3. Армирующая прослойка из геосинтетического материала (если применимо в соответствии с таблицей 1)

4. Щебеночно-песчаная смесь непрерывной гранулометрии при максимальном размере зерен 120 мм (С-4) по ГОСТ25607-2009 (30 см);

5. Горячий крупнозернистый асфальтобетон тип Б марки II по ГОСТ 9128-2013 на битуме БНД 60/90 по ГОСТ 22245-90 (6 см);

6. Горячий мелкозернистый асфальтобетон тип А марки I по ГОСТ 9128-2013 на битуме БНД 60/90 по ГОСТ 22245-90 (4 см).

Конструкция дорожной одежды на участках ПК 0+40 – 1+40 (100 м), а также ПК 3+60 – 7+20 содержит геосинтетический армирующий материал (см. таблицу 1) между слоем основания из щебеночно-песчаной смеси и дополнительным слоем основания из песка.

Таблица 1 – Местоположение геосинтетического материала на объекте «Автомобильная дорог А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио»

с ПК до ПК	Вид геосинтетического материала
0+40 0+60	2-х осная сетка 40/40
0+60 0+80	2-х осная сетка 40/40
0+80 1+00	2-х осная сетка 20/20
1+00 1+20	2-х осная сетка 40/40 (прямое направление) и 25/25 (обратное направление)
1+20 1+40	Геополотно тканое
1+40 3+60	Участок ранее действовавшей автомобильной дороги (дорожная конструкция отличается от экспериментальных секций)
3+60 3+80	Участок без геосетки
3+80 4+00	Геополотно тканое
4+00 4+20	Геополотно тканое
4+20 4+40	2-х осная сетка 20/20

с ПК до ПК	Вид геосинтетического материала
4+40 4+60	Геокомпозит: 2-х осная сетка 50/50 + геополотно нетканое
4+60 4+80	2-х осная сетка 40/40
4+80 5+00	Геополотно тканое
5+00 5+20	2-х осная сетка 40/40
5+20 5+40	3-х осная сетка 46/46/46
5+40 5+60	3-х осная сетка 46/46/46
5+60 5+80	2-х осная сетка 40/40
5+80 6+00	Геосотовый материал тканый 200/200/150 + геополотно нетканое
6+00 6+20	2-х осная сетка 40/40
6+20 6+40	2-х осная сетка 25/25
6+40 6+60	2-х осная сетка 50/50
6+60 6+80	Геосотовый материал пластмассовый скрепленный 150/150/150 + дренажный мат двухсторонний
6+80 7+00	2-х осная сетка 40/40
7+00 7+20	2-х осная сетка 40/40

Методика комплексного обследования установками ударного нагружения (FWD) и георадарами

Для обеспечения единства записи георадарных данных и последующего сопоставительного анализа результатов как профилей, записанных различными георадарами, так и сопоставления с данными установок ударного нагружения (FWD) необходимо выполнение работ по маркировке и координированию мест определения упругого прогиба. Кроме того размечаются начало (ПК 0+00) и конец (ПК 7+20) обследуемого участка, а также каждая секция участка дороги с шагом 20 м.

Установка ударного нагружения (FWD) будет выполнять измерения перед проведением георадарных работ. С целью исключения недостоверной информации (случайных выбросов) о величинах упругого прогиба и общего модуля упругости дорожной конструкции на каждой из 20-метровых секций необходимо выполнение не менее трех измерений, как в прямом, так и обратном направлении (всего минимум шесть измерений на секцию). Сразу после определения упругого прогиба на месте измерения выполняется маркировка краской, с последующей съемкой размеченных точек в режиме RTK.

Профили по каждому из намеченных створов должны быть записаны всеми георадарами в прямом и обратном направлении в одинаковом порядке, иметь общие начало и конец профиля. Датчики, фиксирующие перемещение георадара, должны быть откалиброваны для обеспечения корректного определения протяженности профилей. Шаг сканирования не должен быть более 30 см. Параметры съемки определяет оператор георадара.

Перемещение георадара может выполняться как вручную, так и с помощью транспортного средства. Главным условием является соответствие маршрута движения георадара намеченному створу и обеспечение привязки к радарограммам маркированных точек.

В случае проведения георадарных исследований с применением транспортного средства, необходимо предусмотреть возможность получения траектории движения в режиме RTK или в постобработке (с учетом смещения между антенной георадара и антенной спутникового приемника).

Для выполнения работ предполагается использование ближайшей базы сети референцных станций EFT CORS (система координат WGS-84, UTM-37N).

После выполнения георадарного обследования и предварительной обработки результатов участниками георадарного обследования предлагаются места бурения (на месте в день обследования), в которых будут определены толщина слоев дорожной конструкции, а при наличии технической возможности, физико-механические свойства образцов (влажность грунта дополнительного слоя основания и рабочего слоя земляного полотна). Места калибровочного бурения фиксируются в день обследования. Всего будут пробурены не менее 5-ти выработок, из них не менее 3-х заверочных (для калибровки результатов) и не менее 2-х контрольных (для проверки результатов).

Результаты определения толщины слоев заверочных выработок передаются участникам.

Предварительная интерпретация радарограм выполняется на основании результатов бурения. Участники георадарного обследования должны определить на каких участках имеются признаки ослабления дорожной конструкции, какими критериями руководствовался интерпретатор, а также

какова глубина залегания неоднородности, являющейся причиной ослабления.

После предоставления предварительных результатов интерпретации участникам выдаются результаты определения упругого прогиба и расчета общего модуля упругости дорожной конструкции в точках наблюдения.

Затем выполняется совместный анализ результатов интерпретации радарограмм и результатов измерения упругого прогиба и расчета общего модуля упругости дорожной конструкции, с выявлением зависимостей и подготовка итогового отчета.

Требования к отчетным материалам

Участники георадарного обследования по результатам камеральных работ передают:

1. Исходные георадарные данные (а также приложения для просмотра файлов, в случае, если используется закрытый формат данных);

2. Изображения интерпретированных радарограмм (горизонтальный масштаб 1:1000);

3. Результаты георадарного обследования в табличном виде по форме таблицы 2 и 3;

Таблица 2 – Форма представления результатов определения толщины слоев

ПК	Координаты		Толщина слоя (от поверхности), м				Примечание
	X, м	Y, м	1	2	3	4	

Таблица 3 – Форма представления результатов выявленных ослаблений

ПК	Координаты		Наличие ослаблений (в т.ч. критерий обнаружения)	Глубина кровли неоднородности, м	Примечание
	X, м	Y, м			

4. Описание радарограмм **<u>по секциям</u>**:

- обнаруженные слои дорожной конструкции;
- максимальная, минимальная и средняя толщина слоев с учетом калибровки данных по результатам бурения;
- состояние слоев дорожной одежды с пояснениями о нормативном состоянии, либо имеющихся ослаблениях;

- местоположение областей ослабления, повлиявших на общий модуль упругости дорожной конструкции, критерии выявления ослабленных участков;

- качество радарограмм в целом с характеристикой оценками «плохое», «удовлетворительное», «хорошее»;

- выводы о возможных причинах снижения прочности дорожной конструкции (при наличии ослаблений).

Для подготовки итогового отчета дополнительно к отчетным данным участникам георадарного обследования рекомендуется представить информацию, которая может включать следующие разделы:

1. Общая информация о системе подповерхностного зондирования

1.1. Информация о производителе системы

1.2. Технические характеристики (технические характеристики, вес, размеры и т.д.)

1.3. Используемые уникальные технологии и инновационные решения

1.4. Область применения системы и решаемые задачи (контролируемые параметры и т.д.)

1.5. Ограничения по использованию системы (температура, состояние сканируемого покрытия, грунты и т.д.)

1.6. Возможности интеграции стороннего оборудования

2. Технология проведения полевых работ (с указанием затраченного времени)

2.1. Последовательность сборки и установки системы

2.2. Настройка и калибровка системы

2.3. Технология сбора полевых данных (максимальная и минимальная скорость, особенности сбора данных и т.д.)

2.4. Передача данных с системы в офис для обработки

2.5. Формат полевых данных

2.6. Объем исходной информации на 10 км обследования дороги в двух направлениях (2 проезда)

2.7. Информация об автоматизации процесса первичной обработки полевых данных

3. Технология проведения камеральных работ (с указанием затраченного времени)

3.1. Используемое программное обеспечение для обработки данных (наименование, производитель, функциональные возможности и т.д)

3.2. Технологическая последовательность камеральной обработки

3.3. Особенности и уникальные возможности программного обеспечения

3.4. Результаты камеральной обработки (форматы файлов, виды получаемых материалов)

3.5. Объем итоговой информации на 10 км обследования дороги в двух направлениях (2 проезда)

3.6. Информация об автоматизации процесса камеральной обработки

4. Дополнительные материалы (информационные буклеты, презентации, статьи и т.д.)

5. Фотоматериалы (скриншоты) различных этапов камеральной обработки материалов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Обосновывающие материалы ФАУ «РОСДОРНИИ»



Рисунок Б.1 — Атрибутный анализ радарограммы (Текстурный анализ мера контраста)

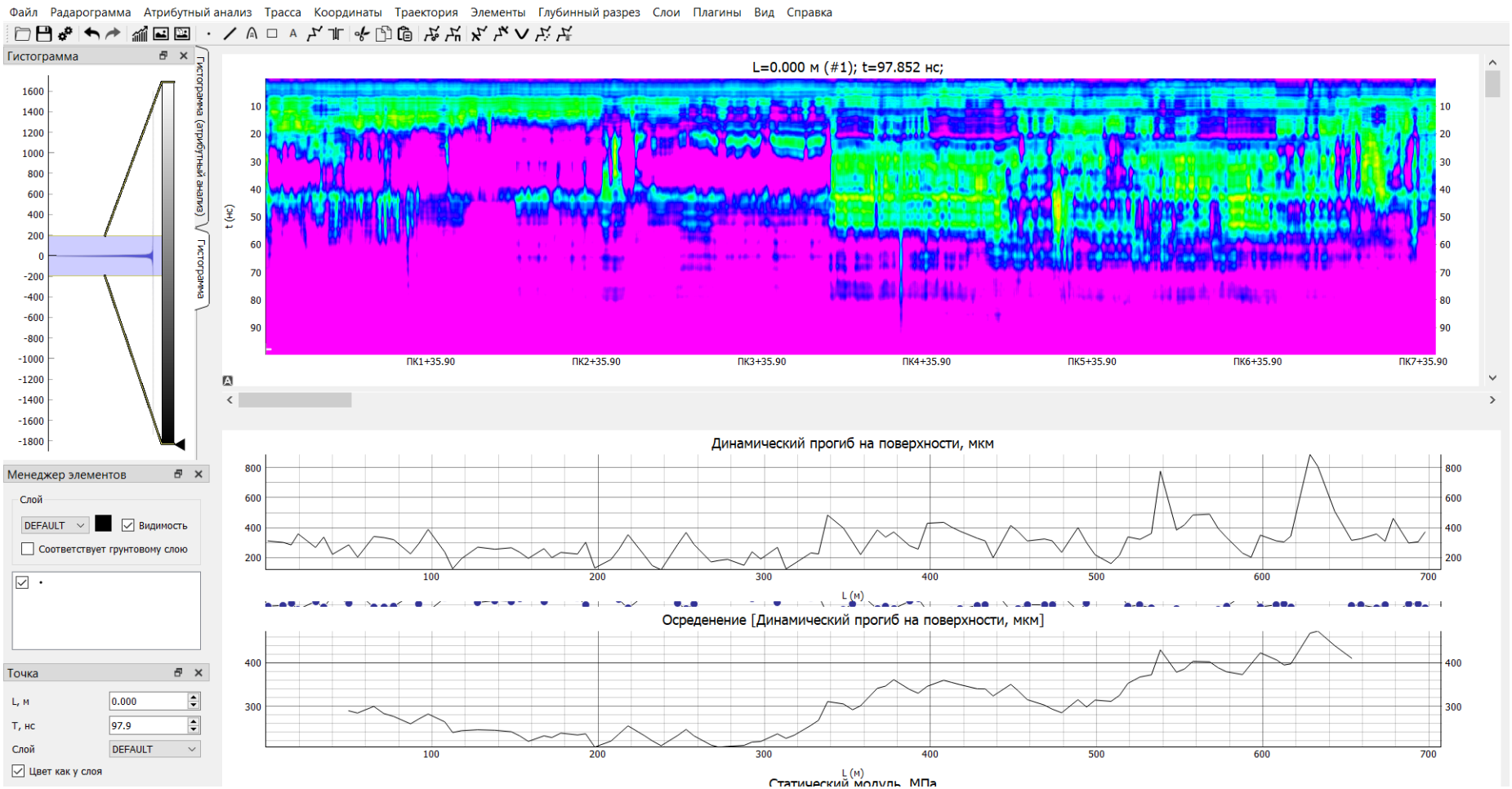


Рисунок Б.1 — Атрибутный анализ радарограммы (Текстурный анализ мера однородности)



Рисунок Б.1 — Атрибутный анализ радарограммы (Текстурный анализ мера расхождения)

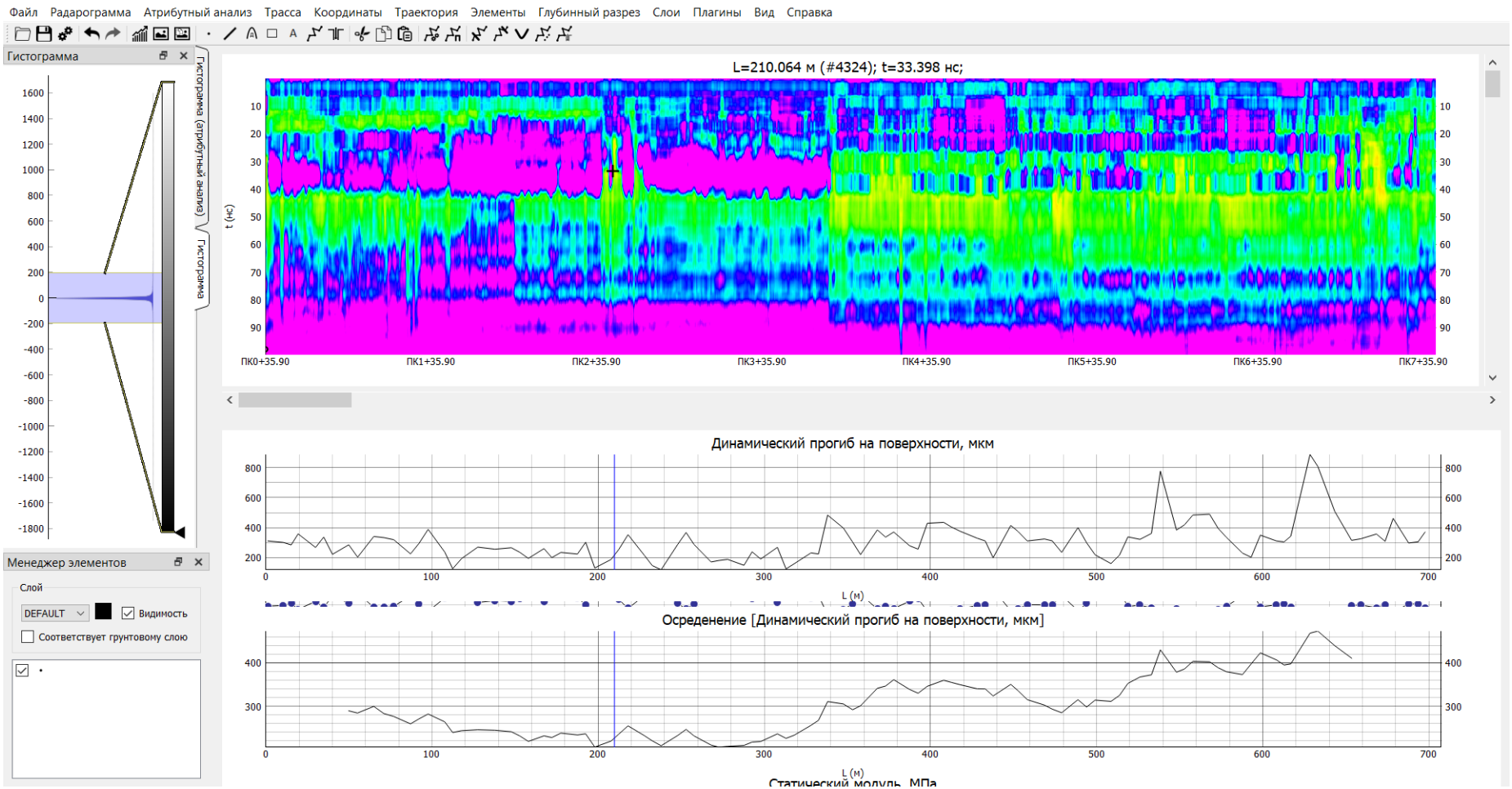


Рисунок Б.1 — Атрибутный анализ радарограммы (Текстурный анализ мера энергии)

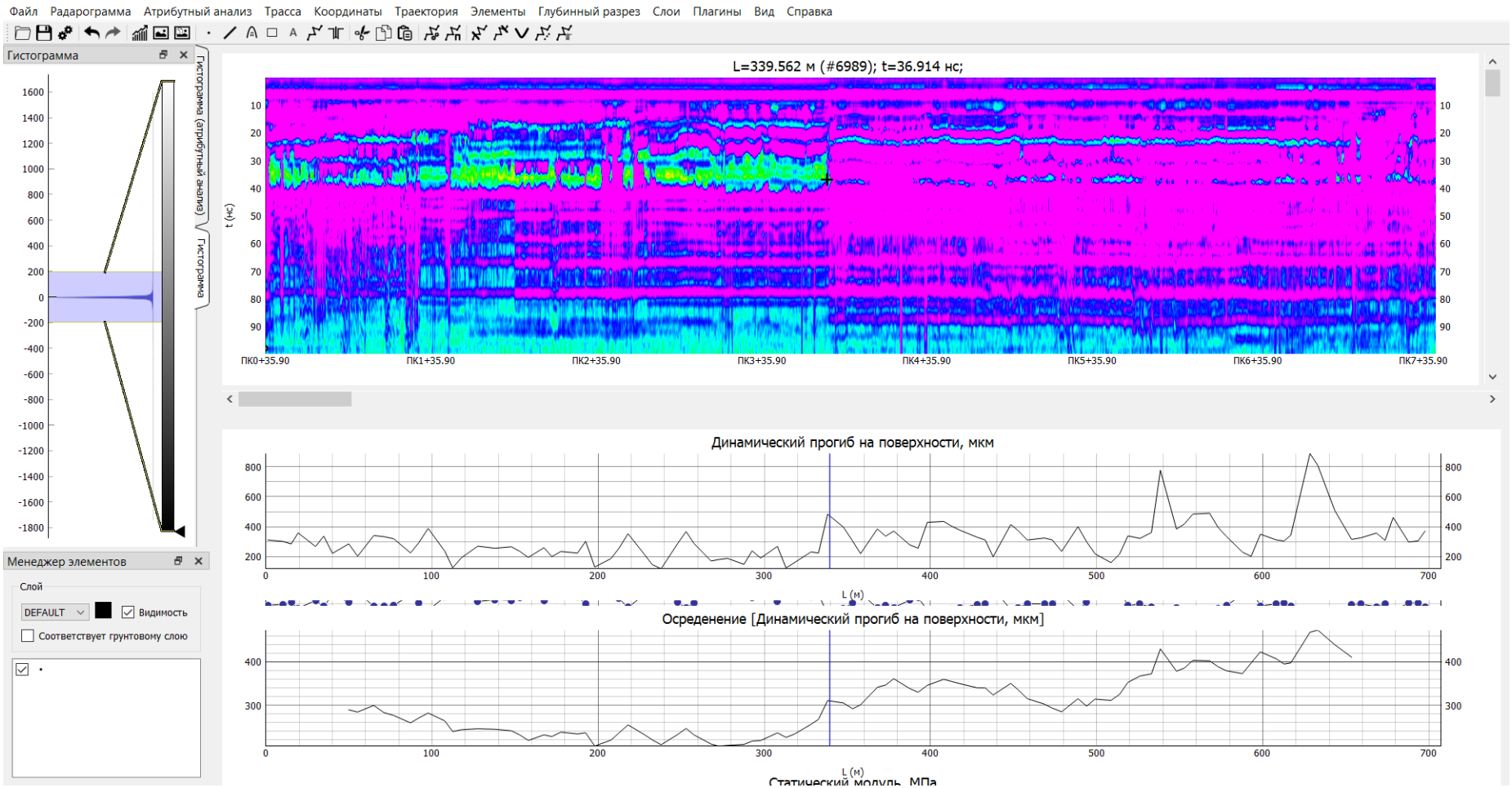


Рисунок Б.1 – Атрибутный анализ радарограммы (Энтропия)

Таблицы толщины слоя асфальтобетона прямого хода (правая полоса), частота антенного блока 2000 МГц, толщины слоя асфальтобетона обратного хода (левая полоса), частота антенного блока 2000 МГц, глубины слоев прямого хода (правая полоса), частота антенного блока 900 МГц, глубины слоев обратного хода (левая полоса), частота антенного блока 900 МГц приведены в электронном виде по ссылке в сети Интернет — https://cloud.mail.ru/public/xgC1/2dQvcRcw3
https://cloud.mail.ru/public/J5aS/5iXvJPoN8

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Обосновывающие материалы группы компаний «ЛогиС-Геотех»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 3

1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О СИСТЕМЕ ПОДПОВЕРХНОСТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ…. 4

1.1. Информация о производителе…… 6

1.2. Состав и технические характеристики георадара «ОКО-3»…….. 6

1.3. Область применения георадаров ОКО-2 и ОКО-3……... 10

1.4. Ограничения по использованию георадаров…… 11

1.5. Возможности интеграции стороннего оборудования…….. 12

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ РАБОТ……..…… 13

3. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОРАДАРНЫХ ДАННЫХ……...…… 16

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГЕОРАДАРНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ……. 21

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ…… 26

ТЕКСТОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Толщины слоев дорожной одежды……...…….. 28

ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Радарограммы с результатами интерпретации по продольным профилям 58
Масштаб горизонтальный 1:500, масштаб вертикальный 1:20……..……..

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Колуч.	Лист	№док.	Подп.	Дата
Ген. директор					
Гл. геофизик					

Заказчик: ООО «РОСДОРНИИ»

Стадия	Лист	Листов
	1	32

ООО «НПЦ ГЕОТЕХ»

Введение

В июле 2019 года ООО «НПЦ Геотех» было выполнено георадиолокационное обследование искусственного покрытия участка автомобильной дороги на объекте «Автомобильная дорога А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио». Работы проводились в рамках сравнительных испытаний на тестовом полигоне ГК РОСАВТОДОР. Также на объекте принимали участие другие организации, разработчики георадиолокационного оборудования.

Целью работ являлось

1. Оценка возможности определения с помощью георадарного обследования участков снижения общего модуля упругости дорожной конструкции с выявлением местоположения областей ослабления в слоях дорожной конструкции.
2. Оценка корреляции результатов георадарного обследования с результатами определения упругого прогиба и расчета общего модуля упругости дорожной конструкции по данным измерений установками ударного нагружения (FWD).

Для решения данной задачи выполнена георадиолокационная съемка по двум направлениям движения по продольным профилям в прямом и обратном направлении длиной около 720 м каждый, расположенным по оси движения, а также 5 георадарных профилей поперек автодороги по 9,7 м каждый на местах выбуренных скважин. Общая протяженность профилей составила 3115 пог.м одним антенным блоком (9287 пог м тремя антенными блоками).

1. Общая информация о системе подповерхностного зондирования.

Измерения проводились георадаром «ОКО-3» с высокочастотными рупорными антенными блоками (производство ООО «Логис» г. Раменское МО), имеющими при небольшой глубине зондирования высокую разрешающую способность, позволяющую выделять достаточно тонкие слои (рис 1). Использовалось три антенных блока: АБ-2000Р3 (центральная частота 2000 МГц), АБ-1000Р3 (центральная частота 1000МГц), АБ-400М3 (центральная частота 400 МГц).





Рис. 1. Рабочий момент съемки с рупорным антенными блоками АБ-2000Р3, АБ-1000Р3 и АБ-400М3 в пешеходном режиме.

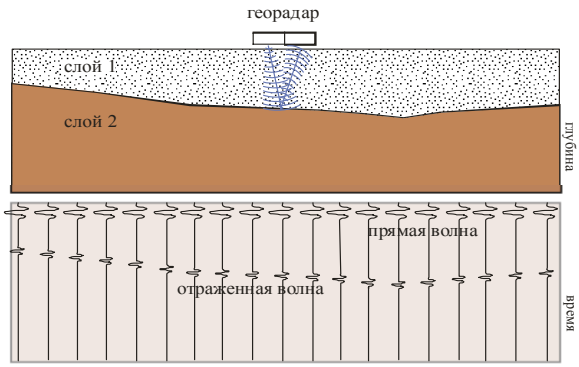


Рис. 2. Принцип действия георадара.

Принцип действия георадара основан на излучении сверхширокополосных наносекундных импульсов, приеме сигналов, отраженных от границ раздела пород или иных отражающих объектов (рис.2), стробоскопической обработке принятых сигналов со сжатием их динамического диапазона и последующим измерением временных интервалов между отраженными импульсами. Формирование зондирующих сигналов, имеющих 1.5 - 2 периода колебаний, осуществляется методом ударного возбуждения антенн перепадом напряжения с фронтом наносекундной длительности. Приемное устройство выполняется, как правило, по схеме стробоскопического преобразователя с коэффициентом преобразования временного масштаба и обеспечивающего трансформацию принятых сигналов в область звуковых

частот. Помимо этого, приемный тракт включает в себя широкополосный усилитель с временной автоматической регулировкой усиления (ВАРУ). Наличие ВАРУ обеспечивает сжатие динамического диапазона входных сигналов.

1.1 Информация о производителе.

Производитель георадара "Око-3" ООО "Логические Системы", Россия, Московская область, г. Раменское, ул. 100-й Свирской дивизии, д.11, тел./факс. (495)-221-75-49, 221-75-58, E-mail:info@logsys.ru, www.logsys.ru.

Ведущие разработчики компании «ЛОГИС» в 1989 году являясь сотрудниками научно-исследовательского института приборостроения (НИИП) им. В.В.Тихомирова (г. Жуковский) в рамках конверсии оборонного комплекса были переориентированы на разработку и производство передового геофизического оборудования - прежде всего георадаров, на базе накопленного в оборонке научно-технического потенциала.

В 1992 году на базе НИИП руководство и ведущие специалисты института образовали компанию «ЛОГИС» (г. Раменское, Московская обл.), которая, продолжая вести разработку обнаружителей взрывчатых веществ, приступила к серийному производству георадаров и сейсмической аппаратуры.

В связи с активным развитием компании «ЛОГИС» и расширением сферы ее деятельности открывается новое направление - инженерные изыскания с использованием комплекса геофизической аппаратуры. Фирма преобразовывается в Группу компаний «ЛОГИС-ГЕОТЕХ», в состав которой входит не только компания «ЛОГИС», но и Научно-Производственный Центр Георадарных Технологий. «ГЕОТЕХ», который работает над продвижением геофизической аппаратуры, создает и отрабатывает новые методики инженерных изысканий, выполняет комплексные геофизические исследования для ряда отраслей народного хозяйства

1.2 Состав и технические характеристики георадара "Око-3"

Производимые ООО "ЛогиС" конфигурации георадаров "Око-3" допускают два варианта комплектов для проведения георадарного обследования автомобильных дорог:

1. ***пешеходный комплект*** - часть георадарного оборудования (блок питания, блок управления, ноутбук при работе с универсальным базовым комплектом или блок питания, блок управления и обработки при работе у полевым базовым комплектом)

размещается на ременно-плечевой разгрузке одеваемой на оператора, антенный блок перемещается оператором волоком по поверхности обследуемой дороги с помощью штанги-ручки, закрепленной на антенном блоке либо с использованием специальной тележки;

2. ***автомобильный комплект*** - георадарное оборудование (блок питания, блок управления, ноутбук) размещается в салоне автомобиля-лаборатории, антенный блок закрепляется с помощью специальной универсальной подвески с отрывом 20-50 см от поверхности дороги на кузове автомобиля, специализированный датчик перемещений закрепляется на заднем колесе автомобиля.

В испытаниях по программе РОСДОРНИИ использовался комплект георадара "Око-3" для пешеходного зондирования имеющий в своем составе:

1. универсальный базовый комплект георадара "Око-3";
2. антенные блоки: АБ-2000Р3, АБ-1000Р3, АБ-400М3;
3. датчики перемещений ДПИ и ДП-32 (автомобильный).

Состав универсального базового комплекта георадара "Око-3":

- блок управления (БУ) одноканальный;
- ноутбук с установленной профессиональной версией ПО GeoScan32;
- подвеска для ноутбука;
- блок питания БП-9/12 ;
- зарядное устройство ЗУ-9 .
- система кабелей;
- разгрузка ременно-плечевая;

Блок управления

Блок управления (БУ) предназначен для управления всеми режимами работы георадара. Блоки управления выпускаются двух типов – одноканальные (допускается подключение одного антенного блока) и двухканальные (допускается подключение двух антенных блоков). Блок управления принимает команды с ноутбука по интерфейсу Ethernet или каналу Wi-Fi, рассчитывает текущие параметры для антенного блока и пересылает их по интерфейсу RS-422 в антенный блок, выдает на антенный блок команды управления режимами работы, принимает данные с антенного блока, осуществляет вторичную обработку этих данных, и передает обработанные данные в ноутбук по

интерфейсу Ethernet или каналу Wi-Fi. В блок управления встроен преобразователь напряжения, предназначенный для питания ноутбука, который обеспечивает выходное напряжение в диапазоне 15…22 В. Мощность преобразователя 60 Вт. Габариты 220×135×30 (мм), вес 0,3кг.



Рис.3 Блок управления "Око-3"

Технические характеристики антенных блоков

Антенный блок АБ-2000Р3

- Рупорный антенный блок;
- Построен по схеме без оптической развязки;
- Обуженная диаграмма направленности;
- Работа с отрывом до 30 см;
- Центральная частота 2000 МГц;
- Глубина зондирования 1,0 м;
- Разрешающая способность 0,03 м;
- Габариты 316□283□157 (мм);
- Масса 1,7кг;
- Потребляемая мощность 6,0 Вт;

Антенный блок АБ-1000Р3

- Рупорный антенный блок ;
- Построен по схеме без оптической развязки;
- Обуженная диаграмма направленности;
- Работа с отрывом от 30 см;
- Центральная частота 1000 МГц;
- Максимальная глубина зондирования до 1.5м (при отрыве 30-40 см);
- Разрешающая способность 0,05 м;
- Габаритные размеры 585 □ 210 □ 435 (мм);

- Вес 7.3 кг.

Антенный блок АБ-400М3

- Экранированный антенный блок;
- Построен по схеме без оптической развязки;
- Центральная частота 400 МГц;
- Глубина зондирования до 5 м;
- Разрешающая способность 0,15 м;
- Габариты 500х290х140 (мм);
- Масса 5,5 кг;
- Потребляемая мощность 6,0 Вт;
- Перемещение на монолыже.

Блок питания БП-9/12

Блок питания состоит из аккумуляторной батареи и устройства контроля. В качестве аккумуляторных батарей применяются никель-металлогидридные батареи. Предназначен для питания антенных блоков, блока управления георадара.

Особые свойства:

- Батареи рассчитаны не менее чем на 500 циклов разрядки/зарядки;
- Низкая скорость саморазряда батарей позволяет хранить их до 6 месяцев без ухудшения технических параметров;
- Контроль степени разряда аккумуляторных батарей с помощью световой и звуковой индикации.

Габариты 200×140×50(мм), вес 2,5 кг.



Рис.4 Блок питания БП-9/12

Датчик перемещения ДПИ и ДП-32

Датчик перемещения ДПИ (Рис.5) служит для точной привязки результатов георадарного зондирования к местности. Используется при перемещении антенного блока

по твердой поверхности. Конструкция датчика пути позволяет эксплуатировать его в неблагоприятных погодных условиях. Питание осуществляется от блока питания БП-9/12 через антенный блок.



Рис.5 Датчик перемещений ДПИ

Для перемещения рупорных антенных блоков АБ-2000Р3 и АБ-1000Р3 использовалась серийно выпускаемая специализированная тележка автодорожная оснащенная датчиком перемещений (Рис.1).

1.3 Область применения георадаров "Око-2" и "Око-3"

Георадары используются для решения широкого спектра инженерно-геологических, гидрогеологических и поисковых задач:

Изучение геологического строения территории:

- изучение геологических разрезов с определением мощностей слоев и типов пород;
- определение положения уровня грунтовых вод;
- картирование карстовых и оползневых структур;
- изучение геологического строения в условиях мерзлых пород, картирование таликов.

Обследование акваторий:

- определение глубины и профиля дна рек и озер;
- определение толщины льда;
- обнаружение затопленных объектов;
- картирование мощности придонных отложений (ил, сапропель).

Обследование взлетно-посадочных полос, автомобильных и железных дорог:

- определение толщины и типа конструктивных слоев дорожной одежды;
- определение характера армирования твердого покрытия (частота и глубина заложения арматуры);

- выявление дефектов в твердом покрытии;
- обследование подстилающих грунтов с выделением зон разуплотнения, повышенной влажности и т.д.;
- поиск подземных коммуникаций.

Обследование строительных конструкций:

- определение толщины стен и межэтажных перекрытий;
- определение характера армирования (частота и глубина заложения арматуры);
- обнаружение электропроводки и труб, проложенных вдоль строительных конструкций;
- обнаружение дефектов в строительных конструкциях.

Задачи охраны окружающей среды:

- картирование нефтяных загрязнений грунтов;
- картирование погребенных участков полигонов промышленно-технических и бытовых отходов.

Задачи в области археологии:

- картирование погребенных фундаментов и стен древних поселений;
- обнаружение археологических объектов.

Задачи силовых структур:

- обнаружение подкопов, подземных ходов и коммуникаций;
- обнаружение криминальных захоронений, останков;
- поиск живых людей в схронах и под завалами.

1.4 Ограничения по использованию георадаров.

Обязательно перед проведением поисковых работ необходимо учитывать погодные условия, особенно внимательно следует относиться к этому в осеннее-весенний период, когда выпадение осадков в виде дождя и мокрого снега наиболее вероятно.

Желательно проводить полевые работы с георадаром в сухую погоду летом, лучше всего спустя 2-3 дня после дождя. Вода, по-разному проникая в различные участки грунта с разной плотностью и скапливаясь на границе слоев (либо на каких-либо разделителях между слоями в виде геотекстиля), позволяет получить контрастную радарограмму. Также благоприятно выполнять георадиолокационные работы зимой по сухой мерзлой

поверхности грунта.

Выполнять георадарное сканирование по мокрой поверхности грунта, либо во время интенсивного снеготаяния, когда на поверхности образуется смесь из мокрого снега и воды – не желательно, т.к. подобные условия на поверхности грунта вызовут затухание сигнала у поверхности грунта, понижение разрешающей способности антенны по глубине, что не позволит получить качественный материал, качественные отражения от локальных объектов.

Метод георадиолокации основан на явлении отражения электромагнитной волны от границ сред с разными электрическими свойствами – электропроводностью и диэлектрической проницаемостью.

Максимальный контраст в диэлектрических проницаемостях наблюдается между воздухом (ε=1) и водой (ε=81). Их соотношение в породе и будет, в основном, определять диэлектрическую проницаемость слоя. Сухие, монолитные, слабо трещиноватые породы будут иметь низкие значения диэлектрической проницаемости и высокие скорости, а влагонасыщенные породы будут иметь высокие значения диэлектрической проницаемости и, как следствие, низкие значения скорости распространения электромагнитных волн.

Таким образом, в проводящих средах (водонасыщенные, минерализованные, глинистые грунты) будет наблюдаться сильное затухание электромагнитного сигнала и как следствие – резкое понижение глубинности исследований.

1.5 Возможности интеграции стороннего оборудования.

При георадиолокационной съемке возможно использование вспомогательного оборудования для более точного геопозиционирования, а также фото и видео фиксации.

К блоку управления БУ возможно подключение приемника GPS-Glonass. Таким образом, при работе с георадаром будет записываться трек с координатной привязкой. Есть возможность отображения трека на картах со всеми вынесенными метками, что помогает в дальнейшей интерпретации радарограммы.

Также для получения дополнительной информации возможно использование любой web-камеры, направленной на антенный блок, как при работе в пешеходном режиме, так и при работе со специализированной автолабораторией. Камера подключается к ноутбуку через USB соединение. Есть возможность настройки работы камеры, как с заданным шагом, так и по нажатию метки.

2. Методика проведения георадиолокационных работ.

Основной величиной, измеряемой при георадиолокационных исследованиях, является время пробега электромагнитной волны от источника до отражающей границы и обратно к приемнику (рис. 2). Поскольку скорость распространения электромагнитной волны в разных средах различна, измерив времена прихода волн, можно определить геометрию объекта и уточнить его свойства.

Большое значение в методе георадиолокации имеет явление дифракции (рис. 6). В случае, когда размеры объекта меньше либо сравнимы с длиной волны, происходит его огибание фронтом волны, что проявляется в виде характерных изменений в волновой картине – возникают, так называемые, гиперболы дифракции. Положение вершины гиперболы указывает местоположение объекта. По форме таких гипербол можно определить скорость распространения электромагнитной волны во вмещающей среде. Это явление позволяет находить объекты в среде и правильно определить их глубину.

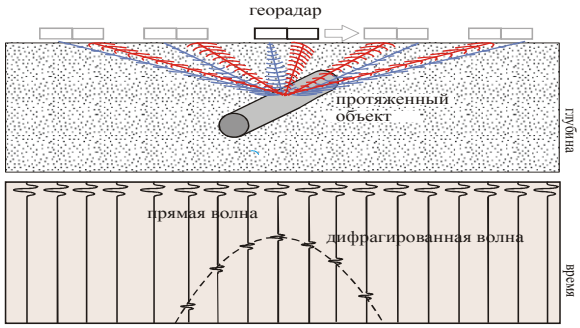


Рис. 6. Дифракция на локальном объекте.

Георадиолокационная съемка на тестовом полигоне проводилась в пешеходном режиме с использованием специализированной тележки «с отрывом» (антенна закрепляется на тележке на высоте около 20 см) с рупорными антенными блоками, а также без отрыва от поверхности земли при работе с моноблоком АБ-400М3. Скоростной режим при съемке выбирается таким образом, чтобы при заданных параметрах не происходило пропуска трасс, таким образом, прибор перемещался непрерывно вдоль профиля наблюдения, со скоростью 3-5 км/ч. Управление прибором и регистрация информации осуществлялись на ноутбук. Георадиолокационные трассы при съемке с рупорными антенными блоками были координатно привязаны с помощью GPS приемника (рис. 7).

Параметры съемки тремя антенными блоками:

- накопление - 8
- время записи – 20 нс, 48 нс, 50 нс (соответственно)

- шаг между трассами – 32 мм и 49 мм

- режим измерения по перемещению с датчиком пути ДПА и ДП-32У

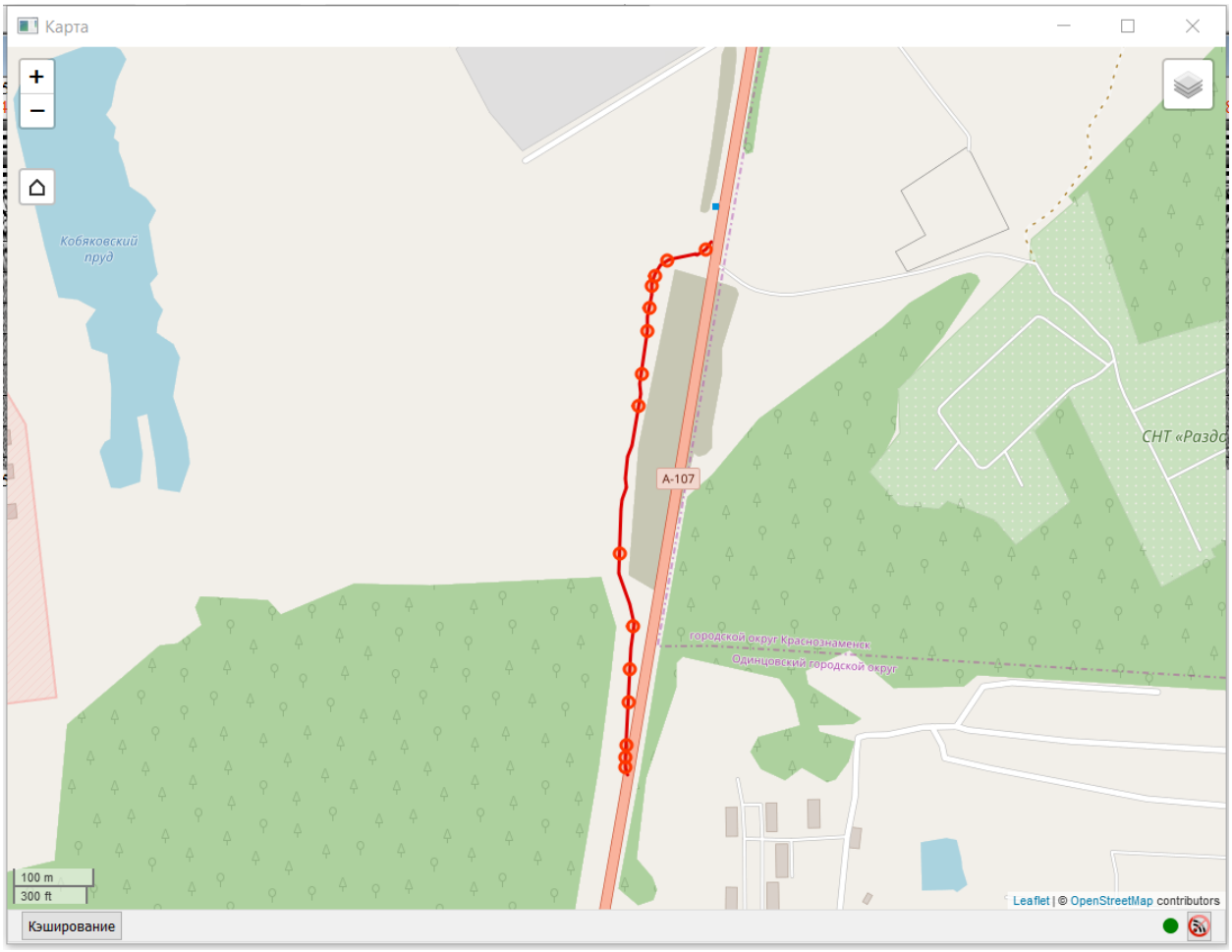


Рис. 7. Схема расположения продольных георадарных профилей. Метками отмечены границы секций.

Антенна АБ-2000Р3 в данных условиях имеет следующие характеристики

- разрешающая способность по глубине 0.02 м

- глубина зондирования до 0,6 м.

Антенна АБ-1000Р3 в данных условиях имеет следующие характеристики

- разрешающая способность по глубине 0.04 м

- глубина зондирования до 1,5 м.

Антенна АБ-400М3 в данных условиях имеет следующие характеристики

- разрешающая способность по глубине 0.15 м

- глубина зондирования до 5 м.

В качестве априорной информации РОСДОРНИИ были предоставлены данные

бурения (3 керна по верхним двум слоям асфальта и щебеночно-песчаной смеси), выполненные непосредственно в день обследования, шурфы с толщинами песка, а также проектные данные о техническом строении искусственного покрытия участка автодороги.

Таблица 1. Результаты проходки выработок на опытном полигоне ГК АВТОДОР

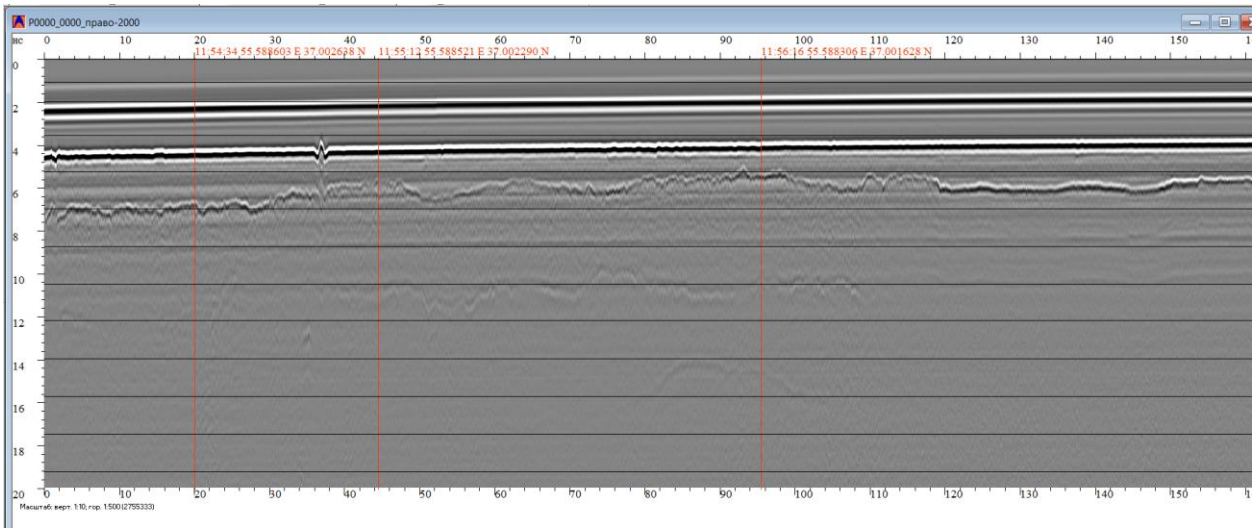
ПК	Полоса движения	Материал	Толщина слоя, см
1+17,9	правая	песчаный слой	22
3+70	правая	асфальтобетон	11,0
		щебеночно-песчаная-цементная смесь	18,5
4+30	левая	асфальтобетон	11,0
		щебеночно-песчаная смесь	26,0
4+77,7	правая	песчаный слой	33
5+10	правая	асфальтобетон	13,0
		щебеночно-песчаная смесь	31,3
6+83,7	левая	песчаный слой	35

3. Методика обработки и интерпретации георадарных данных.

Сущность обработки георадиолокационных данных состоит, прежде всего, в выделении полезного сигнала на фоне помех и шума. С помощью разнообразных приемов преобразования сигналов помехи и шумы по возможности ослабляются или удаляются с записи, а полезные волны подчеркиваются.

Обработка данных георадиолокации осуществлялась в программе “GeoScan-32” (ООО «Логис») и включала в себя следующие процедуры (рис. 8):

- установка «нуля» по сигналу прямого прохождения (для данных, полученных с АБ-400М3),
- выравнивание (удаление колебаний подвеса, выравнивание отражения от поверхности асфальтобетона для рупорных антенных блоков),
- коррекция длины профиля,
- импорт данных GPS приемника,
- задание параметров визуализации данных (изменение контрастности, яркости),
- задание параметров усиления (для получения записи, контрастной по всей длине);
- вычитание среднего (используется для удаления возможной синфазной помехи, а также сигнала прямого прохождения);
- полосовая фильтрация (улучшение соотношения сигнал-шум, удаление низкочастотных помех).



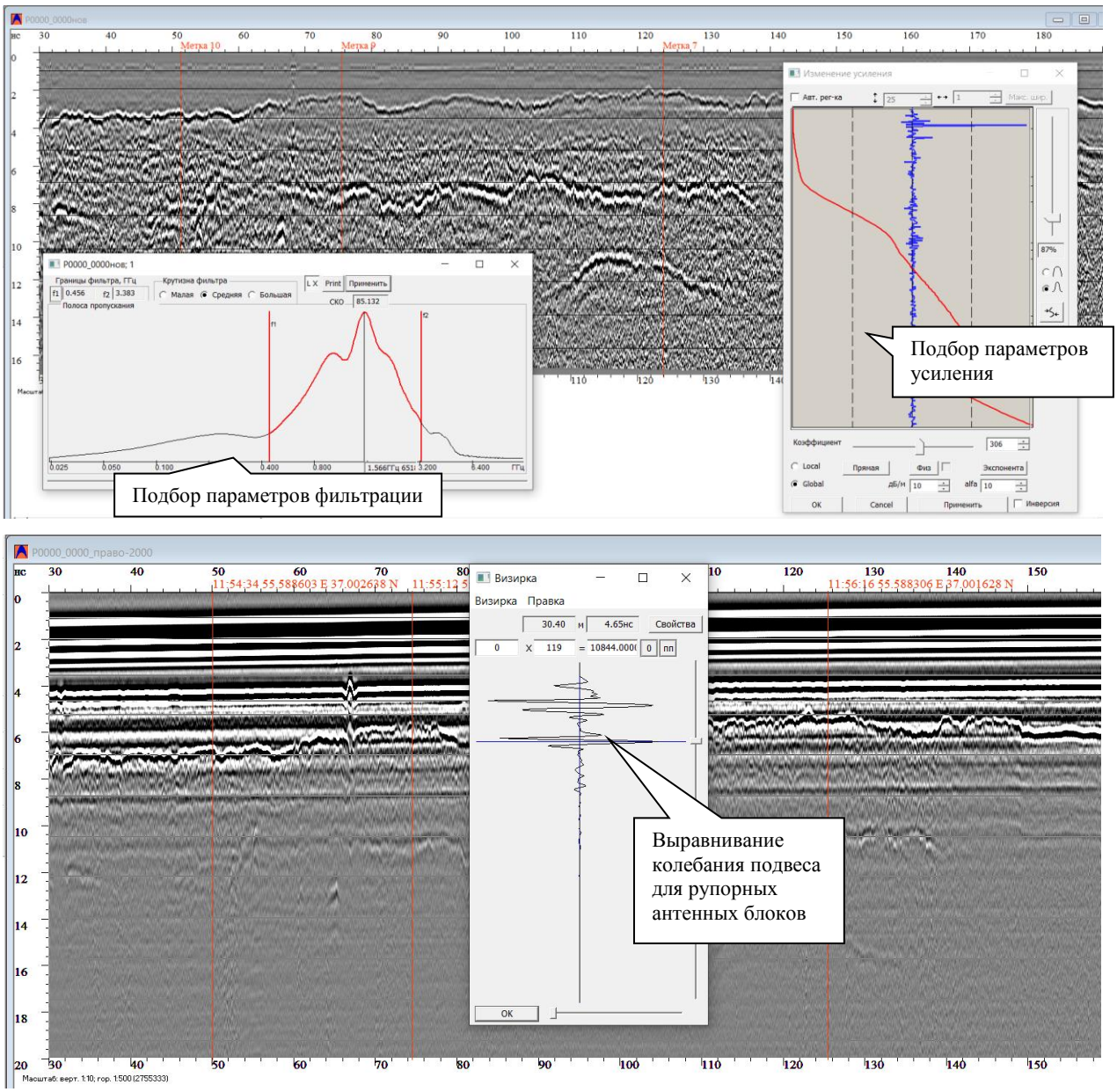


Рис. 8 Данные георадиолокационного профилирования: вверху - фрагмент полевой радарограммы, внизу – фрагменты радарограмм после обработки.

Задача интерпретации данных георадиолокационной съёмки состоит в преобразовании исходных радарограмм в когерентный разрез, отражающий картину залегания основных структурных слоев и каких-либо локальных объектов.

В процессе интерпретации выделяется несколько этапов:

- **пикирование границ** (выделение отражающих горизонтов, участков радарограмм с различным типом записи, георадарных комплексов). Накопленный к настоящему времени опыт показывает, что в случае георадиолокационных наблюдений оси синфазности отраженных электромагнитных волн, как правило,

приурочены к границам слоев с различной литологией или различными физическими свойствами пород и искусственных покрытий:

- **локализация объектов и аномальных зон,**
- **построение скоростной модели разреза,**
- **переход из временного разреза в глубинный,**
- **сопоставление выделенных, в процессе интерпретации, георадарных элементов с данными отбора кернов либо иной имеющейся информацией о строении искусственного покрытия,**
- **создание модели конструктивного строения разреза**

Выделение комплексов на георадиолокационных профилях проводится практически без априорной геологической информации, анализируются только физические взаимоотношения между осями синфазности отраженных волн и различия в волновой картине.

В настоящее время при интерпретации используется в основном визуальный анализ, при котором исследуются следующие параметры волновой картины:

– конфигурация осей синфазности отраженных волн (например, параллельные, волнистые, хаотические и т.д.);

– интенсивность осей синфазности (амплитуда отражений);

– частотный состав записи;

– протяженность осей синфазности;

– скорость распространения волны

Каждый параметр несёт определенную информацию о геологическом строении данной части разреза. Конфигурация осей синфазности является наиболее очевидной и поддающейся прямому анализу характеристикой волновой картины при георадиолокационных исследованиях.

Для расчета глубины залегания выделенных объектов и структурных границ необходимо определить значения диэлектрической проницаемости (**ε**) или скорости распространения волн (V, см/нс) в выделенных комплексах. Оба параметра связаны между собой следующим соотношением:

$$V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}} \text{ (см/нс)},$$

где с – скорость распространения электромагнитной волны в вакууме. По известной скорости можно рассчитать глубину залегания объекта:

$H = \frac{V \cdot t}{2}$, где H – глубина залегания объекта, t – время пробега волны.

Для определения скорости, как основополагающей величины при пересчете временного разреза (полевые данные) в глубинный, используется несколько подходов:

1. По гиперболе дифракции от локального объекта, размеры которого меньше или сравнимы с длиной волны. Существует зависимость формы отклика, приходящего от дифрагирующего объекта, со скоростью распространения электромагнитной волны в среде. В случае наличия хорошо выраженных дифрагированных отражений (обычно от металлических элементов, таких как арматура, трубы и т.д.) точность определения таким способом обычно не хуже 5-10% от глубины. Однако во многих случаях гиперболы дифракции слабовыражены и не имеют четкой формы, тогда расчет глубинного положения отражающих границ на основании ε, установленной таким образом, будет весьма неточным (рис. 9).

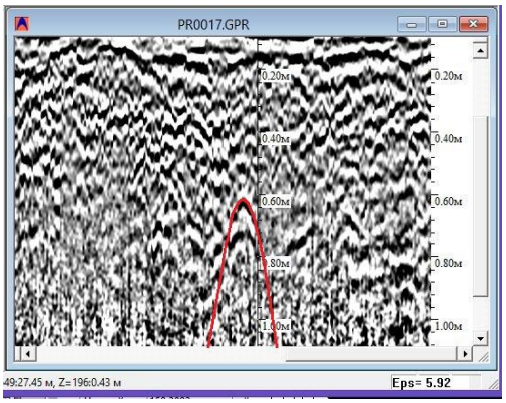


Рис. 9. Определение диэлектрической проницаемости по гиперболе дифрагированной волны.

2. Из справочной литературы или данных предыдущих исследований можно также получить необходимые сведения о диэлектрической проницаемости грунтов. Точность определения глубины при таком подходе может оказаться достаточно низкой вследствие существенной изменчивости свойств пород.

Таблица 2. Диэлектрические проницаемости различных пород в метровом диапазоне волн [1].

Тип породы (материала)	ε' (в условиях естественной влажности)	ε' (в условиях повышенной влажности
Искусственные покрытия		
асфальт	4-6	
бетон	5-10	9-14

Щебень	5-7	
Пески разнозернистые	4-9	16-25

3. По данным бурения производится сопоставление выделенных отражающих поверхностей со слоями, представленными в скважине (рис.10). В каждой точке отбора кернов диэлектрическая проницаемость корректируется до совпадения глубин отражающих и реальных границ, на участках между скважинами ε определяется на основе графиков изменения диэлектрической проницаемости вдоль профиля. При незначительных изменениях используется среднее значение. При достаточном количестве данных отбора кернов данная методика позволяет максимально минимизировать погрешность определения глубин границ в разрезе.

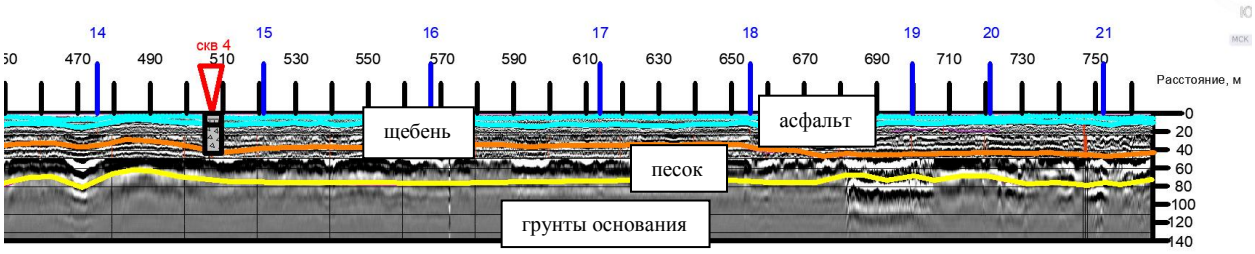


Рис. 10. Сопоставление выделенных отражающих границ с данными бурения.

В нашем случае при пересчете временного разреза в глубинный использовался третий подход. Таким образом, было подобрано среднее значение диэлектрической проницаемости для двух верхних слоев асфальтобетона равное 5-6. Для щебенисто-песчаной толщи и песка подобрано значение эпсилон равное 7. Следует заметить, что изменение глубинного положения отражающей границы при изменении диэлектрической проницаемости (в диапазоне свойств характерном для данной конструкции ε = 5,5 – 6,5) на одну единицу соответствует следующему примерному соотношению $\Delta H \approx 0{,}07H$. Таким образом, погрешности связанные с возможным неточным определением ε не превышают 7% от глубины залегания выделенной границы.

На заключительном этапе интерпретации на основе всей имеющейся информации, как априорной, так и полученной в ходе анализа георадарных данных, строится разрез конструкции по профилям наблюдения.

4 Результаты интерпретации данных георадарного обследования.

В ходе проведения интерпретации было необходимо уточнить толщины конструктивных слоев искусственного покрытия, указать участки ослабления дорожного покрытия.

На основании полученных данных отбора кернов асфальтобетонного покрытия и щебенисто-песчаной смеси была проведена привязка слоев по глубине и пересчет временного разреза в глубинный.

Дорожная конструкция 22 экспериментальных секций представлена следующими материалами:

1. Грунт земляного полотна – песчаный грунт (песок) по ГОСТ 25100-2011 с Кф ≥ 0,5 м/сут;
2. Песок Кф ≥ 2 м/сут по ГОСТ 8736-20104 (30 см);
3. Армирующая прослойка из геосинтетического материала (если применимо в соответствии с таблицей 1)
4. Щебеночно-песчаная смесь непрерывной гранулометрии при максимальном размере зерен 120 мм (С-4) по ГОСТ25607-2009 (30 см);
5. Горячий крупнозернистый асфальтобетон тип Б марки II по ГОСТ 9128-2013 на битуме БНД 60/90 по ГОСТ 22245-90 (6 см);
6. Горячий мелкозернистый асфальтобетон тип А марки I по ГОСТ 9128-2013 на битуме БНД 60/90 по ГОСТ 22245-90 (4 см).

Конструкция дорожной одежды на участках ПК 0+40 – 1+40 (100 м), а также ПК 3+60 – 7+20 содержит геосинтетический армирующий материал между слоем основания из щебеночно-песчаной смеси и дополнительным слоем основания из песка.

На поверхности асфальтобетона выделены многочисленные участки пластических деформаций. Также, практически на всем протяжении участка обследования, по краям дороги в дренажных канавах стояла вода (дождевые поверхностные воды).

Результаты интерпретации по каждому из профилей представлены в виде радарограмм с вынесенными границами слоев дорожной одежды, а также в виде таблицы толщин конструктивных слоев с шагом 1 м для всей конструкции дорожной одежды и с координатной привязкой для слоя асфальтобетона и щебеночно-песчаной смеси. Т.к. координатная привязка по GPS осуществлялась только для рупорных антенных блоков при работе с ноутбуком. Таблицы толщин с шагом 1 м представлены в Приложении Б.

Таблицы с координатной привязкой представлены в электронном виде в формате xls.

Рассмотрим по отдельности строение каждого продольного профиля (по левой и по правой полосе движения).

В верхней части разреза **по левому продольному профилю** выделен ***верхний слой асфальтобетона***. Минимальная толщина верхнего слоя составляет 1,3 см, максимальная толщина верхнего слоя составляет 8,6 см. В среднем толщина верхнего слоя составляет 3,8 см. Подошва слоя уверенно выделена как слабоамплитудная отражающая граница на радарограммах, полученных с АБ-2000Р3.

Ниже по разрезу также выделен ***второй слой асфальтобетона***. Минимальная толщина нижнего слоя составляет 5 см, максимальная толщина нижнего слоя составляет 11,7 см. В среднем толщина нижнего слоя составляет 7,9 см. Наибольшие мощности асфальтобетона (более 11 см) выделены в районе ПК 35-47, ПК 113-125, ПК 137-153, ПК 234-250, ПК 378, ПК 450-480, ПК 560-593, ПК 655-685. На указанных участках выделено волнообразное поведение нижней границы асфальтобетона. Все участки, где выделено увеличение мощности твердого покрытия, коррелируют с пластическими деформациями асфальтобетона на поверхности.

Подошва слоя асфальтобетона выделена по протяженной высокоамплитудной отраженной границе как по данным АБ-2000Р3, так и по данным АБ-1000Р3. На большей части радарограммы ниже выделены высокоамплитудные кратные переотражения от подошвы слоя асфальтобетона: ПК 147-235, ПК 380-657.

Далее по разрезу, согласно данным бурения выделен ***слой щебеночно-песчаной смеси***. Толщина слоя по данным скважины №3 равна 26 см.

На профиле, выполненном по левой полосе движения, толщина щебеночного слоя меняется от 13,2 см до 37,2 см. В среднем толщина слоя выдержана в пределах 21,6 см. Подошва слоя выделена достаточно уверенно по яркой высокоамплитудной отражающей границе только на участках ПК 35-147, ПК 235-380, ПК 657-750. На остальных участках радарограммы подошва слоя перекрывалась кратными отражениями от подошвы асфальтобетона, выделена фрагментарно по отдельным слабоамплитудным отраженным волнам. На итоговом разрезе участки слабоамплитудных отражений отмечены пунктирной линией.

Ниже по разрезу, согласно представленным данным о строении искусственного покрытия, выделен ***слой песка.*** Согласно представленным данным шурфов на ПК 6+83,7

толщина песка составляет 35 см. По георадарным данным толщина слоя меняется от 26,5 см до 56 см. В среднем толщина слоя песка составляет 38 см. Максимальные мощности насыпного слоя выделены на ПК 35-55, ПК 145-235, ПК 300-367, ПК 265-595. Подошва слоя выделена фрагментарно по низкочастотной высокоамплитудной отражающей границе на радарограмме, полученной с АБ-400М3 на ПК 35,9 – ПК 155, ПК 255-395, ПК 680-740. На остальной части профиля подошва слоя выделена фрагментарно по слабоамплитудной отраженной волне. На разрезе такая граница отмечена пунктирной линией. В районе ПК 75 выделено поднятие границы естественного основания. На участке ПК 300-365 в насыпных грунтах (песке) предположительно выделен участок повышенной влажности по характерному типу волновой картины (низкочастотный участок записи по данным АБ-400). Также предположительно участок повышенной влажности выделен в районе ПК 145-155, ПК 435-475, ПК 600-635. Возможно, повышение влажности связано с низким расположением профиля по рельефу, поступлением поверхностных дождевых вод.

В верхней части разреза **по правому продольному профилю** выделен ***верхний слой асфальтобетона***. Минимальная толщина верхнего слоя составляет 1,5 см, максимальная толщина верхнего слоя составляет 7,5 см. В среднем толщина верхнего слоя составляет 3,5 см. Подошва слоя уверенно выделена как слабоамплитудная отражающая граница на радарограммах, полученных с АБ-2000Р3.

Ниже по разрезу также выделен ***второй слой асфальтобетона***. Минимальная толщина нижнего слоя составляет 4,7 см, максимальная толщина нижнего слоя составляет 14,6 см. В среднем толщина нижнего слоя составляет 8,5 см. Наибольшие мощности асфальтобетона (более 11 см) выделены в районе ПК 30-65, ПК 396-420, ПК 442-452, ПК 462-480, ПК 520-548, ПК 556-575, ПК 580-690. На указанных участках выделено волнообразное поведение нижней границы асфальтобетона. Все участки, где выделено увеличение мощности твердого покрытия, коррелируют с пластическими деформациями асфальтобетона на поверхности.

Подошва слоя асфальтобетона выделена по протяженной высокоамплитудной отраженной границе как по данным АБ-2000Р3, так и по данным АБ-1000Р3. На большей части радарограммы ниже выделены высокоамплитудные кратные переотражения от подошвы слоя асфальтобетона: ПК 140-280, ПК 370-655.

Далее по разрезу, согласно данным бурения выделен ***слой щебеночно-песчаной смеси***. Толщина слоя по данным скважин №2 и № 4 равна 18,5 и 31,3 см соответственно.

На профиле, выполненном по правой полосе движения, толщина щебеночного слоя меняется от 17,5 см до 32,4 см. В среднем толщина слоя выдержана в пределах 23 см. Подошва слоя выделена достаточно уверенно по яркой высокоамплитудной отражающей границе только на участках ПК 35-140, ПК 270-370, ПК 655-750. На остальных участках радарограммы подошва слоя щебня перекрывалась кратными отражениями от подошвы асфальтобетона, выделена неточно по отдельным фрагментам слабоамплитудной отраженной волны. На итоговом разрезе такая граница отмечена пунктиром.

Ниже по разрезу, согласно представленным данным о строении искусственного покрытия, выделен ***слой песка.*** По представленным данным шурфов толщина песчаного слоя составляет 22 см на ПК 1+17,9 и 33 см на ПК 4+77,7. По георадарным данным толщина слоя меняется от 21,5 см до 46.5 см, что согласуется с априорными данными. В среднем толщина слоя песка составляет 34,4 см. Максимальные мощности насыпного слоя выделены на ПК 145-250, ПК 450-480, ПК 500-655. Подошва слоя выделена по низкочастотной высокоамплитудной отражающей границе на радарограмме, полученной с АБ-400М3 фрагментарно: ПК 30,4-140, ПК 260-370, ПК 655-765. На остальных участках подошва насыпных грунтов выделена пунктиром, как неявно выраженная. В районе ПК 108-125 выделено поднятие границы естественного основания. На участке ПК 330-370 в насыпных грунтах (песке) предположительно выделен участок повышенной влажности по характерному типу волновой картины (низкочастотный участок записи по данным АБ-400). Также предположительно участок повышенной влажности выделен в районе ПК 448 и ПК 470, ПК 590-600, ПК 624-636, ПК 680-705. Возможно, повышение влажности связано с низким расположением профиля по рельефу, поступлением поверхностных дождевых вод.

Выделенные участки низкочастотной високоамплитудной записи на радарограммах, которые вероятно соответствуют переувлажнениям в насыпных грунтах, вынесены в таблицу.

Таблица3. Таблица выделенных аномальных участков записи.

Направление движения	Пикеты	Глубина положения верха аномального участка, см.
Левое	145-155	65
	300-360	53
	434-475	55
	600-638	40

Право	338-368	50
	442-453	43
	466-478	50
	590-600	40
	624-636	36
	683-705	50

4 Заключение.

В июле прошли сравнительные испытания под руководством РОСДОРНИИ на участке трассы А-107 (опытный полигон ГК АВТОДОР). В сравнительных испытаниях участвовали 7 организаций: ООО «НПЦ Геотех», «Геоэксперт», Радарные и Сейсмические системы, Geoscaners AB RUSSIA, ООО «ЭКОИНСТРУМЕНТ», НПО «Терразонд» и ООО ВНИИСМИ.

В рамках проведения работы компанией ООО «НПЦ Геотех» были выполнены продольные профили с помощью георадара ОКО-3 в комплекте с рупорными антенными блоками АБ-2000Р3 и АБ-1000Р3, а также с АБ-400М3 в пешеходном режиме. Рупорные антенные блоки были закреплены на специализированную пешеходную тележку для обследования автодорожного покрытия. Привязка данных осуществлялась с помощью приемника GPS.

Выполнено 4 продольных профиля длиной около 720 метров каждый: по 2 продольных профиля по правому и левому направлению движения в прямом и обратном направлении с целью определения толщин слоев дорожной одежды, а также возможных дефектов, просадок, участков деформации покрытия. Также для увязки данных выполнено 5 поперечных профилей на участках отбора кернов.

В качестве априорной информации предоставлены проектные толщины дорожной одежды, данные бурения по твердому покрытию и щебеночно-песчаной смеси (3 скважины), а также шурфы с указанием толщин песка.

В результате построены геолого-геофизические разрезы, на которых обозначены структурные границы дорожной одежды. Уверенно выделены два верхних слоя твердого покрытия (асфальтобетон), полученные по данным высокочастотного рупорного блока АБ-2000Р3. Ниже по разрезу на участках ПК 147-235, ПК 380-657 по левой полосе движения и на участках ПК 140-270, ПК 370-655 по правой полосе движения на радарограммах выделены многочисленные кратные переотражения от подошвы асфальтобетона.

Подошвы слоев щебеночно-песчаной смеси и слоя песка достаточно уверенно выделены только на отдельных участках: преимущественно в начале, середине и в конце профиля. На остальной части профиля отраженные границы от подошвы слоев щебеночно-песчаной смеси и песка выделены по отдельным слабоамплитудным фрагментам. В таблице эти участки отмечены желтым цветом. На итоговом разрезе

участки неуверенно выделенной границы выделены пунктиром.

На участках имеющихся скважин толщины верхних слоев асфальтобетона, щебеночно-песчаной смеси, а также по слою песка согласуются с данными бурения и имеющихся шурфов.

Глубина исследования составила около 1 м.

Толщины слоев асфальтобетона и насыпных слоев приведены в таблицах мощностей по каждому направлению движения отдельно.

По результатам георадарного обследования можно сделать следующие выводы: в целом, строение твердого искусственного покрытия участка автодороги соответствует заявленному и согласуется с представленными априорными данными.

Верхний слой асфальтобетона относительно маломощный и в среднем толщина слоя составляет 4-5 см. Нижний слой асфальтобетона в среднем выдержан в пределах 10-13 см. Подошва асфальтобетона отчетливо выделяются на радарограммах, имеет волнообразный характер. Увеличенные мощности верхнего твердого покрытия коррелируют с участками пластических деформаций на поверхности. На большей части профиля подошва асфальтобетона дает кратные переотражения достаточно высокой интенсивности.

Слой щебеночно-песчаной смеси относительно выдержан вдоль по профилю, мощность составляет 23-27 см.

Слой песка выделен преимущественно по данным АБ-400М3. Толщина слоя в среднем составляет 30-35 см.

Грунты основания представлены суглинистыми грунтами. На радарограмме выделено значительно затухание электромагнитного сигнала.

В насыпных грунтах выделены участки с аномальным типом записи волновой картины (преобладает низкочастотный состав записи, наличие переотражений сигнала), которые могут соответствовать участкам повышенной влажности: по левому профилю ПК 145-155, ПК 300-365, ПК 435-475, ПК 600-635; по правому профилю ПК 330-370, ПК 442-453, ПК 466-478, ПК 590-600, ПК 624-636, ПК 680-705.

Возможно, участки повышенной влажности связаны с понижением рельефа продольного профиля, поступлением поверхностных дождевых стоков.

Локальных объектов (коммуникации, валуны и пр.) на разрезах по георадарным данным не выделено.

ПРИЛОЖЕНИЕ А ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Таблица 1. Толщины слоев дорожной одежды **по левому направлению** движения от ПК 0+35,9 до ПК 7+43,5.

* Желтым цветом выделены толщины слоев, выделенные неуверенно (по слабоамплитудным отражениям)

Пикеты м	толщина верхнего слоя асфальта, см	толщина нижнего слоя асфальта, см	толщина щебеночно-песчаной смеси, см	толщина песка, см
35	5,9	10,7	30,2	36,5
36	4,6	10	30,2	37,6
37	3,5	8,8	30,2	37,6
38	3	7,8	30,8	37,6
39	3	6,9	31,3	37,6
40	3	6,6	31,8	36,5
41	3	6,9	31,8	35,9
42	3	7,8	32,4	34,8
43	3,3	9,3	31,8	33,7
44	3,8	10,5	31,8	33,2
45	4,6	10,7	32,4	33,2
46	5,4	7,8	32,4	33,7
47	5,4	5,7	32,4	34,3
48	4,6	6,9	31,8	33,2
49	3,5	8,1	31,8	33,2
50	3	7,4	31,3	33,7
51	3	6,4	30,8	37
52	3,5	6,4	30,8	40,4
53	4,3	7,8	30,8	43,1
54	4,9	7,4	30,2	44,2
55	4,9	8,8	30,2	42,6
56	4,6	9	30,8	39,8
57	4,3	5,9	31,3	39,3
58	4,1	5,7	32,4	39,8
59	3,8	6,6	32,4	41,5
60	3,5	6,9	32,4	43,1
61	3,3	6,6	31,8	44,2
62	3,3	6,2	31,8	44,2
63	3,3	5,9	31,8	44,2
64	3	6,4	32,4	43,7
65	3	6,6	32,4	43,1
66	3	7,1	32,4	42,6
67	3	7,4	32,4	42,6
68	3	6,6	32,4	42
69	3	6,6	31,3	41,5
70	3	7,4	30,2	41,5
71	3	6,9	29,7	40,9
72	3	5,9	28,1	40,9
73	3	7,4	27,1	40,4
74	3	8,8	26	39,8
75	3	9,5	24,9	39,3
76	3	9,8	24,4	39,3
77	3	10	24,4	39,3

78	3	10	25,5	39,8
79	3,3	9,5	26,5	40,9
80	3,5	8,8	27,6	41,5
81	4,1	7,8	29,2	42,6
82	4,1	7,6	30,8	43,1
83	4,1	7,4	31,3	44,2
84	3,5	7,8	31,8	44,2
85	3	8,3	32,4	44,2
86	3	8,3	32,9	44,2
87	3,3	7,8	33,4	45,4
88	3,3	7,8	33,4	45,4
89	3,8	7,4	31,8	44,8
90	3,8	7,4	31,3	43,1
91	4,1	7,1	30,8	41,5
92	4,1	7,4	30,8	38,7
93	4,1	7,6	30,8	35,9
94	4,1	7,8	29,7	32,6
95	4,1	8,3	28,7	30,4
96	4,1	8,8	28,7	29,8
97	4,1	9	27,6	29,8
98	4,1	9,5	27,6	30,4
99	3,8	9,5	27,1	31,5
100	3,5	9,3	27,6	32,1
101	3,5	8,8	28,1	32,1
102	3,8	8,3	28,7	31,5
103	3,8	8,1	29,2	32,6
104	4,1	7,1	29,2	34,8
105	4,1	5,9	29,7	37
106	4,1	5,7	29,7	38,2
107	4,1	6,6	29,2	37,6
108	4,1	7,6	30,2	35,4
109	4,1	8,1	30,2	33,7
110	4,1	7,8	30,2	31,5
111	4,3	6,6	30,8	30,4
112	4,6	5,7	31,8	29,3
113	4,9	5,5	32,4	29,3
114	4,9	6,4	32,9	29,3
115	4,1	8,1	32,9	29,3
116	3,3	9,8	32,9	29,8
117	2,7	10,2	32,9	29,8
118	3	9	34	29,8
119	3,5	8,8	35,6	31
120	4,3	9	36,1	32,1
121	4,6	8,8	37,2	34,3
122	4,1	7,8	37,7	35,9
123	3,3	7,6	36,6	37,6
124	3,3	8,6	36,1	38,2
125	3,8	8,8	35	37
126	4,3	7,1	32,9	34,3
127	4,3	5	31,3	35,4

128	4,1	5,9	30,2	37,6
129	3,8	7,6	28,1	38,2
130	3,5	7,4	28,1	38,2
131	3,3	8,3	27,6	38,7
132	3,5	7,6	27,6	38,7
133	3,3	6,6	27,1	39,8
134	3,3	6,2	26,5	40,9
135	3,3	6,4	26,5	40,4
136	3,3	6,6	26	40,4
137	3,3	7,6	26	40,4
138	3,5	7,8	25,5	40,4
139	3,8	8,1	26	41,5
140	4,1	8,3	26	42
141	4,3	8,6	27,1	42,6
142	4,9	8,3	27,1	43,1
143	5,4	7,6	28,1	43,7
144	5,4	6,9	28,7	43,7
145	5,1	7,6	28,7	43,1
146	4,6	8,3	27,6	44,2
147	4,1	8,6	24,9	45,9
148	4,1	8,6	22,8	49,2
149	4,1	8,8	20,7	52
150	3,5	9,3	20,1	54,8
151	3,5	8,8	19,6	55,9
152	3,5	8,1	19,1	55,9
153	3,5	7,6	18,6	55,9
154	3,5	7,1	18,6	55,3
155	3,5	6,4	18	55,3
156	3,8	5,9	18,6	55,9
157	3,8	5,9	18,6	56,4
158	3,8	6,2	18,6	55,3
159	4,1	5,7	19,1	54,2
160	4,1	5,7	19,6	51,4
161	4,1	6,4	20,1	48,7
162	4,1	6,6	20,1	46,5
163	4,1	6,6	20,7	44,2
164	3,8	8,6	20,1	42
165	3,5	9,5	20,1	40,9
166	3,3	9	20,7	40,4
167	3,3	8,3	20,1	40,4
168	3	8,6	20,7	40,4
169	3	8,6	20,7	39,8
170	3	8,6	20,7	39,8
171	3,5	7,6	20,1	39,3
172	3,8	7,6	20,1	38,7
173	3,8	7,8	20,1	38,7
174	3,5	7,6	19,1	37,6
175	3,3	7,4	19,1	37,6
176	3	6,9	19,1	36,5
177	2,7	6,4	18,6	36,5

178	2,7	6,2	18	35,9
179	2,7	6,2	18	35,9
180	3	5,7	18	35,9
181	3	5,5	18	35,9
182	3	5,7	18	35,9
183	3	5,9	18	35,9
184	3	6,6	18	34,8
185	3	6,9	18,6	34,8
186	3	6,9	18,6	34,8
187	3	7,1	19,1	34,3
188	3,3	7,4	19,6	33,7
189	3,3	8,1	19,1	33,2
190	3,8	7,8	19,6	32,1
191	3,8	8,1	19,1	31,5
192	3,5	8,1	19,1	31
193	3,3	7,6	19,1	30,4
194	3,3	6,9	19,6	31
195	3,3	7,1	19,6	31
196	3,5	8,1	19,6	31,5
197	3,3	8,8	19,1	32,6
198	3,3	8,1	19,1	33,7
199	3	7,8	19,1	35,4
200	3	7,6	19,6	36,5
201	3	7,8	19,6	37,6
202	3,3	7,8	19,6	38,2
203	3,5	7,8	19,6	38,7
204	3,5	8,1	19,6	39,3
205	3,8	7,8	19,1	38,7
206	3,8	7,6	19,1	38,7
207	3,8	7,4	19,1	37,6
208	3,8	7,6	19,1	37
209	3,8	7,8	19,1	35,9
210	3,5	7,8	19,1	35,4
211	3,5	7,6	19,1	34,3
212	3,3	7,4	19,1	33,7
213	3	7,4	18,6	33,2
214	3	7,4	18,6	32,6
215	2,7	7,6	19,1	32,6
216	2,7	7,4	18,6	32,1
217	3	6,9	19,1	32,6
218	3,3	6,6	18,6	32,6
219	3,3	6,4	18,6	32,1
220	3,3	6,2	18	32,1
221	3,3	6,2	18	32,6
222	3,3	6,2	18	32,6
223	3,3	6,4	18	32,6
224	3,3	6,6	18	32,6
225	3,3	6,9	18	32,6
226	3,5	6,6	18,6	32,6
227	3,3	7,1	18,6	32,6

228	3,3	7,1	18,6	32,6
229	3,5	6,4	18	32,6
230	3,5	6,4	18	32,1
231	3,8	6,2	18	32,1
232	3,8	6,2	18,6	32,1
233	3,8	6,6	19,1	31,5
234	3,8	7,1	19,1	31
235	3,8	7,8	19,1	31,5
236	4,6	8,3	18,6	31
237	5,1	8,8	18,6	30,4
238	5,4	9,3	19,1	29,8
239	5,1	9,8	19,6	29,8
240	4,9	9,3	20,1	29,8
241	4,9	8,6	20,1	29,3
242	4,6	8,8	20,7	29,3
243	4,6	10,2	19,6	28,7
244	4,6	11,4	17,5	29,3
245	4,6	11,7	17	29,3
246	4,6	11	16,4	29,3
247	4,3	10	17	29,8
248	3,8	9,3	17,5	31
249	3,5	8,6	17	31,5
250	3,8	7,8	17	31,5
251	4,1	7,4	16,4	31,5
252	3,5	7,1	17	31
253	3,3	6,4	18	31
254	3	7,1	19,1	31
255	3	6,6	19,1	30,4
256	3,3	5,2	19,1	29,8
257	3,3	5,5	18,6	29,3
258	3,8	5,5	18	28,7
259	4,3	5,5	17,5	28,2
260	4,6	5,5	17,5	28,2
261	4,9	5,2	17	27,6
262	4,6	5,9	17	27,6
263	4,3	6,6	17,5	27,6
264	4,1	7,6	17,5	28,2
265	4,1	8,3	17,5	28,2
266	4,1	8,8	17	29,3
267	4,3	8,3	17,5	29,8
268	4,3	7,8	18	31
269	4,3	6,9	18	32,6
270	4,3	6,6	18	33,7
271	4,3	6,6	18,6	34,8
272	4,1	7,4	18,6	34,8
273	4,1	7,4	19,1	35,4
274	4,1	7,6	18,6	35,4
275	4,1	7,6	18,6	36,5
276	4,3	7,4	18,6	35,9
277	4,3	7,4	18,6	35,9

278	4,6	7,1	18	35,4
279	4,6	6,9	17,5	34,8
280	4,6	6,6	16,4	34,3
281	4,6	6,9	15,4	34,3
282	4,6	7,1	14,8	33,7
283	4,3	7,6	13,8	33,7
284	3,8	8,6	13,2	32,6
285	3,5	8,8	12,7	31,5
286	3,3	9	13,2	31
287	3,3	8,1	13,2	30,4
288	3,3	6,6	13,2	29,3
289	4,3	5,5	13,2	29,3
290	5,1	5,9	13,8	28,7
291	5,4	6,4	14,3	29,3
292	4,9	7,4	13,8	29,8
293	4,1	8,1	14,3	31
294	3,5	8,3	14,3	31,5
295	3,5	8,1	14,8	31,5
296	3,8	7,6	14,3	30,4
297	4,1	7,4	13,8	28,7
298	4,3	7,4	12,7	27,6
299	4,6	7,4	13,2	28,2
300	4,6	7,6	14,8	30,4
301	4,6	8,1	16,4	31,5
302	4,6	8,6	17	33,2
303	4,6	8,8	17,5	34,3
304	4,6	8,6	18	35,4
305	4,3	8,6	17,5	35,4
306	4,3	8,3	17,5	35,4
307	4,3	8,1	19,1	34,3
308	4,6	7,6	21,2	33,2
309	4,6	7,6	22,3	32,6
310	4,9	7,1	22,8	33,2
311	4,9	7,1	21,2	34,8
312	4,6	7,6	19,1	37
313	4,3	7,8	18,6	37
314	4,1	8,1	19,1	37
315	4,1	8,1	20,7	36,5
316	4,3	8,1	21,7	36,5
317	4,6	7,8	22,3	36,5
318	4,6	7,8	22,8	35,9
319	4,9	7,8	22,3	35,4
320	5,1	7,6	20,1	34,3
321	5,4	7,6	18,6	33,2
322	5,4	7,6	18	32,6
323	5,4	7,6	19,1	32,1
324	5,1	7,6	20,1	33,2
325	4,6	7,6	20,7	33,7
326	4,1	7,6	20,7	34,8
327	3,8	7,4	20,7	34,8

328	3,8	7,1	21,2	34,3
329	4,1	6,9	19,6	34,3
330	4,3	6,9	17,5	33,7
331	4,6	6,9	16,4	33,7
332	4,6	7,4	17	33,2
333	4,6	7,8	18	32,6
334	4,3	8,3	18,6	33,2
335	4,3	8,3	18,6	34,8
336	4,3	8,3	19,6	35,9
337	4,6	7,8	19,6	36,5
338	4,9	7,6	19,1	35,9
339	4,9	7,6	18,6	34,8
340	4,9	7,6	19,1	34,3
341	4,6	8,1	20,1	33,2
342	4,3	8,3	20,1	32,6
343	4,3	8,3	20,7	32,6
344	4,6	8,1	19,6	32,6
345	4,9	7,8	19,1	33,7
346	4,9	7,8	19,1	33,7
347	4,9	8,1	19,6	34,3
348	4,9	8,1	20,1	34,8
349	4,6	8,3	20,7	34,8
350	4,3	8,6	20,7	35,4
351	4,1	8,6	20,7	35,9
352	3,8	8,6	20,7	35,4
353	3,5	8,6	21,7	35,4
354	3,5	8,3	22,3	35,4
355	3,8	8,1	23,3	35,4
356	4,3	7,8	23,3	35,4
357	4,6	7,6	23,9	35,9
358	5,1	7,1	23,3	35,9
359	5,4	6,9	22,8	35,9
360	5,4	6,6	21,7	34,8
361	5,1	6,6	20,7	34,3
362	4,6	7,1	20,1	34,8
363	4,3	7,4	19,6	35,9
364	3,8	7,6	20,1	37
365	3,5	8,1	20,1	38,2
366	3,5	8,1	19,6	37
367	3,5	8,1	19,1	35,9
368	3,5	7,8	18	34,8
369	3,5	7,6	18	34,3
370	3,5	7,4	17,5	33,7
371	3,8	6,9	17	34,8
372	4,1	6,6	17	34,8
373	4,1	6,9	17,5	35,4
374	4,1	7,1	18,6	35,4
375	4,1	7,4	19,1	35,9
376	4,6	7,1	19,1	37
377	4,9	7,1	18	38,2

378	5,1	7,4	17	38,7
379	5,1	8,1	17,5	38,7
380	4,9	8,6	18	37,6
381	4,6	7,8	18	39,3
382	4,3	6,9	17	40,9
383	4,1	6,2	17,5	42
384	3,8	5,9	17,5	42
385	3,8	5,9	17,5	42
386	3,5	6,4	17,5	41,5
387	3,5	6,9	17	40,9
388	3,5	7,4	16,4	40,9
389	3,5	7,6	16,4	40,9
390	3,5	7,6	16,4	40,9
391	3,5	7,6	17,5	40,9
392	3,5	7,6	17,5	41,5
393	3,3	8,1	17,5	42
394	3,3	8,3	17	41,5
395	3,3	8,6	16,4	41,5
396	3,3	8,8	17	42
397	3,3	8,8	18	42
398	3,5	8,8	18,6	42
399	4,1	8,6	18,6	43,1
400	4,6	8,3	18,6	43,1
401	4,6	8,6	18,6	42
402	4,6	8,6	18,6	40,9
403	4,6	8,8	18,6	40,9
404	4,6	9	18,6	40,9
405	4,6	8,6	18,6	42
406	4,6	7,1	18,6	43,1
407	4,6	8,1	18,6	44,2
408	4,6	7,8	19,1	43,7
409	4,9	7,6	18,6	43,1
410	4,9	7,8	18,6	42,6
411	4,9	7,8	18	42
412	4,9	8,1	18	42
413	4,9	8,8	18	41,5
414	4,6	9,3	17,5	42
415	4,3	9	18	43,7
416	4,3	8,3	17,5	44,8
417	4,3	7,6	18	44,8
418	4,3	7,6	18	43,7
419	4,9	6,9	19,1	43,7
420	5,1	6,6	19,6	46,5
421	5,4	6,6	18,6	49,2
422	5,1	6,9	16,4	49,2
423	4,6	7,6	15,9	45,9
424	3,8	8,6	20,7	41,5
425	3,3	9	23,3	38,2
426	3,3	8,3	27,1	36,5
427	3,5	7,8	27,1	37

428	3,8	7,1	26,5	40,4
429	4,3	5,2	24,4	42
430	4,3	4,7	23,3	43,1
431	4,3	5	24,4	43,7
432	4,1	5,9	24,4	44,2
433	4,1	7,1	23,9	44,8
434	4,1	7,4	23,3	45,4
435	4,3	7,4	22,8	44,2
436	4,6	7,8	21,7	43,1
437	4,6	7,6	20,1	44,8
438	4,3	6,6	19,6	47
439	4,1	5,7	20,1	48,1
440	3,8	5,5	19,6	48,1
441	3,5	5,9	20,1	45,9
442	3,5	6,4	19,6	44,2
443	3,8	6,6	19,6	42,6
444	4,1	7,1	19,6	42
445	4,3	7,6	20,1	41,5
446	4,6	7,6	20,1	42
447	4,6	7,4	20,1	42,6
448	4,6	7,1	20,7	43,7
449	4,3	7,1	20,7	44,2
450	4,1	7,6	20,1	44,8
451	4,1	8,3	19,6	45,4
452	4,1	8,8	19,1	45,9
453	4,3	9,3	19,1	45,9
454	4,6	9,3	19,1	47
455	4,6	9	19,6	47
456	4,6	8,8	19,6	45,9
457	4,3	8,6	20,1	45,9
458	4,3	8,3	19,6	45,4
459	4,3	8,3	19,6	43,7
460	4,3	8,1	19,6	43,1
461	4,6	7,8	19,6	43,1
462	4,9	7,6	20,1	43,7
463	5,1	7,4	20,1	44,2
464	5,4	7,4	20,1	44,2
465	5,4	7,6	20,1	43,7
466	5,1	7,8	20,1	43,7
467	4,9	8,6	20,7	43,7
468	4,6	9	20,1	45,4
469	4,6	9,5	20,1	46,5
470	4,6	10	20,1	47,6
471	4,9	10	19,6	48,1
472	5,1	10,2	19,6	47,6
473	5,1	10	19,1	47,6
474	5,1	9,5	19,1	46,5
475	4,9	8,8	18,6	45,4
476	4,6	8,1	19,1	45,4
477	4,1	7,8	18,6	44,8

478	3,8	7,6	19,1	44,2
479	3,5	7,8	18,6	43,1
480	3,3	7,6	18	42
481	3,3	6,9	18,6	40,9
482	3	6,4	18,6	39,8
483	3	7,1	18,6	39,3
484	3,3	7,4	19,1	39,8
485	3,3	6,6	19,6	39,8
486	3,3	5,9	20,1	40,9
487	3,5	5,9	20,7	40,4
488	3,8	6,6	20,7	39,3
489	3,8	7,8	20,7	38,2
490	3,8	9,3	20,7	37
491	3,8	9,5	20,1	35,4
492	3,8	8,1	19,6	35,9
493	3,8	8,6	20,1	37
494	3,8	9,3	20,1	37,6
495	3,5	8,6	20,7	38,2
496	3,5	8,1	20,7	38,2
497	3,5	8,6	20,1	38,2
498	3,5	8,8	20,1	38,7
499	3,5	8,8	19,6	38,7
500	3,5	8,3	19,6	38,7
501	3,5	7,8	20,1	39,3
502	3,8	6,9	20,1	39,3
503	3,8	6,6	20,1	39,3
504	4,1	6,2	20,1	39,3
505	4,1	6,2	19,6	38,7
506	4,3	6,4	19,6	39,3
507	4,6	6,9	19,6	39,3
508	4,6	7,4	19,6	38,7
509	4,9	7,4	19,6	38,2
510	4,9	7,1	19,6	37,6
511	5,1	6,6	20,1	37
512	5,1	7,4	19,6	37
513	5,1	8,1	19,1	37
514	4,9	8,3	18,6	37
515	4,3	9,3	18,6	37
516	4,1	9,8	19,6	37
517	3,8	9,3	19,6	35,9
518	4,1	8,3	20,1	35,9
519	4,6	7,8	19,6	35,9
520	4,9	8,1	19,6	35,4
521	4,9	8,3	19,6	35,4
522	4,9	8,6	19,6	34,8
523	4,6	8,8	19,6	34,3
524	4,6	8,6	20,1	34,3
525	4,3	8,6	19,6	34,8
526	4,1	8,3	20,1	35,4
527	3,8	8,1	20,1	36,5

528	3,8	7,4	20,1	37
529	3,8	7,1	20,1	37,6
530	3,8	8,3	19,1	37
531	3,8	8,8	19,1	37
532	4,1	8,3	19,1	36,5
533	4,1	9	19,6	37
534	4,3	8,6	20,1	37
535	4,3	7,6	20,7	37
536	4,3	7,1	19,6	37,6
537	4,1	7,4	19,6	37,6
538	3,8	7,6	19,1	38,2
539	3,5	8,1	19,1	38,2
540	3,3	8,3	19,1	38,2
541	2,7	8,8	19,6	38,2
542	2,5	8,8	19,6	38,2
543	2,5	8,8	19,6	38,2
544	2,2	8,8	19,6	38,2
545	2,5	8,6	19,1	38,7
546	2,5	8,3	19,1	39,3
547	2,5	8,1	19,6	39,3
548	2,5	7,8	19,6	38,7
549	2,5	8,1	19,1	38,2
550	2,5	8,8	19,1	37,6
551	2,7	8,8	19,6	37,6
552	2,7	8,1	19,1	37
553	2,7	7,1	19,6	37,6
554	2,7	6,6	19,6	38,2
555	3	6,4	19,6	38,2
556	3,3	6,6	19,6	38,7
557	3,3	7,4	20,1	38,2
558	3,3	8,3	20,1	37
559	3,5	8,8	19,6	35,9
560	3,8	9,3	19,6	34,8
561	3,8	9,8	19,6	33,7
562	4,1	10	20,1	33,2
563	4,1	9,8	20,7	33,2
564	4,1	8,8	21,2	33,7
565	4,1	8,1	20,7	35,4
566	4,1	8,3	19,6	37
567	4,1	8,8	19,1	37
568	4,1	10	18,6	37
569	3,8	11	18	37
570	3,8	11,2	18	36,5
571	3,8	9,8	18,6	37,6
572	3,5	8,8	19,6	40,4
573	3,5	9	20,1	42,6
574	3,3	9,5	20,1	43,7
575	3,3	9	19,6	43,7
576	3,3	9,3	19,1	43,1
577	3,3	10	19,1	41,5

578	3,3	10,7	18,6	40,4
579	3,3	11	19,1	39,8
580	3,5	10,5	19,1	40,4
581	3,5	10,2	19,6	41,5
582	3,8	9,5	20,1	41,5
583	3,8	9	20,1	42
584	4,1	8,6	20,7	42
585	4,1	8,3	20,1	42
586	4,3	8,1	20,1	42
587	4,3	8,1	19,6	42,6
588	4,3	8,3	19,6	43,1
589	4,3	8,1	19,1	42,6
590	4,3	8,1	18,6	42,6
591	4,1	8,3	18,6	43,1
592	3,8	8,6	19,1	43,1
593	3,8	8,8	19,1	43,1
594	3,5	9,3	19,1	43,1
595	3,3	9,8	19,6	42
596	3,3	10,5	20,1	42
597	3,3	9,3	20,1	42
598	3,3	7,6	20,1	42
599	3,3	6,4	19,6	42,6
600	3,3	6,2	18,6	42
601	3,5	6,4	17,5	41,5
602	3,5	6,6	17	40,4
603	3,8	6,4	16,4	39,8
604	3,8	6,6	17,5	39,8
605	4,1	7,1	18	39,3
606	4,1	7,8	18	38,7
607	4,1	8,3	19,1	39,8
608	4,1	8,6	19,6	40,4
609	3,8	8,8	19,6	41,5
610	3,8	8,8	19,6	43,1
611	3,8	8,8	19,6	43,7
612	3,5	8,8	19,1	45,4
613	3,5	8,8	19,1	45,9
614	3,5	8,8	18,6	46,5
615	3,5	8,8	19,1	47
616	3,3	8,8	18,6	47,6
617	3,5	8,6	18,6	47,6
618	3,5	8,3	19,1	48,1
619	3,5	8,1	19,1	48,1
620	3,8	7,8	19,6	47,6
621	4,1	7,6	19,6	47,6
622	4,3	7,6	20,1	47,6
623	4,6	7,6	19,6	47
624	4,6	7,6	19,6	47
625	4,6	7,6	19,6	47
626	4,6	7,6	19,6	46,5
627	4,3	7,6	19,6	46,5

628	4,1	7,6	19,6	46,5
629	3,8	7,8	19,1	47
630	3,3	8,1	18,6	46,5
631	3	8,3	18,6	46,5
632	2,7	8,3	18,6	47
633	2,5	8,6	18,6	47
634	2,2	8,8	18,6	47
635	2,5	8,6	18	47,6
636	2,7	8,6	18	47
637	3,3	8,1	18	47
638	3,8	7,6	18,6	47
639	4,1	7,4	18,6	47
640	4,1	7,4	18,6	47
641	3,5	7,6	19,1	47
642	3,3	8,1	19,1	46,5
643	3	8,1	19,1	45,9
644	3	8,1	19,1	46,5
645	3,3	7,8	19,1	46,5
646	3,3	7,8	19,1	46,5
647	3,5	7,6	19,6	46,5
648	3,8	7,6	19,1	47
649	3,8	7,8	19,6	47
650	3,5	8,3	19,6	47,6
651	3,3	7,8	20,1	47,6
652	3	7,4	19,6	47,6
653	3,3	7,4	20,1	47,6
654	3,5	7,8	19,6	47
655	4,1	8,6	19,6	45,9
656	4,6	9	19,6	44,2
657	4,6	9,5	19,6	42
658	4,9	9	19,6	41,5
659	5,7	8,3	20,1	41,5
660	6,2	7,6	20,1	42,6
661	5,9	8,1	19,6	43,1
662	5,1	8,8	19,6	44,2
663	4,3	9,8	19,1	44,8
664	3,8	9,8	19,6	45,4
665	3,8	9,3	19,6	45,4
666	4,1	9	19,6	44,2
667	4,3	9	19,6	43,1
668	4,6	9,5	20,1	43,1
669	4,6	10	19,6	43,1
670	4,1	11	19,6	43,7
671	3,5	11	19,6	43,7
672	3,8	9,3	19,6	42,6
673	4,1	8,6	21,2	40,9
674	4,3	8,8	22,3	39,8
675	4,3	9,5	22,8	39,3
676	5,9	8,8	22,3	38,2
677	8	7,6	21,2	37,6

678	8,6	7,8	20,7	37
679	7	9,5	19,6	37
680	7,8	8,1	19,6	36,5
681	6,5	7,6	19,6	38,2
682	3,8	7,8	20,1	39,3
683	4,1	6,6	19,6	39,8
684	3,3	7,4	19,6	39,8
685	2,2	8,8	19,1	37,6
686	2,5	8,6	19,1	35,9
687	3	7,6	19,6	34,8
688	2,7	6,9	19,6	34,3
689	2,2	7,4	19,6	34,3
690	1,3	8,6	19,1	33,7
691	1	9,8	19,6	33,7
692	1	10,5	20,1	33,2
693	1,3	10,7	20,7	33,2
694	1,6	10,2	21,2	32,6
695	2,2	9,3	22,8	33,2
696	2,5	8,3	24,9	33,2
697	2,7	7,6	25,5	33,2
698	2,7	7,1	26	34,8
699	3	6,6	24,9	34,8
700	3	6,4	24,9	34,8
701	3	6,4	24,9	35,4
702	2,7	6,6	24,9	35,4
703	2,7	6,6	24,9	35,9
704	2,7	6,9	24,9	36,5
705	2,5	7,1	25,5	37
706	2,5	7,4	25,5	38,2
707	2,5	7,6	26	39,3
708	2,5	7,8	26	39,8
709	2,5	7,8	25,5	40,4
710	2,5	8,1	25,5	39,3
711	2,7	8,1	25,5	38,7
712	3	8,1	25,5	37,6
713	3	8,3	25,5	36,5
714	3,3	8,3	24,9	35,9
715	3,3	8,8	24,4	34,8
716	3,3	9,3	24,9	34,8
717	3,3	9,8	25,5	35,4
718	3,5	9,8	26	35,9
719	3,5	9,8	26,5	35,9
720	3,5	8,8	28,1	35,9
721	3,8	7,1	27,6	35,9
722	3,8	6,6	28,7	35,9
723	3,8	6,9	28,7	35,9
724	3,5	7,4	28,7	34,8
725	2,7	8,3	29,2	34,3
726	2,2	8,1	29,7	33,7
727	4,6	5,5	29,7	32,6

728	4,9	5,5	29,7	32,1
729	3,5	6,4	29,2	31,5
730	2,7	9	29,7	32,1
731	2,2	9,5	29,7	32,6
732	1,6	10	30,2	33,2
733	1,6	10,7	29,7	33,2
734	1,6	10,7	29,2	33,2
735	1,9	9,5	29,2	32,6
736	1,9	8,6	28,7	32,1
737	2,2	7,6	29,2	31,5
738	2,2	7,4	29,7	30,4
739	2,2	7,6	31,3	29,8
740	2,2	8,6	31,3	28,7
741	2,2	9,8	31,3	27,6
742	2,7	10	30,8	27,1
743	3,3	9	31,3	26,5
744	3,5	7,8	31,3	26,5
745	3,5	6,9	31,3	26,5
746	3,5	6,4	31,3	26
747	3,5	6,2	30,8	26

Таблица 2. Толщины слоев дорожной одежды **по правому направлению** движения от ПК 0+30,4 до ПК 7+47,8.

* Желтым цветом выделены толщины слоев, выделенные неуверенно (по слабоамплитудным отражениям)

Пикеты, м	Толщина верхнего слоя асфальта, см	толщина нижнего слоя асфальта, см	толщина щебено-песчаной смеси, см	толщина песка, см
30	3,7	15,9	22,8	21
31	4	14,6	24,9	21,5
32	4	13,3	26,5	21,5
33	4	12,3	28,1	21,5
34	4	11,7	29,2	21,5
35	4	12	29,7	21,5
36	3,7	12,8	29,7	21,5
37	3,7	13,3	30,2	21,5
38	3,4	13,6	30,2	22,1
39	3,4	13,3	30,8	22,1
40	3,1	13,3	31,3	22,1
41	3,1	12,8	31,3	22,1
42	2,8	12,8	30,8	22,7
43	2,8	13,3	30,8	22,7
44	2,5	13,8	30,8	22,7
45	2,5	14,1	30,2	22,7
46	2,5	14,1	29,7	22,7
47	2,5	13,6	29,7	22,7
48	2,2	13,3	29,2	23,2
49	2,2	12,8	29,2	23,2
50	1,9	12,8	29,2	23,2
51	1,9	13,3	29,2	23,2
52	2,2	13,8	28,7	23,2
53	2,2	14,4	28,7	23,2
54	2,2	14,1	28,1	23,2

55	2,2	13,6	28,1	23,2
56	2,2	12,8	27,6	23,2
57	2,5	12,3	27,6	23,8
58	2,5	12,8	27,6	23,8
59	2,5	13,8	27,6	23,8
60	2,5	14,6	27,6	23,8
61	2,5	14,4	28,1	23,8
62	2,5	13,3	28,7	23,8
63	2,8	11,7	29,7	24,3
64	2,8	10,2	30,2	24,3
65	2,8	9,1	30,8	24,3
66	2,8	8,3	30,8	24,3
67	3,1	7,5	30,8	24,3
68	3,1	7,3	30,8	24,3
69	3,1	7,3	30,2	24,3
70	3,1	7,3	30,2	24,3
71	3,4	6,8	29,7	24,3
72	3,4	6,5	29,7	24,3
73	3,7	6	29,2	24,3
74	3,4	6	29,7	24,3
75	3,4	5,7	30,2	24,9
76	3,1	6	29,7	24,9
77	3,1	6,5	29,7	24,9
78	2,8	7,3	29,7	24,9
79	2,8	8,3	29,7	24,9
80	2,5	9,6	29,2	24,9
81	2,5	10,7	29,2	24,9
82	2,5	11,7	29,2	24,9
83	2,5	12	29,2	24,9
84	2,5	12	29,2	25,4
85	2,5	11,7	29,7	25,4
86	2,5	11,2	29,7	25,4
87	2,5	10,4	29,7	25,4
88	2,5	9,6	29,7	25,4
89	2,5	8,9	29,7	25,4
90	2,5	8,1	30,2	25,4
91	2,5	7,5	29,7	25,4
92	2,5	7,3	29,7	25,4
93	2,5	7	30,2	25,4
94	2,5	7	30,8	26
95	2,5	7,3	30,8	26
96	2,5	7,5	30,8	26
97	2,5	8,1	30,2	26
98	2,2	8,9	30,2	26
99	2,2	9,1	29,2	26
100	2,2	9,6	28,7	26
101	2,2	9,9	27,6	26
102	2,2	9,9	27,1	26
103	2,2	9,9	26,5	26
104	2,2	9,6	26	26

105	2,2	9,1	26	26
106	2,2	8,3	25,5	26
107	2,2	7,8	26	26
108	2,2	7,3	27,1	26,5
109	2,2	6,8	27,6	26,5
110	2,2	6,5	28,1	26,5
111	2,2	6,5	29,2	26,5
112	2,2	6,5	29,7	26,5
113	2,2	6,5	30,8	26,5
114	2,2	6,5	31,3	26,5
115	2,2	6,8	31,8	26,5
116	2,2	6,8	32,4	26,5
117	2,5	6,5	31,8	26,5
118	2,5	6,2	32,4	26,5
119	2,5	6	31,8	26,5
120	2,5	5,2	31,3	26,5
121	2,5	4,4	31,8	26,5
122	2,5	4,4	32,4	26,5
123	2,5	4,9	31,8	26,5
124	2,5	5,5	31,8	26,5
125	2,5	5,2	30,8	27,1
126	2,8	5,7	31,3	27,1
127	2,8	6,5	30,2	27,1
128	2,8	7,3	30,2	27,1
129	2,8	7,8	29,2	27,1
130	2,8	7,8	28,7	27,1
131	3,1	7,5	28,1	27,1
132	3,1	8,1	27,1	27,1
133	3,1	8,3	26,5	27,1
134	3,1	8,6	25,5	27,1
135	3,1	8,3	26	27,1
136	3,1	7,8	26,5	27,1
137	3,4	7	27,1	27,6
138	3,4	6	28,1	27,6
139	3,4	5,5	22,11	27,6
140	3,4	5,2	18	27,6
141	3,4	5,2	18,6	27,6
142	3,4	5,2	19,1	27,6
143	3,7	5,2	19,6	27,6
144	3,7	5,7	19,6	27,6
145	3,7	6	19,6	27,6
146	3,7	7	18,6	27,6
147	3,7	8,3	18,6	27,6
148	3,7	9,1	17,5	27,6
149	3,7	9,6	18	28,2
150	3,7	9,6	17,5	28,2
151	3,7	9,1	18	28,2
152	3,7	8,9	18,6	28,2
153	3,7	8,6	19,1	28,2
154	3,7	8,6	19,6	28,2

155	3,7	8,6	20,1	28,2
156	3,7	8,9	20,1	28,2
157	3,4	9,6	20,1	28,2
158	3,4	9,9	20,1	28,2
159	3,4	10,2	20,1	28,2
160	3,1	10,4	20,1	28,2
161	3,1	10,4	20,1	28,2
162	3,1	10,2	20,1	28,7
163	2,8	9,9	20,7	28,7
164	2,8	9,4	22,3	28,7
165	2,8	9,1	22,3	28,7
166	2,5	9,4	22,8	28,7
167	2,5	9,4	22,3	28,7
168	2,5	9,6	21,2	28,7
169	2,5	9,9	20,7	28,7
170	2,5	10,4	20,1	28,7
171	2,5	11	19,1	28,7
172	2,8	10,7	19,1	28,7
173	2,8	10,7	18,6	28,7
174	2,8	10,7	19,1	28,7
175	2,8	10,2	19,1	28,7
176	3,1	9,6	19,1	28,7
177	3,1	9,1	18,6	28,7
178	3,1	8,6	19,1	29,3
179	3,1	8,3	18,6	29,3
180	3,1	8,1	18,6	29,3
181	3,1	7,8	18	29,3
182	2,8	7,8	18,6	29,3
183	2,8	7,5	18,6	29,3
184	2,8	7,5	19,1	29,3
185	2,5	8,1	19,1	29,3
186	2,5	8,1	19,1	29,3
187	2,5	8,3	19,1	29,3
188	2,5	8,6	19,1	29,3
189	2,2	9,4	18,6	29,3
190	2,2	9,6	18,6	29,3
191	2,2	9,9	18,6	29,3
192	2,2	10,2	18,6	29,3
193	2,2	10,2	18	29,8
194	2,2	10,4	18	29,8
195	2,2	10,4	18,6	29,8
196	2,2	10,4	18,6	29,8
197	2,2	10,4	18	29,8
198	2,2	10,4	19,1	29,8
199	2,2	10,2	19,1	29,8
200	2,2	9,9	19,1	29,8
201	2,2	9,6	19,6	30,4
202	2,5	9,4	20,1	30,4
203	2,5	9,1	20,1	30,4
204	2,5	9,1	20,7	30,4

205	2,5	9,1	20,7	30,4
206	2,5	9,4	20,7	30,4
207	2,5	9,6	20,1	30,4
208	2,5	9,9	19,1	30,4
209	2,5	10,4	18,6	30,4
210	2,8	10,2	17,5	30,4
211	2,8	10,2	17,5	30,4
212	2,8	9,9	17,5	30,4
213	2,8	9,6	17	30,4
214	2,8	9,1	17,5	30,4
215	2,8	8,6	18	30,4
216	2,8	8,3	18,6	30,4
217	2,8	7,8	18,6	30,4
218	2,8	7,8	18,6	30,4
219	3,1	7,5	19,1	30,4
220	3,1	7,5	19,1	30,4
221	3,1	7,5	18,6	30,4
222	3,1	7,8	18,6	31
223	3,1	7,8	18,6	31
224	3,1	7,8	18,6	31
225	3,1	7,5	18,6	31
226	3,4	7,3	18,6	31
227	3,4	7	18,6	31
228	3,4	6,8	18,6	31
229	3,4	6,5	19,1	31
230	3,7	6	19,1	31
231	3,7	6,2	19,6	31
232	3,7	6,2	19,6	31
233	3,7	6,5	20,1	31
234	4	6,5	19,6	31
235	4	7	20,1	31
236	4	7,3	19,6	31
237	4	7,8	20,1	31
238	4	8,1	19,6	31
239	4	8,3	19,1	31
240	4	8,6	19,6	31
241	4	8,6	19,1	31
242	4	8,9	19,1	31
243	3,7	9,4	18,6	31
244	3,7	9,4	18,6	31
245	3,7	9,4	18,6	31
246	3,7	9,1	18,6	31
247	3,4	9,4	18,6	31
248	3,4	9,1	18	31
249	3,4	8,6	18	31,5
250	3,4	8,3	18,6	31,5
251	3,1	8,6	18	31,5
252	3,1	8,3	18,6	31,5
253	3,1	8,3	18,6	31,5
254	3,1	8,3	18,6	31,5

255	2,8	8,1	19,1	31,5
256	2,8	7,5	19,1	31,5
257	2,8	7	18,6	31,5
258	2,8	6,8	18,6	31,5
259	2,8	6,8	18,6	31,5
260	2,8	6,8	18	31,5
261	2,8	7	18	31,5
262	2,8	7	18	31,5
263	2,8	7,3	18	31,5
264	2,8	7,8	18	31,5
265	2,8	8,1	18	31,5
266	2,8	8,3	18	31,5
267	2,8	8,3	18	31,5
268	3,1	8,1	18	31,5
269	3,1	7,8	18,6	31,5
270	3,1	7,5	18,6	31,5
271	3,1	7,3	19,1	31,5
272	3,4	7	19,1	31,5
273	3,4	6,8	19,6	31,5
274	3,4	6,5	19,1	31,5
275	3,4	6,5	18	31,5
276	3,7	6,2	18	31,5
277	3,7	6,2	18	31,5
278	3,7	6,5	17,5	31,5
279	4	6	17,5	31,5
280	4	6,2	17,5	31,5
281	4	6,5	17,5	31,5
282	4	6,8	17,5	31,5
283	4	6,8	17,5	31,5
284	4	7	17,5	31,5
285	4	7,3	18	31,5
286	4	7,3	18	31,5
287	4,3	7,3	18	32,1
288	4,3	7,3	18,6	32,1
289	4,3	7,3	18,6	32,1
290	4,3	7	18,6	32,1
291	4,3	6,8	18,6	32,1
292	4	6,8	18,6	32,1
293	4	6,5	18,6	32,1
294	4	6,2	18,6	32,1
295	4	6	18	32,1
296	4	6	18	32,1
297	4	6	17,5	32,1
298	4	6	17,5	32,1
299	4	6	17,5	32,1
300	4	6	17,5	32,1
301	4	6	18	32,1
302	4	6,2	18,6	32,1
303	4	6,5	18,6	32,1
304	4	6,8	19,1	32,1

305	4	7	19,6	32,1
306	4	7,3	20,1	32,1
307	4	7,3	21,2	32,1
308	4	7,5	20,7	32,1
309	4	7,8	20,7	32,1
310	4	7,8	20,7	32,1
311	4	8,1	21,2	32,1
312	4	8,1	20,7	32,1
313	4	7,8	20,7	32,1
314	4	7,8	20,1	32,1
315	4	7,5	20,1	32,6
316	4	7,5	20,7	32,6
317	4	7,3	21,7	32,6
318	4	7,3	21,7	32,6
319	4	7,3	22,3	32,6
320	4	7,3	22,3	32,6
321	4	7	21,7	32,6
322	4	7	20,7	32,6
323	4	7	20,1	32,6
324	4	7	19,1	32,6
325	4	7	19,1	32,6
326	4	6,8	19,1	32,6
327	4	6,8	20,1	32,6
328	4	6,8	20,7	32,6
329	4	6,8	20,1	32,6
330	4	6,8	20,7	32,6
331	4	6,8	20,1	32,6
332	4	6,8	19,6	32,6
333	4	6,8	19,6	32,6
334	4	6,8	19,6	32,6
335	4	6,8	19,1	32,6
336	4	6,8	19,6	32,6
337	4	6,8	19,6	32,6
338	4	6,8	20,1	32,6
339	4	6,8	19,6	32,6
340	4	6,8	20,1	32,6
341	4	6,8	20,1	32,6
342	4	7	20,1	32,6
343	4	7	20,7	32,6
344	4	7	21,2	33,2
345	4	7	21,7	33,2
346	4	7	21,2	33,2
347	4	7,3	21,2	33,2
348	3,7	7,5	21,2	33,2
349	3,7	7,5	21,2	33,2
350	3,7	7,5	21,2	33,2
351	3,7	7,8	21,2	33,2
352	3,7	7,8	21,2	33,2
353	3,7	7,8	21,2	33,2
354	3,7	7,8	22,3	33,2

355	3,7	8,1	22,8	33,2
356	3,7	8,1	23,3	33,2
357	3,7	8,1	23,9	33,2
358	3,4	8,3	24,4	33,2
359	3,4	8,3	23,9	33,2
360	3,4	8,3	23,3	33,2
361	3,4	8,3	22,8	33,2
362	3,4	8,3	21,7	33,7
363	3,4	8,3	21,2	33,7
364	3,4	8,3	20,7	33,7
365	3,4	8,1	20,1	33,7
366	3,1	8,3	19,1	33,7
367	3,1	8,1	18,6	33,7
368	3,1	8,1	18,6	33,7
369	3,1	7,8	19,1	33,7
370	3,1	7,5	18,6	33,7
371	3,1	7,8	18,6	33,7
372	3,1	8,3	18,6	33,7
373	3,1	8,6	18,6	33,7
374	3,1	8,3	18,6	33,7
375	3,1	7,8	18,6	33,7
376	3,1	7,3	19,6	33,7
377	3,1	7,3	20,1	33,7
378	3,4	7,5	20,1	33,7
379	3,4	8,3	19,6	33,7
380	3,4	8,3	19,1	33,7
381	3,7	7,8	18	33,7
382	3,7	7,3	18	33,7
383	4	6,2	18,6	33,7
384	4	5,7	18,6	33,7
385	4,3	5,2	19,1	33,7
386	4,3	4,9	19,1	33,7
387	4,6	4,9	19,1	33,7
388	4,9	5,2	18,6	33,7
389	5,2	5,5	18,6	34,3
390	5,2	6	18	34,3
391	5,5	6	17,5	34,3
392	5,5	6,5	17,5	34,3
393	5,8	6,5	17,5	34,3
394	5,8	6,8	17,5	34,3
395	5,8	6,8	18	34,3
396	5,5	6,8	17,5	34,3
397	5,5	6,8	18	34,3
398	5,2	7,3	18,6	34,3
399	5,2	7,3	18,6	34,3
400	4,9	8,1	18,6	34,3
401	4,6	8,6	19,1	34,3
402	4,6	9,1	19,1	34,3
403	4,6	9,4	19,1	34,3
404	4,6	9,6	19,6	34,3

405	4,9	9,4	19,6	34,3
406	4,9	9,1	19,6	34,3
407	4,9	8,9	19,1	34,3
408	4,9	8,6	19,1	34,3
409	4,9	8,3	19,6	34,3
410	4,9	8,3	19,6	34,3
411	4,6	8,3	20,1	34,3
412	4,3	8,3	20,1	34,8
413	4,3	8,1	20,1	34,8
414	4	8,3	20,7	34,8
415	4	8,1	20,7	34,8
416	4	8,1	20,7	34,8
417	4	7,8	20,1	34,8
418	4	7,8	20,1	34,8
419	4	7,8	19,6	34,8
420	4	7,5	19,6	34,8
421	4	7,5	19,6	34,8
422	4	7,5	19,1	34,8
423	4	7,3	18,6	34,8
424	4	7,3	19,1	34,8
425	4	7	19,1	34,8
426	4	6,5	19,1	34,8
427	4	6,2	19,6	34,8
428	4	6	19,6	34,8
429	4	5,5	19,6	34,8
430	4	5,2	19,1	34,8
431	4	5,2	18,6	34,8
432	4	5,2	18,6	35,4
433	4	4,9	18	35,4
434	4	4,9	17,5	35,4
435	4	4,9	17,5	35,4
436	4	4,9	17,5	35,4
437	4	4,9	17,5	35,4
438	4	4,9	18	35,4
439	4	5,5	19,1	35,4
440	4	6,5	19,6	35,4
441	4	7,5	19,6	35,4
442	4	8,6	19,1	35,4
443	4	9,6	18,6	35,4
444	4	10,7	18	35,4
445	4	11,5	18	35,4
446	4	11,7	18	35,4
447	4	11,7	17,5	35,4
448	4	11,5	17,5	35,4
449	4	10,7	17,5	35,4
450	4	9,9	18	35,4
451	4	9,4	18,6	35,4
452	4	8,6	19,1	35,4
453	4	8,3	19,1	35,9
454	4	8,3	19,6	35,9

455	4	8,3	19,6	35,9
456	4,3	8,3	19,6	35,9
457	4,3	8,6	19,6	35,9
458	4,3	8,6	18,6	35,9
459	4,6	8,3	18,6	35,9
460	4,6	8,1	18	35,9
461	4,9	7,5	18	35,9
462	5,2	7	18	35,9
463	5,2	7	19,1	35,9
464	5,5	7,3	19,1	35,9
465	5,8	7,5	19,6	35,9
466	5,8	8,6	19,6	35,9
467	6,1	9,4	19,6	35,9
468	6,1	10,2	20,1	35,9
469	6,1	11	20,1	35,9
470	5,8	11,7	19,6	35,9
471	5,8	11,7	19,1	36,5
472	5,5	11,7	19,1	36,5
473	5,2	11,5	18	36,5
474	5,2	10,7	18,6	36,5
475	5,2	9,9	18,6	36,5
476	5,2	9,1	18	36,5
477	4,9	8,3	18,6	36,5
478	4,6	8,1	18,6	36,5
479	4,3	7,5	19,6	36,5
480	4	7	20,1	36,5
481	4	6,2	21,2	36,5
482	3,7	6	21,2	36,5
483	3,4	5,7	21,7	36,5
484	3,1	5,5	22,3	36,5
485	2,8	5,2	22,8	36,5
486	2,5	5,2	23,3	36,5
487	2,5	4,9	23,3	36,5
488	2,5	4,9	22,8	36,5
489	2,2	5,5	23,3	36,5
490	2,2	6	23,3	36,5
491	2,2	6,8	23,3	37
492	2,2	7,3	23,9	37
493	1,9	7,8	23,3	37
494	1,9	8,1	23,9	37
495	1,5	8,6	23,9	37
496	1,5	8,9	23,9	37
497	1,2	9,6	23,9	37
498	1,2	9,9	24,4	37
499	1,5	9,9	24,4	37
500	1,9	9,4	23,9	37
501	2,5	8,3	24,9	37
502	3,1	7	25,5	37
503	3,7	6,5	26	37
504	4	6,8	26,5	37

505	4	7,5	26,5	37
506	4	8,3	26,5	37
507	4	9,1	29,2	37
508	3,7	9,9	29,2	37
509	3,4	10,4	28,7	37,6
510	3,1	10,7	27,6	37,6
511	3,1	10,7	27,1	37,6
512	3,4	10,2	27,1	37,6
513	3,7	9,9	27,1	37,6
514	4	9,4	27,6	37,6
515	4	9,4	27,6	37,6
516	4	9,1	28,1	37,6
517	4	8,9	28,1	37,6
518	4	8,3	28,1	37,6
519	4	8,1	28,7	37,6
520	3,7	8,3	28,1	37,6
521	3,4	8,3	28,1	37,6
522	3,4	8,6	27,6	37,6
523	3,1	9,4	27,1	37,6
524	2,8	10,2	26,5	37,6
525	2,8	10,7	26	38,2
526	2,8	10,7	24,9	38,2
527	2,8	10,4	23,9	38,2
528	2,8	9,6	23,9	38,2
529	2,8	9,1	23,3	38,2
530	2,8	9,1	22,3	38,2
531	2,8	9,4	22,3	38,2
532	3,1	9,9	21,7	38,2
533	3,4	10,4	22,3	38,2
534	3,4	10,7	22,8	38,2
535	3,4	10,2	23,3	38,2
536	3,4	9,1	23,3	38,2
537	3,4	8,3	23,3	38,2
538	3,4	8,3	21,7	38,2
539	3,1	9,4	21,2	38,2
540	3,1	10,4	20,7	38,2
541	2,8	11,5	20,7	38,7
542	2,8	12	21,2	38,7
543	2,8	12	22,3	38,7
544	2,8	11,7	22,8	38,7
545	2,8	11,2	23,9	38,7
546	2,8	10,4	24,4	38,7
547	2,8	9,6	23,9	38,7
548	2,8	9,4	24,4	38,7
549	3,1	9,1	24,4	38,7
550	2,8	9,4	23,9	39,3
551	2,8	9,1	23,9	39,3
552	2,8	9,1	23,3	39,3
553	2,8	8,6	22,8	39,3
554	2,5	8,9	23,3	39,3

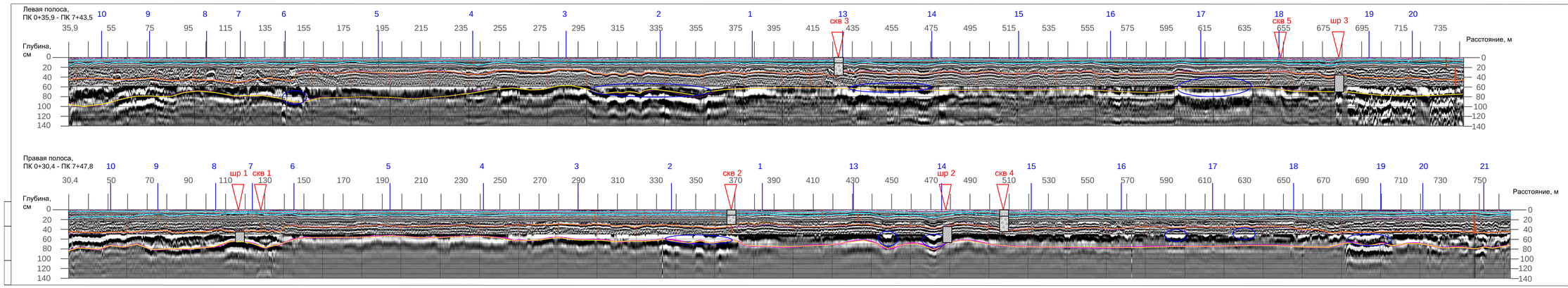
555	2,5	9,6	22,8	39,3
556	2,5	10,2	22,8	39,3
557	2,5	11	22,8	39,3
558	2,5	11	23,3	39,3
559	2,5	10,4	23,9	39,3
560	2,5	10,4	23,3	39,3
561	2,8	10,2	23,9	39,3
562	2,8	10,7	24,4	39,3
563	3,1	10,7	24,4	39,3
564	3,4	10,7	24,4	39,3
565	3,7	10,2	24,4	39,3
566	4	9,6	23,9	39,3
567	4,3	9,4	22,8	39,3
568	4,6	9,4	22,3	39,3
569	4,6	10,2	21,2	39,3
570	4,9	10,7	20,1	39,3
571	4,9	10,7	19,1	39,8
572	4,9	10,2	18,6	39,8
573	4,9	9,6	19,1	39,8
574	4,9	8,9	19,1	39,8
575	4,6	8,3	19,6	39,8
576	4,3	8,1	20,7	39,8
577	4,3	8,1	20,7	39,8
578	4	8,3	20,7	39,8
579	4	8,6	20,7	39,8
580	4	9,1	20,1	39,8
581	4	9,6	19,6	39,8
582	4	10,2	19,1	39,8
583	4,3	10,2	18,6	39,8
584	4,3	10,4	18,6	39,8
585	4,6	10,2	18,6	39,8
586	4,9	9,6	19,1	39,8
587	4,9	9,6	19,1	39,8
588	5,2	9,1	19,6	39,8
589	5,2	9,1	19,6	39,8
590	5,2	9,4	19,6	39,8
591	5,2	9,6	19,1	39,8
592	5,2	10,2	19,1	39,8
593	5,2	10,7	19,1	39,8
594	5,2	11	19,1	39,8
595	4,9	11,5	19,1	39,8
596	4,9	11,2	18	39,8
597	4,6	11,2	18,6	39,8
598	4,6	11	18	39,8
599	4,3	10,7	18,6	39,8
600	4	10,4	18,6	39,8
601	4	9,9	19,1	40,4
602	3,7	9,6	19,1	40,4
603	3,7	9,6	19,6	40,4
604	3,4	9,9	20,1	40,4

605	3,4	10,2	20,1	40,4
606	3,4	10,4	19,6	40,4
607	3,4	10,7	19,1	40,4
608	3,4	11	19,6	40,4
609	3,4	11	19,1	40,4
610	3,4	11	18,6	40,4
611	3,1	11,2	19,1	40,4
612	3,1	11,2	19,1	40,4
613	2,8	11,5	19,1	40,4
614	2,8	11,2	19,1	40,4
615	2,8	11,2	19,6	40,4
616	2,8	11	20,7	40,4
617	3,1	10,7	20,7	40,4
618	3,1	10,4	21,2	40,4
619	3,4	10,2	21,2	40,4
620	3,7	9,9	21,7	40,4
621	3,7	10,2	21,7	40,9
622	4	9,9	21,7	40,9
623	4	10,4	21,2	40,9
624	4	11	20,7	40,9
625	4	11	20,7	40,9
626	4	11,2	20,1	40,9
627	4	11,2	19,1	40,9
628	4	11	18,6	40,9
629	3,7	11	18,6	40,9
630	3,7	11	18,6	40,9
631	3,4	11	18,6	40,9
632	3,4	11,2	18	40,9
633	3,4	11,7	18	40,9
634	3,4	12	18	40,9
635	3,7	12	18	40,9
636	3,7	11,7	17,5	40,9
637	3,7	11,5	17,5	40,9
638	4	10,7	17,5	40,9
639	4	10,4	17,5	40,9
640	4	9,9	17,5	40,9
641	4	9,6	18	40,9
642	4	9,6	18	40,9
643	4	9,6	18,6	40,9
644	4	9,4	18,6	40,9
645	4	9,4	19,1	40,9
646	4	9,1	19,6	40,9
647	4	9,1	20,1	40,9
648	3,7	9,4	20,1	41,5
649	3,4	9,6	19,6	41,5
650	3,1	9,6	20,1	41,5
651	3,1	9,1	20,1	41,5
652	2,8	8,9	20,7	41,5
653	2,8	8,6	21,2	41,5
654	3,1	8,6	21,7	41,5

655	3,7	8,6	22,8	41,5
656	4	9,1	23,9	41,5
657	4,6	9,4	24,4	41,5
658	4,9	9,9	24,9	41,5
659	5,2	9,9	25,5	42
660	4,9	10,2	26	42
661	4,9	10,2	25,5	42
662	5,2	9,6	24,9	42
663	5,5	9,1	24,4	42
664	6,1	8,3	24,4	42
665	6,6	7,5	23,9	42
666	6,6	7,5	23,9	42
667	6,6	7,5	24,4	42
668	6,4	7,5	24,9	42
669	5,8	8,1	26	42
670	5,5	8,3	27,1	42
671	5,5	8,3	27,6	42
672	5,5	8,3	28,1	42
673	6,1	8,1	28,1	42
674	6,4	7,8	28,7	42
675	6,6	7,8	28,7	42
676	7,2	7,3	28,7	42
677	7,5	7,3	29,2	42
678	7,5	7,5	28,7	42
679	7,8	7,3	29,2	42
680	7,5	7,5	29,2	42
681	7,2	7,5	29,7	42
682	6,9	7,5	29,7	42
683	6,6	7,3	30,2	42
684	6,1	7,5	30,8	42
685	5,2	8,1	30,8	42
686	4,9	8,1	31,3	42
687	4,3	8,6	31,3	42
688	4	9,1	32,4	42
689	3,7	9,6	32,4	42
690	3,4	9,6	32,4	42
691	3,4	9,6	32,4	42
692	3,4	9,1	32,4	42
693	3,7	8,3	32,4	42
694	3,7	8,1	32,4	42
695	4	7,3	32,4	42
696	4	7,3	32,4	42,6
697	4	7,3	31,8	42,6
698	4	7,3	31,8	42,6
699	4	7,3	31,3	42,6
700	4	7,5	31,3	42,6
701	4	7,8	30,8	42,6
702	4	8,1	30,8	42,6
703	4	8,3	30,2	42,6
704	4	8,3	30,2	42,6

705	4	8,3	30,2	42,6
706	4	8,3	29,7	42,6
707	4	8,3	29,7	42,6
708	4	8,1	29,7	42,6
709	4	7,8	29,7	42,6
710	4	7,8	29,7	42,6
711	4	7,5	29,7	42,6
712	4	7,3	29,7	42,6
713	4	7,3	29,7	42,6
714	3,7	7,3	29,7	42,6
715	3,7	7,3	29,7	42,6
716	3,4	7,3	29,7	42,6
717	3,4	7,3	29,7	42,6
718	3,1	7,3	29,7	42,6
719	3,1	7,3	29,7	42,6
720	3,4	6,8	29,7	42,6
721	4	6,2	29,7	42,6
722	4,6	5,7	29,7	42,6
723	5,2	5,2	29,7	43,1
724	5,5	4,7	29,7	43,1
725	4,9	5,2	29,7	43,1
726	4	6	29,7	43,1
727	2,8	7	29,7	43,1
728	2,2	7,5	30,2	43,1
729	1,9	7,8	30,2	43,1
730	1,9	7,8	30,2	43,1
731	2,2	7,5	30,2	43,1
732	2,5	7,3	30,2	43,1
733	2,8	7	30,2	43,1
734	3,1	6,8	30,2	43,1
735	3,4	6,8	30,2	43,1
736	3,7	6,5	30,8	43,1
737	3,7	6,5	30,8	43,1
738	3,7	6,8	30,8	43,7
739	3,7	6,8	30,8	43,7
740	3,4	7	30,8	43,7
741	3,1	7,3	31,3	43,7
742	2,8	7,5	30,8	43,7
743	2,5	8,1	30,8	43,7
744	2,5	8,1	31,3	43,7
745	2,2	8,3	30,8	43,7
746	2,2	8,3	30,8	43,7
747	2,2	8,3	30,2	43,7
748	2,5	8,3	30,8	43,7
749	2,5	8,6	30,2	43,7
750	2,8	8,9	30,2	43,7
751	3,1	9,4	30,2	43,7
752	3,7	9,4	30,2	44,2
753	4	9,6	30,8	44,2
754	4,3	9,6	31,3	44,2

755	4,6	9,4	31,8	44,2
756	4,9	8,9	32,4	45,4
757	5,2	8,1	32,4	45,4
758	5,2	7,3	32,4	45,4
759	4,9	7	31,8	45,9
760	4,6	6,8	31,3	45,9
761	4,3	6,5	30,2	45,9
762	4	6,5	29,2	45,9
763	3,7	6,8	28,1	46,5
764	3,7	7	28,1	46,5
765	3,7	7,3	28,7	46,5



Условные обозначения:

- подошва асфальтобетона
- дополнительная граница внутри слоя асфальтобетона
- подошва щебеночно-песчаной смеси (уверенная)
- подошва щебеночно-песчаной смеси (неявно выраженная)
- подошва слоя песка (уверенная)
- подошва слоя песка (неявно выраженная)
- области повышенной влажности
- скв 5 — местоположение скважины или шурфа
- 17 — границы опытных секторов

						ООО НПЦ "Геотех"	
						Геоэлектрическое обследование искусственного покрытия участка автомобильной дороги на объекте "Автомобильная дорога Обход г. Ростов-на-Дону км 0+000 - км 15+000. Участок км 0+000 - км 7+500"	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.		Пахно			04.24	Годограммы с результатами интерпретации	Стадия: Р
Проверил		Шуб			04.24		
Н.контр.							
ГИП							
						Масштаб горизонтальный 1:50	ГЕОТЕХ
						Масштаб вертикальный 1:20	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Обосновывающие материалы компании «Геоэксперт»

Компанией ООО «Геоэксперт» разработана экспериментальная георадарная система. На базе которой ведется разработка георадара для обследования и мониторинга состояния дорожной одежды.

GEOEXPERT

Основные результаты георадарного обследования дорожной одежды на полигоне автомобильной дороги А-107 Москвоского Малого Кольца

г. Белгород, 2019 г.

Оглавление

1 Общая информация о георадарной системе 3

1.1 Описание георадарной системы 3

1.2 Принцип работы георадара 4

2 Общие выводы по результатам работ на тестовом полигоне участка дороги А-107 5

2.1 Принцип выделения неоднородностей дорожной одежды по изображениям фазовой структуры сигналов 6

2.2 Выводы 9

2.3 Схема 1. Общий план участка дороги А-107 с отмеченными неоднородностями 13

3 Толщина слоев дорожной одежды 14

3.1 Таблица 1. Толщина слоев дорожной одежды в точках взятия кернов 14

3.2 Приложение к таблице 15

3.3 Таблица 2. Толщина слоев дорожной одежды с шагом 1м 20

3.4 График 1. Распределение толщины слоев дорожной одежды по всей протяженности участка 34

4 Таблица 3. Обнаруженные неоднородности 35

4.1 Приложение к таблице обнаруженных неоднородностей 37

ПРИЛОЖЕНИЯ 43

Радиолокационное изображение сечения грунта (левая полоса) 43

Радиолокационное изображение фазовой структуры сечения грунта (левая полоса) 44

Радиолокационное изображение сечения грунта с выделением максимумов синтезированного сигнала (левая полоса) 45

Радиолокационное изображение сечения грунта (правая полоса) 46

Радиолокационное изображение фазовой структуры сечения грунта (правая полоса) 47

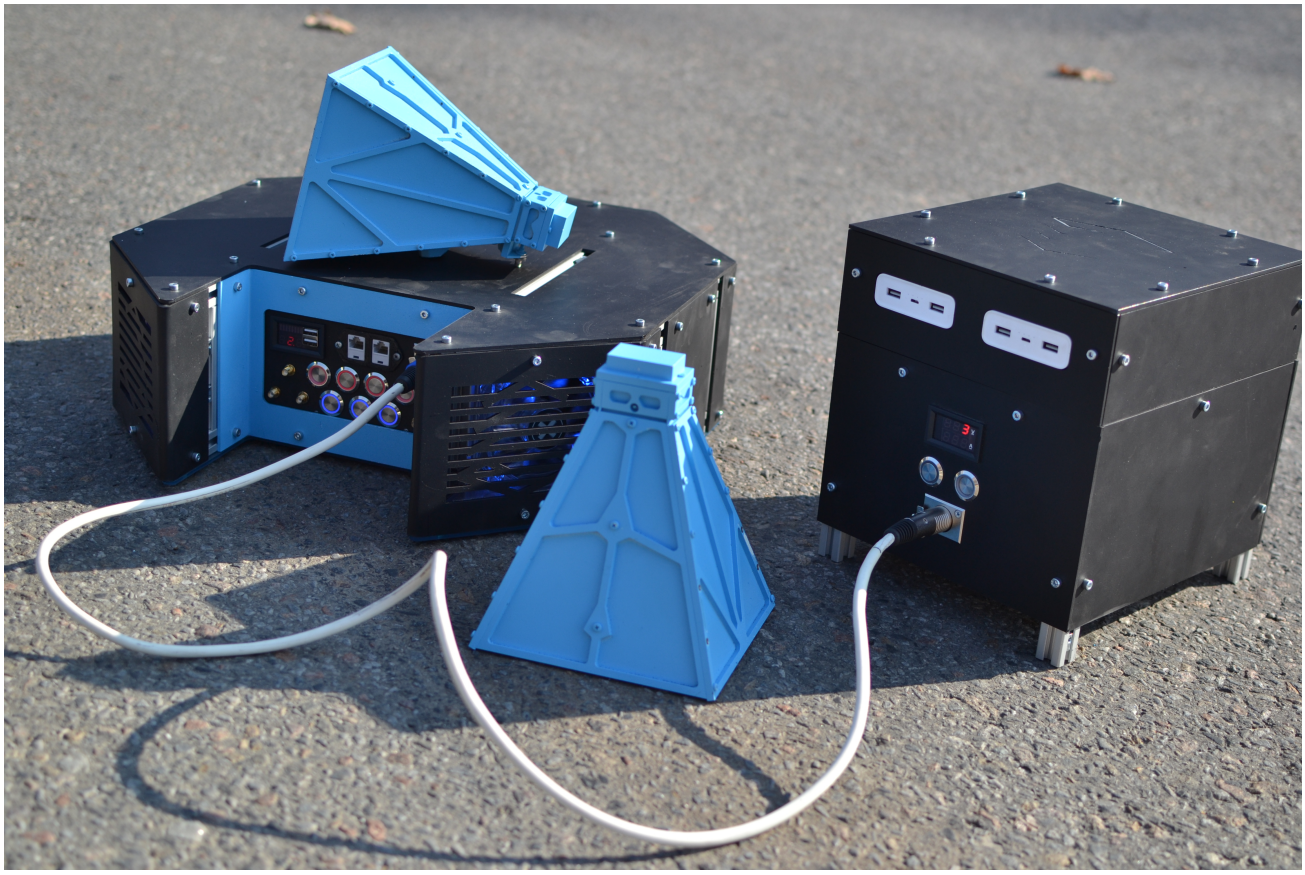
Радиолокационное изображение сечения грунта с выделением максимумов синтезированного сигнала (правая полоса) 48

Система является мобильной, монтируется в сборный каркас и устанавливается на фаркоп автомобиля. Снабжена защитным кожухом защиты от дождя, снега, пыли.

Вес экспериментальной мобильной установки составляет около **40кг**
Габариты ДШВ **1х0,5х0,7 [м]**
Частотный диапазон сканирования примерно **1100-1800 МГц**
Излучаемая мощность **20мВт**
Максимальная скорость движения **40км/ч**
Частота сканов примерно **1кГц** (около 2 замеров на см)
Тип антенны – **рупорно-ригельная**
Глубина сканирования до **2 метров** (определяется антенным блоком)
Может использоваться по снегу, льду и в дождь **(-15 +30 °С)**
Питание от **АКБ 12В 18Ач**
Работа от **2 АКБ** примерно **8 часов**
Файл сканирования **20км** дороги может достигать **2Гб**
Управление с ноутбука/планшета/мобильного телефона через **WEB-интерфейс**
Формирование **GPS трека** (погрешность порядка 2-5 см при идеальных условиях)
Запись параметров движения (скорость, равномерность, остановки)
Видеофиксация измерений с покадровой привязкой к сканам
Возможность создания заметок во время измерений с жесткой привязкой к сканам



Принцип работы георадара основан на использовании ступенчатого изменения несущей частоты в диапазоне частот 1100-1800 МГц, что позволяет иметь разрешающую частоту в пространстве порядка 21 см и 5-8 см в грунте.
Длительность ступеньки не менее 5 мкс.
Используется 128 отчетов несущей частоты (ступенек). В отличие от традиционных методов обработки информации используются оригинальные математические алгоритмы, позволяющие не только получать обычные радарограммы, но и оценивать физические характеристики слоев дорожной одежды. В частности, нетрадиционным является использование изображения фазовой структуры сигналов вдоль профиля движения георадара, которая является очень чувствительной к изменениям физических характеристик как слоев, так и отдельных неоднородностей структуры грунта. Ее использование позволяет оценить коэффициенты замедления в слоях непосредственно по радиолокационным данным



GEOEXPERT

308033, г. Белгород, ул. Королёва 2а к2,
Бизнес-пространство «Контакт», офис 519
8 (951) 134-68-00 stankevich.vu@geoexpert.pro

Принцип выявления неоднородностей
и
Общие выводы по результатам работ на тестовом полигоне участка дороги А-107

Принцип выделения неоднородностей дорожной одежды по изображениям фазовой структуры сигналов

Наиболее отчетливо все неоднородности выделяются на изображениях фазовой структуры РЛ сигналов, представляющих собой некий аналог радио-голографического представления информации, который оказывается очень чувствительным к подповерхностной структуре грунта. Выделение неоднородностей с использованием фазовых изображений основано на следующих основных принципах:

Фазовая структура сигналов представляет собой изображение изолиний линии равной фазы отраженных сигналов. Если структура грунта однородная в горизонтальном направлении эти изолинии представляют собой набор параллельных линий, расстояние между которыми определяется электрическими характеристиками слоев грунта (диэлектрической проницаемости и удельной проводимости). Также это расстояние определяется частотной дисперсией этих характеристик. Например, на рис. 1 представлено изображение фазовой структуры сигналов, соответствующее однородному участку профиля №1 (правая полоса), а на рис. 2 - изображение соответствующее сильно неоднородному участку того же профиля, на которой видны отклонения изолиний вниз или вверх. Последнее обстоятельство определяет характер неоднородности (грунт в этом месте имеет большую диэлектрическую проницаемость или меньшую).

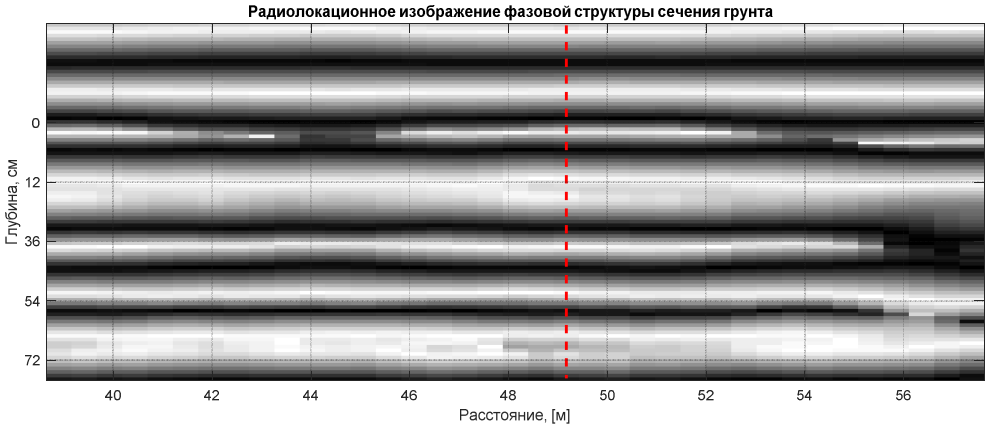


Рис. 1 Изображение фазовой структуры однородного участка

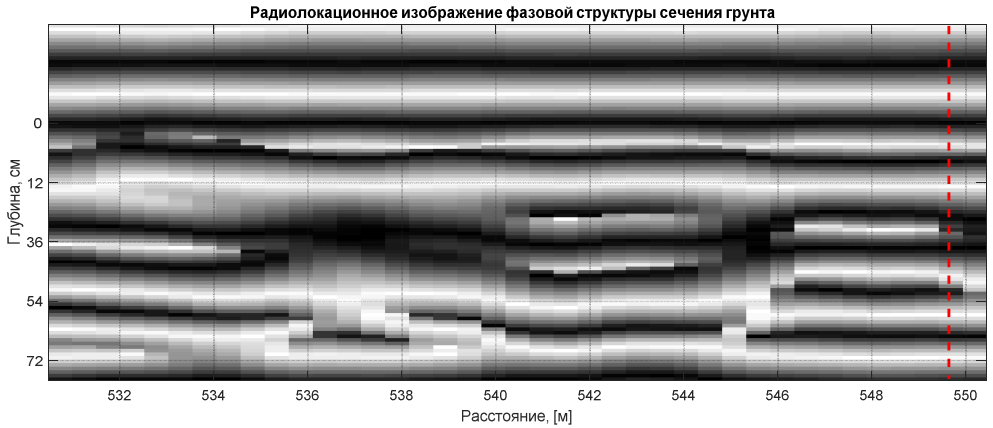


Рис. 2 Изображение фазовой структуры неоднородного участка

Видно, что на втором рисунке отклонение изолиний составляет порядка 10 см. Если пересчитать эту величину в изменение фазовой скорости распространения радиоволн, то получается, что это изменение составляет порядка 1,1-1,3 раз в зависимости от типа грунта. Далее зная примерно тип грунта или слоя дорожной одежды можно оценить изменение диэлектрической проницаемости, соответствующее данной величине.

Практически все значительные неоднородности просматриваются на глубинах более 20 см, то есть в слое щебня, за исключением небольших, наблюдаемых в слое асфальтобетона. Наиболее сильные неоднородности наблюдаются на расстоянии 360-450 м на правой полосе и 330-450 – на левой. По априорным данным РОСДОРНИИ на расстоянии 487,8 м (пикет ПК 4+87.8) находятся две трубы. На этом участке, начиная с глубины примерно 18 см, наблюдаются сильные возмущения изолиний на изображении фазовой структуры сигналов вдоль профиля и тенденция изгиба этих линий как вниз, так и вверх. Величина ухода изолиний по глубине равна в среднем около 16 см. Так как эти изгибы пропорциональны изменению фазовой скорости распространения радиоволн, то по этой величине можно оценить степень

изменения указанной скорости. По литературным данным величина коэффициента замедления радиоволн в слоях дорожной одежды колеблется в пределах 2-2,5. Данные кернов РОСДОРНИИ показывают, что значение коэффициент замедления находятся в среднем в диапазоне 4,5-5. Это означает, что относительная диэлектрическая проницаемость слоев в зоне расположения неоднородности составляет 25-30. По расчетам получается, что эта зона соответствует чередованию увлажненных участков в слое щебня (максимальная объемная влажность может достигать величин 0,3-0,5). Можно предположить повышенный уровень фильтрации влаги в грунте непосредственно вокруг труб (за счет разуплотнения грунта), а так как уклон слоев дорожной одежды составляет примерно 10 м от начала профиля к его концу, то увлажненная зона должна располагаться слева от местоположения труб на РЛ изображении, что и имеет место фактически. Однако для более точных прогнозов нужно произвести более детальное зондирование указанной зоны.

Устойчиво наблюдаются небольшие возмущения изолиний фазовой структуры на стыках зон с разным видом геосинтетического материала. Причиной этого может быть изменение (нарушение) фильтрационных свойств слоев дорожной одежды в этих местах.

Протяженность в горизонтальном направлении указанных выше и других неоднородностей составляет в среднем от примерно 5 до 20 м. По физическому характеру большая их часть представляет собой зоны, где фазовая скорость распространения радиоволн существенно больше по сравнению со средним ее значением в соответствующих слоях дорожной одежды. Это является следствием включения в тих зонах грунта с меньшим значением диэлектрической проницаемостью, например, песка.

Общие выводы по результатам тестирования участка дороги РОСДОРНИИ

1. На рис. 3 и 4 представлены РЛ изображения сечения дорожной одежды (амплитуд отраженных сигналов и их фазовой структуры) вдоль правой и левой полос соответственно. На первом рисунке выделяются в среднем три границы. Первый максимум соответствует границе воздух-поверхность дороги (уровень сигналов отраженных от него искусственно задавлен для подчеркивания остальных границ). Вторые максимумы сигналов приходятся на глубину от 10 до 13 см. По данным РОСДОРНИИ от поверхности находятся два слоя асфальто-бетона: мелкозернистый толщиной 4 см и крупнозернистый толщиной 6 см, всего 10 см. Эти слои практически не выделяются по радиолокационным данным (не хватает разрешения и, возможно, слабый контраст границы между ними). Выделяется нижняя граница всего слоя. По литературным данным диэлектрическая проницаемость асфальт-бетонного покрытия обычно распределена от 4 до 6,5. Это означает, что коэффициент замедления радиоволн в этом слое может колебаться от 2 до 2,6. Данные из кернов показывают, что коэффициент замедления радиоволн в этом слое должен быть порядка 3,7, что превышает указанные величины. По нашим результатам расчета и моделирования коэффициент замедления радиоволн в слое асфальто-бетона должен быть около 3, что примерно в 1,3 раза меньше данных РОСДОРНИИ.

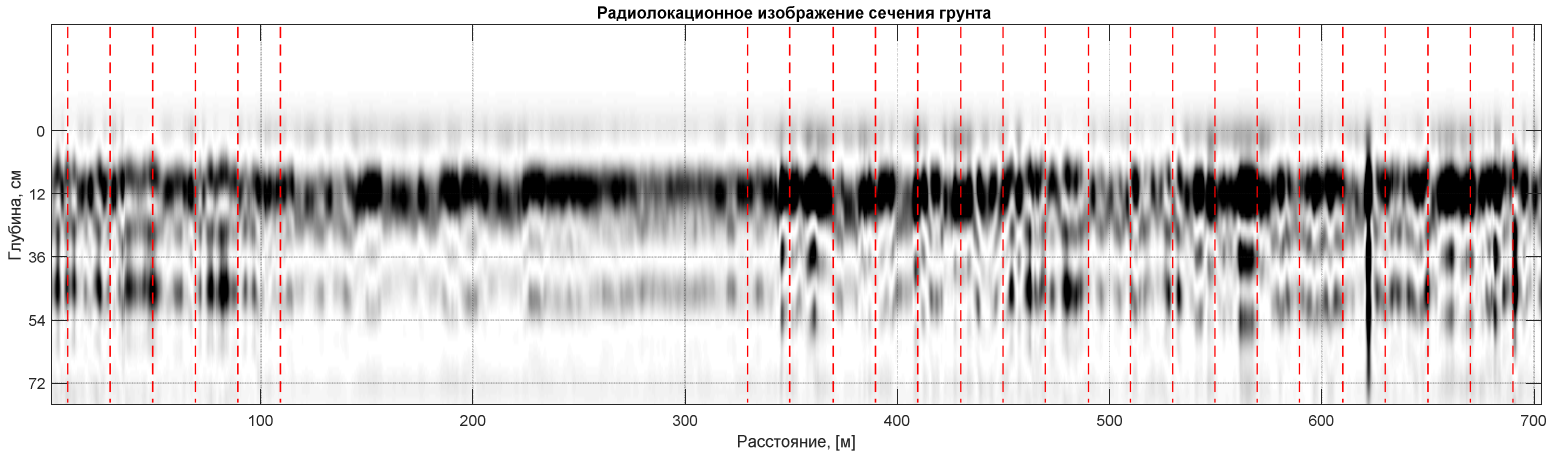
2. На некоторых участках (на расстояниях: 0-100м, 230-300 м, 580-610 м и 620-690 м) межу слоем асфальто-бетона и щебнем наблюдается еще один слой. Его граница распределена от 13 до 20 см. Фазовая скорость распространения радиоволн в нем немного выше, чем в первом слое асфальтобетона. Для окончательных выводов о физической природе этого слоя нужна дополнительная информация.

3. В слое щебня с песком диэлектрическая проницаемость по литературным данным должна быть примерно той же величины, что и для слоя асфальто-бетона (встречаются величины как меньше, так и больше). Обычно она немного выше, в среднем около 6. Расчеты показывают, что в данном случае эта величина немного меньше, чем диэлектрическая проницаемость асфальтобетона. Толщина этого слоя по радиолокационным данным колеблется от 27 до 40см (данные РОСДОРНИИ - **30 см**).

4. Следующий слой – песок. По данным РОСДОРНИИ его толщина – **30 см.** По радиолокационным данным его глубина колеблется от **25-27 до 40 см**.

5. Анализ данных на предмет влияния вида геосинтетического материала (таблица 1) показывает, что наблюдается небольшая корреляция радиолокационных изображений с зонами геосинтетического материала. В основном это касается стыков зон с разным геосинтетическим материалом, на которых часто наблюдаетсянеоднородности. На некоторых участках наблюдаются существенные отличия структуры грунта от соседних. Является ли это следствием наличия стыков армирующих прослоек и именно разного вида геосинтетического материала пока не ясно. Нужна большая статистика. На участке ранее действовавшей автомобильной дороги (дорожная конструкция отличается от экспериментальных секций), особенно в центральной части по обоим профилямнаблюдаются меньше неоднородностей и более однородные слои.

6. Указанные выводы подтверждаются как изображениями амплитуд сигналов, так и, в частности, их фазовой структуры, на которой указанные эффекты подчеркиваются в большей мере. Изображения фазовой структуры сигналов в той же шкале, что и изображения амплитуд дают возможность более точно оценивать физические характеристики слоев дорожной одежды и, кроме того, на них сильнее проявляются отдельные неоднородности.



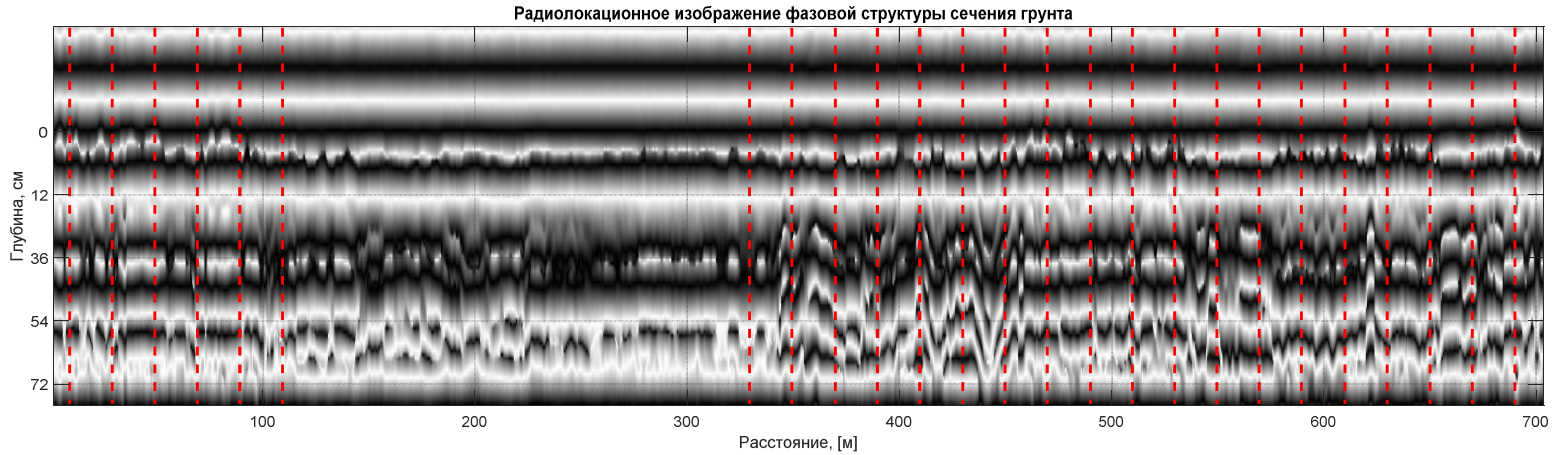
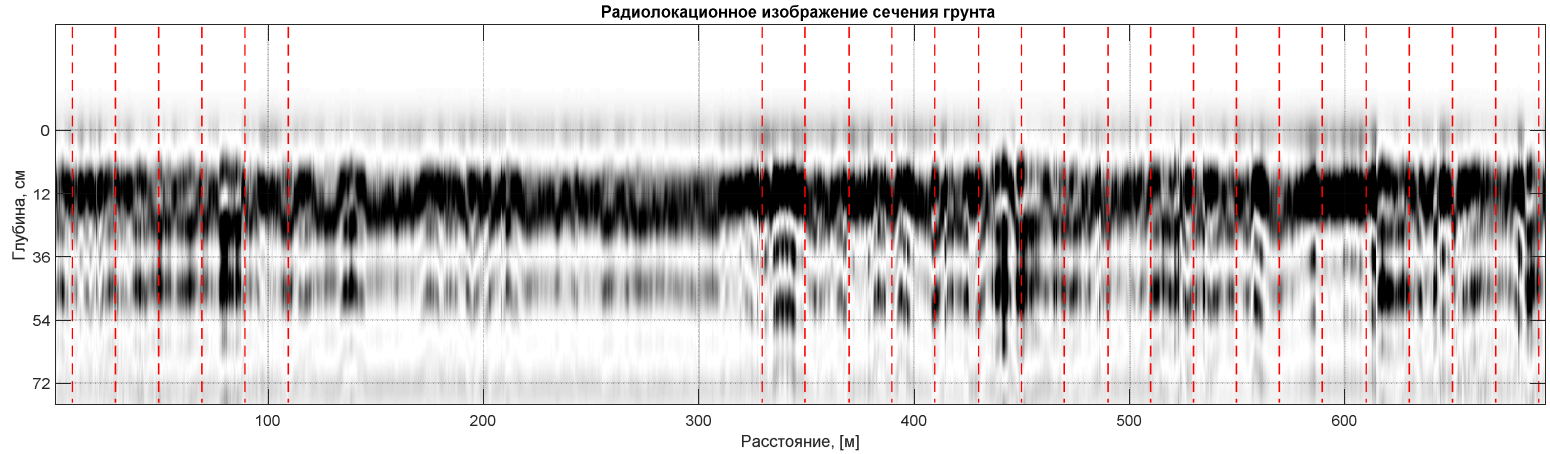


Рис. 3. РЛ изображения сечения дорожной одежды (амплитуды отраженных сигналов и их фазовая структура), правая полоса.



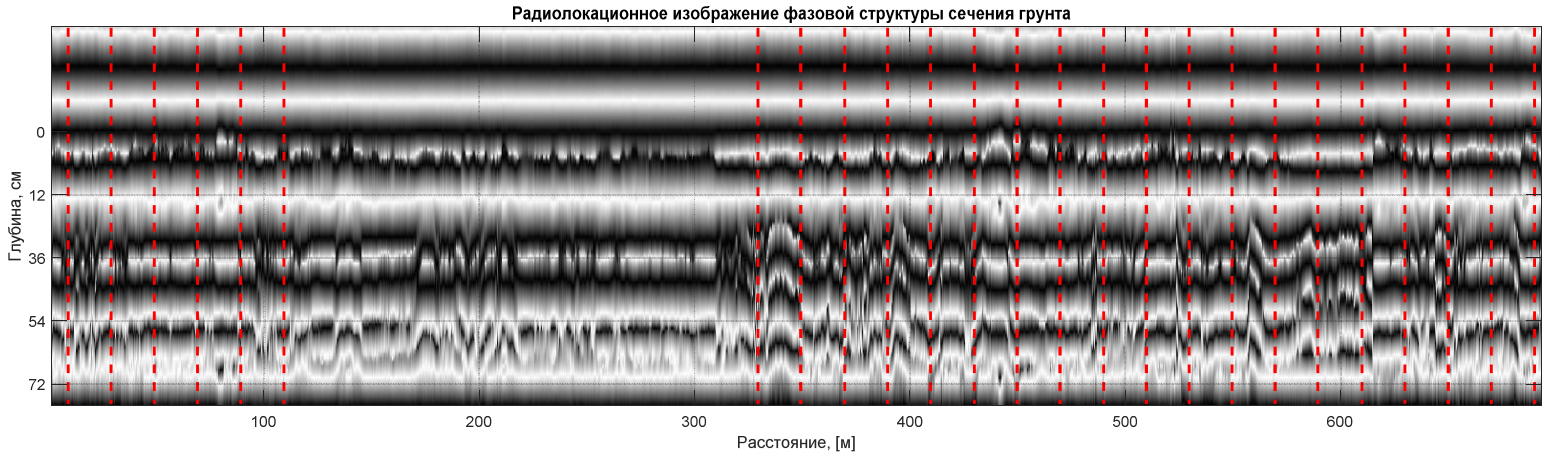


Рис. 4. РЛ изображения сечения дорожной одежды (амплитуды отраженных сигналов и их фазовая структура), левая полоса.

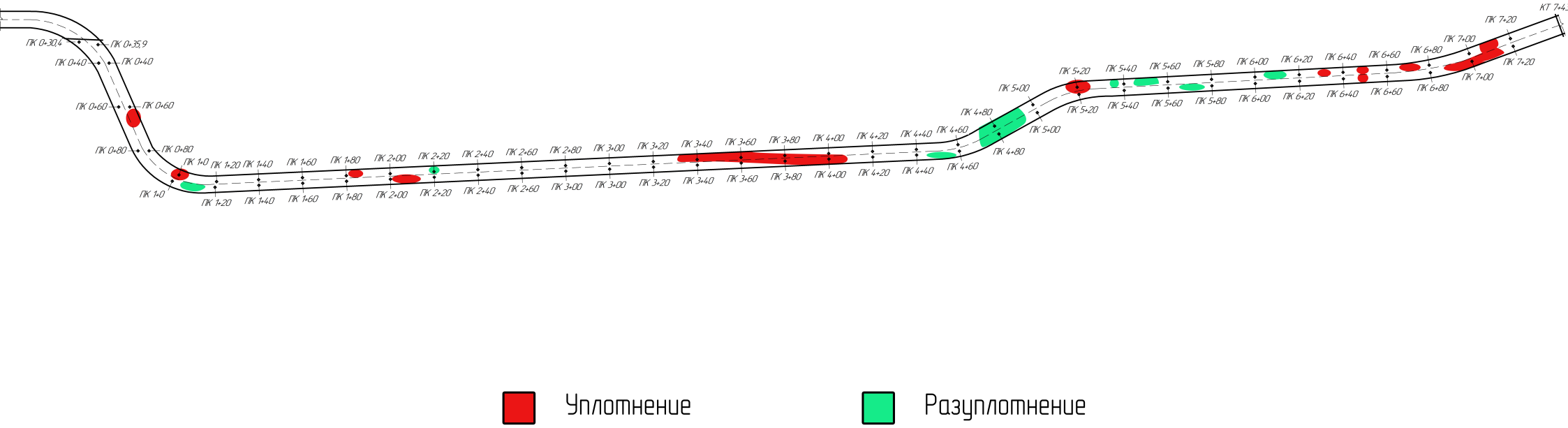


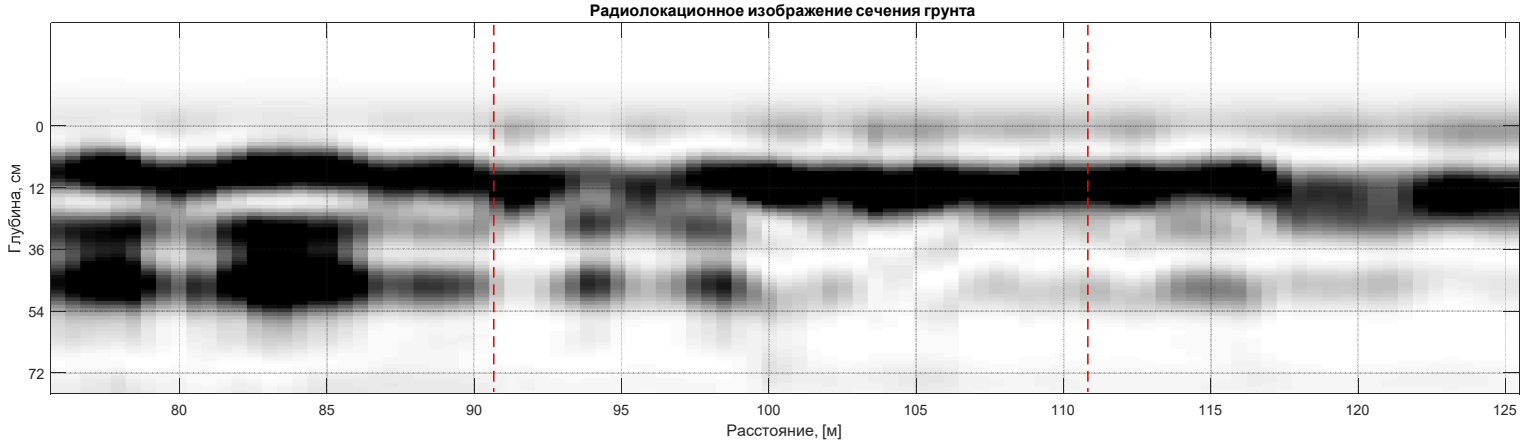
Схема 1. Общий план участка дороги А-107 с отмеченными неоднородностями

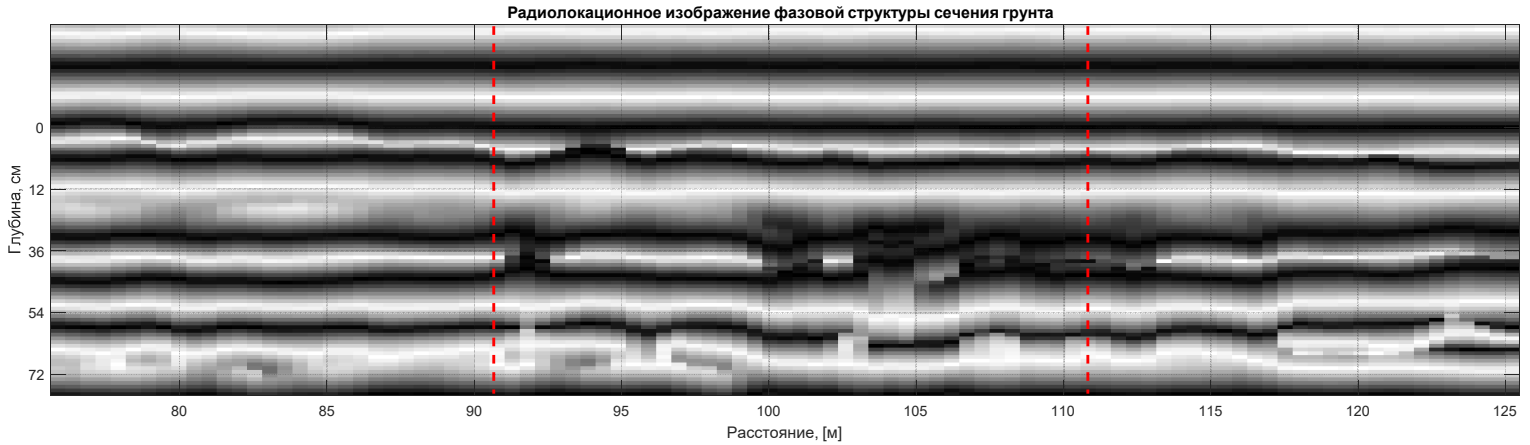
Таблица 1. Толщина слоев дорожной одежды в точках взятия кернов

Пикет	Полоса	Слой	Керн	По РЛ данным
1+28,6	правая	асфальтобетон	-	11.5
		щебеночно-песчаная смесь	-	35-36
3+70	правая	асфальтобетон	11	11
		щебеночно-песчаная смесь	18.5	30 см; наблюдается **увеличение фазовой скорости (разуплотнение,** изолинии фазовой структуры идут вниз), что при пересчете дает около 23 см
4+30	левая	асфальтобетон	11	11
		щебеночно-песчаная смесь	26	28
5+10	правая	асфальтобетон	13	12
		щебеночно-песчаная смесь	31.3	33
6+54	левая	асфальтобетон	-	11.5
		щебеночно-песчаная смесь	-	33

Пикет 1+28,6; Керн не предоставлен. Только РЛ данные:

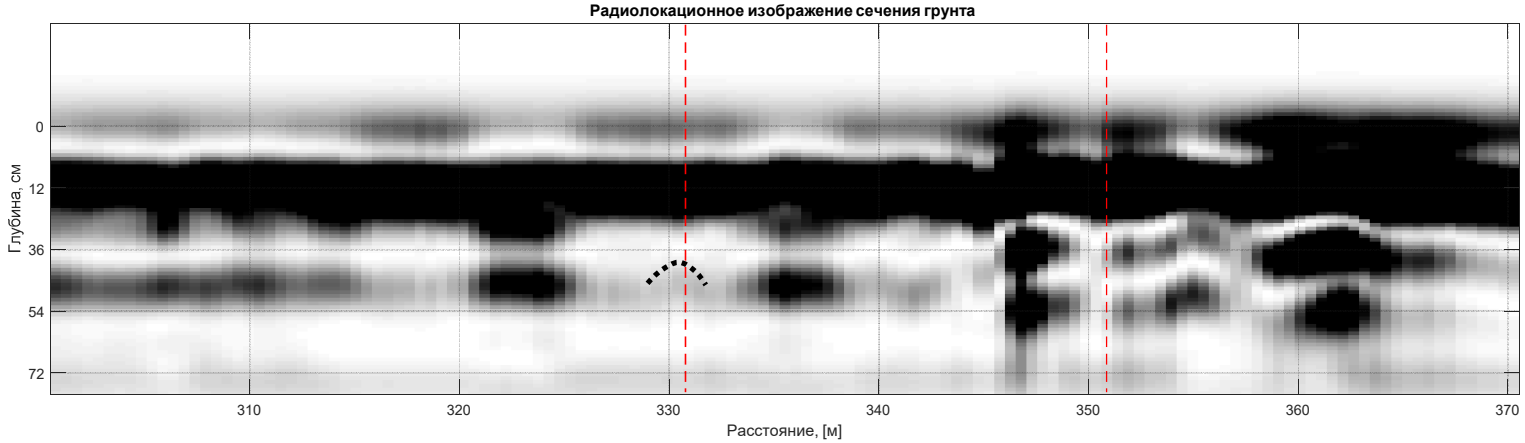
1+28,6	правая	По РЛ данным; асфальтобетон	11,5
		щебеночно-песчаная смесь	35-36

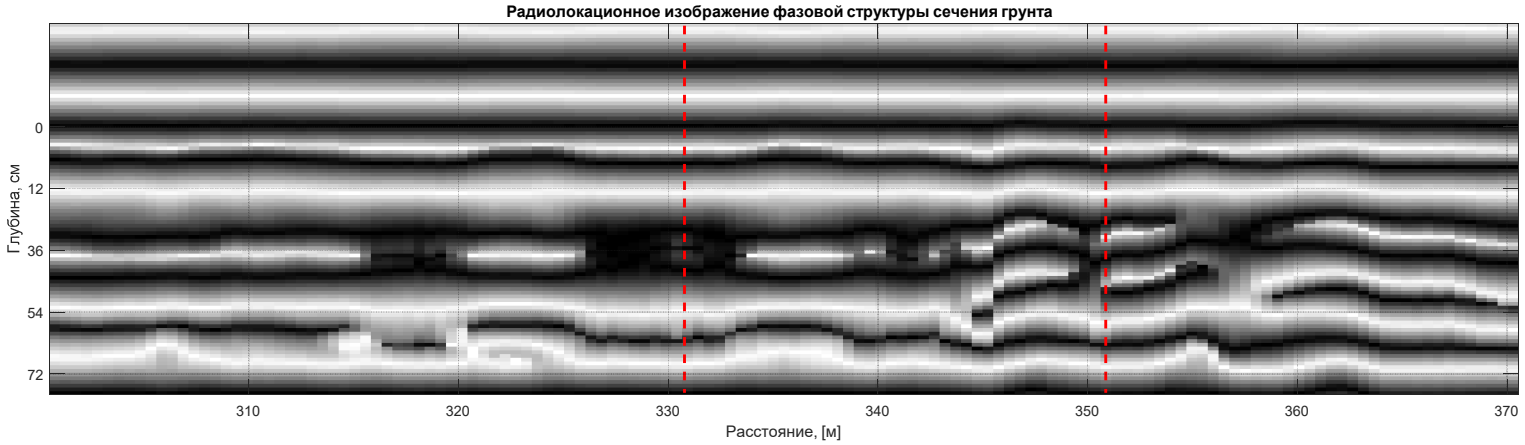




Пикет 3+70,6; Керн. РЛ данные.

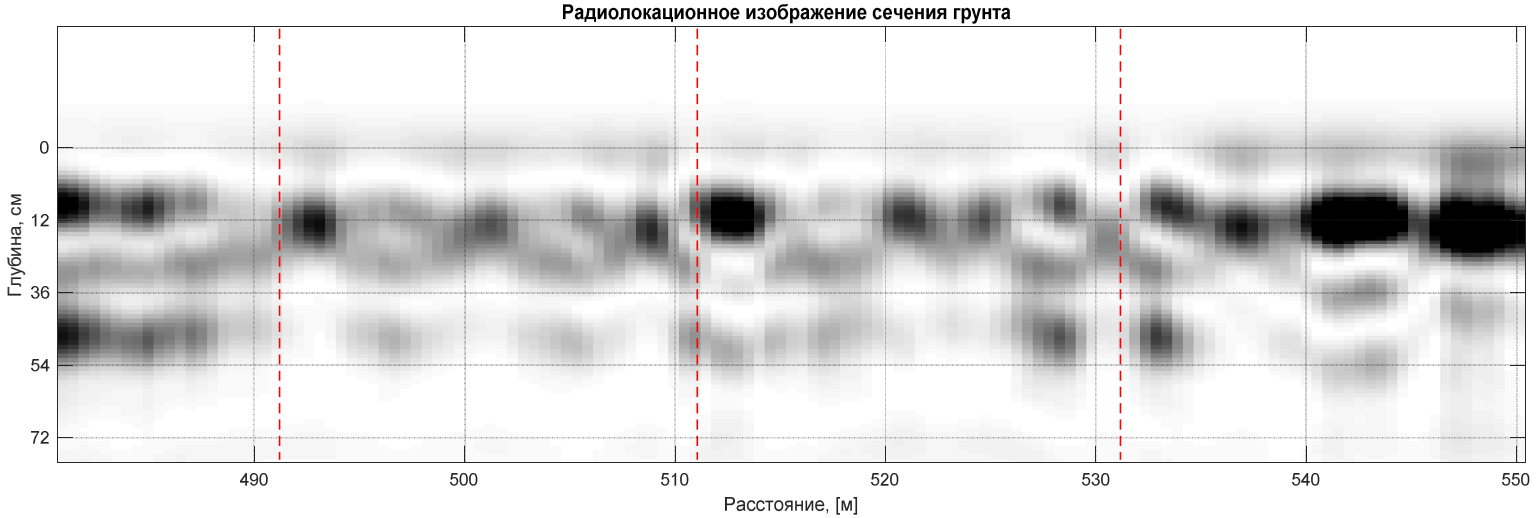
3+70	правая	асфальтобетон щебеночно-песчаная-цементная смесь	Керн 11,0 18,5	РЛ данные 11,0 30 см; наблюдается **увеличение фазовой скорости (разуплотнение,** изолинии фазовой структуры идут вниз), что при пересчете дает около 23 см

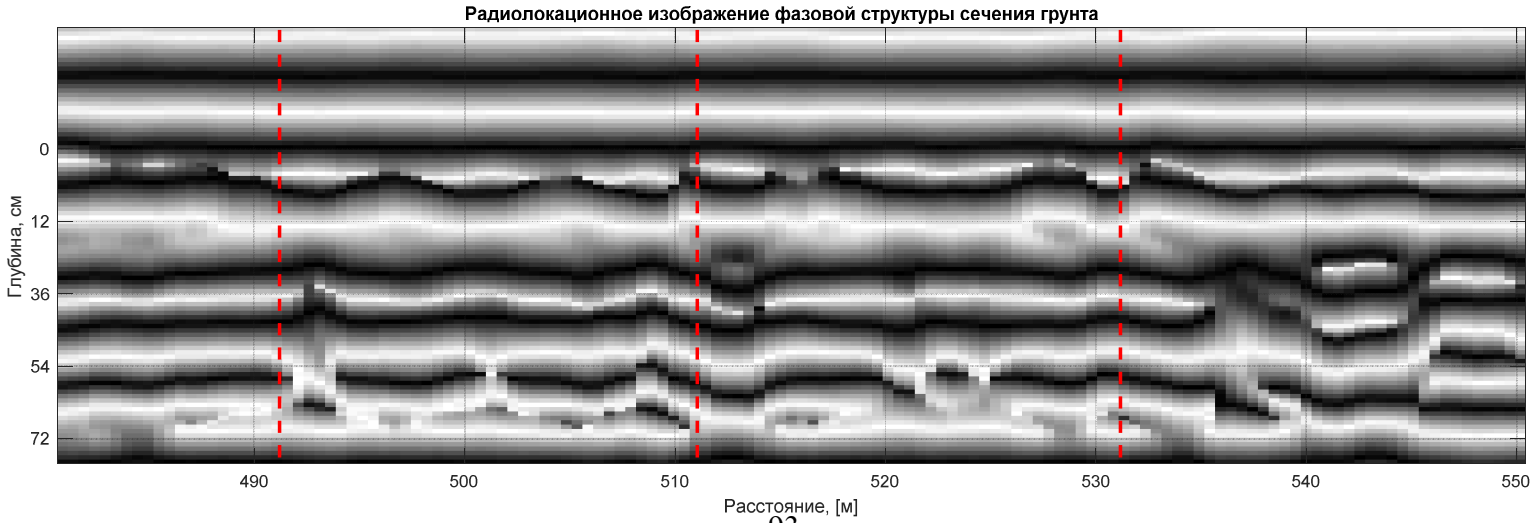




Пикет 5+10,6; Керн. РЛ данные.

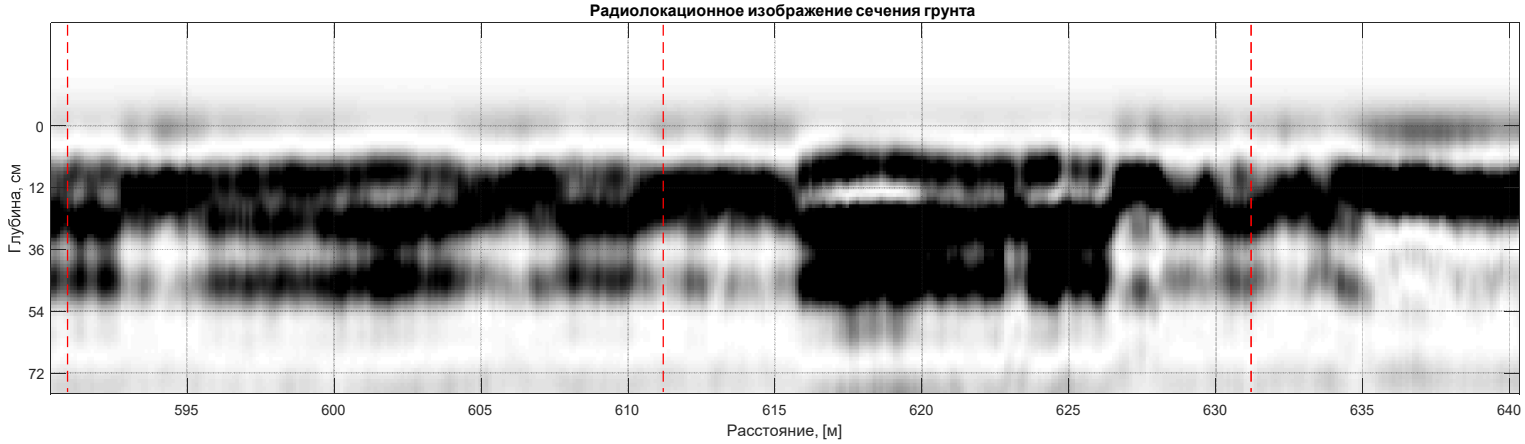
			Керн	РЛ данные
5+10	правая	асфальтобетон	13,0	12
		щебеночно-песчаная смесь	31,3	33

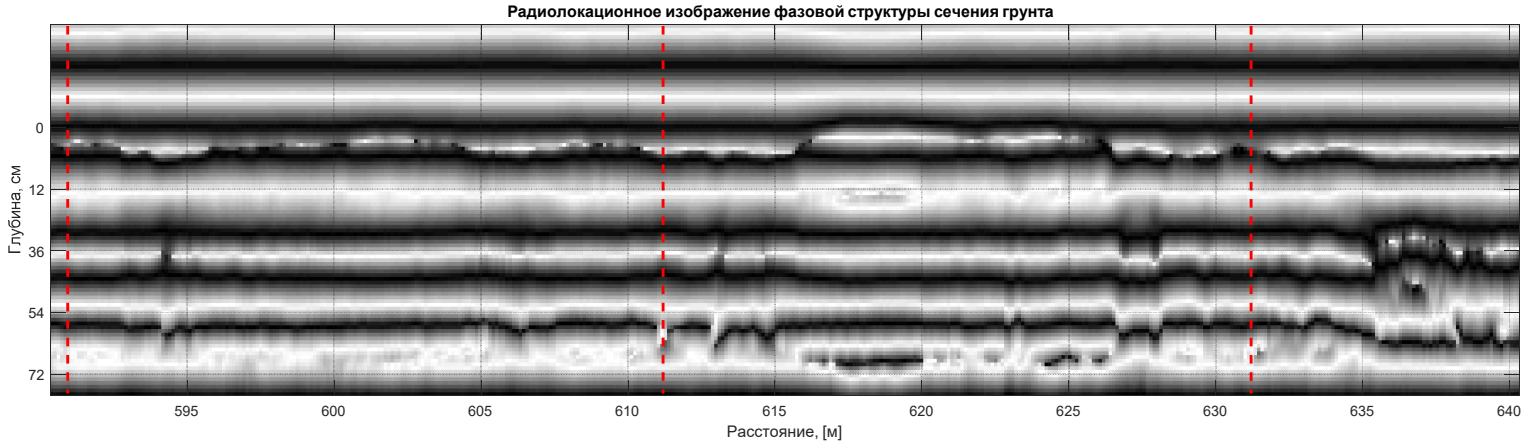




Пикет 6+54; Керн не предоставлен. Только РЛ данные.

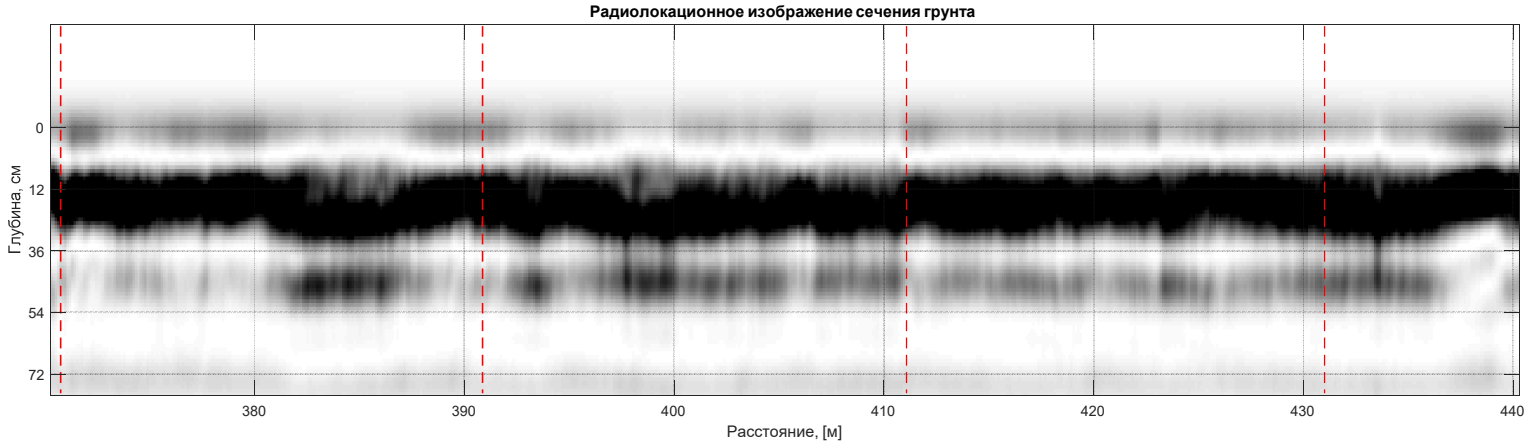
6+54	левая	асфальтобетон	РЛ данные 11,5
		щебеночно-песчаная смесь	33





Пикет 4+30; Керн. РЛ данные.

			Керн	РЛ данные
4+30	левая	асфальтобетон	11,0	11,0
		щебеночно-песчаная смесь	26,0	28



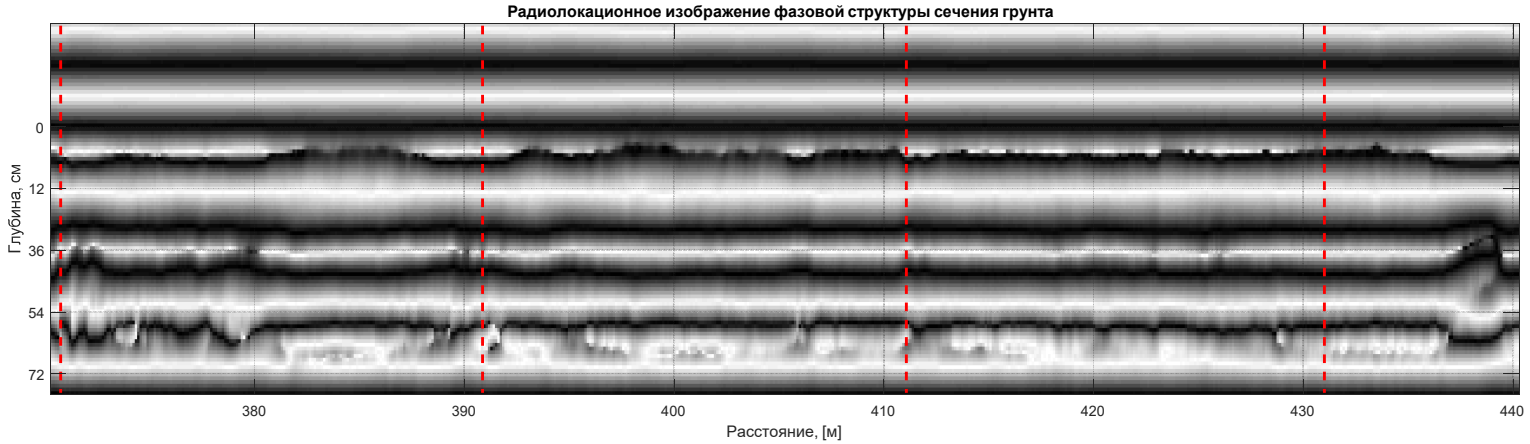


Таблица 2. Толщина слоев дорожной одежды с шагом 1м

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
1	0.000	0.106	0.229	0.249
2	0.975	0.106	0.225	0.258
3	1.962	0.105	0.200	0.237
4	2.997	0.104	0.186	0.215
5	4.015	0.105	0.197	0.233
6	4.959	0.105	0.205	0.249
7	5.983	0.105	0.220	0.276
8	6.981	0.105	0.239	0.315
9	8.010	0.105	0.255	0.329
10	8.958	0.105	0.257	0.333
11	9.995	0.104	0.257	0.301
12	10.956	0.104	0.271	0.281
13	11.994	0.105	0.275	0.288
14	12.972	0.105	0.279	0.288
15	13.968	0.105	0.252	0.268
16	15.000	0.105	0.225	0.249
17	15.955	0.105	0.219	0.232
18	16.953	0.104	0.226	0.229
19	17.981	0.105	0.246	0.233
20	18.996	0.105	0.242	0.237
21	19.994	0.105	0.250	0.259
22	21.015	0.104	0.241	0.242
23	21.976	0.103	0.225	0.224
24	22.969	0.103	0.242	0.250
25	23.955	0.103	0.255	0.251
26	24.984	0.101	0.238	0.237
27	25.976	0.099	0.222	0.225
28	26.998	0.100	0.201	0.205
29	28.003	0.100	0.190	0.190
30	28.951	0.101	0.178	0.179
31	29.985	0.103	0.173	0.176
32	30.979	0.105	0.169	0.175
33	31.973	0.104	0.167	0.177
34	33.004	0.104	0.167	0.183
35	34.008	0.104	0.161	0.187
36	34.987	0.103	0.158	0.188
37	35.997	0.104	0.160	0.187
38	37.004	0.105	0.156	0.181
39	37.967	0.106	0.159	0.183
40	38.951	0.106	0.165	0.182
41	39.962	0.105	0.168	0.182
42	40.973	0.105	0.171	0.182
43	41.986	0.104	0.173	0.179
44	42.991	0.104	0.171	0.176
45	43.977	0.104	0.177	0.192
46	44.981	0.105	0.203	0.225
47	45.967	0.105	0.225	0.256
48	46.972	0.105	0.257	0.271
49	48.006	0.106	0.292	0.296
50	49.015	0.105	0.296	0.292
51	49.979	0.106	0.297	0.294

Первая точка соответствует пикету 0+40
Шаг данных примерно 1 метр (выбраны сканы максимально приближенные к разметке данного шага)

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
52	50.972	0.105	0.273	0.272
53	51.979	0.105	0.243	0.253
54	53.014	0.104	0.211	0.226
55	53.968	0.103	0.194	0.199
56	54.991	0.103	0.198	0.200
57	55.986	0.103	0.223	0.225
58	56.974	0.104	0.251	0.251
59	57.969	0.104	0.259	0.252
60	58.963	0.104	0.255	0.239
61	59.953	0.104	0.263	0.263
62	61.004	0.104	0.258	0.269
63	61.987	0.104	0.245	0.269
64	62.967	0.105	0.241	0.283
65	63.963	0.104	0.247	0.277
66	64.965	0.105	0.241	0.263
67	65.953	0.104	0.223	0.244
68	67.009	0.104	0.230	0.235
69	67.951	0.104	0.205	0.205
70	69.013	0.103	0.187	0.194
71	69.978	0.103	0.189	0.185
72	70.962	0.104	0.188	0.186
73	71.972	0.104	0.187	0.188
74	72.955	0.103	0.189	0.188
75	73.977	0.102	0.178	0.176
76	74.955	0.102	0.178	0.176
77	76.008	0.102	0.176	0.177
78	77.005	0.102	0.194	0.198
79	77.990	0.103	0.194	0.195
80	78.955	0.103	0.197	0.192
81	79.954	0.103	0.199	0.201
82	80.996	0.104	0.213	0.222
83	81.994	0.104	0.218	0.240
84	82.969	0.104	0.229	0.252
85	84.007	0.103	0.223	0.264
86	84.988	0.104	0.230	0.277
87	85.997	0.104	0.237	0.271
88	86.953	0.105	0.235	0.277
89	87.997	0.105	0.216	0.264
90	88.973	0.105	0.214	0.245
91	89.977	0.104	0.206	0.213
92	91.000	0.104	0.217	0.208
93	91.993	0.105	0.249	0.232
94	92.962	0.105	0.271	0.255
95	93.952	0.106	0.272	0.265
96	94.955	0.106	0.262	0.270
97	95.991	0.105	0.261	0.264
98	96.990	0.105	0.261	0.259
99	97.971	0.104	0.272	0.296
100	99.010	0.104	0.283	0.292
101	100.001	0.105	0.294	0.306
102	100.990	0.105	0.293	0.311

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
103	101.971	0.104	0.291	0.285
104	103.005	0.104	0.292	0.282
105	103.956	0.103	0.273	0.261
106	104.987	0.103	0.262	0.242
107	105.951	0.103	0.267	0.244
108	106.991	0.104	0.268	0.261
109	107.996	0.106	0.279	0.283
110	108.995	0.107	0.283	0.306
111	109.993	0.109	0.280	0.325
112	110.974	0.110	0.273	0.338
113	111.953	0.110	0.271	0.337
114	113.003	0.110	0.267	0.338
115	113.949	0.109	0.265	0.337
116	114.992	0.108	0.264	0.335
117	115.984	0.108	0.264	0.334
118	116.996	0.108	0.271	0.330
119	118.000	0.108	0.277	0.328
120	118.982	0.107	0.283	0.331
121	119.980	0.106	0.260	0.311
122	120.963	0.105	0.243	0.298
123	121.958	0.105	0.243	0.298
124	122.960	0.105	0.236	0.296
125	123.975	0.106	0.245	0.314
126	124.983	0.107	0.266	0.335
127	125.956	0.108	0.266	0.338
128	126.995	0.109	0.265	0.342
129	127.962	0.110	0.271	0.338
130	129.004	0.109	0.275	0.338
131	129.986	0.108	0.265	0.332
132	130.970	0.107	0.234	0.303
133	131.971	0.105	0.209	0.269
134	132.997	0.103	0.182	0.231
135	133.951	0.103	0.167	0.205
136	135.004	0.103	0.205	0.223
137	135.982	0.105	0.226	0.252
138	136.950	0.107	0.242	0.270
139	137.991	0.107	0.261	0.280
140	138.969	0.107	0.252	0.292
141	139.986	0.106	0.245	0.254
142	141.012	0.104	0.251	0.232
143	141.987	0.104	0.246	0.219
144	142.990	0.104	0.236	0.173
145	143.956	0.102	0.231	0.158
146	144.953	0.101	0.220	0.149
147	145.967	0.101	0.231	0.162
148	146.959	0.101	0.253	0.191
149	147.991	0.103	0.272	0.225
150	148.950	0.105	0.281	0.264
151	149.991	0.107	0.288	0.306
152	151.006	0.109	0.275	0.321
153	151.974	0.110	0.264	0.335

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
154	152.992	0.110	0.262	0.337
155	153.969	0.109	0.262	0.337
156	154.982	0.109	0.260	0.340
157	155.983	0.109	0.259	0.341
158	156.996	0.109	0.258	0.342
159	157.974	0.109	0.253	0.334
160	158.979	0.108	0.250	0.304
161	159.955	0.108	0.247	0.297
162	161.007	0.108	0.248	0.296
163	161.977	0.108	0.251	0.294
164	163.007	0.110	0.257	0.325
165	163.993	0.111	0.261	0.338
166	164.968	0.111	0.262	0.337
167	165.978	0.110	0.259	0.306
168	167.008	0.109	0.252	0.271
169	167.993	0.108	0.248	0.249
170	168.989	0.108	0.245	0.247
171	169.995	0.108	0.247	0.259
172	170.988	0.109	0.256	0.296
173	171.958	0.111	0.262	0.324
174	172.957	0.112	0.265	0.333
175	173.989	0.112	0.267	0.333
176	174.986	0.112	0.264	0.335
177	175.998	0.111	0.266	0.331
178	177.015	0.108	0.275	0.321
179	177.961	0.107	0.284	0.309
180	178.979	0.105	0.288	0.280
181	179.968	0.104	0.276	0.241
182	181.004	0.104	0.262	0.209
183	181.987	0.103	0.242	0.181
184	182.952	0.103	0.224	0.155
185	183.993	0.103	0.227	0.155
186	185.006	0.104	0.234	0.191
187	185.972	0.105	0.248	0.229
188	186.963	0.105	0.264	0.259
189	187.984	0.106	0.281	0.295
190	188.960	0.105	0.296	0.296
191	189.996	0.105	0.305	0.285
192	190.969	0.105	0.308	0.275
193	192.006	0.103	0.286	0.248
194	192.962	0.104	0.278	0.238
195	193.995	0.104	0.273	0.243
196	194.994	0.105	0.267	0.258
197	196.005	0.105	0.274	0.278
198	197.004	0.106	0.269	0.264
199	197.967	0.106	0.261	0.268
200	198.962	0.107	0.258	0.273
201	199.954	0.107	0.257	0.276
202	200.965	0.109	0.263	0.322
203	201.968	0.111	0.264	0.337
204	202.995	0.111	0.261	0.340

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
205	204.003	0.110	0.256	0.324
206	204.999	0.110	0.252	0.325
207	206.008	0.109	0.249	0.326
208	207.015	0.109	0.247	0.326
209	207.984	0.110	0.249	0.342
210	208.965	0.110	0.250	0.339
211	210.000	0.111	0.250	0.338
212	210.984	0.111	0.253	0.340
213	211.979	0.111	0.254	0.333
214	212.993	0.111	0.253	0.328
215	213.958	0.110	0.257	0.324
216	214.981	0.108	0.252	0.284
217	216.012	0.106	0.244	0.235
218	216.991	0.105	0.253	0.225
219	217.980	0.104	0.247	0.191
220	218.950	0.103	0.239	0.176
221	219.967	0.103	0.253	0.189
222	221.006	0.102	0.267	0.209
223	222.017	0.102	0.248	0.183
224	222.968	0.102	0.250	0.184
225	223.963	0.103	0.247	0.177
226	224.984	0.103	0.246	0.186
227	225.986	0.104	0.256	0.215
228	226.951	0.104	0.275	0.255
229	227.997	0.105	0.298	0.288
230	228.949	0.104	0.301	0.295
231	230.003	0.104	0.305	0.292
232	230.979	0.104	0.310	0.285
233	231.992	0.104	0.312	0.286
234	232.970	0.104	0.311	0.291
235	233.981	0.104	0.312	0.289
236	234.974	0.104	0.313	0.287
237	235.994	0.104	0.312	0.282
238	236.985	0.104	0.295	0.255
239	237.979	0.103	0.278	0.232
240	238.957	0.103	0.278	0.232
241	239.996	0.103	0.275	0.235
242	240.981	0.104	0.286	0.248
243	241.997	0.105	0.313	0.279
244	242.963	0.105	0.311	0.281
245	243.966	0.104	0.310	0.271
246	244.992	0.104	0.304	0.279
247	245.981	0.105	0.299	0.287
248	246.969	0.105	0.295	0.294
249	247.966	0.107	0.291	0.316
250	248.969	0.107	0.290	0.319
251	249.976	0.107	0.289	0.323
252	250.954	0.108	0.287	0.319
253	251.967	0.107	0.288	0.311
254	252.962	0.106	0.292	0.298
255	253.994	0.106	0.292	0.287

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
256	254.964	0.105	0.295	0.278
257	256.006	0.105	0.298	0.272
258	256.993	0.105	0.299	0.274
259	257.980	0.104	0.302	0.277
260	258.955	0.105	0.303	0.285
261	259.990	0.105	0.300	0.295
262	260.954	0.106	0.299	0.303
263	262.002	0.106	0.299	0.304
264	263.005	0.105	0.297	0.303
265	264.007	0.105	0.296	0.295
266	264.971	0.104	0.295	0.294
267	265.991	0.104	0.295	0.295
268	266.958	0.105	0.294	0.295
269	267.971	0.106	0.289	0.308
270	268.965	0.107	0.286	0.320
271	269.987	0.107	0.278	0.319
272	271.003	0.107	0.261	0.313
273	271.999	0.106	0.263	0.317
274	272.960	0.105	0.264	0.318
275	273.950	0.105	0.262	0.314
276	274.965	0.106	0.283	0.330
277	275.964	0.106	0.283	0.327
278	276.999	0.107	0.283	0.323
279	277.993	0.107	0.284	0.324
280	278.951	0.106	0.287	0.321
281	279.982	0.105	0.284	0.330
282	280.961	0.105	0.285	0.331
283	281.968	0.104	0.288	0.325
284	282.992	0.105	0.287	0.325
285	283.977	0.105	0.289	0.319
286	284.971	0.105	0.290	0.311
287	286.002	0.106	0.288	0.312
288	286.967	0.106	0.289	0.304
289	287.990	0.106	0.290	0.300
290	289.012	0.107	0.289	0.305
291	289.993	0.106	0.291	0.299
292	290.969	0.106	0.293	0.295
293	292.005	0.106	0.292	0.296
294	292.997	0.105	0.293	0.288
295	294.002	0.105	0.294	0.281
296	294.962	0.105	0.294	0.278
297	295.952	0.105	0.287	0.268
298	296.950	0.105	0.283	0.263
299	297.985	0.106	0.284	0.265
300	299.000	0.107	0.281	0.276
301	299.988	0.107	0.285	0.293
302	300.964	0.107	0.290	0.308
303	301.950	0.107	0.286	0.315
304	302.966	0.106	0.286	0.319
305	303.968	0.106	0.287	0.319
306	304.996	0.106	0.284	0.325

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
307	305.975	0.105	0.284	0.327
308	306.989	0.106	0.284	0.330
309	307.972	0.105	0.283	0.329
310	308.954	0.105	0.282	0.326
311	309.996	0.106	0.280	0.327
312	310.977	0.106	0.281	0.332
313	311.966	0.107	0.283	0.338
314	312.993	0.109	0.285	0.341
315	313.967	0.108	0.266	0.316
316	314.970	0.107	0.258	0.303
317	316.005	0.106	0.257	0.293
318	316.998	0.105	0.255	0.282
319	317.968	0.106	0.269	0.292
320	318.963	0.106	0.286	0.308
321	319.980	0.106	0.282	0.311
322	321.006	0.106	0.279	0.315
323	321.986	0.105	0.275	0.320
324	322.988	0.106	0.275	0.319
325	323.969	0.105	0.280	0.313
326	324.962	0.105	0.265	0.287
327	325.987	0.105	0.237	0.252
328	326.959	0.105	0.240	0.255
329	328.002	0.105	0.240	0.263
330	328.969	0.106	0.255	0.285
331	329.963	0.107	0.281	0.322
332	331.008	0.107	0.287	0.316
333	331.976	0.107	0.288	0.311
334	333.000	0.107	0.284	0.313
335	333.954	0.106	0.284	0.290
336	334.960	0.109	0.270	0.291
337	336.002	0.107	0.248	0.265
338	336.952	0.104	0.231	0.239
339	337.994	0.102	0.212	0.225
340	338.957	0.098	0.205	0.192
341	339.951	0.099	0.218	0.209
342	340.990	0.101	0.224	0.205
343	341.982	0.102	0.229	0.201
344	342.983	0.103	0.229	0.202
345	344.016	0.103	0.213	0.179
346	345.009	0.102	0.213	0.185
347	345.971	0.102	0.218	0.193
348	346.973	0.102	0.230	0.237
349	348.012	0.103	0.230	0.246
350	348.972	0.103	0.231	0.258
351	349.996	0.103	0.223	0.261
352	350.998	0.101	0.206	0.230
353	351.956	0.100	0.198	0.224
354	352.966	0.099	0.196	0.216
355	353.969	0.098	0.199	0.211
356	354.961	0.100	0.205	0.205
357	355.972	0.101	0.211	0.203

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
358	356.956	0.102	0.215	0.202
359	357.973	0.104	0.219	0.201
360	358.952	0.104	0.224	0.200
361	359.967	0.105	0.229	0.213
362	360.952	0.106	0.240	0.247
363	361.954	0.108	0.250	0.281
364	363.009	0.107	0.243	0.300
365	364.008	0.106	0.235	0.307
366	364.960	0.103	0.214	0.273
367	365.969	0.103	0.210	0.266
368	366.992	0.106	0.222	0.283
369	367.992	0.109	0.226	0.293
370	368.958	0.113	0.246	0.326
371	369.956	0.115	0.250	0.341
372	370.997	0.115	0.250	0.341
373	371.980	0.113	0.234	0.317
374	372.958	0.111	0.235	0.304
375	373.956	0.108	0.223	0.281
376	374.982	0.105	0.213	0.247
377	375.971	0.105	0.223	0.243
378	377.005	0.103	0.219	0.220
379	378.009	0.104	0.220	0.203
380	378.989	0.104	0.228	0.218
381	379.996	0.104	0.230	0.212
382	380.950	0.105	0.231	0.235
383	382.009	0.107	0.237	0.242
384	382.981	0.107	0.235	0.229
385	383.975	0.106	0.230	0.211
386	384.955	0.105	0.235	0.197
387	385.991	0.104	0.251	0.201
388	386.950	0.104	0.269	0.221
389	387.953	0.103	0.269	0.222
390	388.957	0.103	0.258	0.226
391	390.003	0.102	0.248	0.229
392	390.999	0.101	0.223	0.231
393	391.955	0.101	0.238	0.275
394	392.951	0.102	0.259	0.313
395	393.963	0.105	0.262	0.330
396	394.994	0.108	0.274	0.354
397	395.959	0.109	0.272	0.356
398	396.973	0.110	0.267	0.356
399	397.973	0.109	0.267	0.361
400	398.993	0.107	0.253	0.329
401	399.996	0.107	0.237	0.299
402	400.954	0.106	0.224	0.273
403	401.989	0.105	0.218	0.249
404	402.988	0.103	0.214	0.237
405	403.960	0.102	0.215	0.223
406	404.962	0.103	0.221	0.217
407	405.987	0.104	0.212	0.214
408	406.967	0.105	0.215	0.215

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
409	407.983	0.106	0.239	0.244
410	408.974	0.105	0.253	0.255
411	409.956	0.104	0.278	0.259
412	410.953	0.105	0.286	0.269
413	411.969	0.104	0.241	0.253
414	412.972	0.104	0.231	0.255
415	413.991	0.105	0.214	0.254
416	414.995	0.107	0.215	0.278
417	415.983	0.110	0.246	0.297
418	416.956	0.111	0.247	0.301
419	417.962	0.109	0.241	0.286
420	419.006	0.107	0.234	0.253
421	419.960	0.105	0.230	0.238
422	421.003	0.103	0.227	0.228
423	422.008	0.104	0.228	0.234
424	422.986	0.105	0.230	0.252
425	423.987	0.104	0.227	0.243
426	424.961	0.103	0.225	0.227
427	425.955	0.104	0.226	0.226
428	426.998	0.106	0.233	0.239
429	427.991	0.107	0.227	0.250
430	428.995	0.107	0.220	0.243
431	430.001	0.107	0.220	0.229
432	430.963	0.105	0.214	0.200
433	431.999	0.106	0.221	0.183
434	433.006	0.108	0.238	0.191
435	433.988	0.109	0.244	0.219
436	434.970	0.109	0.255	0.250
437	435.986	0.109	0.254	0.242
438	436.991	0.107	0.235	0.234
439	437.974	0.107	0.236	0.252
440	438.961	0.107	0.232	0.245
441	439.975	0.106	0.225	0.234
442	441.002	0.106	0.233	0.236
443	441.975	0.106	0.248	0.232
444	442.989	0.104	0.237	0.190
445	444.014	0.103	0.221	0.177
446	444.958	0.103	0.209	0.181
447	446.003	0.104	0.196	0.188
448	446.977	0.104	0.208	0.199
449	447.979	0.102	0.216	0.206
450	448.998	0.101	0.233	0.208
451	449.971	0.102	0.245	0.216
452	450.974	0.102	0.211	0.205
453	451.963	0.104	0.200	0.203
454	452.979	0.104	0.191	0.200
455	453.968	0.104	0.171	0.178
456	454.992	0.104	0.194	0.186
457	455.949	0.103	0.198	0.180
458	456.955	0.103	0.205	0.180
459	457.999	0.104	0.220	0.189

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
460	458.984	0.104	0.198	0.178
461	459.973	0.103	0.193	0.183
462	460.965	0.105	0.207	0.214
463	461.977	0.105	0.217	0.229
464	462.956	0.105	0.228	0.233
465	463.969	0.105	0.247	0.234
466	465.003	0.105	0.266	0.238
467	466.004	0.105	0.263	0.244
468	466.958	0.106	0.267	0.275
469	467.990	0.106	0.258	0.298
470	468.956	0.106	0.226	0.276
471	469.964	0.105	0.198	0.247
472	470.985	0.104	0.181	0.204
473	471.961	0.104	0.177	0.179
474	472.992	0.104	0.176	0.178
475	473.954	0.102	0.175	0.180
476	474.980	0.102	0.173	0.182
477	476.004	0.101	0.166	0.187
478	476.976	0.100	0.167	0.190
479	477.966	0.101	0.159	0.197
480	478.994	0.102	0.179	0.239
481	479.985	0.104	0.196	0.271
482	480.953	0.108	0.222	0.305
483	482.001	0.109	0.255	0.335
484	482.958	0.109	0.253	0.311
485	483.988	0.108	0.258	0.298
486	485.001	0.107	0.258	0.296
487	485.989	0.105	0.234	0.277
488	486.957	0.104	0.205	0.272
489	487.960	0.103	0.205	0.278
490	488.998	0.106	0.207	0.281
491	489.975	0.108	0.226	0.295
492	490.963	0.110	0.258	0.323
493	491.992	0.111	0.260	0.334
494	492.954	0.109	0.265	0.335
495	493.967	0.106	0.266	0.336
496	494.960	0.105	0.232	0.306
497	495.986	0.102	0.211	0.277
498	496.980	0.105	0.205	0.273
499	497.979	0.108	0.212	0.272
500	498.973	0.110	0.238	0.276
501	499.984	0.111	0.241	0.288
502	500.966	0.108	0.225	0.258
503	501.984	0.107	0.231	0.239
504	502.966	0.105	0.224	0.219
505	503.954	0.103	0.217	0.192
506	504.995	0.104	0.216	0.205
507	505.987	0.105	0.187	0.216
508	507.001	0.103	0.169	0.233
509	508.001	0.103	0.160	0.250
510	508.995	0.104	0.162	0.254

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
511	509.984	0.103	0.188	0.262
512	510.999	0.105	0.227	0.285
513	512.008	0.107	0.253	0.296
514	512.967	0.109	0.273	0.313
515	514.003	0.109	0.269	0.316
516	514.951	0.110	0.266	0.323
517	515.976	0.109	0.255	0.313
518	517.010	0.106	0.231	0.287
519	517.999	0.104	0.211	0.252
520	518.971	0.103	0.194	0.236
521	519.991	0.105	0.192	0.217
522	520.974	0.109	0.215	0.249
523	521.958	0.109	0.215	0.257
524	522.961	0.110	0.217	0.254
525	523.997	0.107	0.200	0.226
526	524.972	0.104	0.199	0.225
527	525.994	0.104	0.221	0.237
528	526.985	0.105	0.236	0.278
529	527.983	0.106	0.259	0.319
530	528.976	0.106	0.274	0.335
531	529.991	0.106	0.259	0.314
532	530.976	0.106	0.251	0.275
533	531.990	0.105	0.235	0.239
534	532.981	0.103	0.213	0.212
535	533.950	0.103	0.199	0.194
536	534.959	0.103	0.212	0.214
537	535.951	0.104	0.219	0.225
538	537.014	0.104	0.224	0.233
539	537.970	0.104	0.229	0.261
540	538.963	0.103	0.226	0.258
541	539.989	0.104	0.224	0.259
542	540.994	0.106	0.233	0.292
543	541.968	0.106	0.230	0.265
544	542.955	0.107	0.242	0.267
545	543.981	0.105	0.235	0.260
546	545.000	0.103	0.242	0.241
547	545.968	0.102	0.247	0.233
548	546.980	0.101	0.228	0.217
549	547.987	0.102	0.237	0.224
550	548.961	0.103	0.234	0.238
551	550.009	0.103	0.218	0.232
552	550.969	0.102	0.213	0.240
553	551.954	0.102	0.213	0.244
554	552.993	0.100	0.199	0.216
555	553.963	0.098	0.196	0.212
556	554.961	0.098	0.200	0.210
557	555.992	0.098	0.204	0.209
558	556.983	0.098	0.204	0.209
559	557.957	0.099	0.205	0.208
560	558.965	0.099	0.205	0.208
561	559.991	0.101	0.202	0.206

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
562	560.950	0.102	0.205	0.214
563	562.006	0.103	0.208	0.223
564	562.971	0.103	0.210	0.236
565	563.972	0.103	0.219	0.276
566	564.954	0.104	0.223	0.305
567	565.974	0.105	0.225	0.313
568	566.999	0.106	0.216	0.301
569	567.981	0.105	0.199	0.261
570	568.973	0.103	0.188	0.218
571	569.985	0.102	0.178	0.181
572	570.973	0.102	0.184	0.181
573	572.007	0.102	0.189	0.181
574	572.968	0.102	0.183	0.188
575	574.008	0.101	0.176	0.197
576	574.998	0.100	0.168	0.199
577	575.961	0.100	0.162	0.197
578	577.005	0.101	0.178	0.211
579	577.972	0.104	0.207	0.241
580	578.983	0.103	0.205	0.247
581	579.984	0.104	0.208	0.244
582	580.954	0.103	0.203	0.236
583	581.966	0.101	0.176	0.204
584	582.994	0.100	0.170	0.186
585	583.979	0.101	0.171	0.190
586	585.006	0.101	0.172	0.193
587	585.967	0.102	0.183	0.190
588	586.952	0.103	0.190	0.186
589	587.971	0.103	0.197	0.177
590	588.963	0.104	0.201	0.174
591	589.957	0.103	0.197	0.178
592	590.951	0.101	0.187	0.182
593	591.956	0.101	0.179	0.188
594	592.997	0.101	0.182	0.185
595	594.003	0.103	0.191	0.179
596	594.990	0.104	0.202	0.169
597	595.991	0.105	0.207	0.163
598	596.971	0.105	0.202	0.166
599	597.989	0.103	0.192	0.170
600	598.957	0.102	0.183	0.176
601	599.972	0.102	0.178	0.181
602	600.999	0.101	0.177	0.183
603	601.982	0.103	0.204	0.217
604	602.954	0.106	0.225	0.251
605	603.954	0.106	0.235	0.273
606	604.980	0.106	0.239	0.288
607	605.974	0.107	0.243	0.294
608	606.991	0.107	0.239	0.295
609	607.987	0.108	0.245	0.308
610	608.955	0.111	0.266	0.335
611	609.972	0.112	0.255	0.330
612	611.016	0.106	0.243	0.296

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
613	611.979	0.105	0.224	0.272
614	612.970	0.098	0.209	0.240
615	613.988	0.097	0.208	0.215
616	614.964	0.099	0.198	0.217
617	615.990	0.101	0.196	0.209
618	616.966	0.104	0.208	0.216
619	617.973	0.105	0.226	0.237
620	618.955	0.103	0.254	0.247
621	620.003	0.104	0.291	0.270
622	620.963	0.105	0.310	0.282
623	621.980	0.104	0.292	0.267
624	622.964	0.103	0.261	0.244
625	623.967	0.103	0.241	0.232
626	624.991	0.104	0.220	0.218
627	626.009	0.102	0.189	0.199
628	626.957	0.101	0.183	0.207
629	627.986	0.102	0.199	0.225
630	629.003	0.101	0.195	0.226
631	629.972	0.100	0.199	0.240
632	630.986	0.102	0.204	0.233
633	631.988	0.104	0.208	0.220
634	632.955	0.103	0.182	0.192
635	634.002	0.103	0.184	0.173
636	635.007	0.104	0.191	0.168
637	635.994	0.104	0.193	0.171
638	636.998	0.104	0.198	0.170
639	638.008	0.104	0.199	0.167
640	638.985	0.104	0.195	0.168
641	639.959	0.104	0.187	0.172
642	640.983	0.103	0.188	0.193
643	641.970	0.104	0.197	0.236
644	642.979	0.105	0.210	0.281
645	643.972	0.105	0.232	0.312
646	645.022	0.107	0.252	0.321
647	645.971	0.106	0.247	0.289
648	646.954	0.104	0.239	0.252
649	647.994	0.102	0.226	0.221
650	648.965	0.101	0.212	0.191
651	649.961	0.100	0.207	0.192
652	650.980	0.098	0.205	0.194
653	651.968	0.097	0.203	0.194
654	653.010	0.098	0.204	0.191
655	653.982	0.099	0.212	0.184
656	654.952	0.101	0.223	0.185
657	656.004	0.102	0.227	0.186
658	656.983	0.103	0.232	0.187
659	657.975	0.102	0.229	0.197
660	658.951	0.102	0.214	0.195
661	660.004	0.101	0.212	0.193
662	660.960	0.099	0.211	0.192
663	661.959	0.100	0.212	0.190

№	Дистанция [м]	Толщина слоя асфальтобетона [м]	Толщина слоя ЩПС [м]	Толщина слоя песка [м]
664	662.973	0.101	0.229	0.218
665	663.973	0.103	0.240	0.234
666	664.953	0.105	0.249	0.244
667	665.957	0.106	0.249	0.238
668	666.990	0.106	0.251	0.232
669	667.957	0.104	0.239	0.204
670	668.991	0.103	0.228	0.195
671	669.984	0.103	0.226	0.198
672	670.963	0.102	0.216	0.193
673	671.986	0.099	0.199	0.189
674	672.975	0.099	0.199	0.196
675	673.959	0.098	0.201	0.200
676	674.951	0.098	0.205	0.203
677	675.980	0.100	0.203	0.192
678	676.963	0.102	0.199	0.182
679	677.984	0.103	0.190	0.181
680	679.008	0.104	0.210	0.207
681	680.003	0.104	0.208	0.218
682	680.965	0.104	0.202	0.232
683	681.961	0.102	0.206	0.230
684	683.000	0.102	0.208	0.232
685	683.989	0.103	0.213	0.244
686	684.995	0.102	0.234	0.239
687	685.975	0.104	0.250	0.251
688	686.999	0.105	0.274	0.271
689	687.981	0.105	0.269	0.262
690	688.961	0.106	0.269	0.263
691	689.952	0.107	0.281	0.299
692	690.999	0.108	0.269	0.297
693	692.007	0.107	0.269	0.302
694	692.964	0.105	0.253	0.296
695	693.955	0.105	0.255	0.288
696	694.973	0.105	0.257	0.257
697	695.993	0.105	0.247	0.261

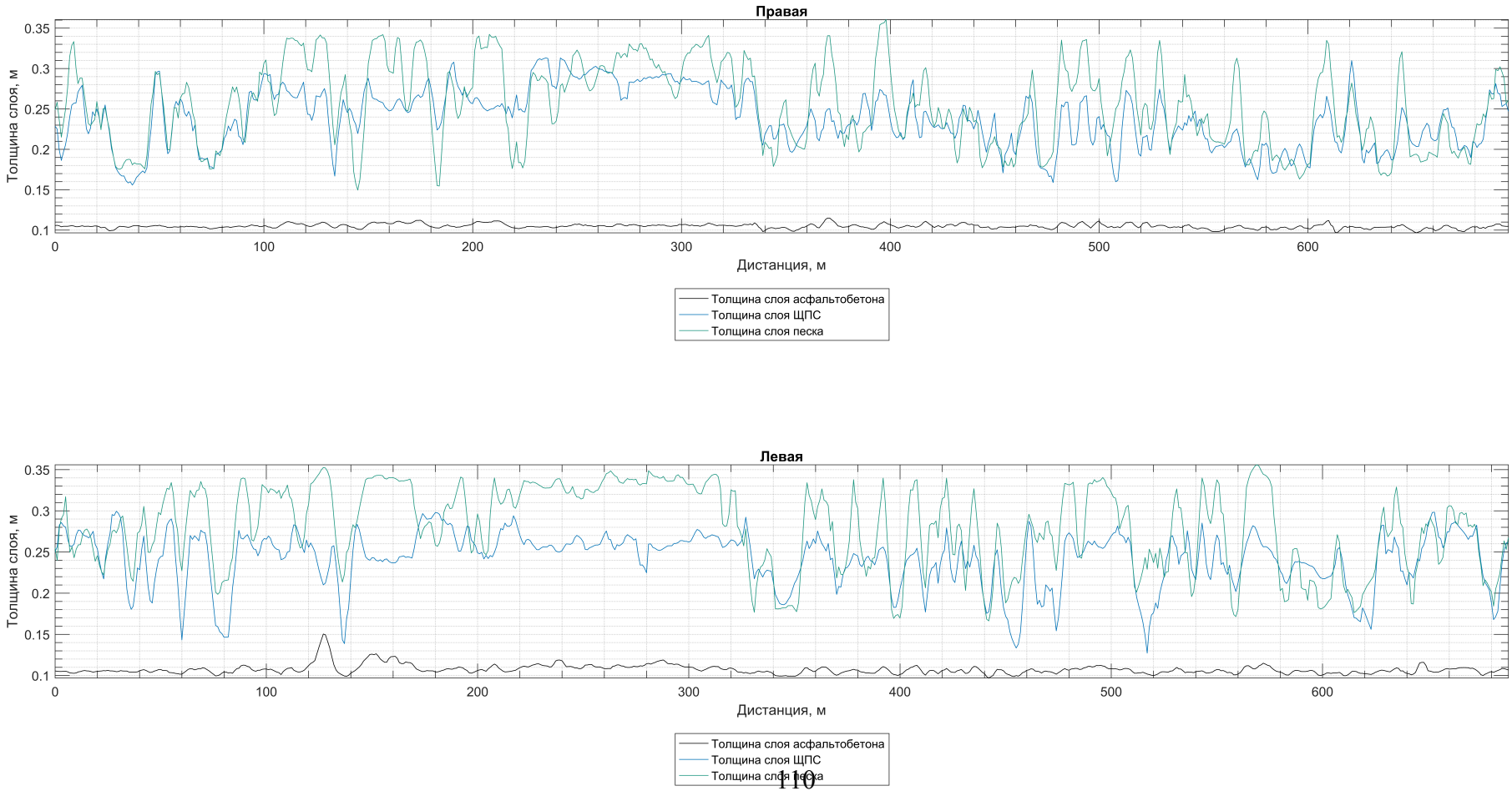


График 1. Распределение толщины слоев дорожной одежды по всей протяженности участка

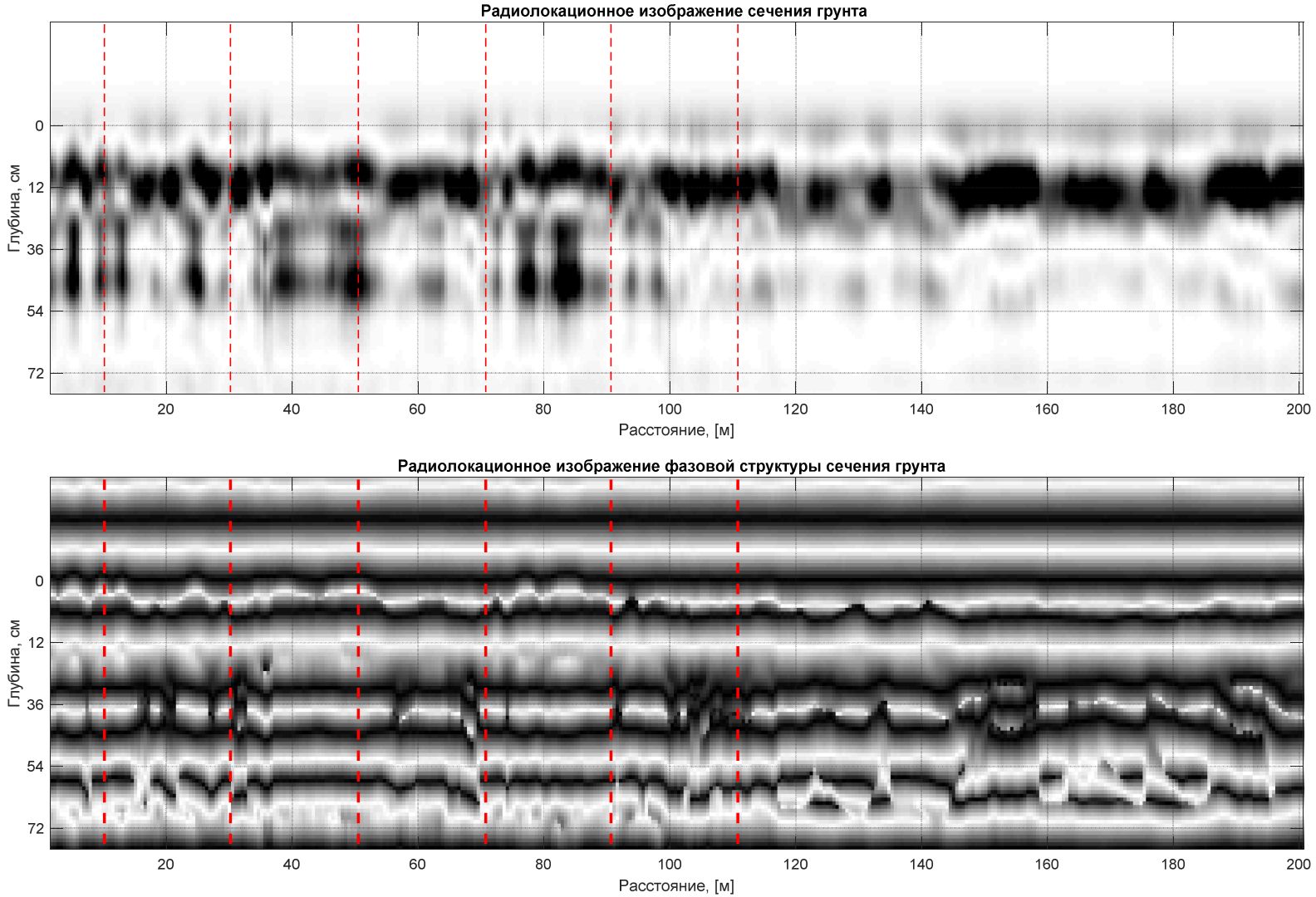
Таблица 3. Обнаруженные неоднородности

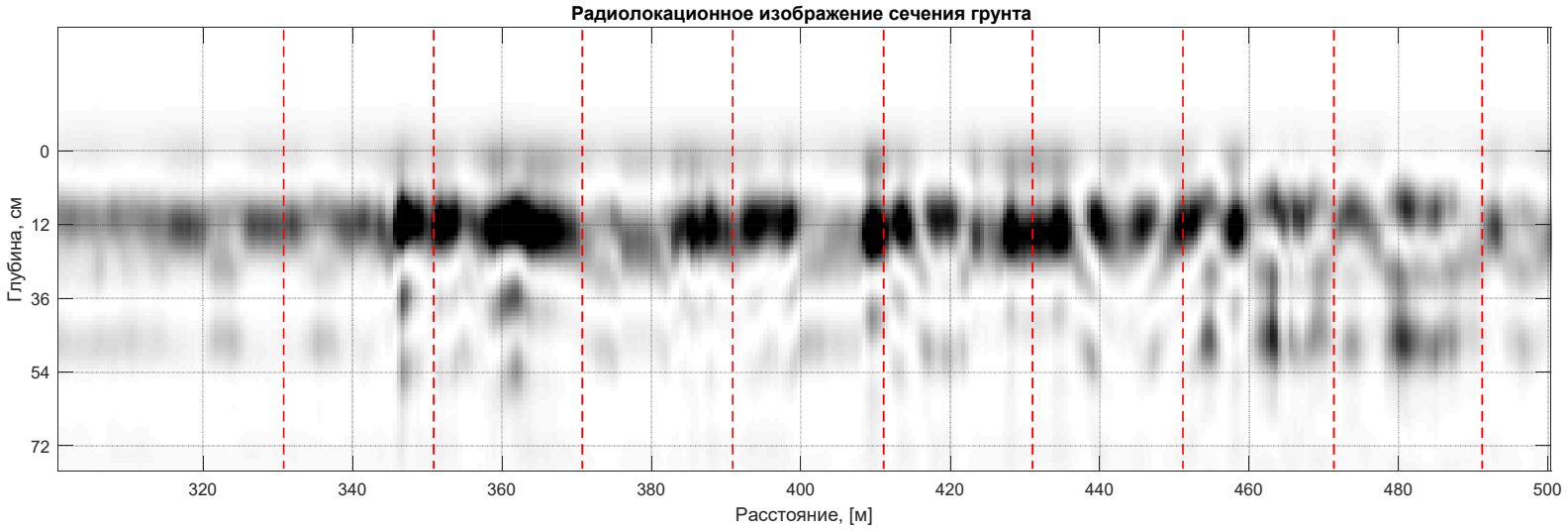
Результаты выявленных ослаблений (профиль №1 – правая полоса)						
№ п/п	ПК	Координаты		Наличие ослаблений (в т.ч. критерий обнаружения)	Глубина кровли неоднородности, м	Примечание
		X, м (центр)	Y, м			Протяженность зоны в горизонтальном направлении, м
1	1+30	100		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0,15-05	10
2	2+05	175		Зона уплотненного грунта в слое щебня и песка	0,2-0,4	10
3	3+87	357		Зона уплотненного грунта в слое щебня и песка	0,36-0,54	20 (в центральной части уплотнение меньше)
4	4+52	422		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0,15-0,5	15-20
5	4+75	445		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0,12-0,6	20-25
6	4+88	458		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0,14-0,55	3-4
7	5+72	542		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0,12-0,6	5-7
8	5+93	563		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0,12-0,5	10
9	6+52	622		Зона уплотненного грунта в слое щебня и песка	0,05-0,6	5
10	7+00	670		Зона уплотненного грунта в слое щебня и песка	0,2-0,6	30

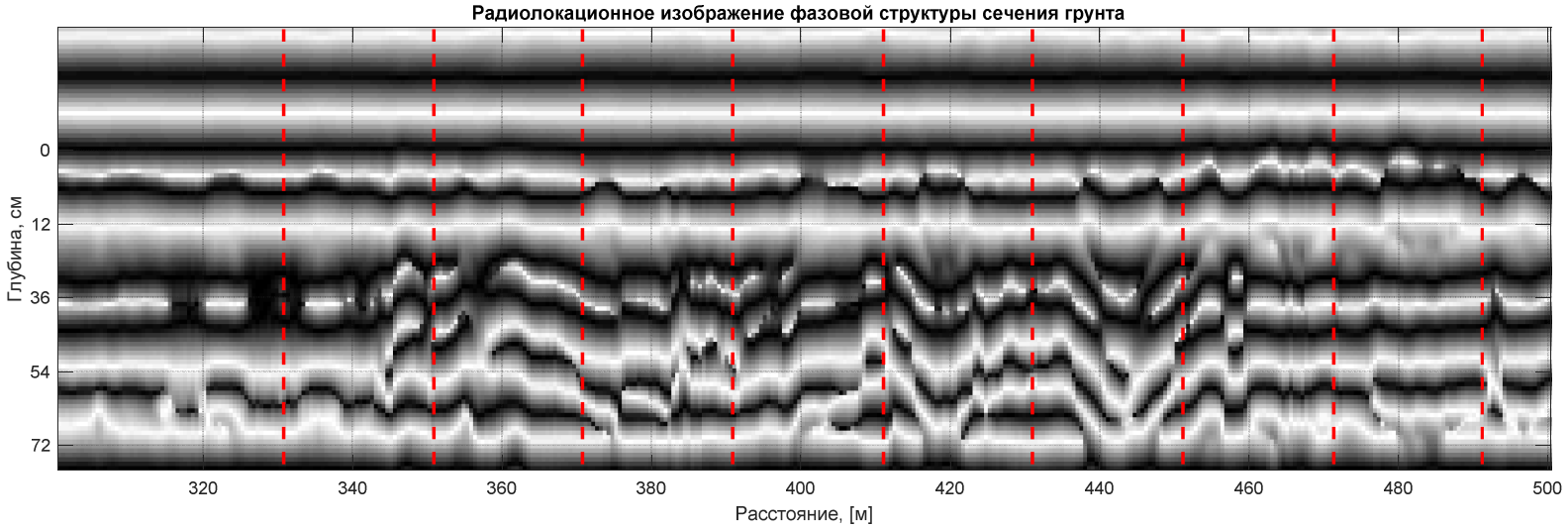
Результаты выявленных ослаблений (профиль №2 – левая полоса)						
№ п/п	ПК	Координаты		Наличие ослаблений (в т.ч. критерий обнаружения)	Глубина кровли неоднородности, м	Примечание
		X, м	Y, м			Протяженность зоны в горизонтальном направлении, м
1	0+65	35		Зона уплотненного грунта в слое щебня и песка	0,05-0,6	примерно 3
2	1+00	70		Зона уплотненного грунта в слое щебня и песка	0,12-0,6	примерно 8
3	1+85	155		Зона уплотненного грунта в слое щебня и песка	0,12-0,6	7-8
4	2+20	190		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка (часть зоны не определяется)	0,12-0,55	6
5	3+45	315		Зоны чередующегося разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0,1-0,55	29
6	4+74	444		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0,15-0,55	10
7	4+85	455		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0,15-0,55	15
8	5+20	490		Зона уплотненного грунта в слое щебня и песка	0,15-0,55	12
9	5+32	512		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0.3	2
10	5+48	518		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0.3	2
11	5+52	522		Зона разуплотненного грунта в слое щебня и песка	0.3	2
12	6+13	583		Зона разуплотненного грунта в слое асфальтобетона	0.05	10
13	6+32	612		Зона уплотненного грунта в слое асфальтобетона	0.05	5
14	6+50	620		Зона уплотненного грунта в слое асфальтобетона	0.05	7
15	6+72	642		Зона уплотненного грунта в слое асфальтобетона	0.05	10
16	7+12	682		Зона уплотненного грунта в слое асфальтобетона	0.05	12

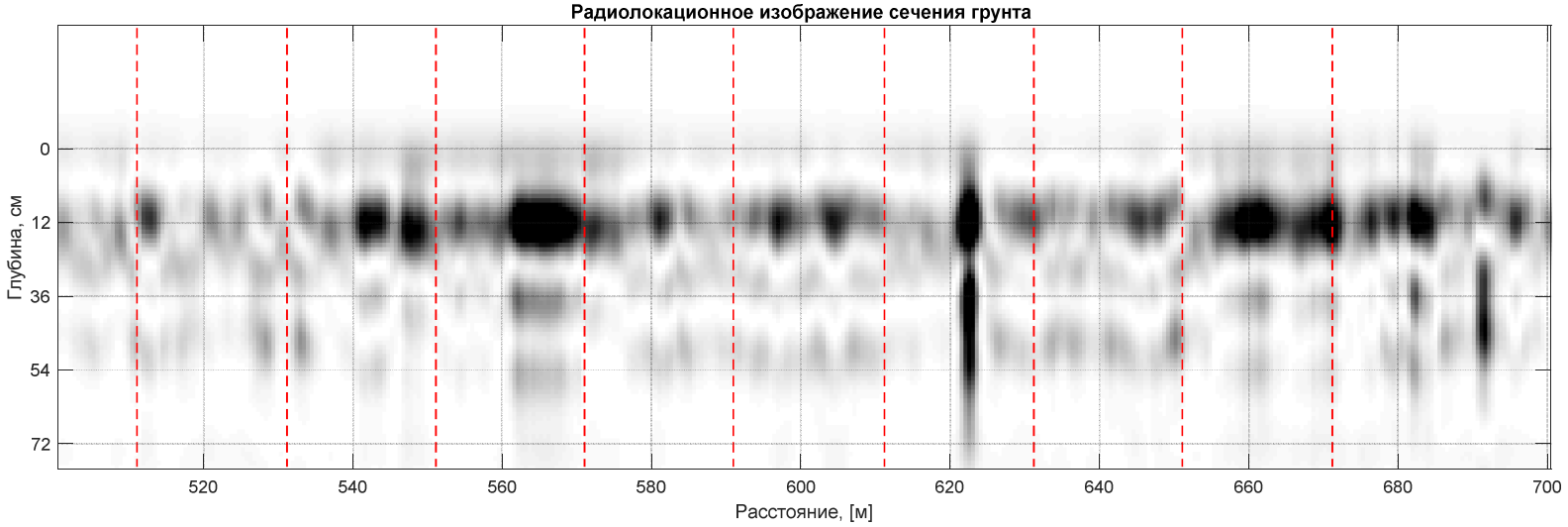
1-3 зоны просматривается как на правой, так и на левой полосе со смещением около 90м, то есть они пересекаются под углом менее 5-10 град.

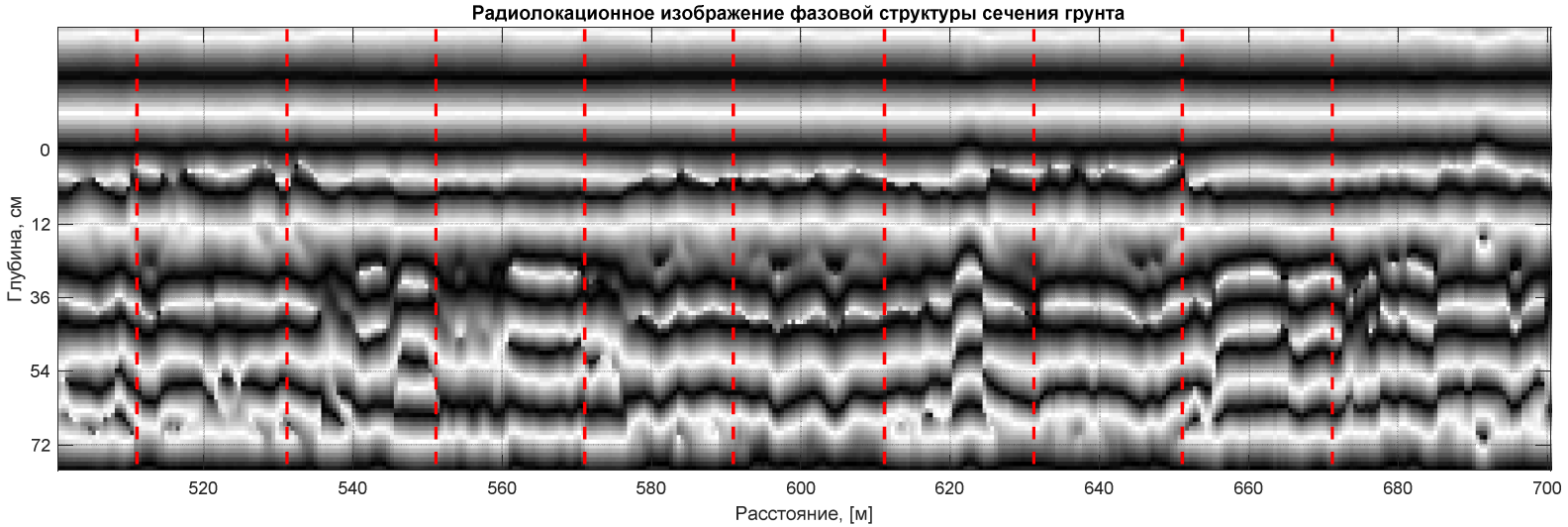
Профиль №1 (правая полоса)




Радиолокационное изображение сечения грунта
Глубина, см
0
12
36
54
72
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
Расстояние, [м]

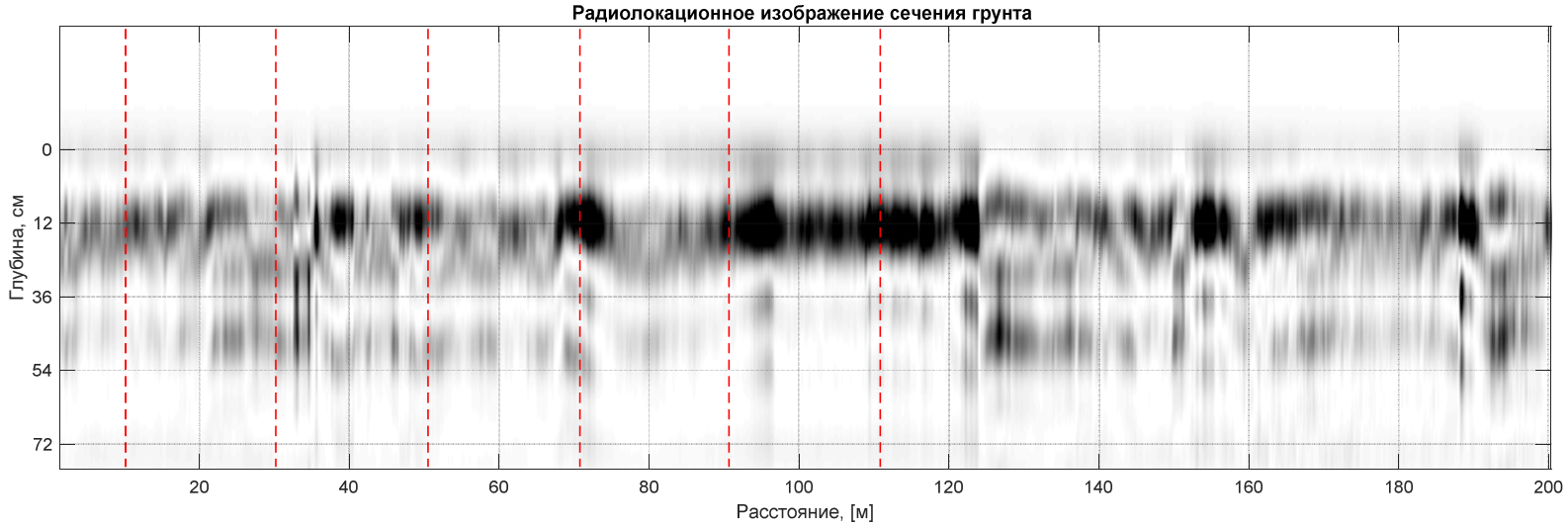

Радиолокационное изображение фазовой структуры сечения грунта
Глубина, см
0
12
36
54
72
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
Расстояние, [м]

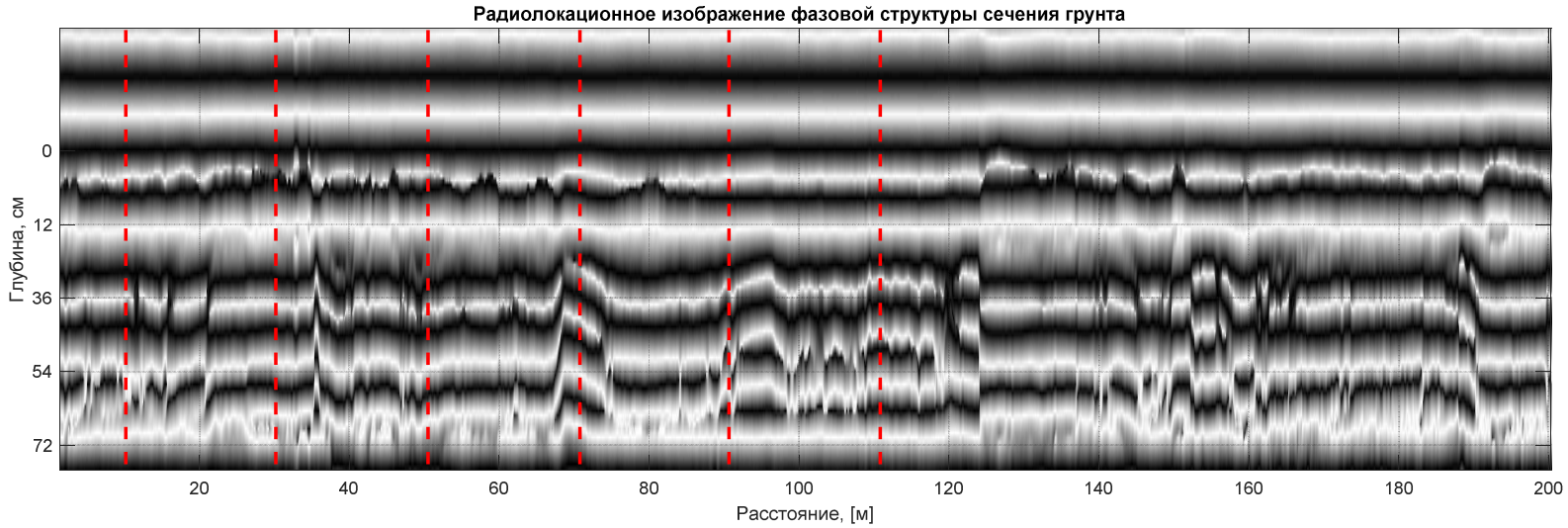

Радиолокационное изображение сечения грунта
Глубина, см
0
12
36
54
72
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
Расстояние, [м]

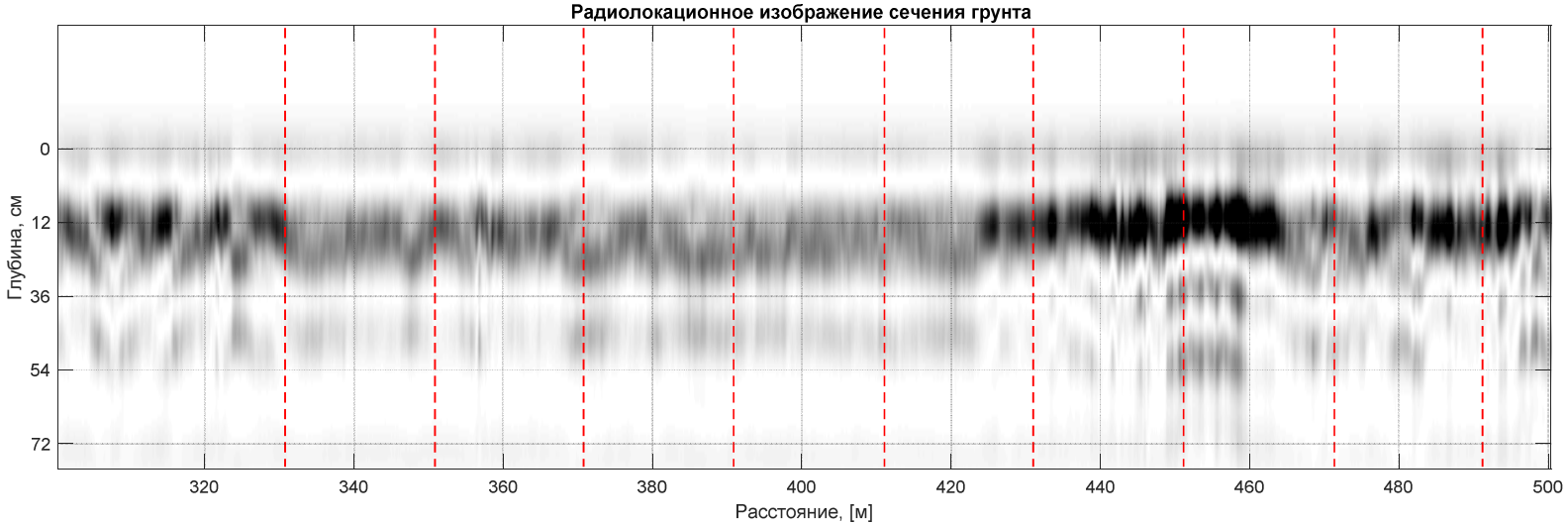

Радиолокационное изображение фазовой структуры сечения грунта
Глубина, см
0
12
36
54
72
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
Расстояние, [м]

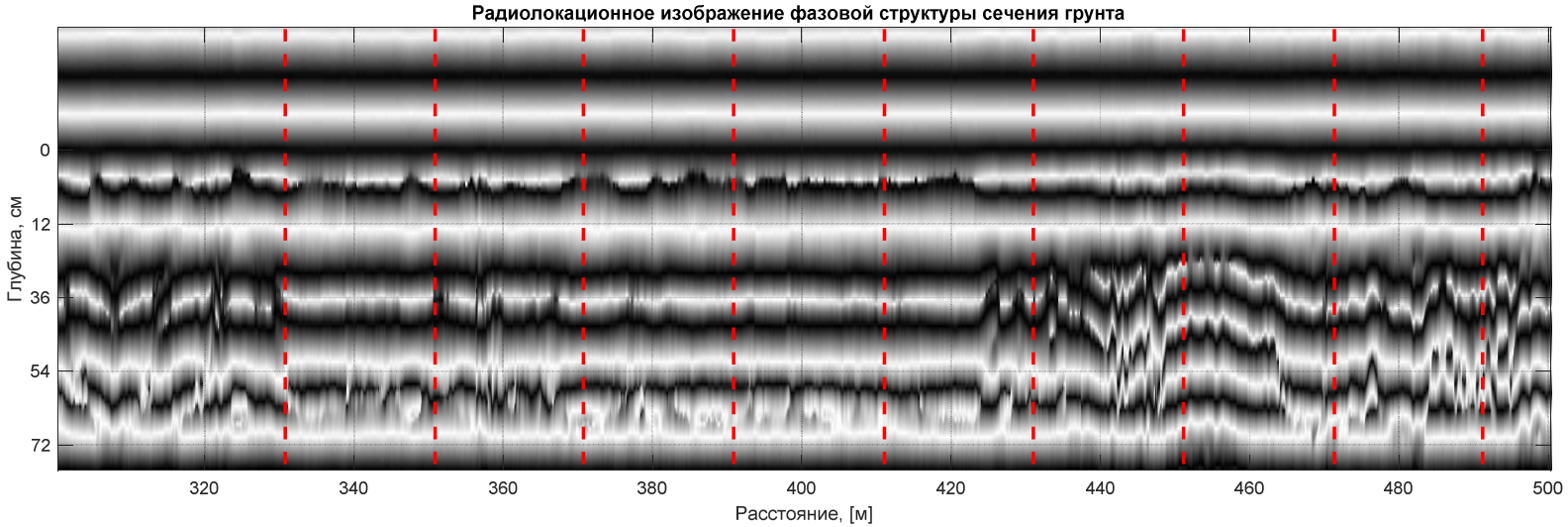
Обнаруженные неоднородности (см. таблицу 3.2)

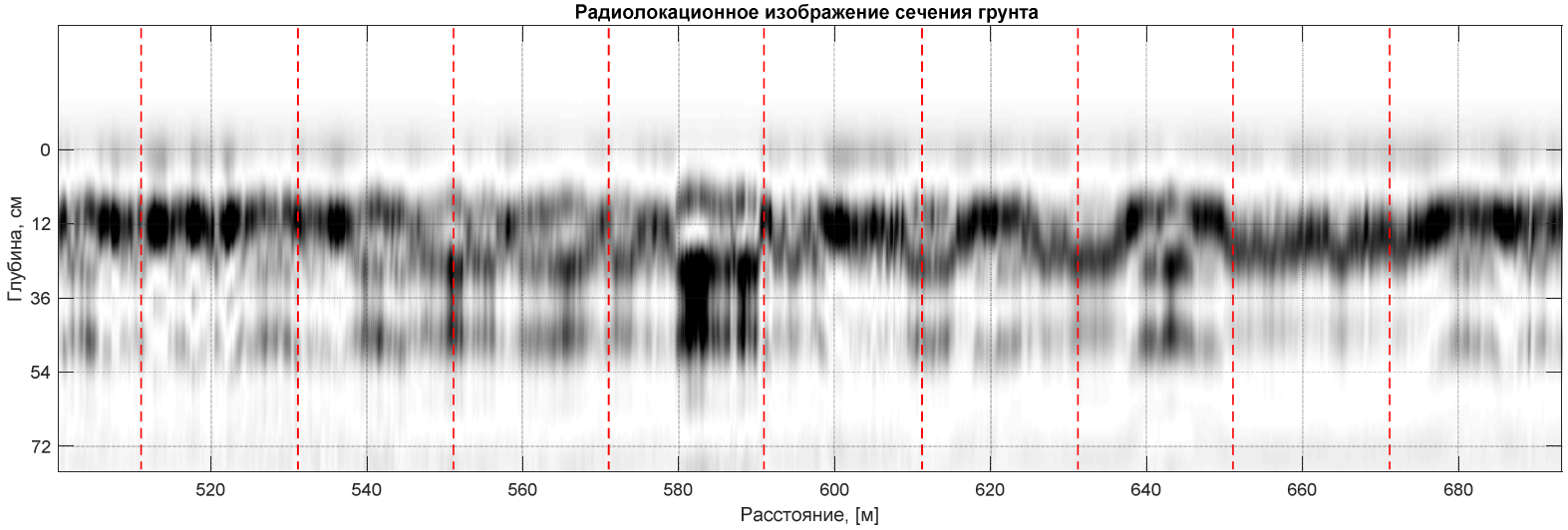
Профиль №2 (левая полоса)

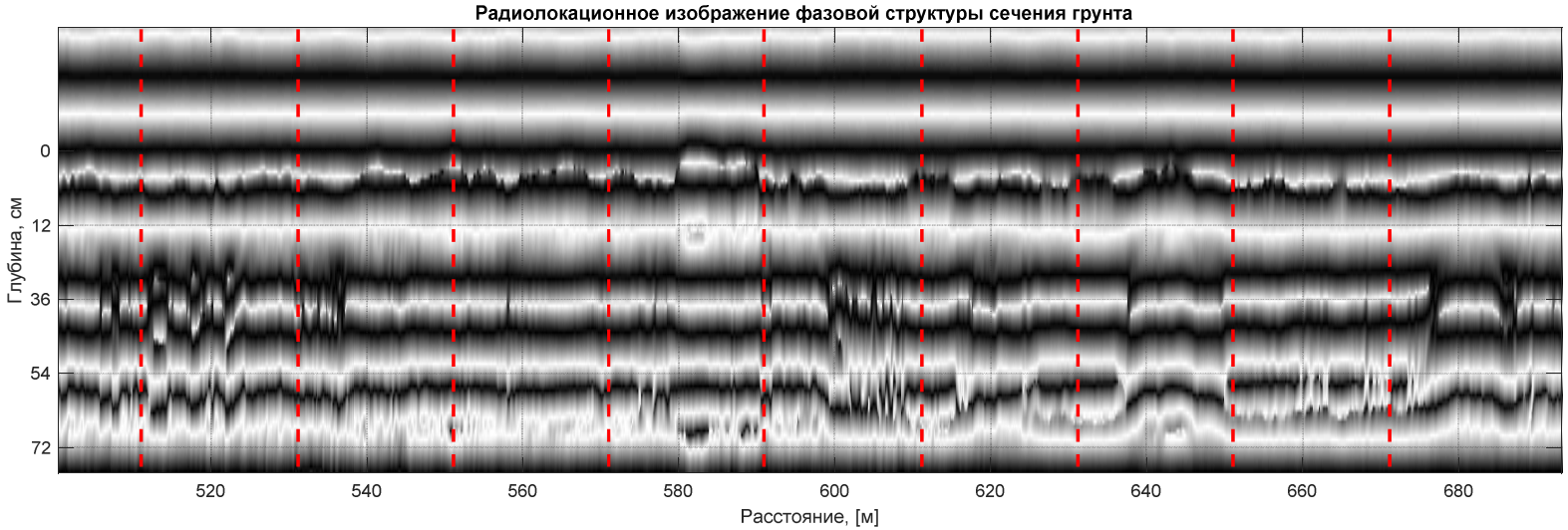




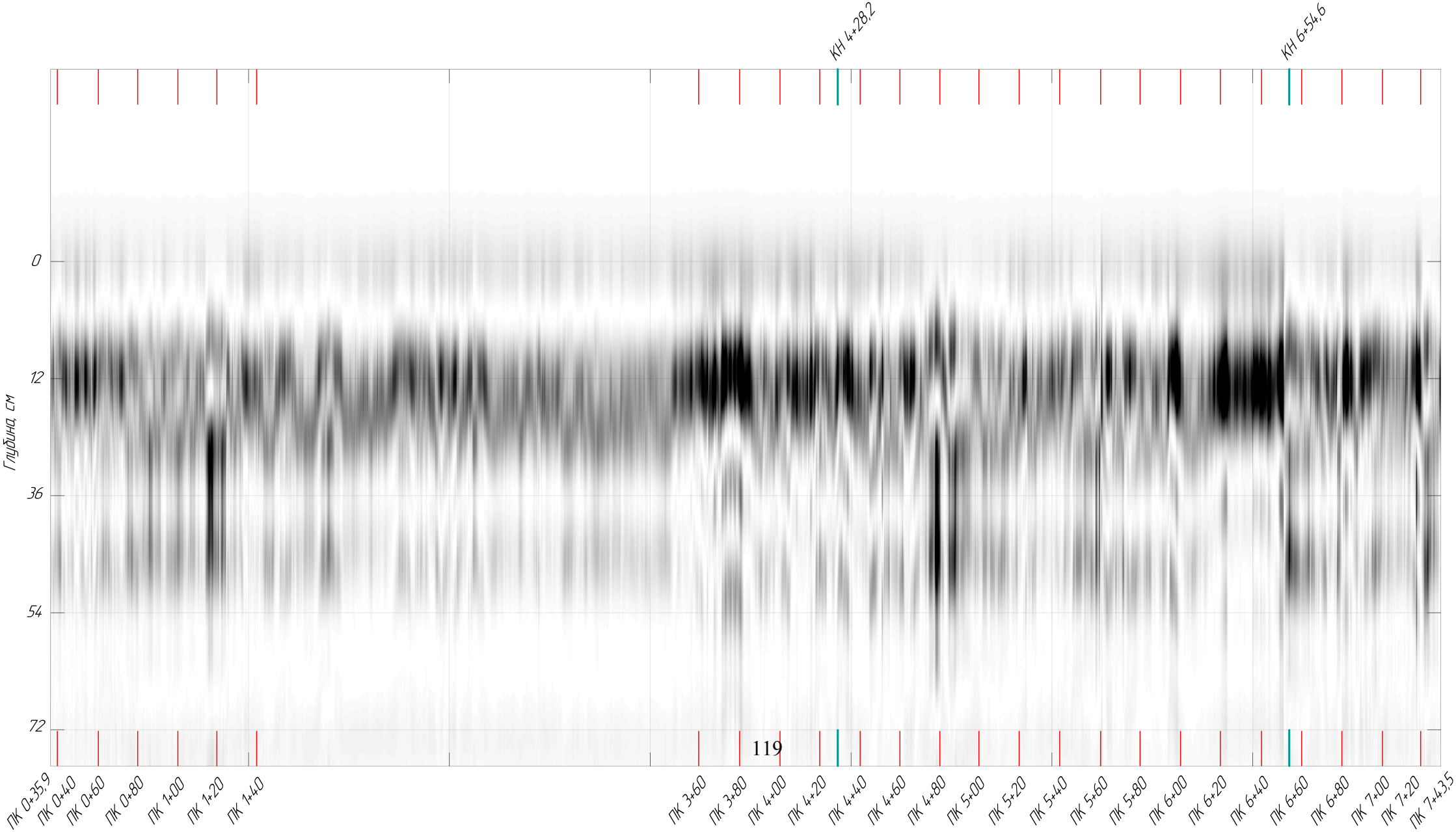

Радиолокационное изображение сечения грунта
Глубина, см
0
12
36
54
72
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
Расстояние, [м]


Радиолокационное изображение фазовой структуры сечения грунта
Глубина, см
0
12
36
54
72
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
Расстояние, [м]

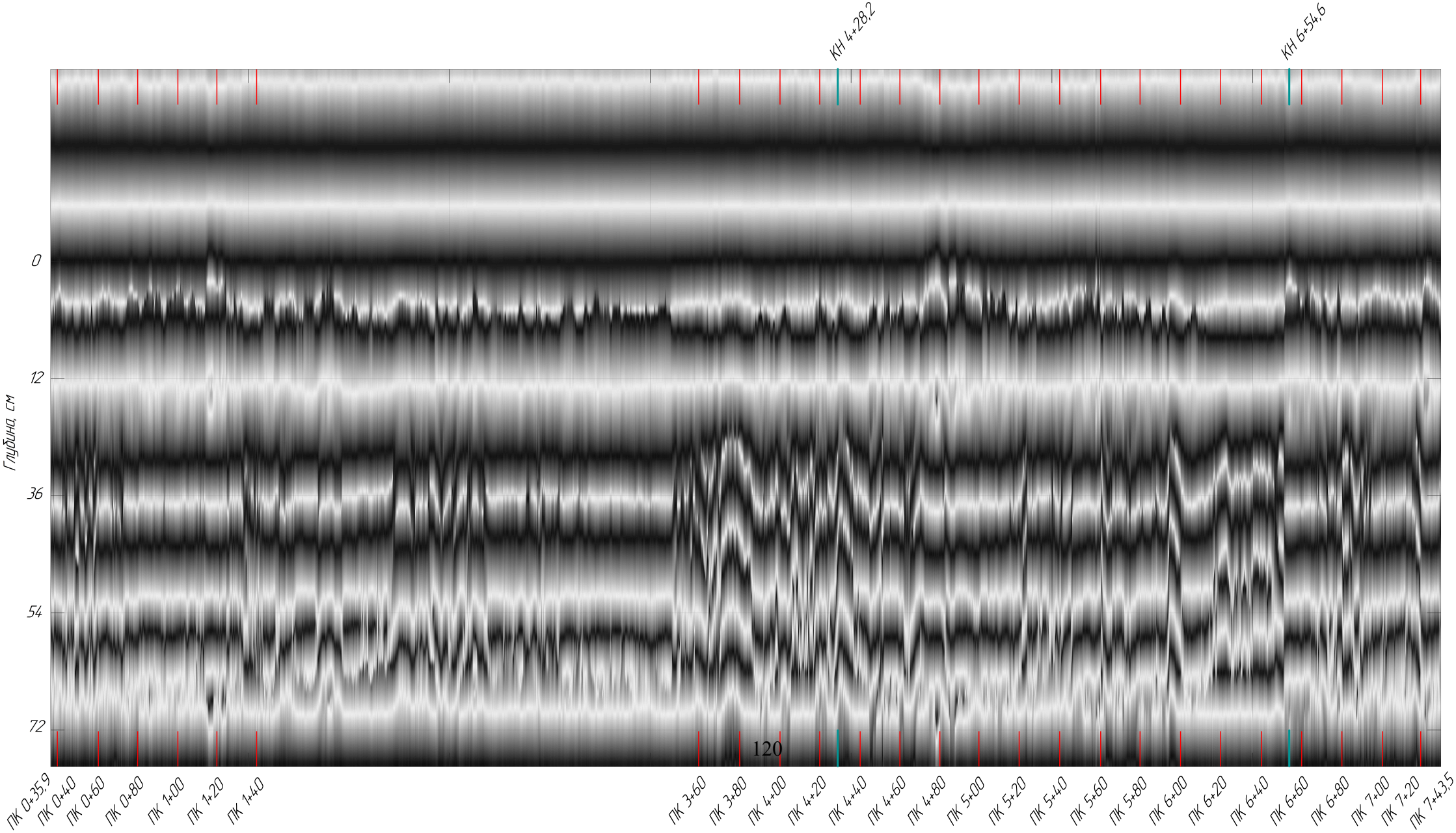

Радиолокационное изображение сечения грунта
Глубина, см
0
12
36
54
72
520
540
560
580
600
620
640
660
680
Расстояние, [м]


Радиолокационное изображение фазовой структуры сечения грунта
Глубина, см
0
12
36
54
72
520
540
560
580
600
620
640
660
680
Расстояние, [м]

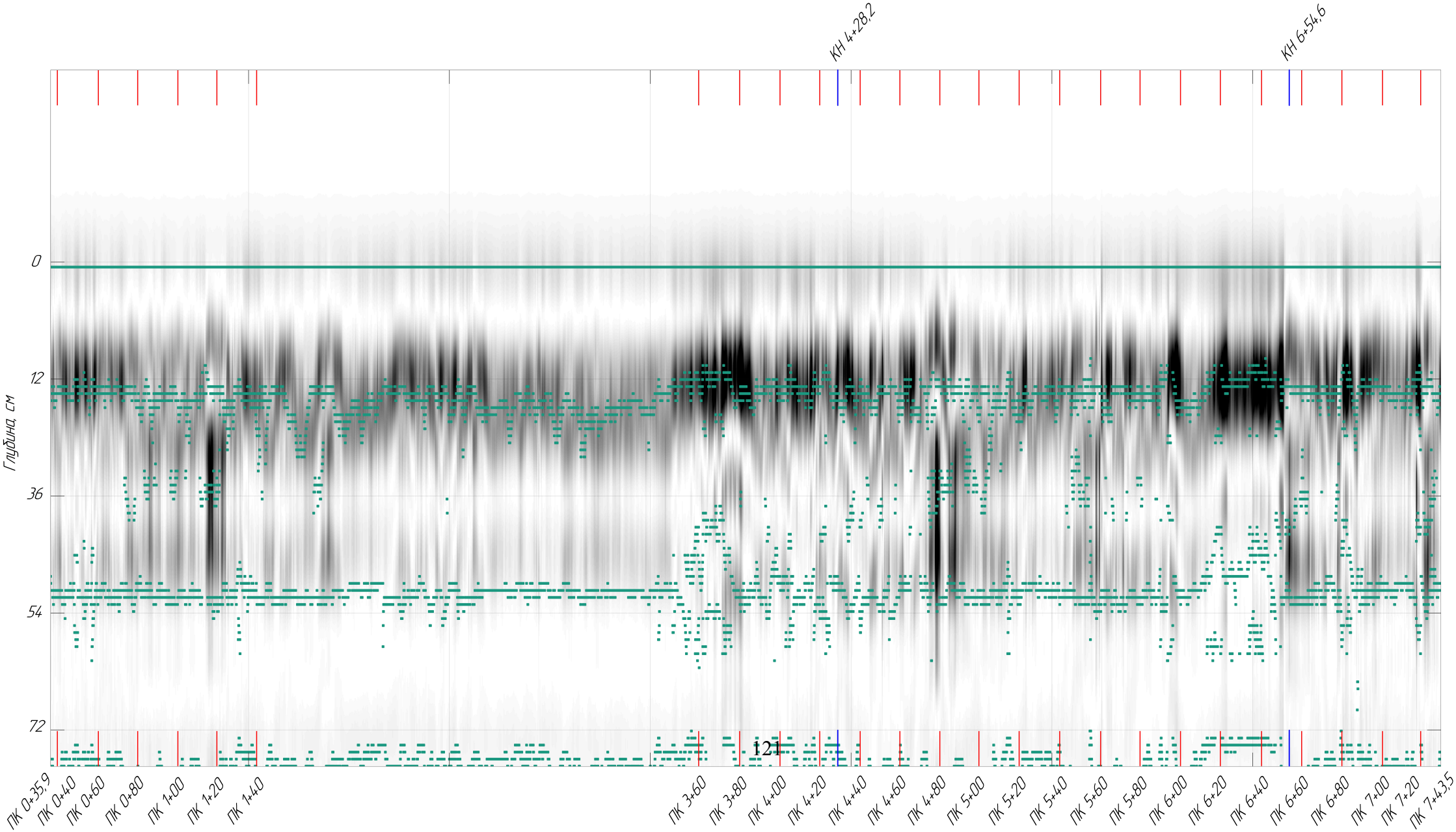
Радиолокационное изображение сечения грунта



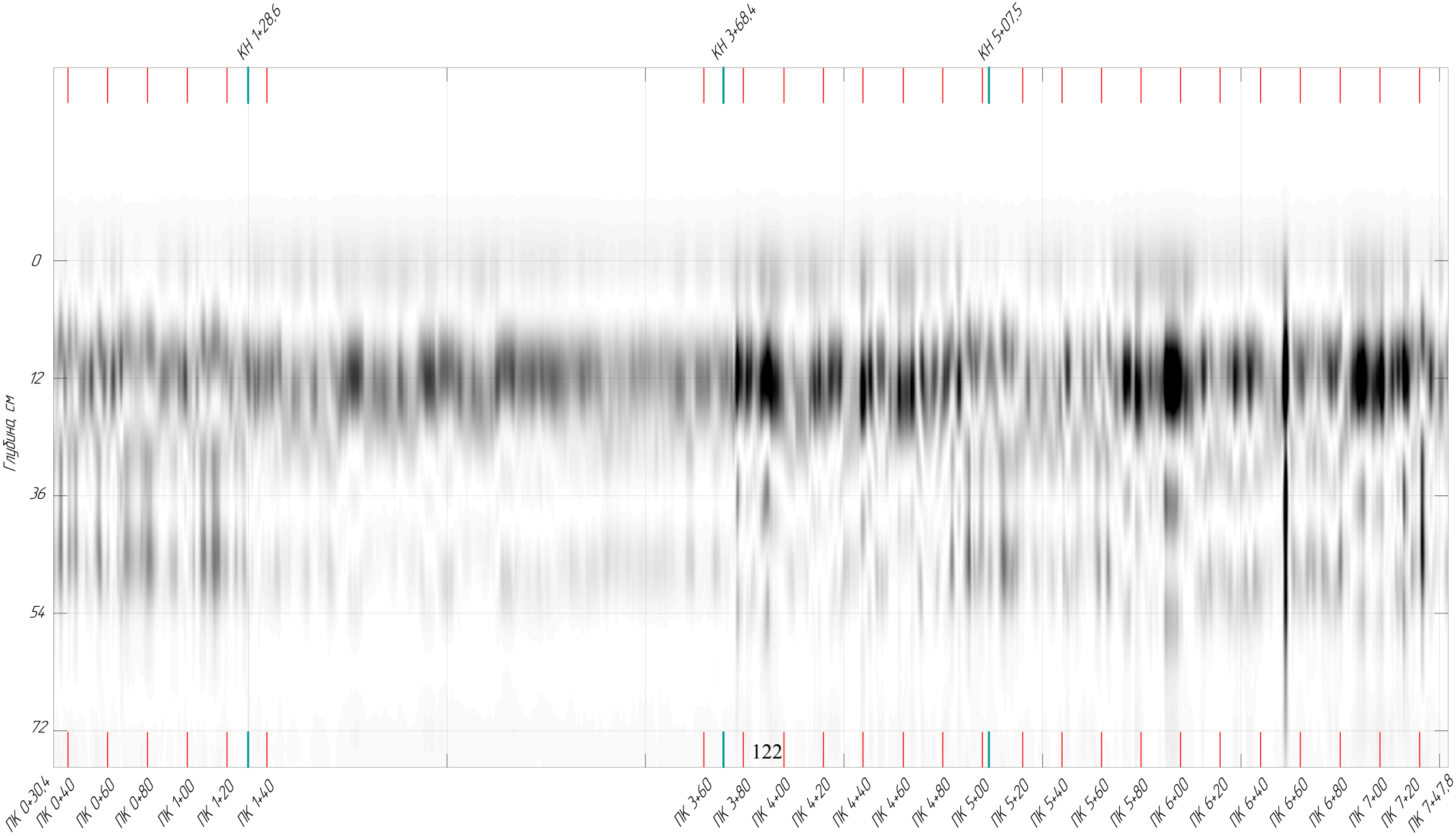
Радиолокационное изображение фазовой структуры сечения грунта



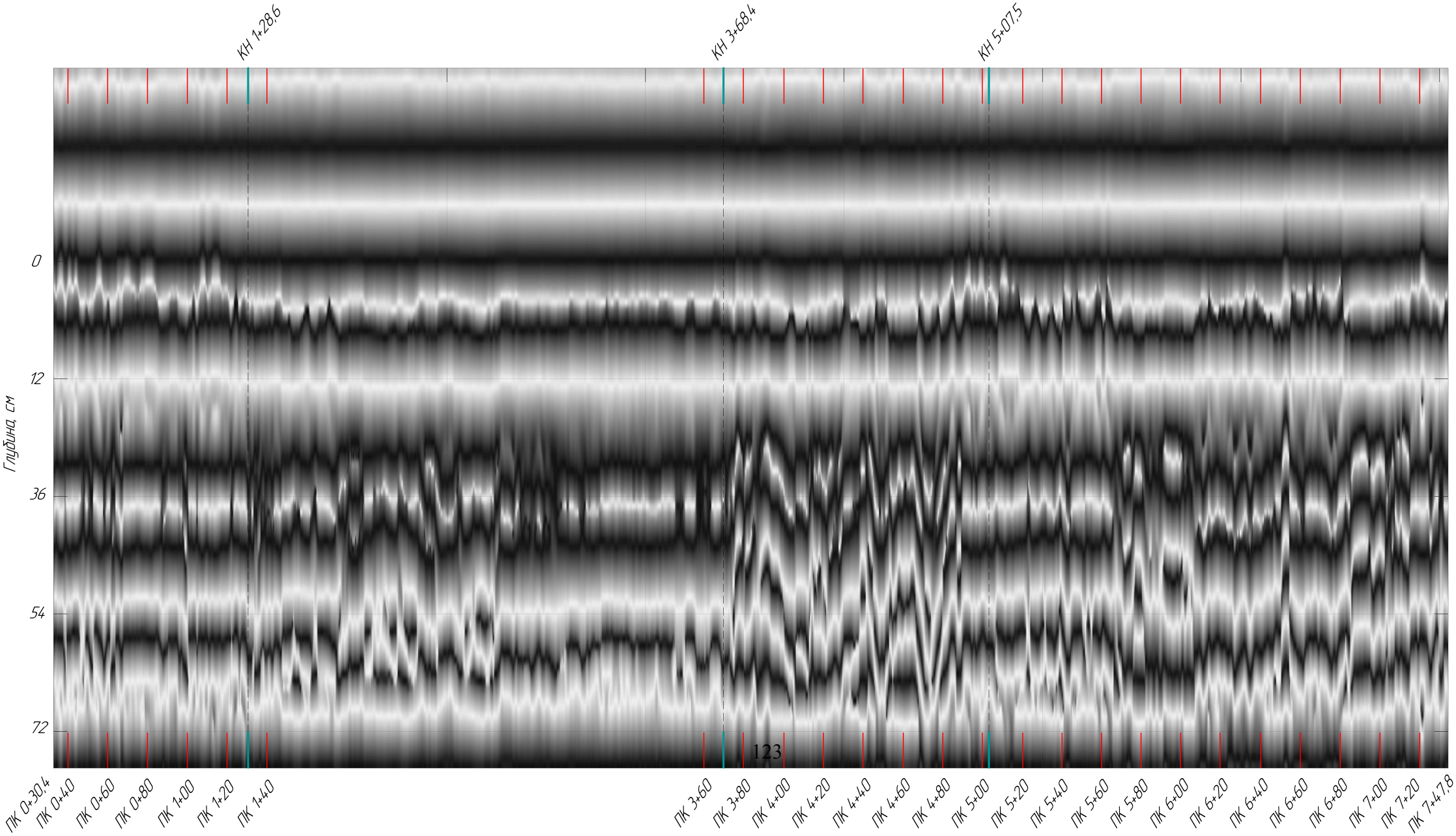
Радиолокационное изображение сечения грунта с выделением максимумов синтезированного сигнала



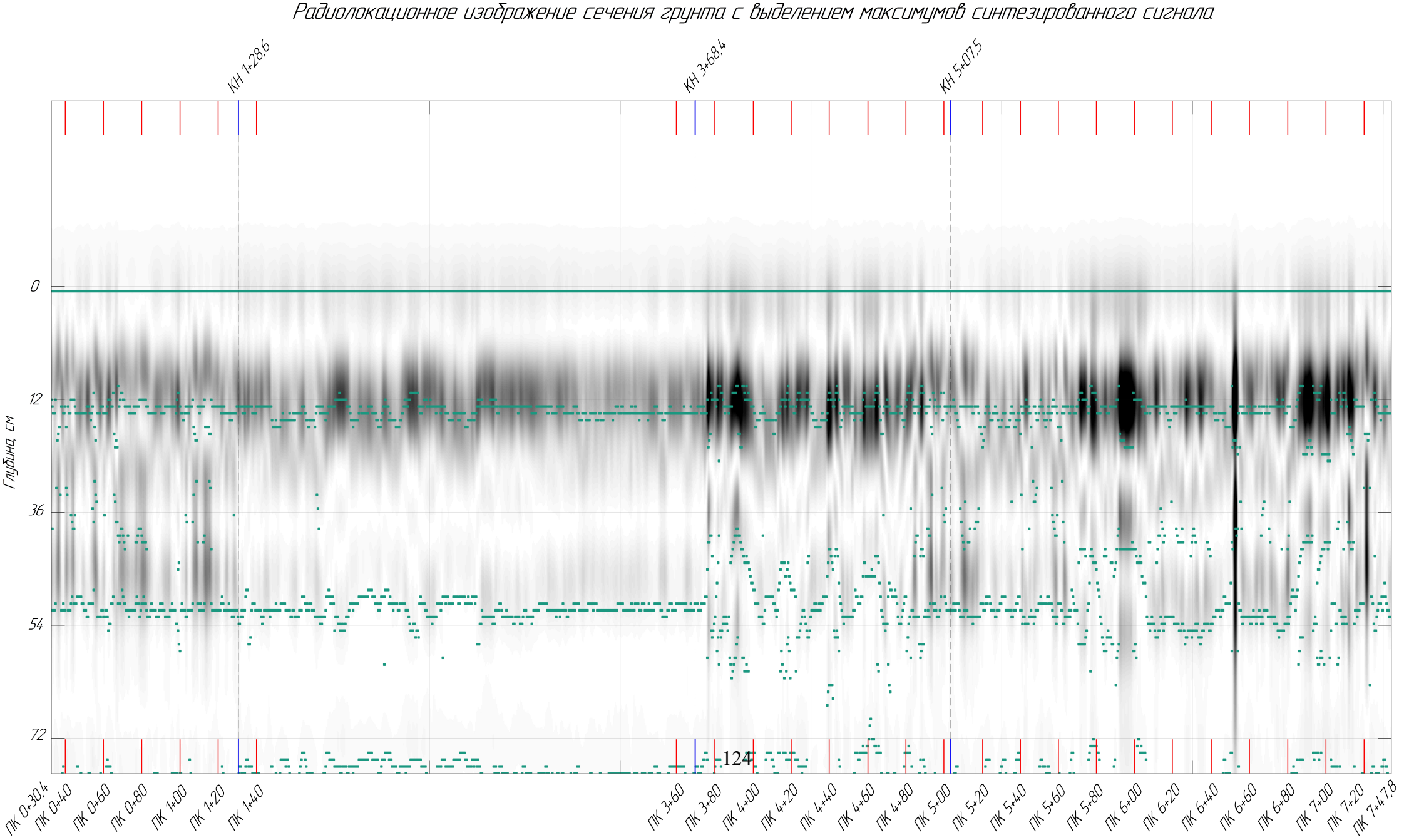
Радиолокационное изображение сечения грунта



Радиолокационное изображение фазовой структуры сечения грунта



Радиолокационное изображение сечения грунта с выделением максимумов синтезированного сигнала



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Обосновывающие материалы компании Geoscanners AB RUSSIA

Исследование дорог и измерение толщины асфальта георадаром

Итоговый отчет

Подготовил: Моисеенко Николай Владимирович

Георадары Акула-9000С и IMSE-1401/-02/-03/-04

GEOSCANNERS
30 years of innovation

Введение

- Программа работ на объекте «Автомобильная дорога А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио» установками ударного нагружения (FWD) и георадарами

- Цели исследования:
- 1. Оценка возможности определения с помощью георадарного обследования участков снижения общего модуля упругости дорожной конструкции с выявлением местоположения областей ослабления в слоях дорожной конструкции.
- 2. Оценка корреляции результатов георадарного обследования с результатами определения упругого прогиба и расчета общего модуля упругости дорожной конструкции по данным измерений установками ударного нагружения (FWD).
- Задачи исследования:
- 1. Сбор данных установками ударного нагружения (FWD) на экспериментальном участке и маркирование точек измерения упругого прогиба;
- 2. Сбор данных георадарами различных производителей, на различных частотах сканирования в створе профилей прохода установкой ударного нагружения (FWD);
- 3. Контрольное бурение, определение типа материала и толщины слоев дорожной конструкции, физико-механических свойств образцов (при наличии технической возможности);
- 4. Интерпретация радарограмм с учетом результатов контрольного бурения;
- 5. Обработка результатов измерений установками ударного нагружения (FWD) и расчет значений общего модуля упругости дорожной конструкции;
- 6. Совместный анализ результатов интерпретации радарограмм и результатов измерения упругого прогиба и расчета общего модуля упругости дорожной конструкции;
- 7. Подготовка отчетных материалов.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

Методика комплексного обследования установками ударного нагружения (FWD) и георадарами

- Для обеспечения единства записи георадарных данных и последующего сопоставительного анализа результатов как профилей, записанных различными георадарами, так и сопоставления с данными установок ударного нагружения (FWD) необходимо выполнение работ по маркировке и координированию мест определения упругого прогиба. Кроме того размечаются начало (ПК 0+00) и конец (ПК 7+20) обследуемого участка, а также каждая секция участка дороги с шагом 20 м.
- Установка ударного нагружения (FWD) будет выполнять измерения перед проведением георадарных работ. С целью исключения недостоверной информации (случайных выбросов) о величинах упругого прогиба и общего модуля упругости дорожной конструкции на каждой из 20-метровых секций необходимо выполнение не менее трех измерений, как в прямом, так и обратном направлении (всего минимум шесть измерений на секцию). Сразу после определения упругого прогиба на месте измерения выполняется маркировка краской, с последующей съемкой размеченных точек в режиме RTK.
- Профили по каждому из намеченных створов должны быть записаны всеми георадарами в прямом и обратном направлении в одинаковом порядке, иметь общие начало и конец профиля. Датчики, фиксирующие перемещение георадара, должны быть откалиброваны для обеспечения корректного определения протяженности профилей. Шаг сканирования не должен быть более 30 см. Параметры съемки определяет оператор георадара.
- Перемещение георадара может выполняться как вручную, так и с помощью транспортного средства. Главным условием является соответствие маршрута движения георадара намеченному створу и обеспечение привязки к радарограммам маркированных точек.
- В случае проведения георадарных исследований с применением транспортного средства, необходимо предусмотреть возможность получения траектории движения в режиме RTK или в постобработке (с учетом смещения между антенной георадара и антенной спутникового приемника).
- Для выполнения работ предполагается использование ближайшей базы сети референцных станций EFT CORS (система координат WGS-84, UTM-37N).
- После выполнения георадарного обследования и предварительной обработки результатов участниками георадарного обследования предлагаются места бурения, в которых будут определены толщина слоев дорожной конструкции, а при наличии технической возможности, физико-механические свойства образцов (влажность грунта дополнительного слоя основания и рабочего слоя земляного полотна). Всего будут пробурены не менее 5-ти выработок, из них не менее 3-х заверочных (для калибровки результатов) и не менее 2-х контрольных (для проверки результатов).
- Результаты определения толщины слоев заверочных выработок передаются участникам.
- Предварительная интерпретация радарограм выполняется на основании результатов бурения. Участники георадарного обследования должны определить на каких участках имеются признаки ослабления дорожной конструкции, какими критериями руководствовался интерпретатор, а также какова глубина залегания неоднородности, являющейся причиной ослабления.
- После предоставления предварительных результатов интерпретации участникам выдаются результаты определения упругого прогиба и расчета общего модуля упругости дорожной конструкции в точках наблюдения.
- Затем выполняется совместный анализ результатов интерпретации радарограмм и результатов измерения упругого прогиба и расчета общего модуля упругости дорожной конструкции, с выявлением зависимостей и подготовка итогового отчета.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

Информация по разметке профилей на опытно-экспериментальном полигоне

- Левая полоса (707.6 м)
- Начало – ПК 0+35.9
- Конец – ПК 7+43.5

- Правая полоса (717.4)
- Начало – ПК 0+30.4
- Конец – ПК 7+47.8

- Места отбора кернов:
- ПК 1+28.6 (правая полоса) (55°35'17.72053"N, 37°0'5.66897"E)
- ПК 3+68.4 (правая полоса) (55°35'10.01370"N, 37°0'4.15881"E)
- ПК 4+28.2 (левая полоса) (55°35'8.07892"N, 37°0'4.00539"E)
- ПК 5+07.5 (правая полоса) (55°35'5.51719"N, 37°0'3.66487"E)
- ПК 6+54.6 (левая полоса) (55°35'0.91305"N, 37°0'4.33725"E)

GEOSCANNERS
30 years of innovation

Результаты проходки выработок на опытном полигоне ГК АВТОДОР

ПК	Полоса движения	Материал	Толщина слоя, см
1+17,9	правая	песчаный слой	22,0
3+70	правая	асфальтобетон	11,0
		щебеночно-песчаная-цементная смесь	18,5
4+30	левая	асфальтобетон	11,0
		щебеночно-песчаная смесь	26,0
4+77,7	правая	песчаный слой	33,0
5+10	правая	асфальтобетон	13,0
		щебеночно-песчаная смесь	31,3
6+83,7	левая	песчаный слой	35,0

GEOSCANNERS
30 years of innovation

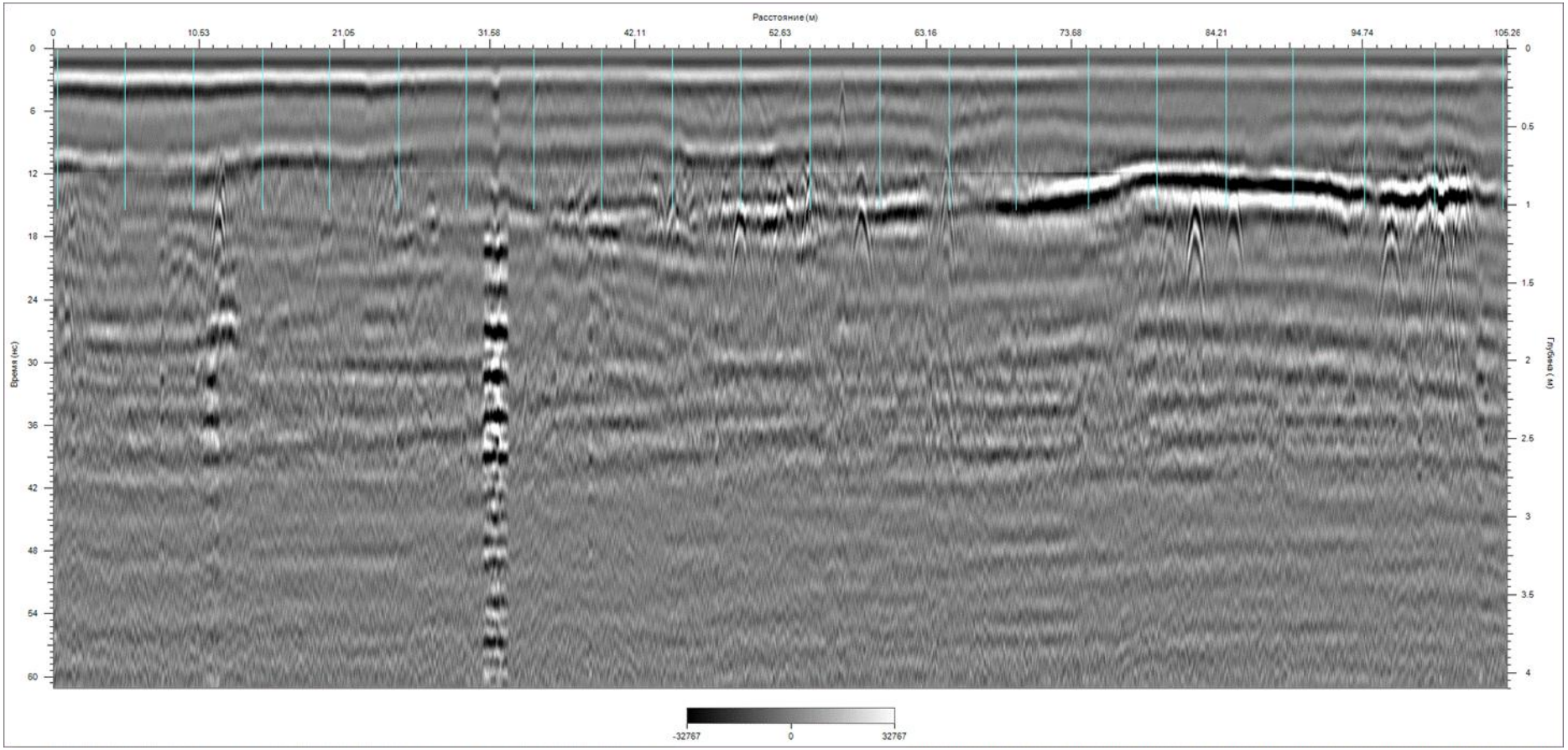
Результаты георадарного обследования

- Георадарное исследование проводилось георадаром Акула-9000С, наземными антеннами GCB-300 с разрешением по вертикали 15см и GCB-1000 имеющей разрешение по вертикали 5см.

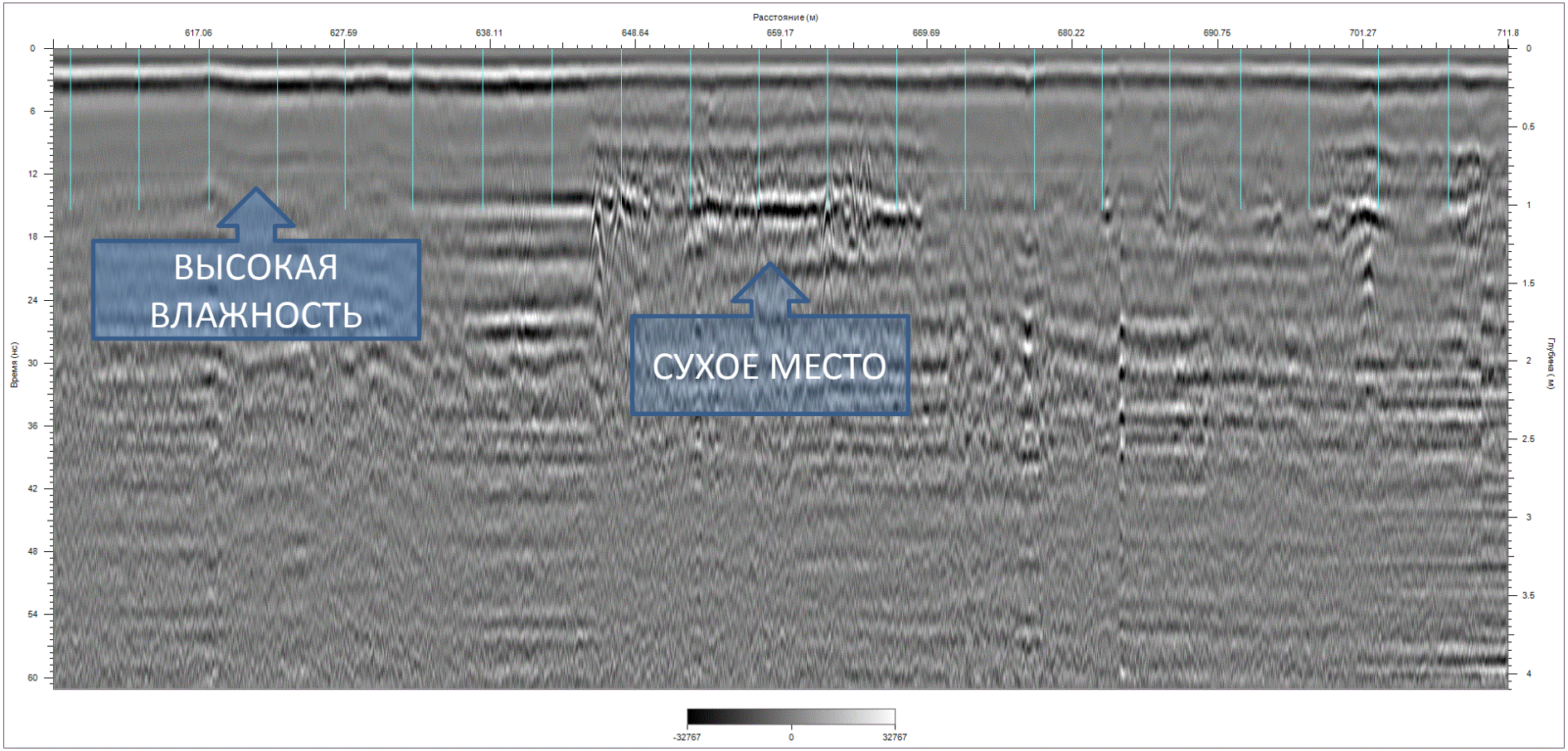




- Пример полученных данных с антенной GCB-300, правая полоса, профиль №1. Границы пластов дорожной одежды читаются чётко.

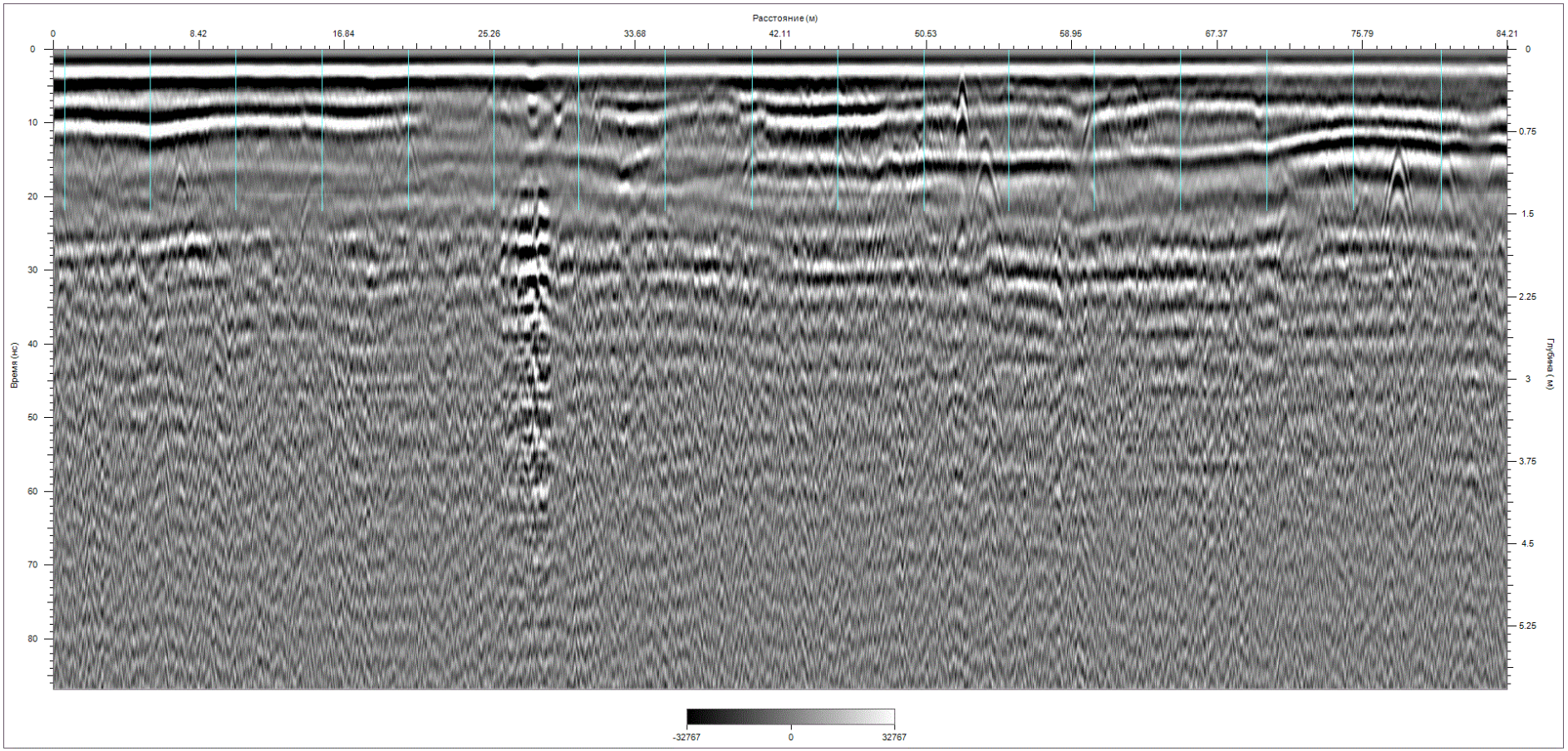


GEOSCANNERS
30 years of innovation

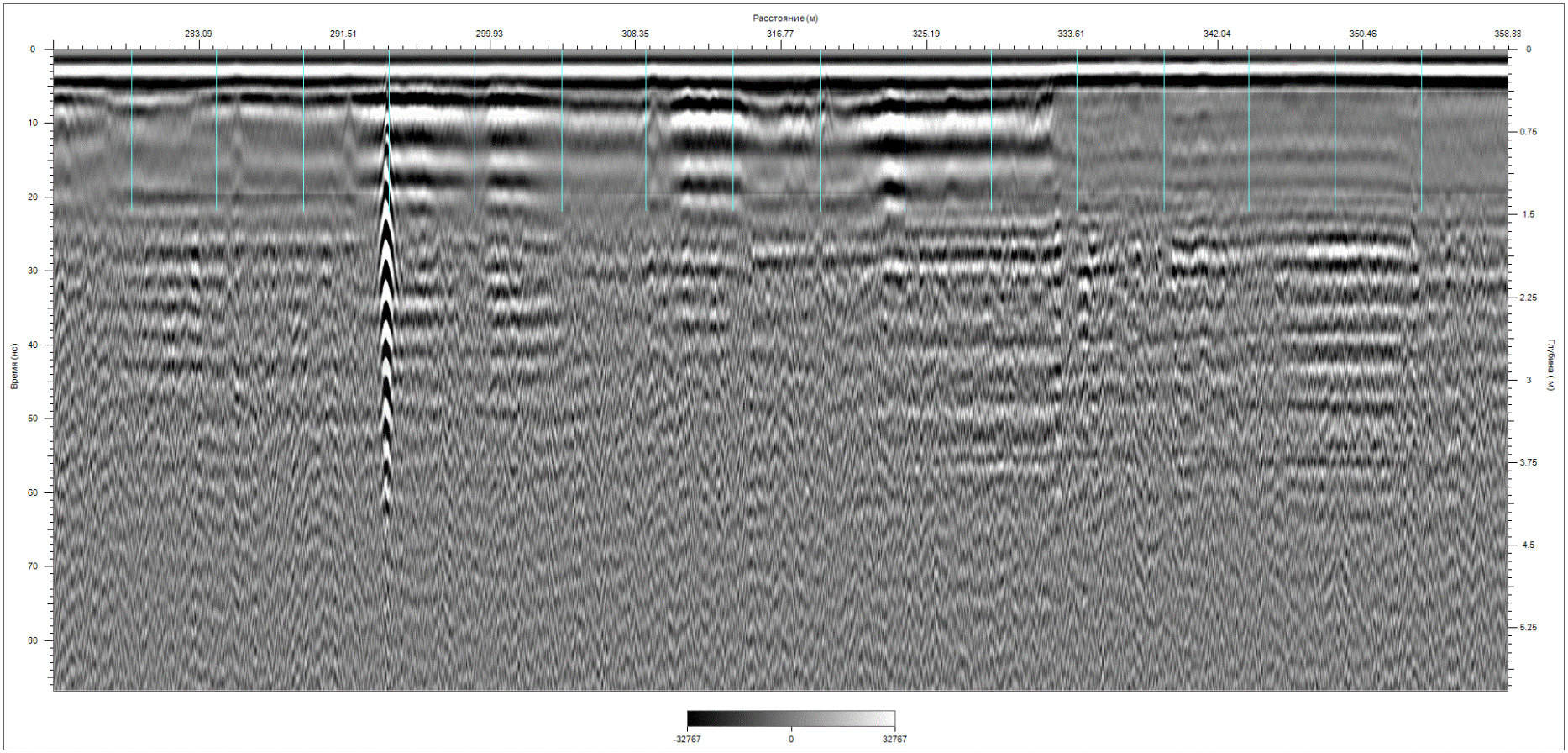


GEOSCANNERS
30 years of innovation

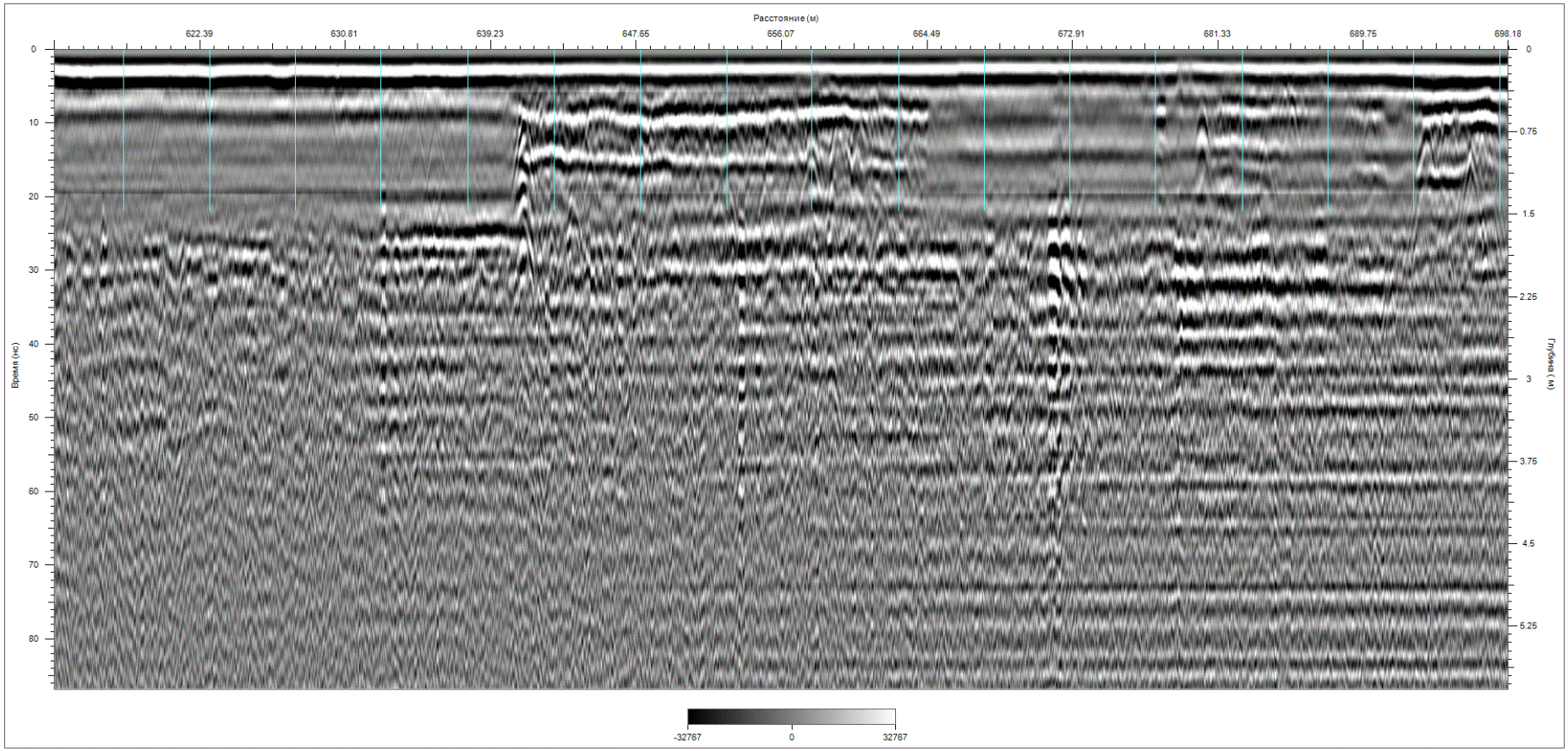
- Примеры полученных данных с антенной GCB-300, правая полоса, профиль №2.



GEOSCANNERS
30 years of innovation

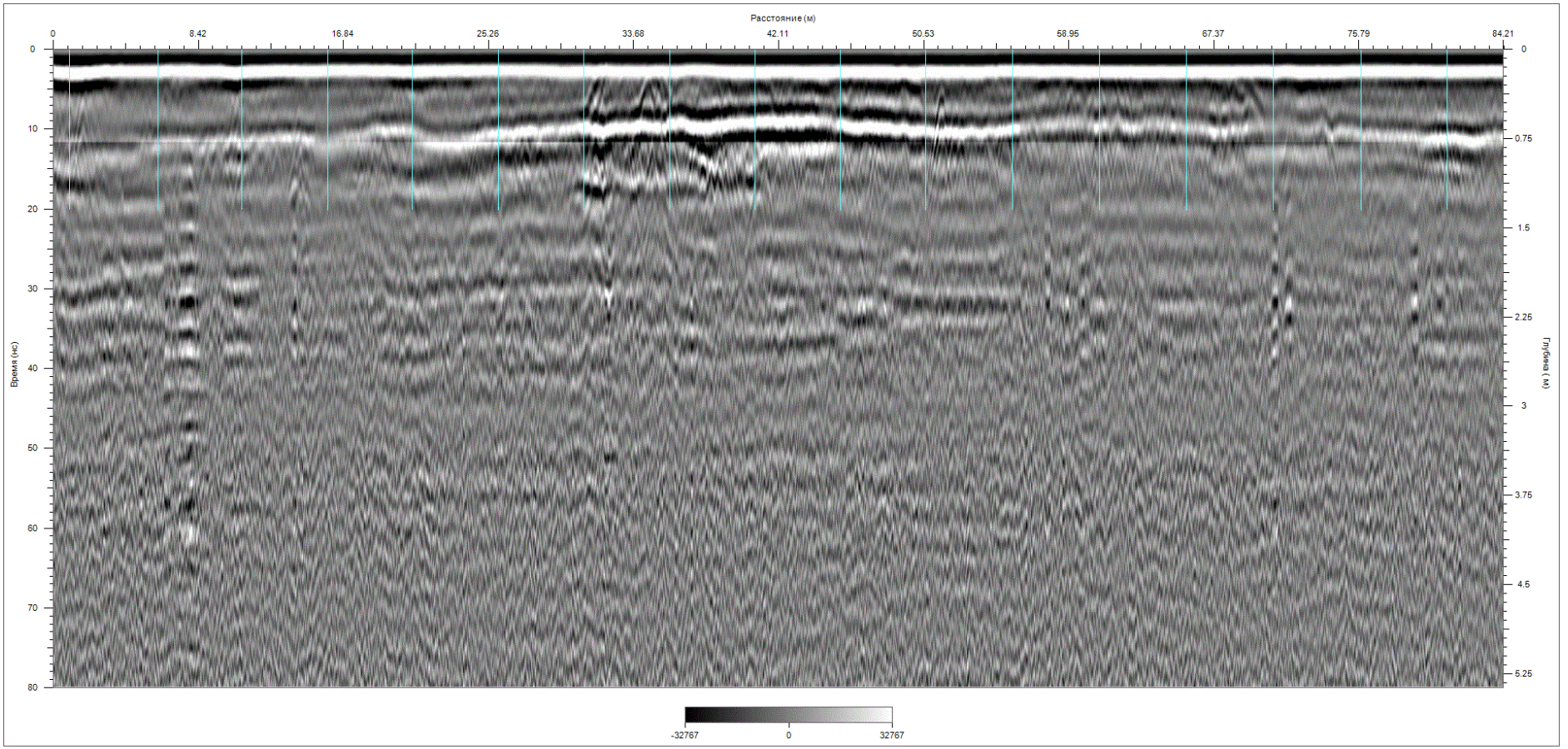


GEOSCANNERS
30 years of innovation

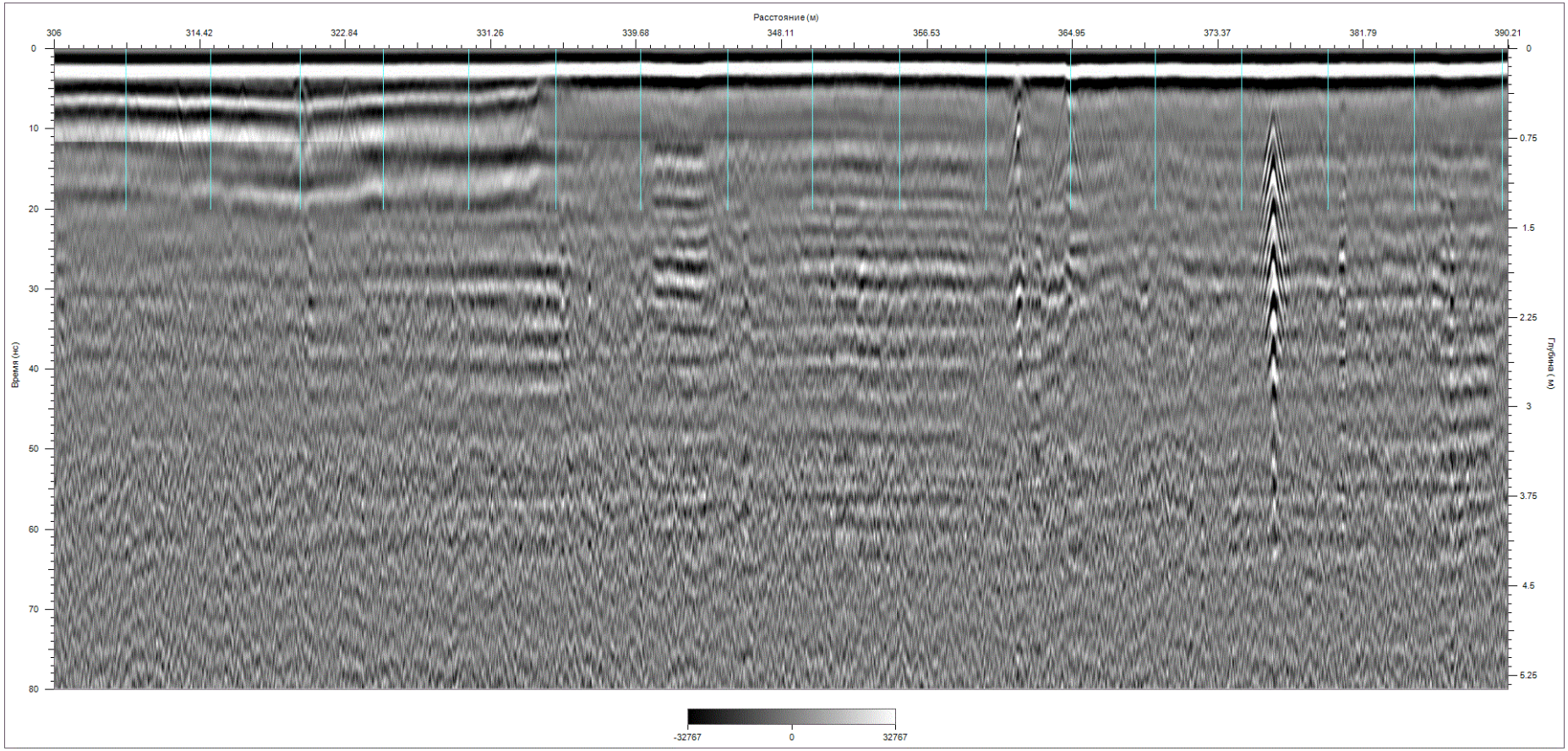


GEOSCANNERS
30 years of innovation

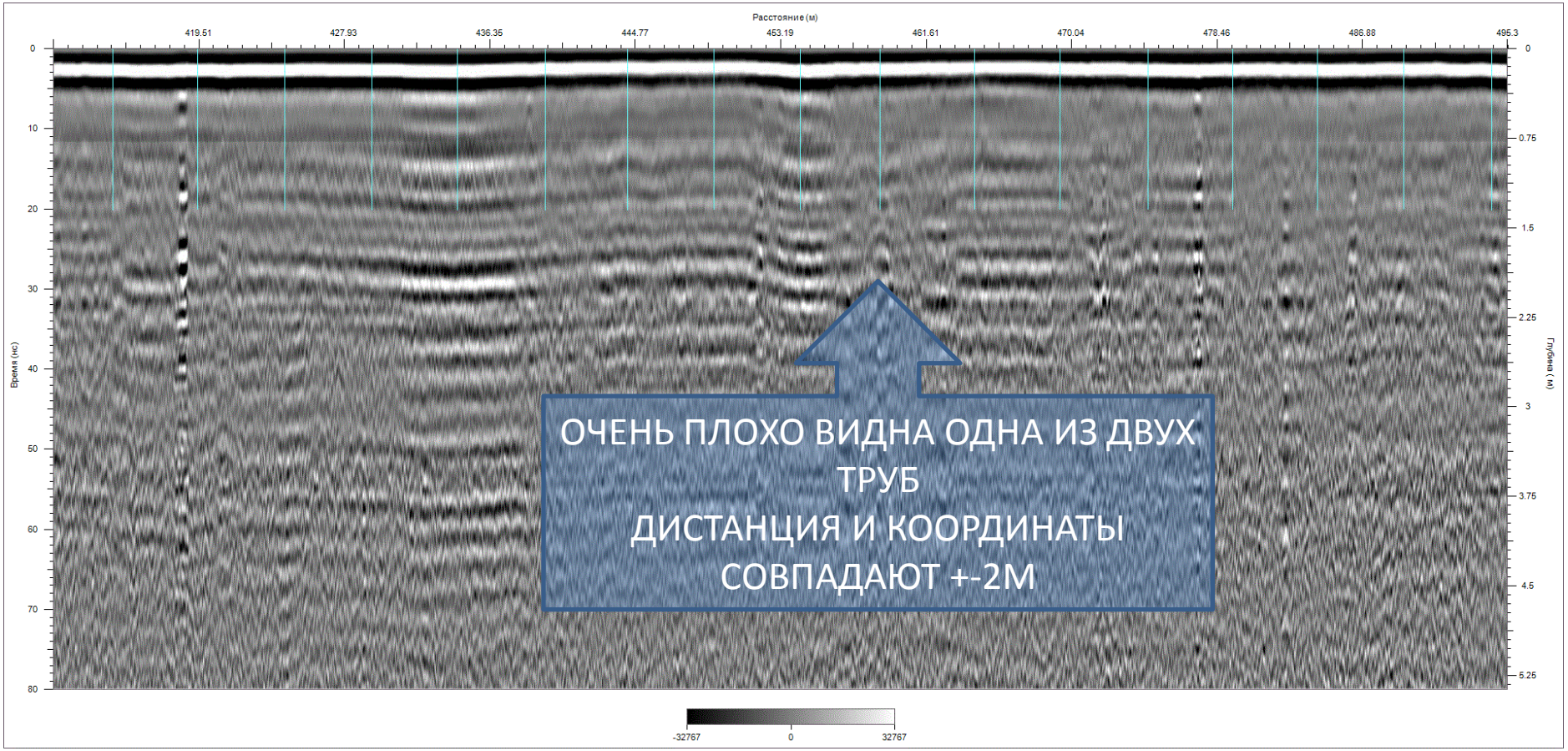
- Примеры полученных данных с антенной GCB-300, левая полоса, профиль №3.



GEOSCANNERS
30 years of innovation

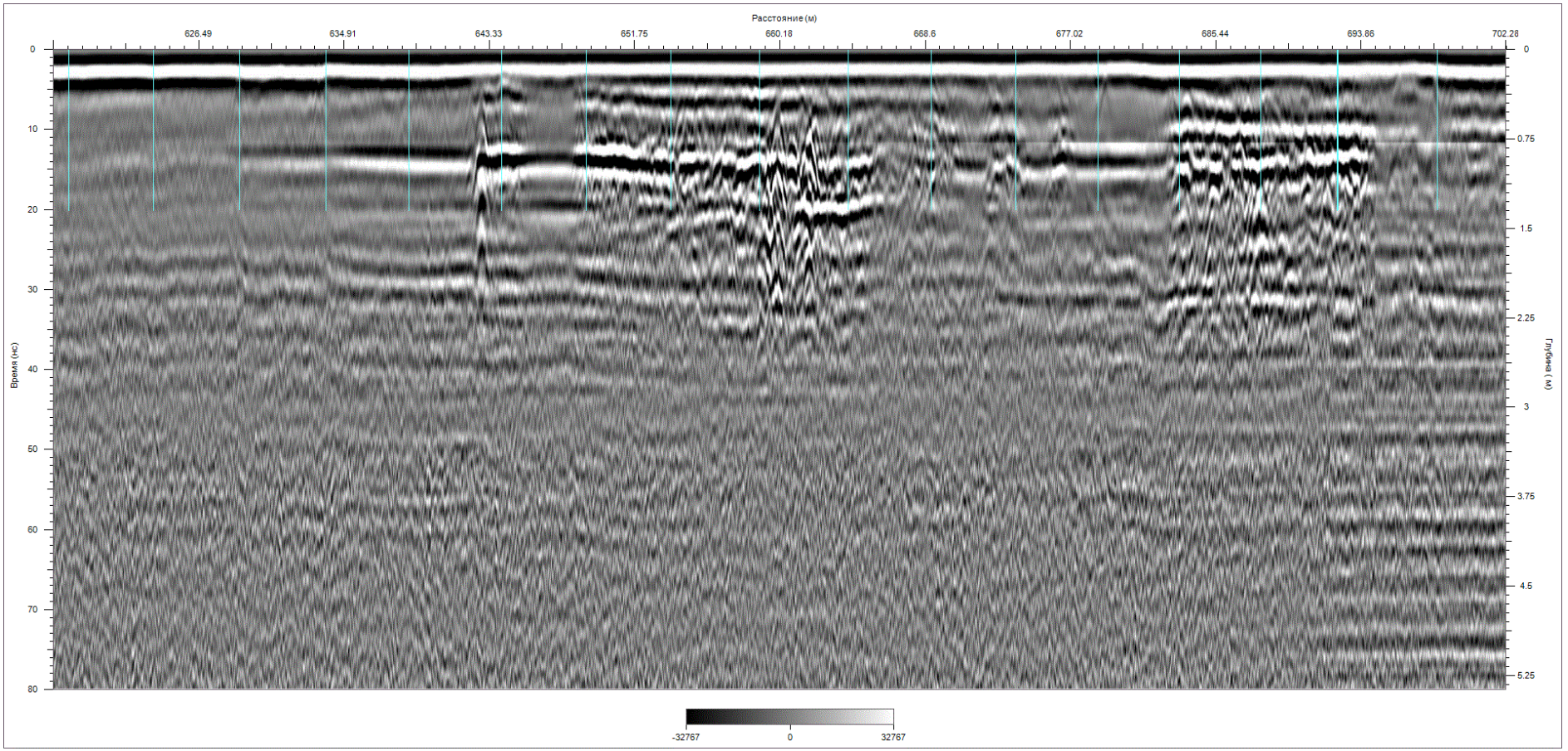


GEOSCANNERS
30 years of innovation



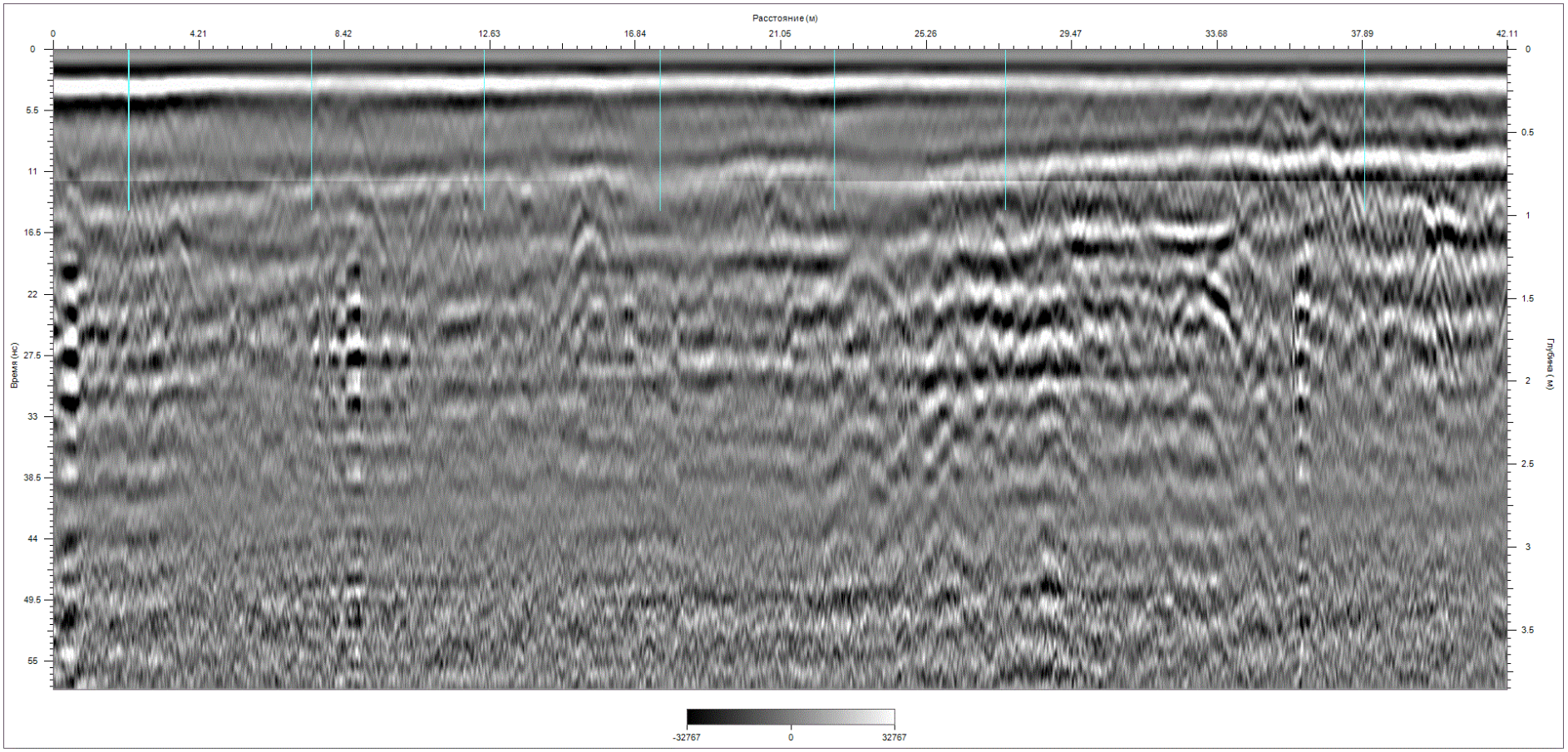
- Поожение трубы требует дополнительной проверки.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

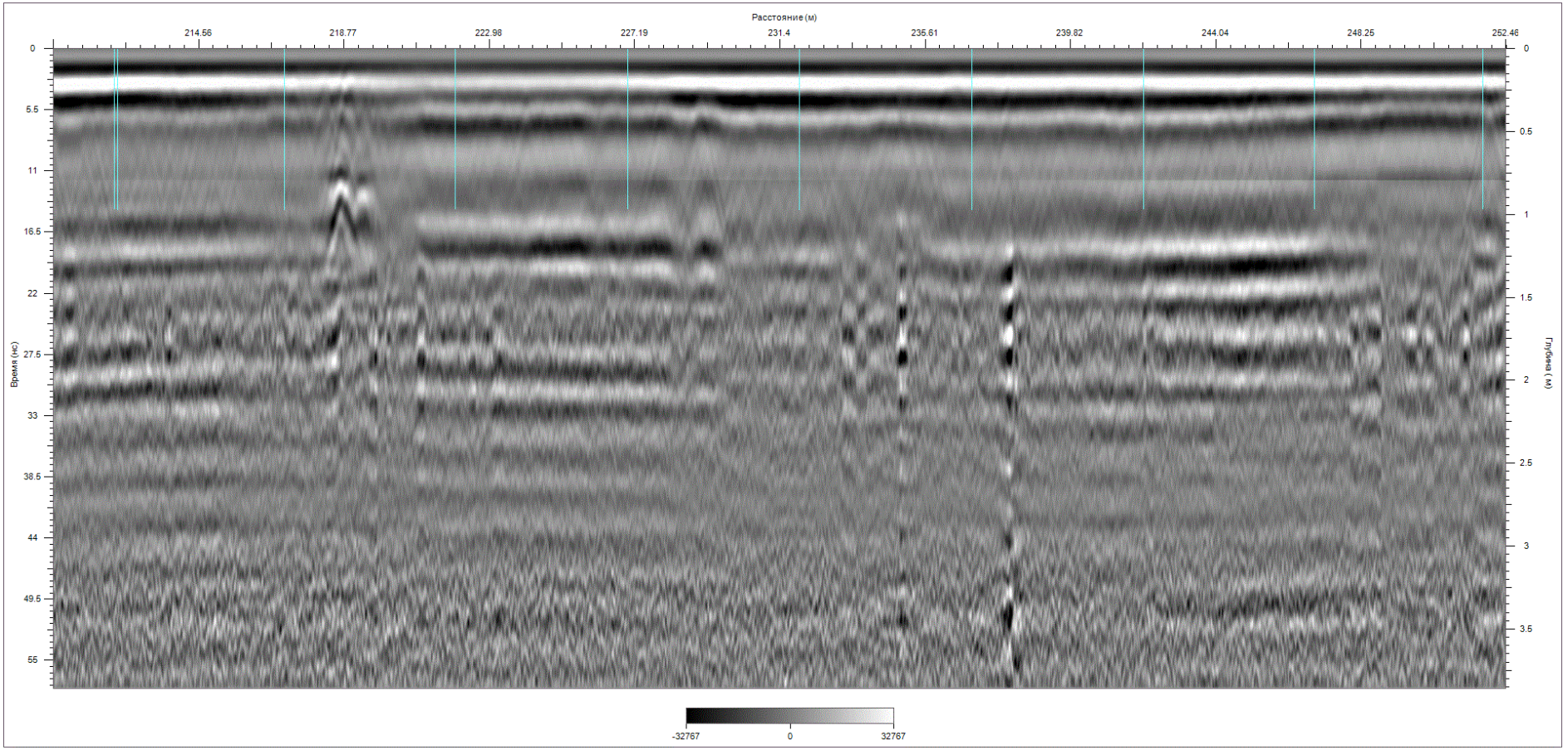


GEOSCANNERS
30 years of innovation

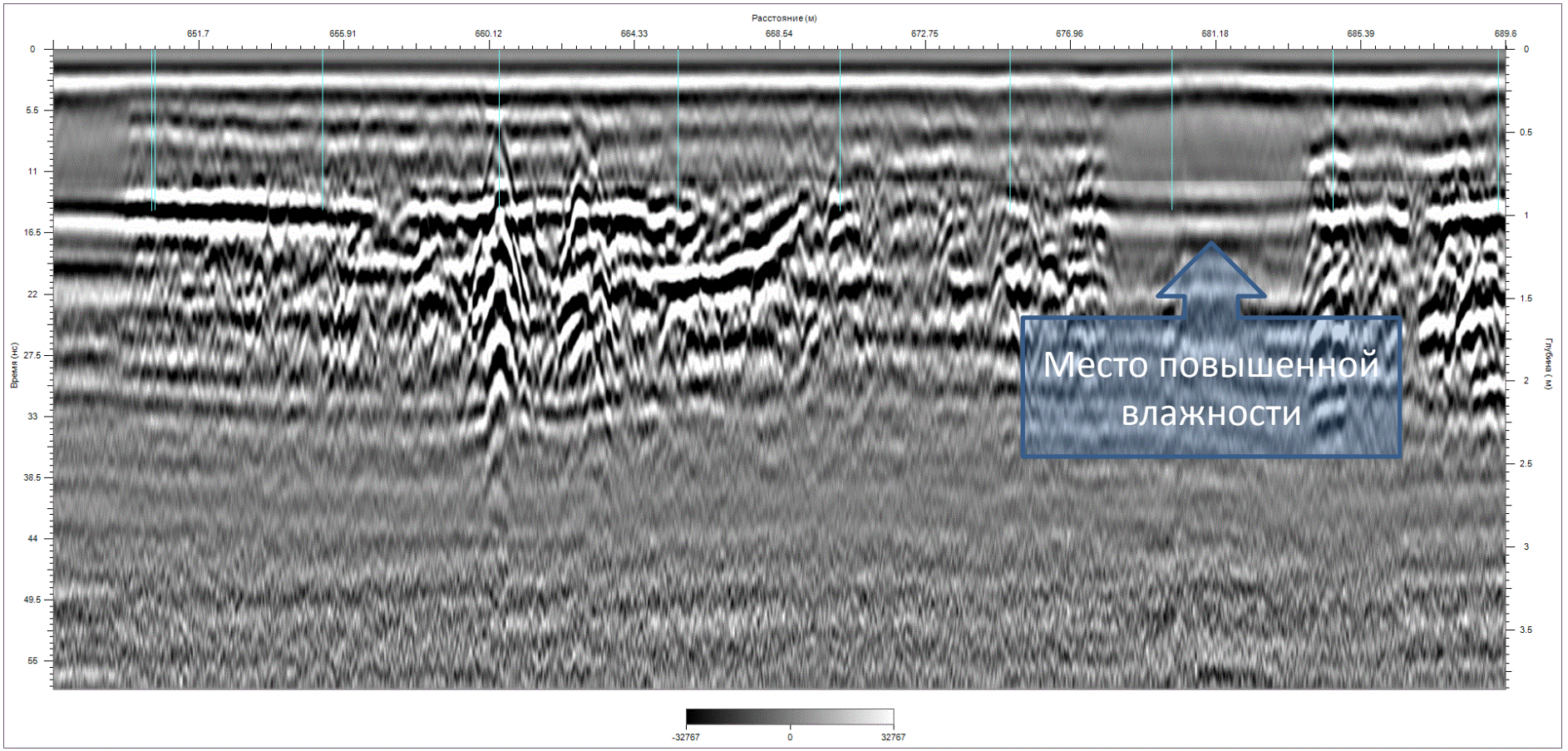
- Примеры полученных данных с антенной GCB-300, левая полоса, профиль №4.



GEOSCANNERS
30 years of innovation

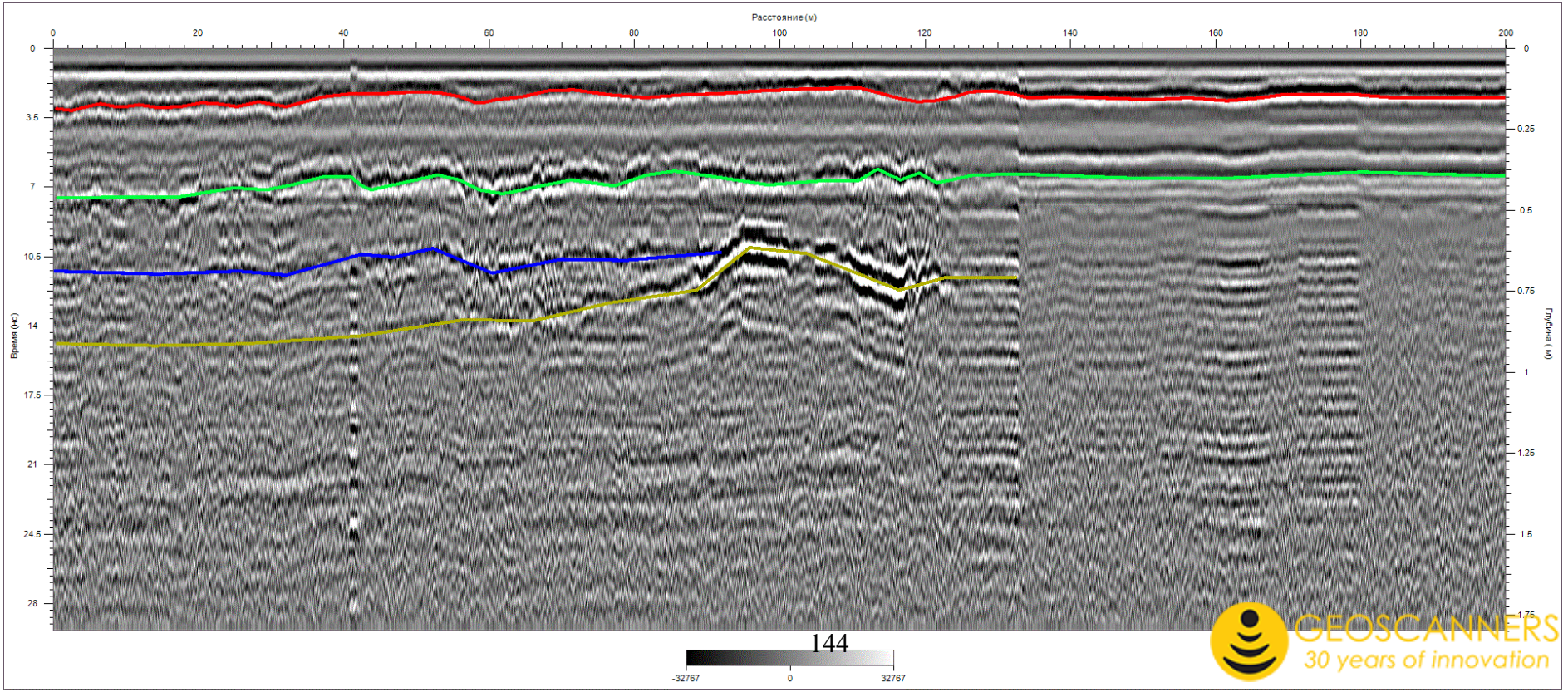


GEOSCANNERS
30 years of innovation

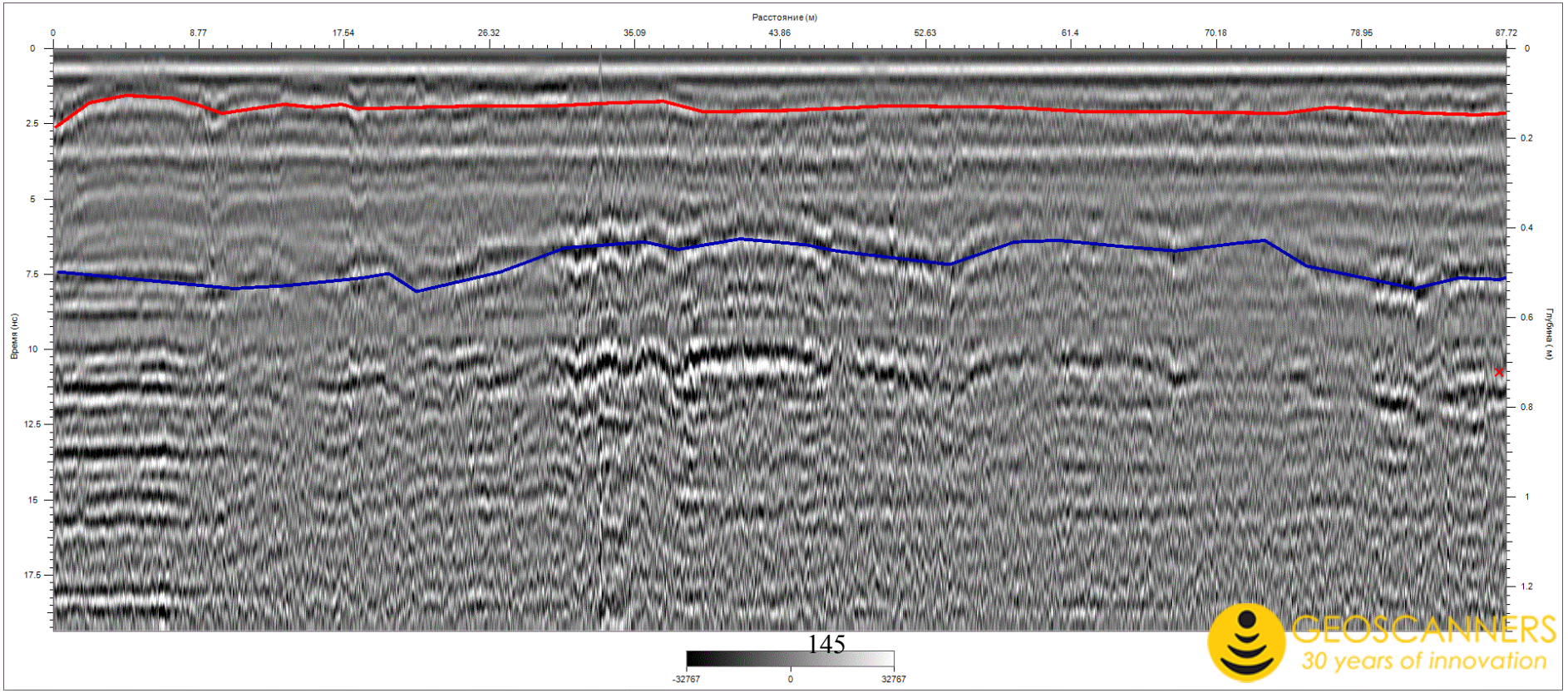


GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Примеры полученных данных с антенной GCB-1000, правая полоса, профиль №5.
- Красным цветом выделен пласт асфальтобетона.
- Зелёным цветом выделен песчаный пласт.
- Данные о толщинах пластов по всей длине профиля в приложении к отчёту в файлах Layer 1_Prof-5_RED и Layer 2_Prof-5_GREEN.
- Полные версии обработанных данных приложены в электронном виде.



- Примеры полученных данных с антенной GCB-1000, левая полоса, профиль №9+10.
- Красным цветом выделен пласт асфальтобетона.
- Синим цветом выделен песчаный пласт.
- Данные о толщинах пластов по всей длине профиля в приложении к отчёту в файлах Layer 1_Prof-9+10_RED и Layer 2_Prof-9+10_BLU
- Полные версии обработанных данных приложены в электронном виде.



- Сводная таблица толщин пластов полученных георадаром Акула-9000С и наземной антенной GCB-1000 с разрешением 5 см.
- Данные приведены для диэлектрической проницаемости RDP=6

Пикет	Полоса	Асфальтобетон (см)	Щебёночно-песчаный и песчаный слой (см)
ПК 1+28.6	правая	12,5	25
ПК 3+68.4	правая	12.8	22
ПК 4+28.2	левая	15.9	38
ПК 5+07.5	правая	15	21
ПК 6+54.6	левая	18.8	38

GEOSCANNERS
30 years of innovation

Комментарии

- Все данные полученные в ходе исследования на предложенном участке автодороги имеют признаки наличия повышенной влажности под асфальтом, в щебёночно-песчаной смеси (потеря резкости в первом метре глубины радарограммы, на отметках от 1+12.0 до отметки 6+40.0).
- В день проведения работ 29.07.19, в канавах стояла вода глубиной не менее 0,5м, видно на фото.



- По прогнозу погоды 24.07.19 была гроза, 25.07.19 дождь, так же во время проведения исследования дорога частично была обильно полита водой с уборочной машины.
- Наличие повышенной влажности отрицательно сказывается на проникновение радиосигнала и качество данных.
- Данные отснятые в данном эксперименте среднего качества.
- Комментариев относительно выявленных дефектов и причин их образования нет, т.к. необходимо дополнительное исследование каждого дефекта в разных плоскостях.

Рекомендации

- Результаты демонстрационного исследования показали, что на различных участках автодороги возможны различные условия для проникновения радиосигнала от георадара. Применение оборудования с антеннами в разных частотных диапазонах позволяет получить полную картину состояния дорожной одежды и сделать правильные выводы о причинах возникновения дефектов.
- Компания Геосканнерс рекомендует применение с радарам Акула-9000С или многоканальным IMSE-01/02/03/04 следующие антенны:

Для работ по измерению параметров дорожного полотна с автомашины антенны **HA-1000, HA-2000, FLB-250.**

Для работ в пешем порядке, на местах выявленных дефектов, для подробного изучения дефектов, рекомендуем применение антенн: **GCB-1500 или GCB-2000**, двухчастотной **GCB-2050 или одночастотная GCB-300**.

- Наличие широкого ассортимента антенн позволит собрать данные в разных частотных диапазонах и получить наиболее полную картину состояния дорожного покрытия.
- Наличие многоканальных систем позволит ускорить сбор данных в несколько раз (в зависимости от количества каналов). Многоканальность позволит иметь точную привязку всех собранных данных по дистанции и координатам.

ПРИЛОЖЕНИЕ

GEOSCANNERS
30 years of innovation

1. Общая информация о системе подповерхностного зондирования

В ходе георадарного обследования на объекте «Автомобильная дорога А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио» применялся георадар Акула-9000С с антеннами GCB-300 , GCB-1000 и мультиплексором MCE-204(4 канала). Георадар имеет возможность подключения до 23 видов антенн из них до 16 антенн одновременно через мультиплексор.









Возможные комплектации на 4-х колёсной платформе или на автомобиле.





1.1. Информация о производителе системы

Geoscanners AB это небольшая инновационная компания-разработчики, расположенная в Будене на севере Швеции и представительством в Москве, Россия. Это частная компания принадлежащая группе инженеров с многолетним опытом работы в области контролеров, георадарных антенн/электроники, разработки программного обеспечения и механического дизайна.

Geoscanners AB занимается разработкой и внедрением программного обеспечение и электронных устройств для неразрушающих способов анализа материалов. Разработки используются главным образом для геофизических исследовании, а также для анализа разного рода инженерных сооружении.

В основном наши продукты является результатом сотрудничества с клиентами и решения конкретных реальных проблем с которыми они к нам обращались. Основными критериями при разработки или подборе продуктов для решения конкретной проблемы является высокое качество и разумная цена.

Многое из ассортимента приборов производится в России с 2017 года.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

1.2.1. Технические характеристики георадара Акула-9000С.



Конструкционные параметры и общие технические требования

Размеры ДхШхВ (мм/дюймы)	305x240x55/ 12x9.44x2.16
Вес (кг/фунты)	2.45/ 5.4
Соединительные точки ДхШ (мм/дюймы)	197x186/ 7.75x7.32
Степень защиты*	IP54
Температура эксплуатации (°C / °F)	от -20доо +50 от -4до +50
Относительная влажность (%)	96

*Смонтированная на рекомендуемое вспомогательное оборудование исследования и тележки

Электротехнические и эксплуатационные параметры

Энергоемкость (Ватты)*	5,5
Блок электропитания (Вольты)	+10.8 до 14
Высокое выходное напряжение (Вольты)	150
Выходная мощность исследоват. колеса (Вольты/Амперы)	5.01/ 0.2
Аналоговая пропускная способность (МГц)	5 до 4000
Частота повторения импульсов (кГц) **	Регулир. пользователем 12.5 – 200 (395 опций)
Скорость сканиров. при 512 образцов/скан (скан/секунд)	1 до 330 (420 опций)
Разрешение (пСм)	50
Диапазон исследования (нс)	6.4 до 32768
Диапазон смещений (нс)	+/-128
Количество образцов/следов	128-8192
Усиление программного обеспечения (дБ)	-20 до +80
Усиление оборудования (дБ)	0 до +10 (+20)
Число каналов	1– 16
Вертикальные фильтры	Низко-/высокочастотн., с бесконечной и
Горизонтальные фильтры	конечной импульсной характеристикой
Режимы работы	Суммирование, Удаление фона, Дистанция, Одноразовое применение (GPS барьерный опцион)
Память (для хранения) данных	Жесткий диск, USB Mem Stick, Флеш-карта
Формат данных	16-битные/8-битные данные в специальном GSF формате
Средство сопряжения	USB2.0
Управляющее программное обеспечение	GAS XP
Совместимость	Все антенны Geoscanners
Языки	Английский, Шведский, Испанский, Русский, Хорватский, Китайский, Французский, Немецкий, Итальянский, Турецкий
Интерфейс	на базе Windows

GEOSCANNERS
30 years of innovation

1.2.2. Технические характеристики антенны GCB-300.



Mechanical and Environmental Specifications

Dimensions LxWxD (mm/inches)	380x295x160 / 14.96x11.61x6.29
Weight (kg/pounds)	2.6 / 5.73
Fastening points LxW (mm/inches)	210x160 / 8.26x6.30
Ingress Protection	IP65
Operating Temperature (°C / °F)	from -25 up to +40 / from 14 up to 104
Relative Humidity (%)	99 (NC)

Electrical Specifications

Antenna Type	Quarter Wavelength Bowtie
Shield Type	Top and Side Shield
Distance between the TX and RX (mm/inches)	140 / 5.51
Feed point impedance (Ohms)	328
Transmitted Pulse Amplitude (Volts)	100
Receiver Sensitivity (µVolts)	14
Dynamic Range (dB)	137
Antenna Bandwidth (at 10dB)	99%
Antenna Center frequency (MHz at 10dB BW)	307
Survey Wheel Output Voltage (Volts)	5.01

GEOSCANNERS geophysical survey solutions

GROUND COUPLED ANTENNAS

Image	Model	Center Frequency	Penetration depth*	Resolution target size**	Range	Size***	Weight
	GCB-100	103MHz	15m	0.5m	50-350ns	460x460x255	11.5kg
	GCB-200	210MHz	10m	0.25m	30-200ns	360x330x157	3.25kg
	GCB-300	307MHz	8m	0.15m	20-120ns	380x295x160	2.6kg
	GCB-400	380MHz	4m	0.125m	15-75ns	320x255x150	1.65kg
	GCB-500	480MHz	2.5m	0.1m	10-50ns	320x255x150	1.7kg
	GCB-700	675MHz	1.5m	0.07m	7-35ns	320x255x150	1.35kg

* RDP = 6 and Sigma < 0.1mS
** In low conductive soils
*** All sizes in mm LxWxH

Recommended Specifications

Pulse repetition Frequency, PRF (kHz)	≥50
Scan Rate, Traces/Second	100
Range (ns), (depends on soil penetration)	32 - 128
Low Pass Filter Cut-Off Frequency (MHz)	600
High Pass Filter Cut-Off Frequency (MHz)	150
Gain	Adjust to 75% Swing

Accessories*

- Tray S3 antenna tray with belts
- SVC-820 4-wheel survey cart
- GSH-490 rough terrain survey trailer

*Accessories are not included

GEOSCANNERS 30 years of innovation

1.2.3. Технические характеристики GCB-1000



Antenna name	Range (ns)	Max Depth* (m)	Resolution/Size of target (m)
GCB100	50-350	15	0.5
GCB200	30-200	10	0.25
FLB250	50-100	4	0.20
GCB300	20-120	8	0.15
FLB390	25 - 100	3	0.125
GCB400	15-75	4	0.125
GCB500	10-50	2.5	0.1
GCB700	7-35	1.5	0.07
GCB1000	5-25	1	0.05
GCB1500	3-20	0.75	0.015
GCB2000	2-10	0.4	0.0125
HA1000	7-30	1	0.05
HA2000	5-15	0.5	0.0125
BA100	50-350	15	0.5
BA500	10-50	4	0.1
BA1000	5-25	1	0.05
Gekko80	256-2048	40	0.65

*maximum depth of penetration estimated for RDP=6; σ<0.1mS

Mechanical and Environmental Specifications

Dimensions LxWxD (mm/inches)	248x200x97 / 9.76x7.87x3.81
Weight (kg/pounds)	1.05 / 2.31
Fastening points LxW (mm/inches)	124x100 / 4.88x3.93
Ingress Protection	IP65
Operating Temperature (°C / °F)	From -25 up to +40 / From 14 up to 104

Electrical Specifications

Antenna Type	Bow tie antenna
Shield Type	Top and Side Shield
Distance between the TX and RX (mm/inches)	98 /3.8
Antenna Bandwidth (at 10dB)	135%
Antenna Center frequency (MHz at 10dB BW)	1000
Survey Wheel Output Voltage (Volts)	5.01

Recommended Specifications

Pulse repetition Frequency, PRF (kHz)	≥100
Scan Rate, Traces/Second	100
Range (ns), (depends on soil penetration)	5-25
Low Pass Filter Cut-Off Frequency (MHz)	2000
High Pass Filter Cut-Off Frequency (MHz)	500
Gain	Adjust to 75% Swing

Accessories*

- K-1000 adapter for a SVC-820 cart
- GST-806 road survey trailer
- MWH-131 microwave antenna hand cart

*Accessories are not included

GEOSCANNERS
30 years of innovation

DRAFT

1.2.4. Технические характеристики HA-1000



GEOSCANNERS
geophysical survey solutions

HORN ANTENNAS

Image	Model	Center Frequency	Penetration depth*	Resolution target size**	Range	Size	Weight
	HA-1000	890MHz	1m	0.05m	7-30ns	220x520x452	6.5kg
	HA-2000	1900MHz	0.5m	0.0125m	5-15ns	220x520x452	6.5kg
	HA-2500	2500MHz	0.25m	0.009m	2-12ns	220x520x452	6.5kg

HA-2500 Release Date 1Q2019, preliminary data in this table.

* RDP = 6 and Sigma < 0.1mS
** In low conductive soils
*** All sizes in mm LxWxH

GEOSCANNERS
30 years of innovation

Mechanical and Environmental Specifications

Dimensions LxWxD (mm/inches)	220x520x452 / 8.66x20.47x17.79
Weight (kg/pounds)	6.5 / 14.33
Fastening points LxW (mm/inches)	120x60 / 4.72x2.36
Ingress Protection	IP65
Operating Temperature (°C / °F)	from -25 to +40 /from 14 to +104
Relative Humidity (%)	99 (NC)

Electrical Specifications

Antenna Type	TEM Horn Antenna
Shield Type	Un-shielded
Distance between the TX and RX (mm/inches)	300 / 11.81
Feed point impedance (Ohms)	50
Transmitted Pulse Amplitude (Volts)	40
Receiver Sensitivity (µVolts)	4
Antenna Bandwidth (at 10dB)	83.1%
Antenna Center frequency (MHz at 10dB BW)	890
Survey Wheel Output Voltage (Volts)	5.01

Recommended Specifications

Pulse repetition Frequency, PRF (kHz)	≥100
Scan Rate, Traces/Second	100
Range (ns), (depends on soil penetration)	7-30
Low Pass Filter Cut-Off Frequency (MHz)	750
High Pass Filter Cut-Off Frequency (MHz)	2000
Gain	Adjust to 75% Swing
Distance from surface (cm / inch)	50 - 75 / 19.68 – 29.53

1.2.5. Технические характеристики FLB-390



Mechanical and Environmental Specifications

Dimensions LxWxD (mm/inches)	360x330x157 / 14.2x13.0x6.2
Weight (kg/pounds)	3.0 / 6.61
Fastening points LxW (mm/inches)	210x160 / 8.26x6.30
Ingress Protection	IP65
Operating Temperature (°C / °F)	from -25 to +40 /from 14 to +104
Relative Humidity (%)	99 (NC)

Electrical Specifications

Antenna Type	Feed Loaded Bowtie
Shield Type	Top and Side Shield
Distance between the TX and RX (mm/inches)	160 / 6.29
Feed point impedance (Ohms)	385
Transmitted Pulse Amplitude (Volts)	160
Receiver Sensitivity (µVolts)	14
Antenna Bandwidth (at 10dB)	77%
Antenna Center frequency (MHz at 10dB BW)	390
Survey Wheel Output Voltage (Volts)	5.01

Recommended Specifications

Pulse repetition Frequency, PRF (kHz)	≥100
Scan Rate, Traces/Second	100
Range (ns), (depends on soil penetration)	25-100
Low Pass Filter Cut-Off Frequency (MHz)	780
High Pass Filter Cut-Off Frequency (MHz)	150
Gain	Adjust to 75% Swing
Distance from surface (cm / inch)	15 - 75 / 6 – 29.53

Image	Model	Center Frequency	Penetration depth*	Resolution target size**	Range	Size	Weight
	FLB-250	250MHz	4m	0.2m	64-256ns	510x470x162	6.5kg
	FLB-390	390MHz	3m	0.125m	25-100ns	360x330x157	3kg
	FLB-500	500MHz	2m	0.09m	12-32ns	320x255x150	1.4kg

* RDP = 6 and Sigma < 0.1mS
** In low conductive soils
*** All sizes in mm LxWxH

GEOSCANNERS
30 years of innovation

1.3. Используемые уникальные технологии и инновационные решения

- Георадар Акула-9000С позволяет подключить 23 вида различных антенн из ассортимента компании Geoscanners AB (Швеция) и все антенны компании GSSI (США).
- 16 антенн можно подключить к георадару Акула-9000С через мультиплексоры одновременно.
- Все профили от разных антенн записываются в один файл с синхронизацией по дистанции и координатам.
- Всё оборудование может быть установлено на 4-х колёсную транспортную систему или автомобиль.
- Специально подготовленные антенны серии НА могут быть использованы для измерения плотности асфальта в сухую погоду.
- Для увеличения производительности и качества данных изготовлено новое поколение георадаров серии IMSE-1401/-02/-03/-04 и цифровых антенн.
- Георадары серии IMSE-1401/-02/-03/-04 имеют от 1 до 4 встроенных радаров высокой производительности. Каждый канал георадара позволяет работать не разделяя ресурсы 1 канала на количество антенн, что повышает качество данных при использовании нескольких антенн одновременно.
- Программное обеспечение позволяет обрабатывать файлы пакетным образом, используя созданный макрос для обработки всех файлов, это позволяет ускорить процесс обработки в десятки раз.
- Программное обеспечение позволяет формировать отчёты с параметрами каждого пласта отдельно с привязкой к координатам и дистанции.
- Чувствительность антенн серии GCB-(100-700)-14мкВольт, антенн GCB-(1000-2000)-6мкВольт.
- Чувствительность антенн серии FLB-14мкВольт, рупорных антенн серии НА-(1000-2000)-4мкВольт.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

1.4. Область применения системы и решаемые задачи

- Поиск коммуникаций, пустот, повреждений.
- Измерение толщины асфальта, льда, снега, бетона.
- Поиск металлических и пластиковых предметов.
- Поиск врезок, утечек.
- Исследования в геологии и археологии.
- Измерение плотности асфальта (Раздел 6, Приложения).
- Исследование пресных водоёмов.

1.5 Ограничения по использованию системы

- Измерение плотности асфальта и толщины в сухую погоду.
- Исследование только пресных водоёмов и иных сред с малой проводимостью.
- Температурный диапазон -25 +40 градусов Цельсия, влажность 99%, степень защиты IP65

1.6. Возможности интеграции стороннего оборудования

- Возможно подключение антенн компании GSSI.
- Возможно подключение большинства навигационных приёмников с передачей данных по COM порту или Bluetooth.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

2. Технология проведения полевых работ

2.1. Последовательность сборки и установки системы (30-50 минут)

1. Сборка оборудования с двумя антеннами на 4-х колёсную телегу или автомобиль включая крепление антенн на транспортную раму 20-30минут.
2. Загрузка программ и настройка антенн 5-10 минут.
3. Подключение навигационных приборов и контроль качества данных 10-15 минут.
4. Подключение одометра 1-5 минут (если необходим).

2.2. Настройка и калибровка системы (10-20 минут).

1. Выбор антенн в меню программы
2. Настройка количества развёрток на канал и времени исследования на каждый канал.
3. Настройка фильтров каждого канала.
4. Выбор диэлектрической проницаемости. Калибровка по керну может быть сделана в постобработке.

2.3. Сбор данных с двух антенн одновременно может проводиться на скорости до 60 км в час. Выбор скорости обусловлен поставленной задачей. Чем больше скорость тем больше мелких объектов будет пропущено.

2.4. Передача данных с системы в офис для обработки на компьютере системы или через интернет (при наличии) или на внешнем накопителе.

2.5. Формат полевых данных *.gsf, *.gof, *.dzt, *.sqy, *.dat, *.rd3.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

2.6. Объем исходной информации на 10 км обследования дороги в двух направлениях (2 проезда), с двумя антеннами одновременно -500-700 МБт на 20км дистанции (зависит от настроек радара).

2.7. Сбор данных с нескольких антенн одновременно происходит автоматически и записывается в один файл и синхронизацией по дистанции, и координатам.

3. Технология проведения камеральных работ

3.1. Для обработки данных используется программа GPRSoft-PRO компании Geoscanners AB с электронным ключом лицензии или с активацией через интернет. Программное обеспечение позволяет провести весь цикл подготовки данных в том числе и многоканальных файлов, а также провести цикл обработки данных, экспорта в иный форматы. Программное обеспечение позволяет корректировать файлы по координатам и длине.

3.2. Технологическая последовательность камеральной обработки.

3.2.1. Фильтрация спектра частот каждого канала, 3 алгоритма.

3.2.2. Фильтрация постоянных помех с возможностью выбора части диапазона файла.

3.2.3. Применение коррекции по дистанции или координатам. Деление или суммирование нескольких файлов.

3.2.4. Подготовка данных к выгрузке в различных форматах. Отдельная загрузка и выгрузка координат. Формирование массива данных по пластам с параметрами глубина, толщина, дистанция, координаты.

*Подробно в разделе 5 Приложения.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

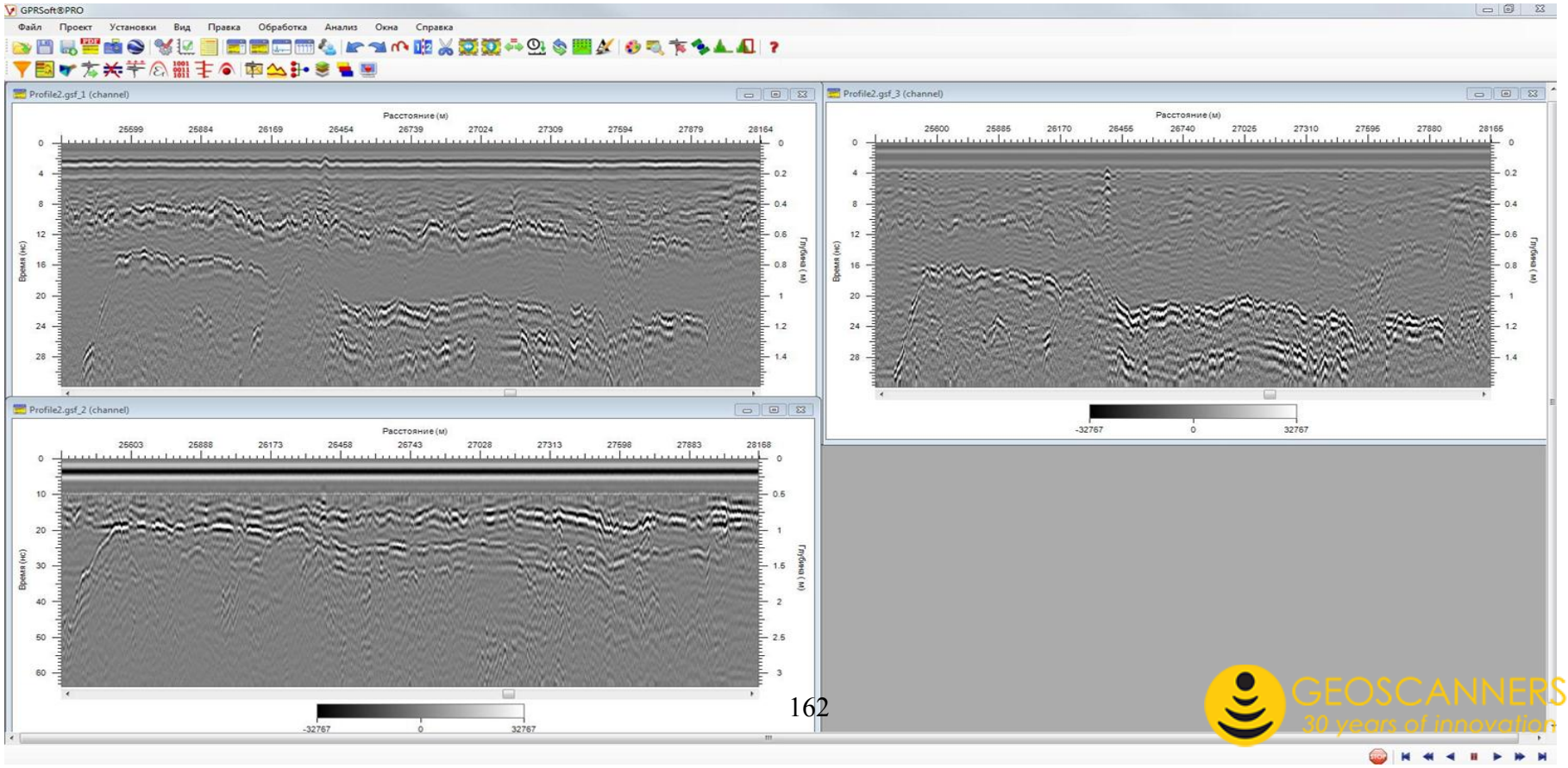
3.3. Особенности и уникальные возможности программного обеспечения

- Программное обеспечение позволят проводить весь спектр манипуляций с данными необходимыми для удобства работы и высокого качества.
- Программное обеспечение позволят работать с форматами файлов производителей GSSI, MALA, IDS, Логис-Геотех.
- Координаты могут быть загружены или выгружены в различных форматах.
- С применением отметок по высоте доступна топографическая коррекция.
- Данные по толщине пласта могут быть автоматически выгружены с отмеченными сегментами минимальных или максимальных толщин пласта.
- Программное обеспечение позволяет создавать макросы для пакетной обработки данных в больших объёмах. Автоматизация обработки больших объёмов при высокой производительности компьютера позволяет ускорить обработку данных в десятки и сотни раз.
- Доступна нормализация файла по дистанции в случае работы без одометра. В случае ошибочных настроек одометра имеется возможность коррекции дистанции файла.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

3.4. Результаты камеральной обработки (форматы файлов, виды получаемых материалов)

- Файлы в формате *.pdf и *.jpg для графики профиля.
- Файлы с массивом координат *.txt, *.csv.
- Файлы отчётов по пластам с параметрами каждого выделенного пласта.
- Файлы треков профилей *.kmz для экспорта в Гугл карты.



GEOSCANNERS
30 years of innovation

4. Дополнительные материалы (информационные буклеты, презентации, статьи и т.д.)

- Многоканальные георадары серии IMSE – высокая производительность и полная интеграция с цифровыми антеннами.



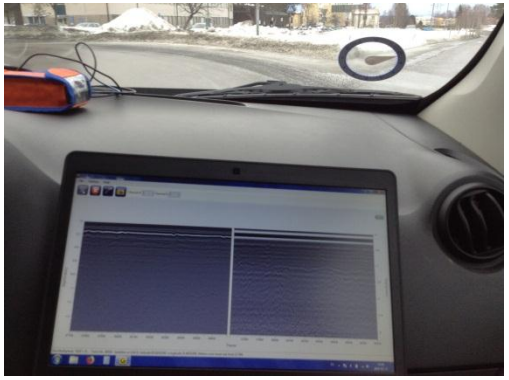
Parameter	Value
Amount of Channels	1, 2, 3 or 4
Range Span	2.5 - 1048576ns
Sampling Frequency	400GS/second
PRF Rate	Adjustable from 1.5625kHz up to 800kHz
Scan Rate	4094 Scans/second
Analogue Bandwidth	2MHz - 6.85GHz
Hardware Gain	-20 to +65dB
Software Gain	-20 to +174dB
Acquisition Modes	Time, Distance, One Shot, (GPS), External Trigger
Filters	IIR, FIR, FFT (boxcar), Dewow, Stacking, Background removal
Automatic Setup Functions	Gain, Filters, Signal Position
Transducer Recognition	Automatic and Manual
Multiplexer Capability	Optional, option IOPT05
Data Storage	8,16 and 32-bit data in proprietary GSF format
Operating Temperature	-20°C to +50°C
Humidity	96% non-condensing
Ingress Protection	IP54 (IP66 as an option IOPT09)
Dimensions	220x205x72(mm)
Weight	2.5kg

GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Быстрая установка антенн для исследования дорожного покрытия на любой автомобиль или транспортную платформу.











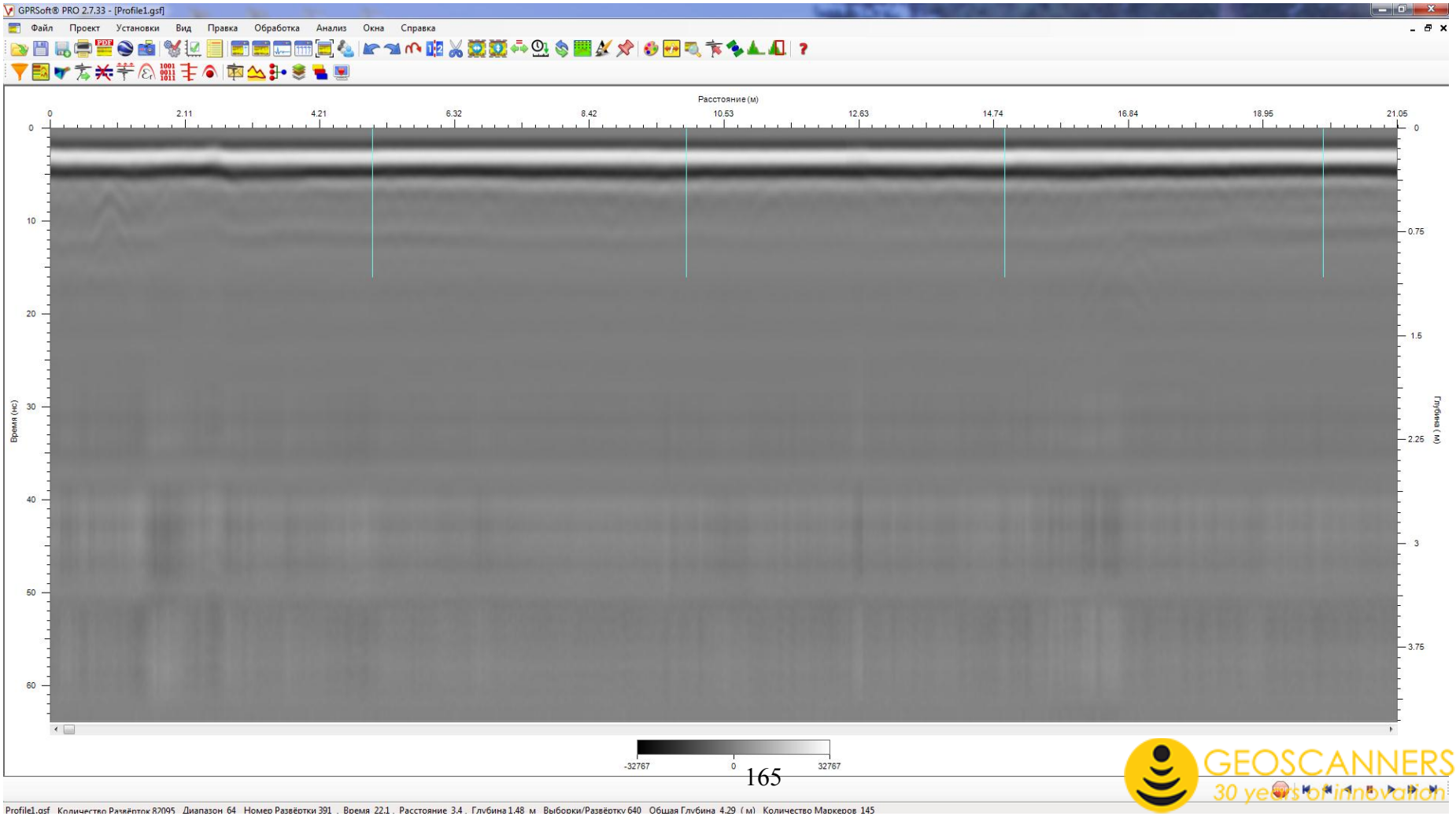


- Все крепления изготовлены из лёгких стеклопластиковых труб высокой прочности неподверженных коррозии.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

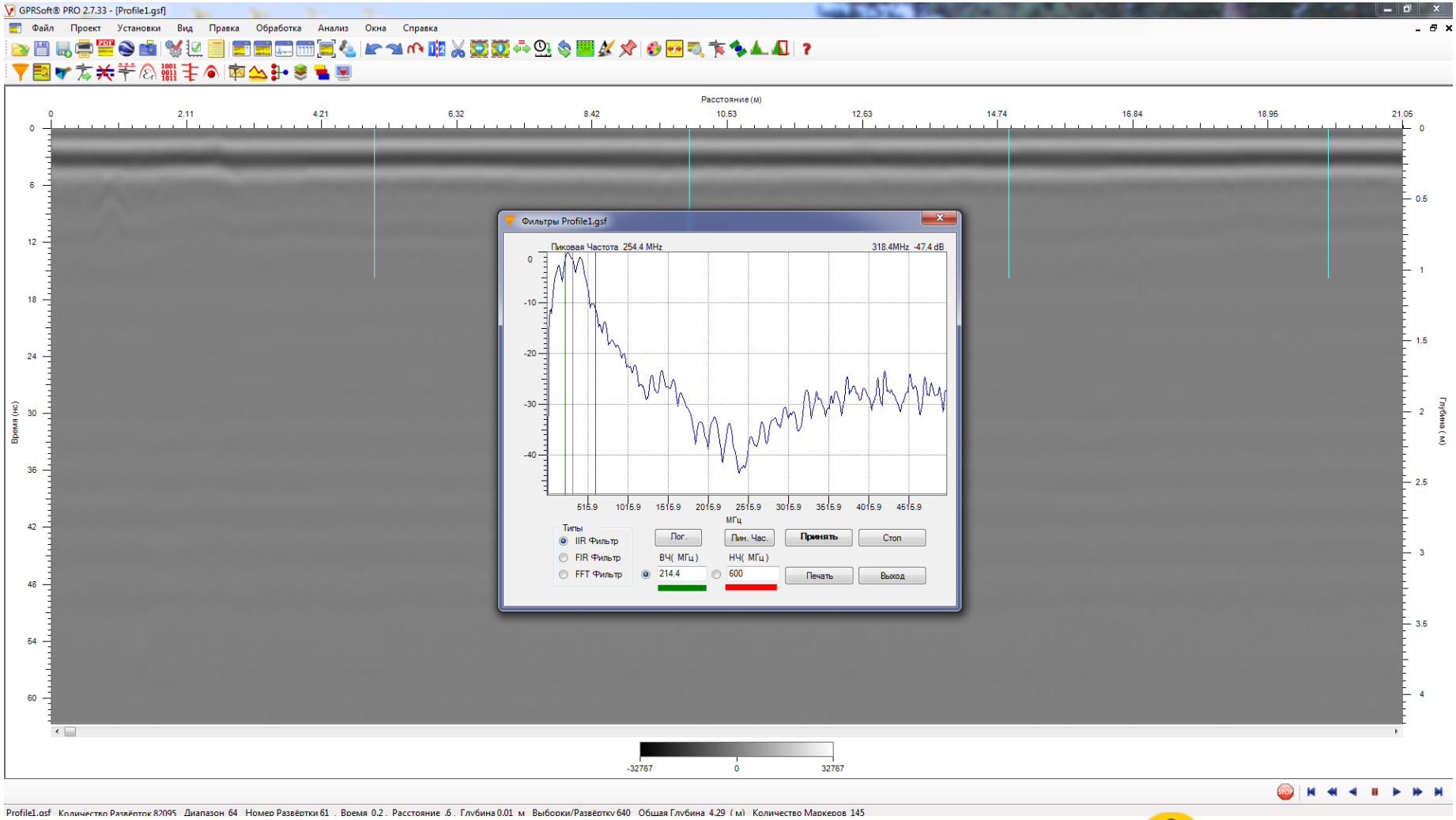
5. Фотоматериалы (скриншоты) различных этапов камеральной обработки материалов

- Исходный профиль.



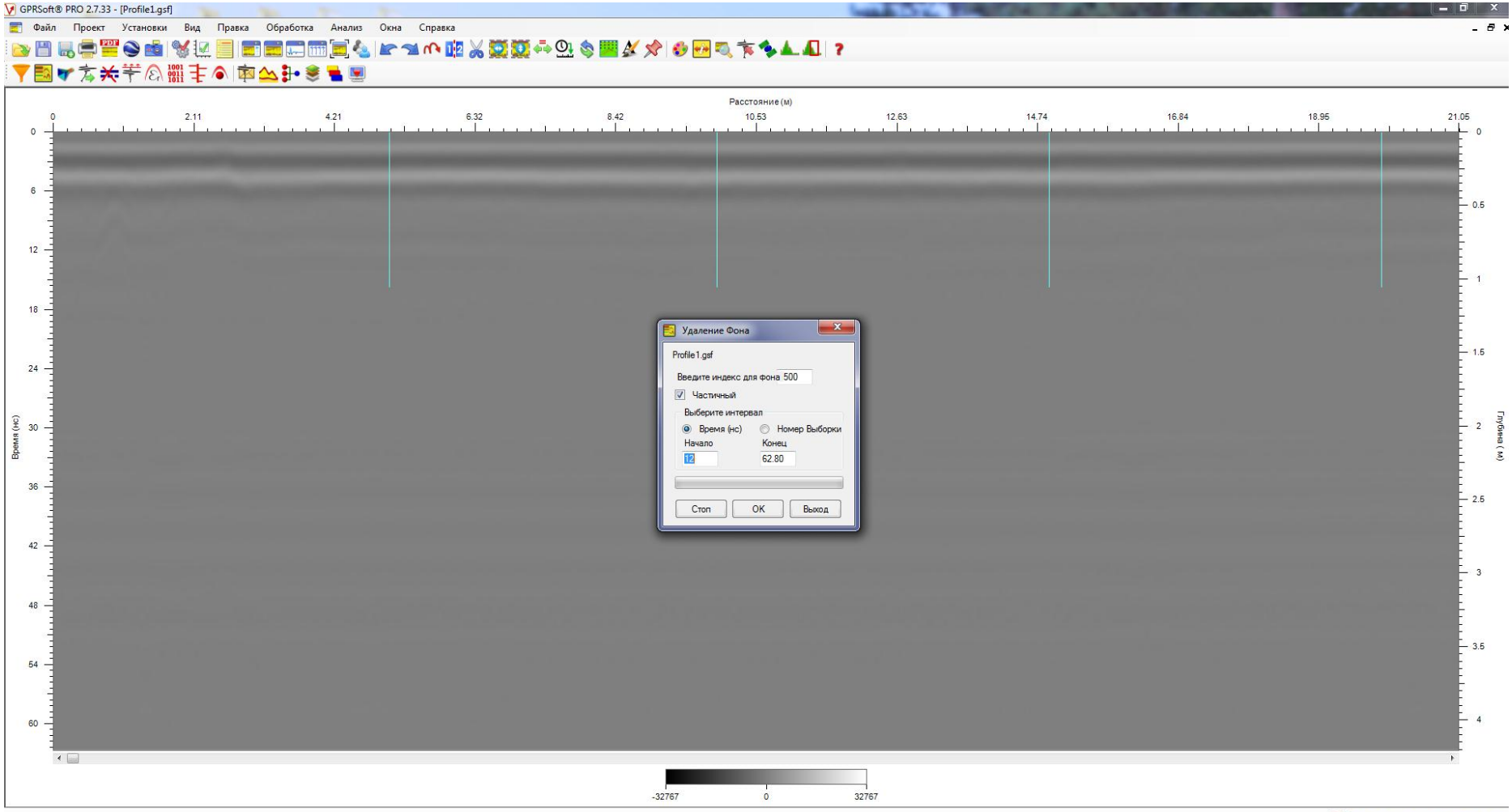
GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Очистка спектра частот.



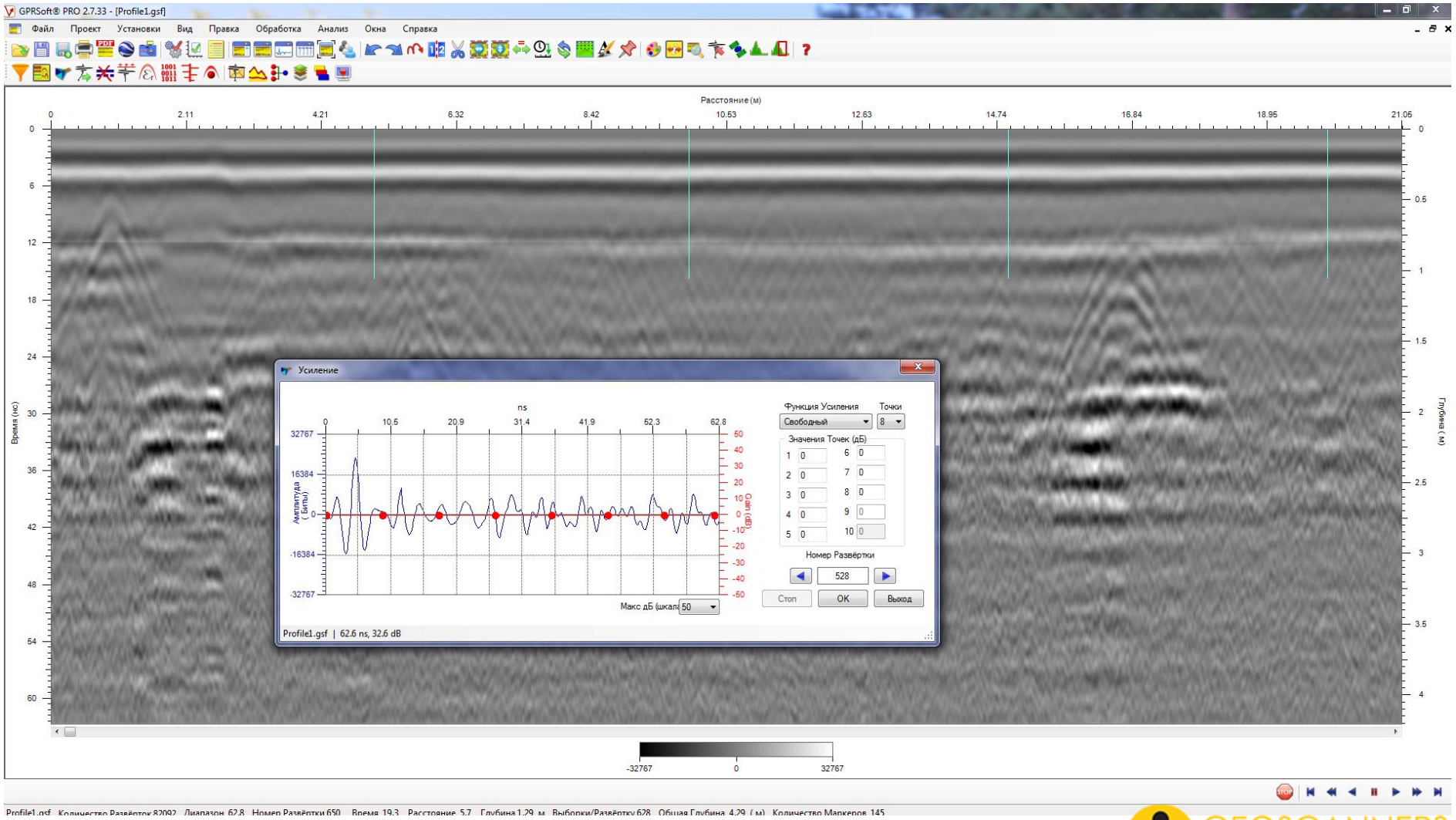
GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Удаление постоянного фона в диапазоне времени.



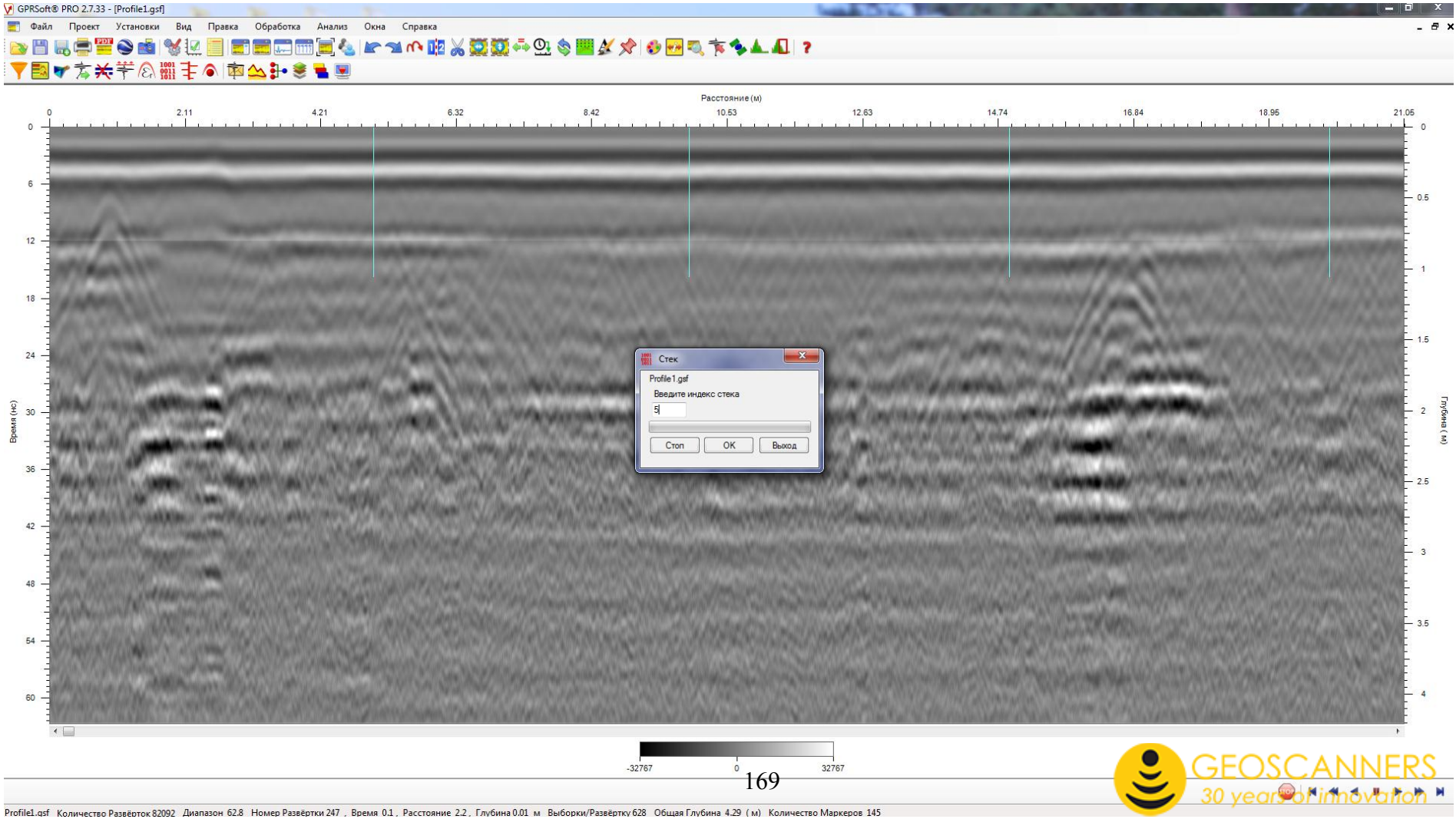
GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Настройка усиления.



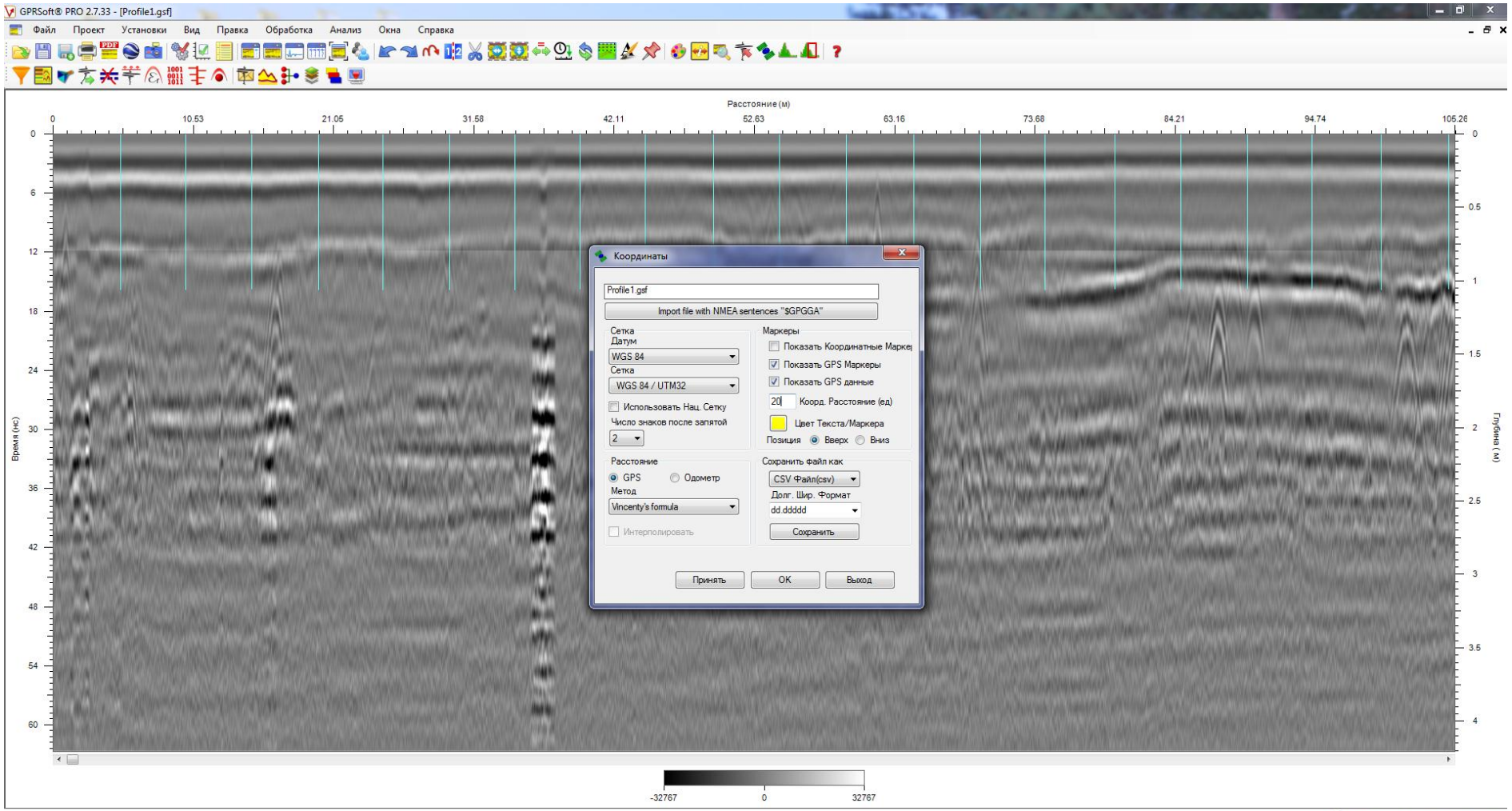
GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Сжатие файла (стек), вводится количество развёрток которые будут суммированы.



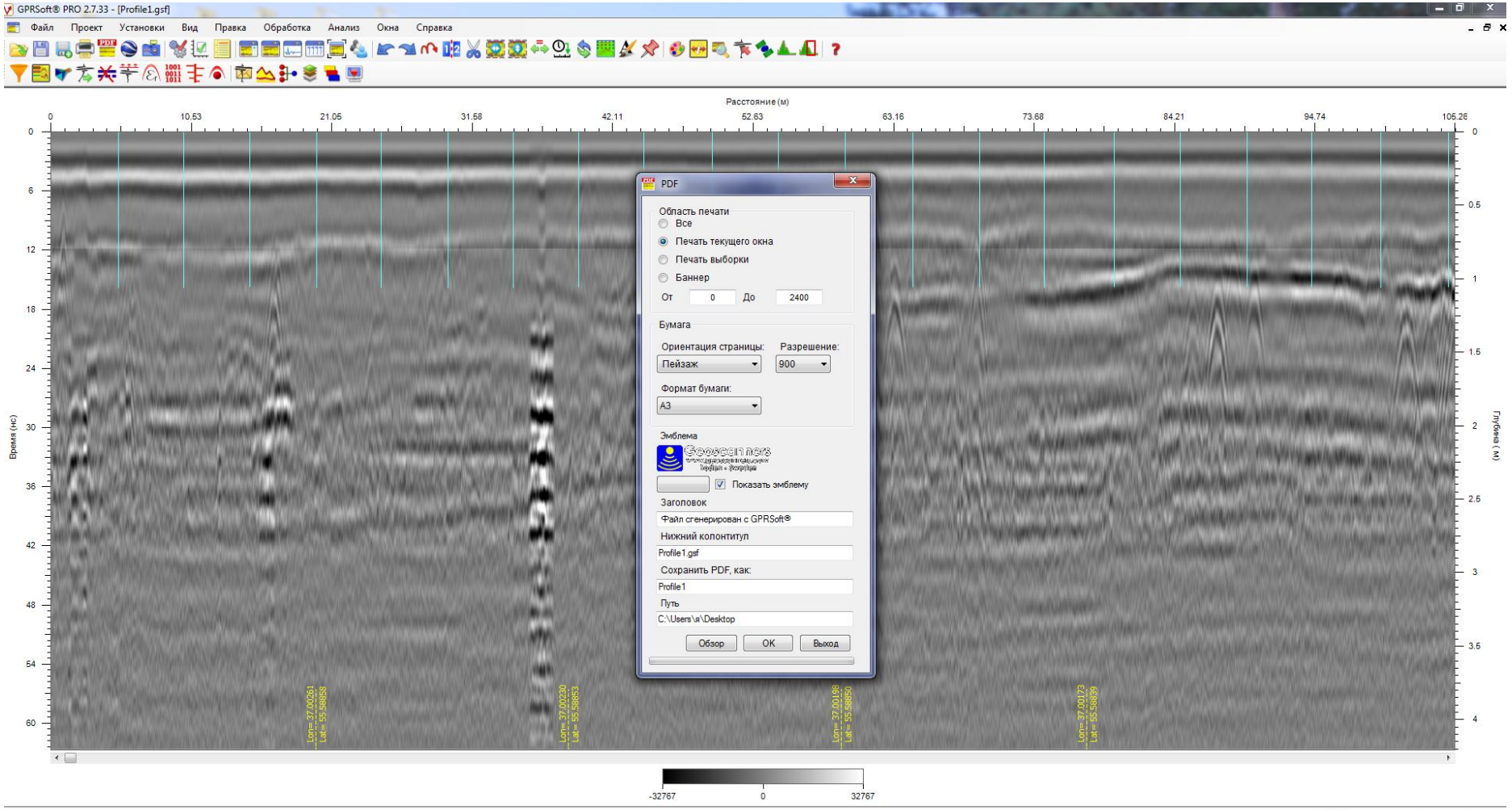
GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Установка маркеров координат.



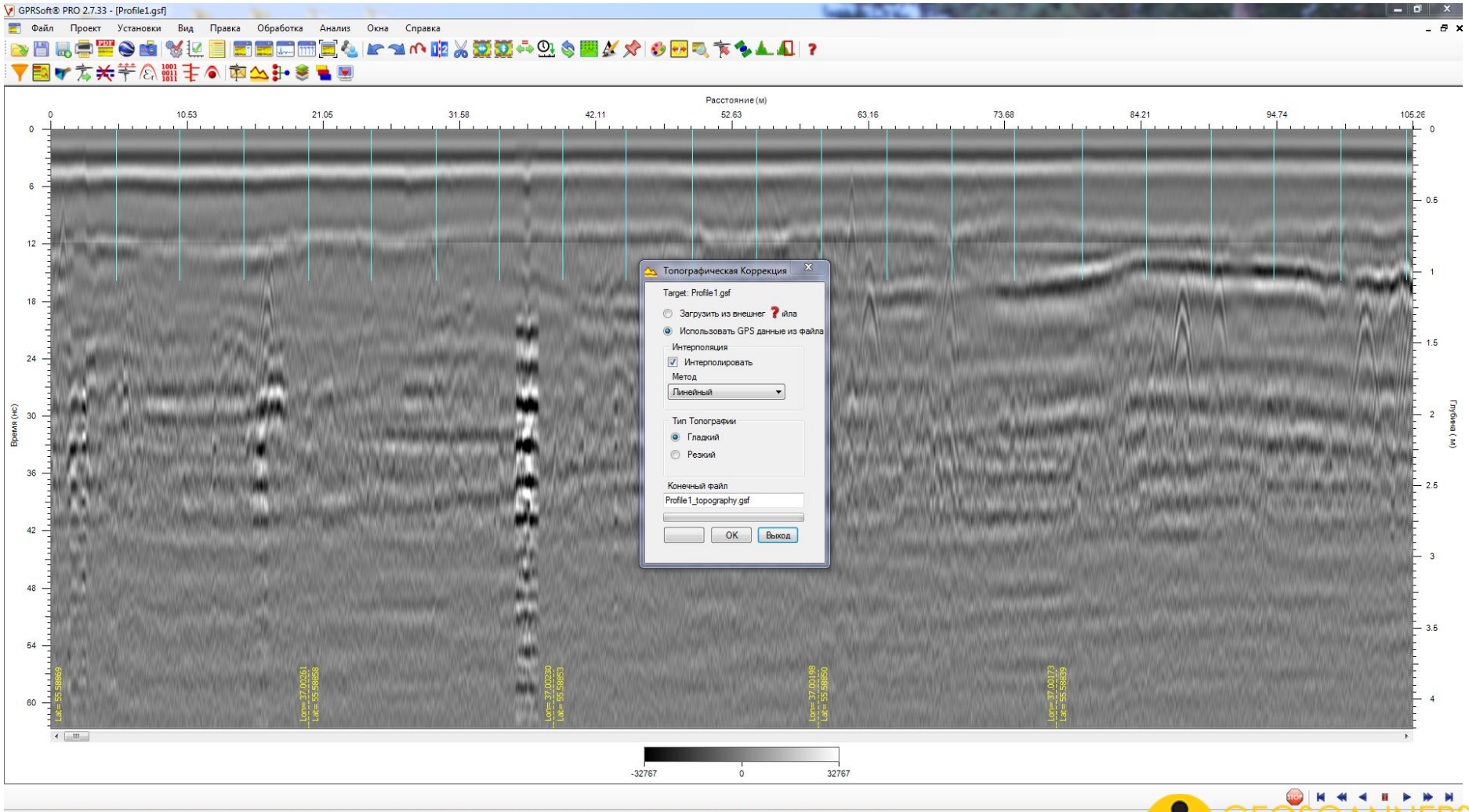
GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Экспорт в PDF.



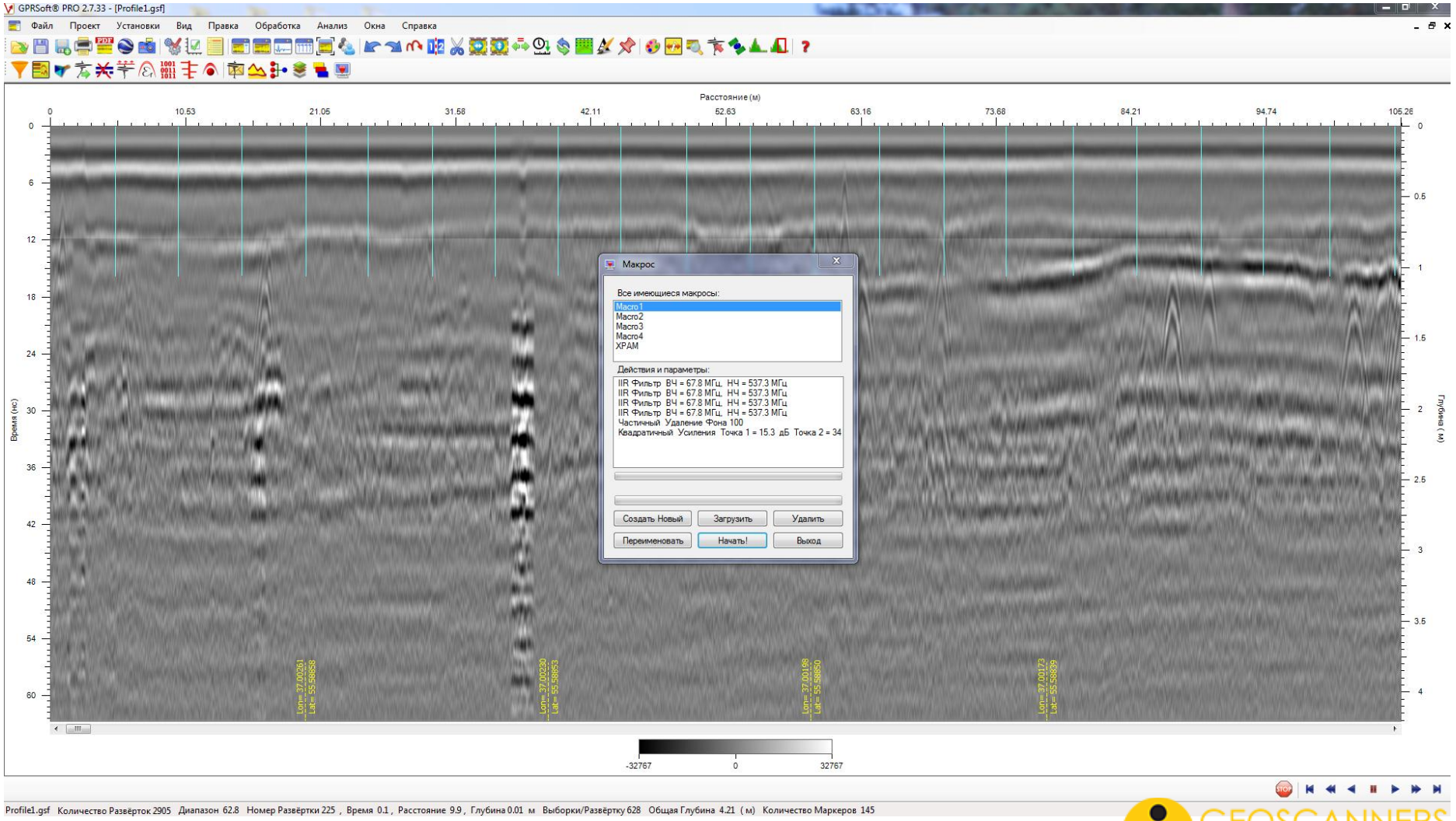
GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Топографическая коррекция по отметкам высоты над уровнем моря.



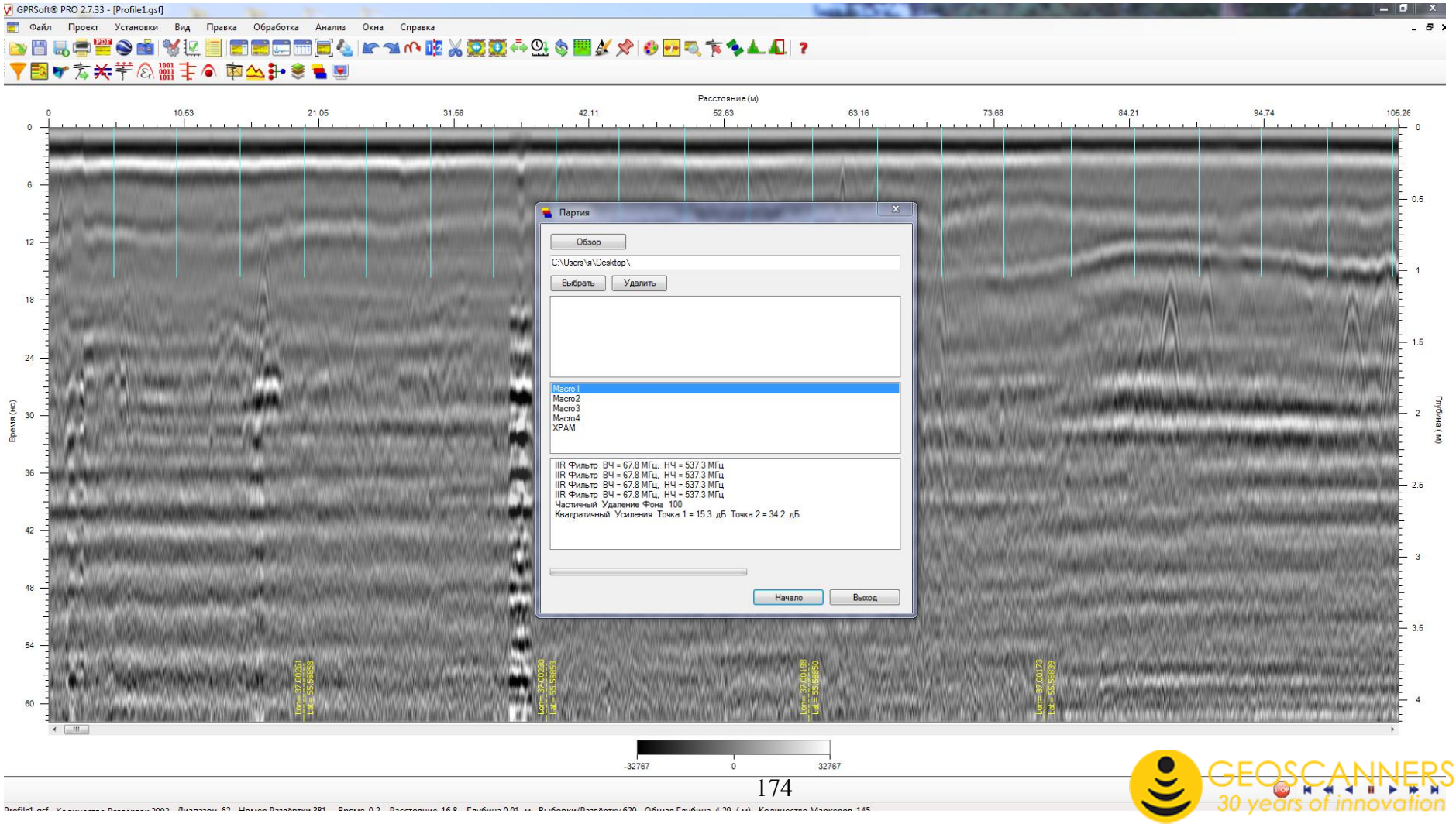
GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Создание и применение макросов для ускоренной обработки больших массивов данных собранных с одними настройками.



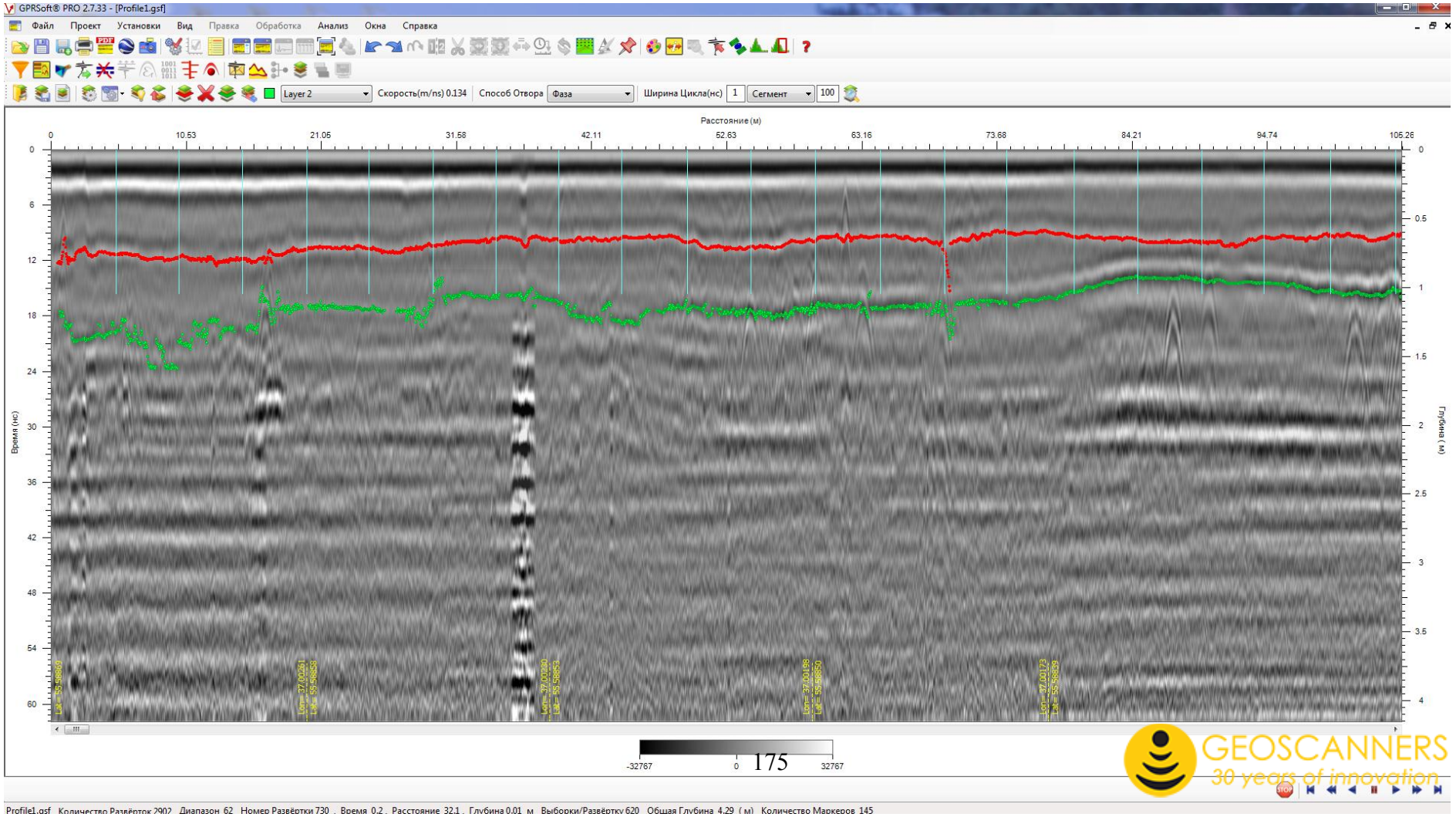
GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Пакетная обработка данных. Необходимо выбрать папку с файлами, выбрать макрос для обработки и программа обработает весь массив данных в автоматическом режиме, сохранив полученные файлы с новыми именами.

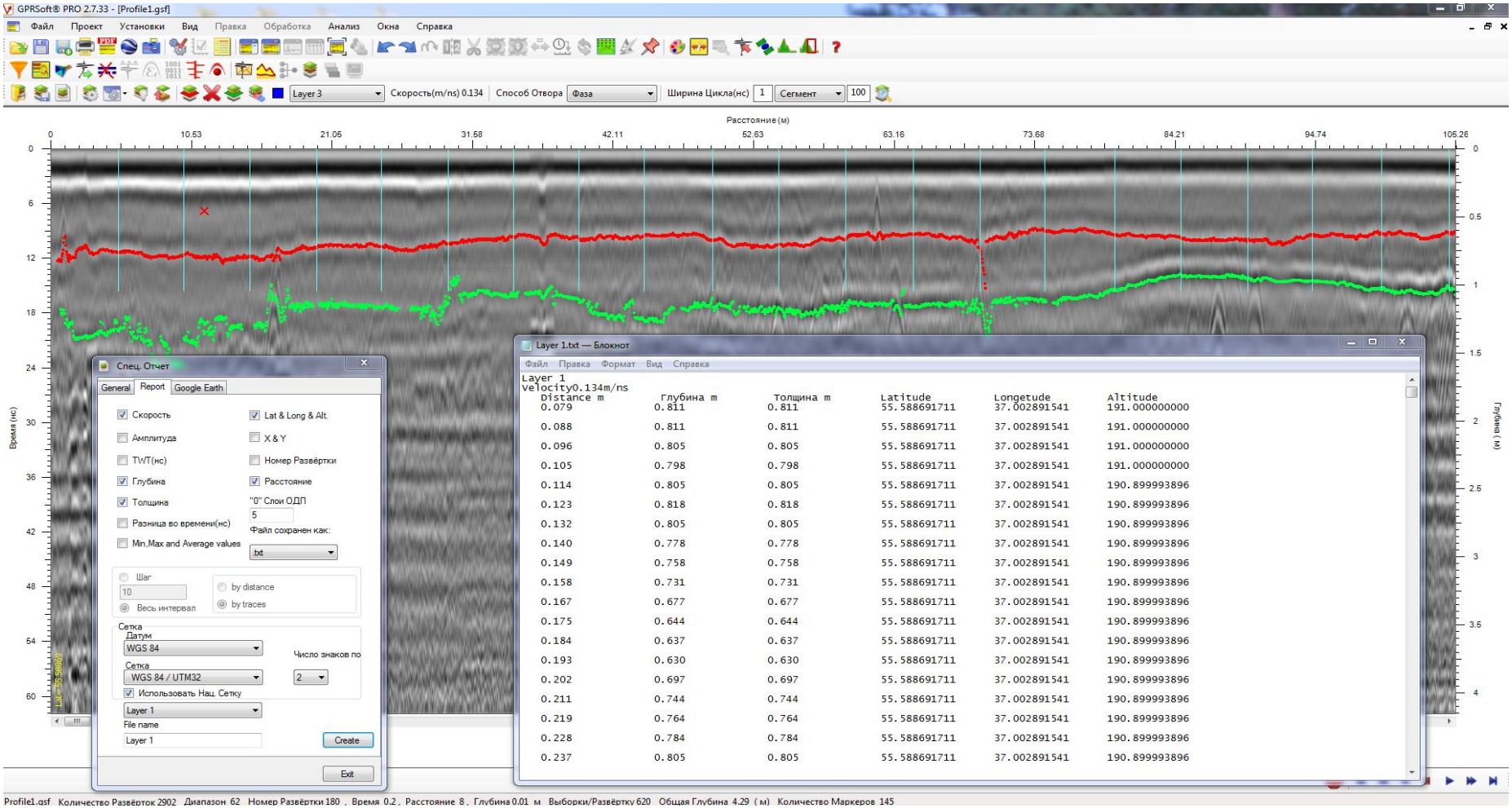


GEOSCANNERS
30 years of innovation

- Обработка по слоям (по пластам). Трассировка слоя может быть проведена как в ручном режиме так и в автоматическом (по фазе сигнала).



- Формирование отчёта по каждому слою, по всей дистанции файла. Для получения высокой точности координат и отметок по высоте, необходимо применением точных навигационных приборов.



- В данный отчёт вошло краткое описание основных функций. Множество мелких опций программы доступны в подробном описании.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

6. Измерение плотности асфальта, методика.

- **Выбор антенны**
- Для такого рода исследований антенна с воздушной связью является единственным вариантом, поскольку нам необходимо иметь возможность отделять отражение от асфальтового слоя от передаваемого импульса, излучаемого антенной. Более того, половина длины волны передаваемого импульса должна быть меньше, чем слой, который мы пытаемся изучить, в данном конкретном случае верхний слой асфальта дороги. По этой причине HA-2000 или в очень ограниченном случае HA-1000 - единственные возможные варианты.

- **Выбор мест для отбора керна**
- Необходимо собрать несколько проб керна, чтобы иметь возможность калибровать результаты измерения, используя любой из доступных методов для определения пористости асфальта, а затем сравнить это с полученными результатами. Мы предлагаем, чтобы образец керна отбирался не реже, чем через каждые 10 км, или когда строительство полосы движения по трассе отличается во времени более чем на 6 месяцев, в зависимости от того, что наступит раньше. Эти данные будут в дальнейшем использованы для сравнения с результатами нашего исследования.

- **Подготовка дороги**
- Нет необходимости в подготовке дороги, но, если возможно, было бы полезно, если бы можно было проводить калибровку металлической пластины через регулярные промежутки времени. Еще одна вещь, которую следует принять во внимание, заключается в том, что исследование ни при каких условиях не может проводиться на мокром асфальте или в условиях дождя. Показания могут быть искажены из-за образовавшихся на дороге луж, а выводы исследования – получиться совершенно непредсказуемыми и не заслуживающими доверия

GEOSCANNERS
30 years of innovation

- **Подготовка оборудования**
- В целях достижения достоверных результатов выбранное оборудование должно быть рассчитано на такого рода замеры. Кроме того, оборудование, а не только антенна, должны быть прогреты как минимум за 20 минут до начала исследования. Обратите внимание, что в системах с дистанционным режимом, который запускается одометром, обязательно необходимо прогревать оборудование в режиме реального времени, с тем чтобы антенна также разогревалась в течение того же времени. Невыполнение этого условия определенно делает результаты недействительными.

- **Определение относительной диэлектрической проницаемости асфальта**
- Для расчета диэлектрической проницаемости асфальта используют амплитуду отражения от воздуха к поверхности асфальта, а затем сравнивают ее с амплитудой падения металлической пластины, расположенной над тем же местом, где измерялось отражение асфальта. Это дает нам информацию об объеме RDP асфальта.
-
- $\mathrm{RDP} = \frac{\sqrt{\mathrm{Am}} + \sqrt{\mathrm{Aa}}}{\sqrt{\mathrm{Am}} - \sqrt{\mathrm{Aa}}}$
-
- Где:
- RDP – Объем относительной диэлектрической проницаемости асфальта
- Am - Пик максимальной амплитуды падающего отражения от металлической пластины
- Aa - Пик максимальной амплитуды падающего отражения от асфальта
-
- Обратите внимание, что эта формула точно подходит для измерения приблизительно 30-40 мм слоя асфальта при использовании рупорной антенны HA-2000.

GEOSCANNERS
30 years of innovation

- **Интерпретация результатов**
- Впрочем, существует несколько методов корреляции пористости асфальта с измеренной относительной диэлектрической проницаемостью [1], [2], [3], [4]. Эти исследования показывают экспоненциальную связь между воздушными пустотами и измеренной RDP. Общепринятые отношения имеют тип:

- $P = 140 \times \exp(-0{,}58 \times RDP)$

- Однако мы предпочитаем эмпирический метод сравнения значений выборок керна с полученными значениями для RDP. Зная, что между этими двумя значениями существует сильная корреляция, фактически больше, чем 98%, мы можем использовать вариацию пар пористости и RDP, чтобы извлечь эту информацию для других значений, полученных в ходе исследования. Следует отметить, что необходимо выполнить несколько проходов, а затем использовать корреляцию Пирсона для оценки повторяемости и уверенности в полученных результатах.

- **Комментарии**
- Этот метод успешно использовался в Финляндии и Швеции в процессе ремонта и технического обслуживания дорог в течение последних 20 лет. Также, но уже в меньшей степени, данная методика применялась Техасским институтом транспорта в США.

- **Список используемой литературы**
-

- Оценка качества дорог с помощью георадара, Прикладная геофизика (журнал), 43 (2–4) (2000), 10.1016 / S0926- 9851 (99) 00052-X, Т. Сааренкето, Т. Скаллион.
- Экспериментальное определение объема диэлектрических свойств и пористости пористого асфальта и грунтов с использованием георадара и метода циклического изменения влажности, Уоллес В.Л. Лай
- Использование инфракрасного и высокоскоростного радиолокатора для измерения однородности на новых слоях HMA, С. Себеста, Т. Скаллион, Т. Сааренкето
- Инновационный метод измерения диэлектрической проницаемости дорожного покрытия с использованием расширенного метода CMP с двумя GPR-системами с воздушной связью, З. Ленг, И.Л. Аль-Кади

GEOSCANNERS
30 years of innovation

Спасибо за внимание!

GEOSCANNERS
geophysical survey solutions

Geoscanners AB
Сайт: www.Geo-Scanner.ru
Почта: info@Geo-Scanner.ru
Телефон: +7-495-509-35-14
Адрес: Москва, 22-км Киевского ш. Бизнес Парк Румянцево, корпус «Г», офис 247Г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Дополнительные материалы компании «ЭКОИНСТРУМЕНТ»

Надо отметить, что тест на дороге А-107 производился с помощью оборудования, которое было под рукой. Не использовались рупорные антенны. Корректная gps-привязка в нашем варианте оборудования возможна лишь при использовании своего режима RTK, который организуется с помощью своей базовой станции и радиомодема на частоте примерно 400Мгц, что могло бы доставить неудобства другим участникам тестов.
Съемка с использованием геодезического gps:
Непосредственно в георадар навигационные данные поступают в формате NMEA GGA с точностью примерно 1.5-2м. Отдельно писалась в память gps-приемника сырые данные и работала наша базовая станция рядом с местом проведения тестов, которая также писала сырые данные. В результате обработки информации gps приемников был получен трек с сантиметровой точностью, который ниже сравнивается с координатами из файла “временная дорога”. Для сопоставления координат в формате NMEA GGA и точного трека, точки последнего отмечены временем съемки (раз в секунду). В файле a1.txt – точный трек gps приемника с оценкой погрешности определения координат (последние три цифры каждой точки в мм). Файл a1.pdf этот трек с отметками минут и секунд абсолютного времени и с наложенным файлом “временная дорога” (более крупные точки).
В рамках тестов на трассе А-107 использовались следующие конфигурации георадара SIR-3000 и антенн 400 и 900 Мгц:
Автомобильный вариант – антенна 400Мгц, геодезический gps-приемник Maxor (Рисунок 1). Такой конфигурацией георадара выполнены 4 трека (правая и левая полосы, направления север-юг и юг-север) (Рисунок 2).



Рисунок 1. Автомобильный вариант – антенна 400Мгц, геодезический gps-приемник Maxor.

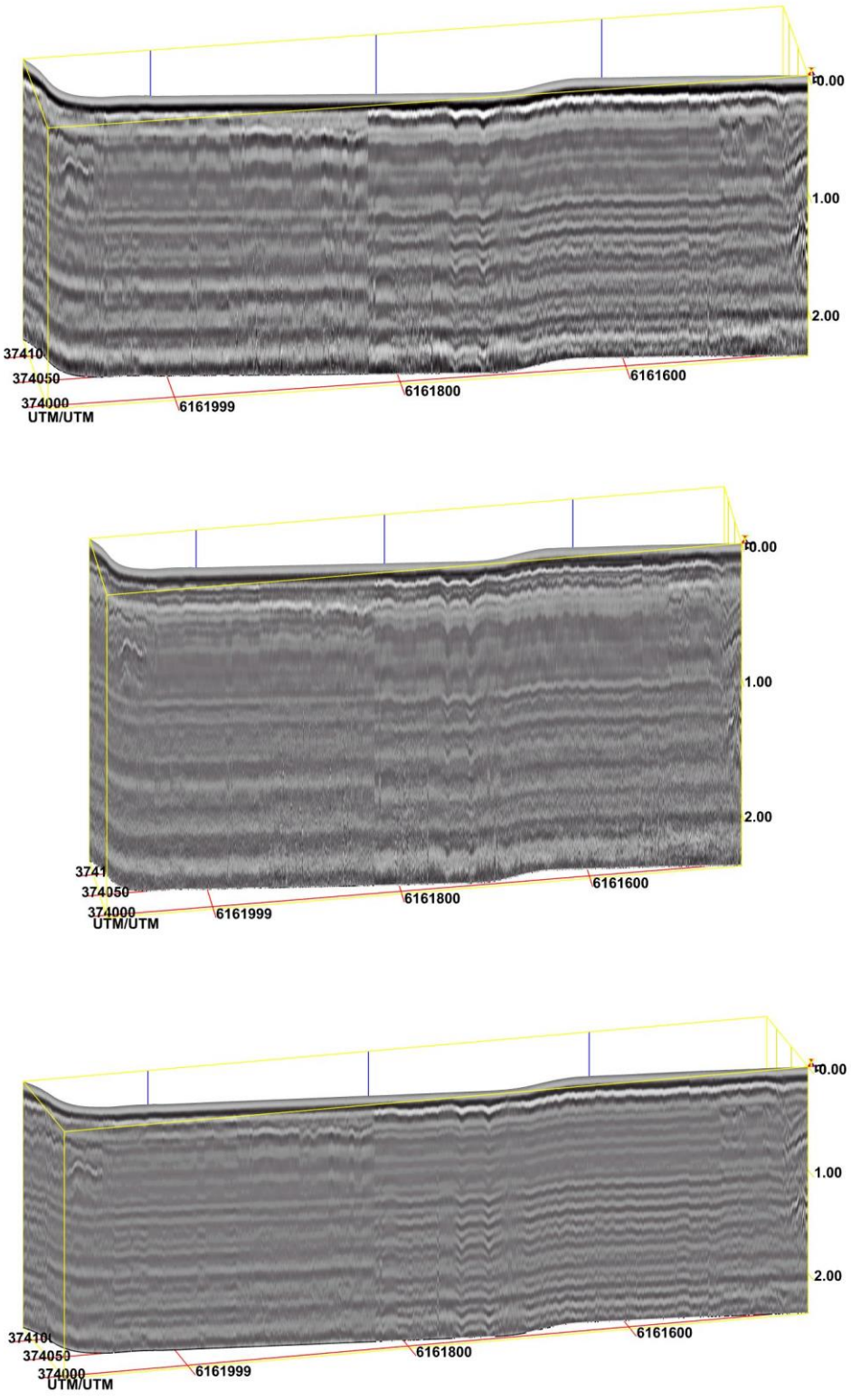


Рисунок 2. Разные варианты радарограммы

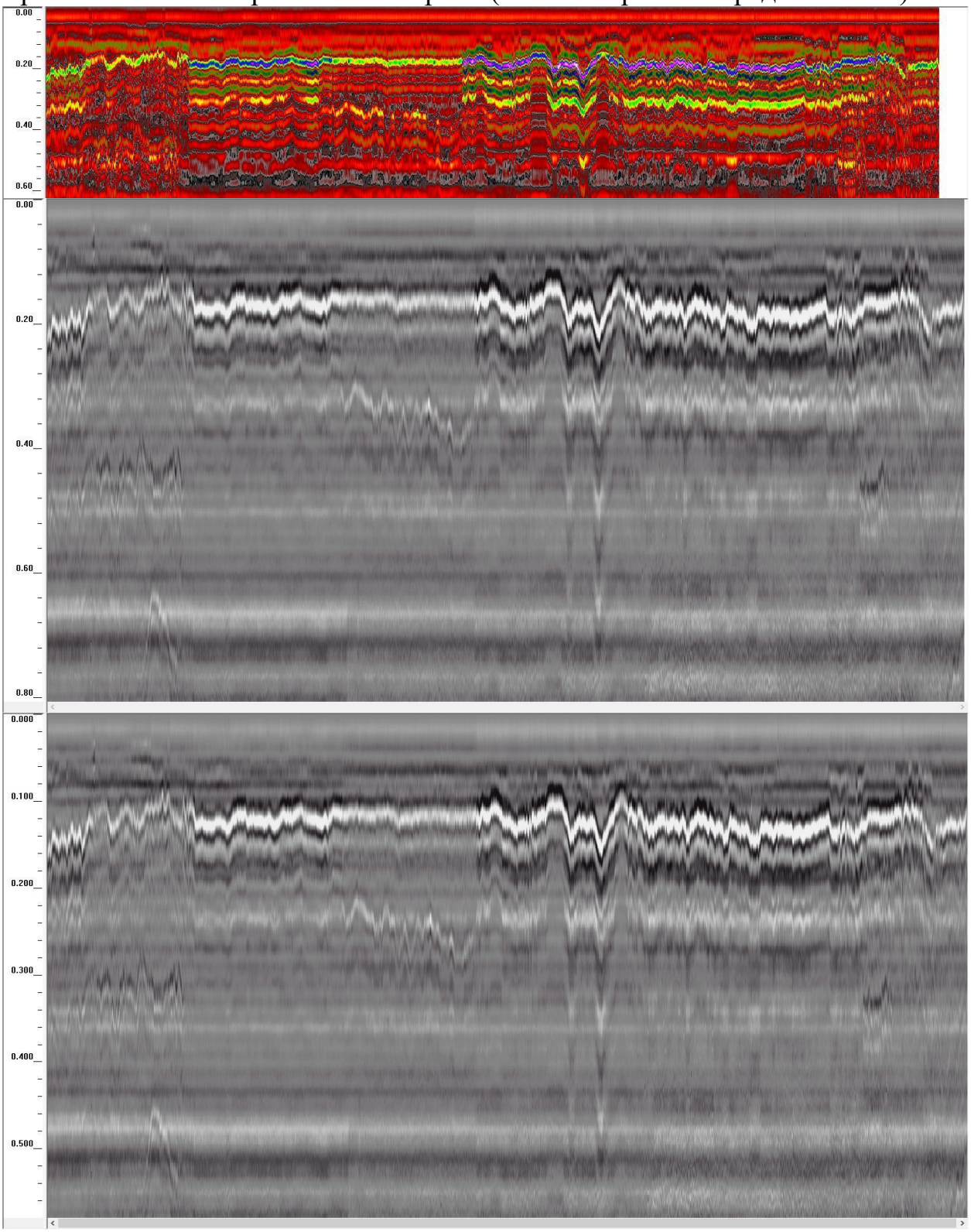
В качестве отчетных материалов были предоставленны следующие материалы:

- Файлы a1.pdf и a1.txt – трек
- ABA_____001 P_2 – таблица со слоями

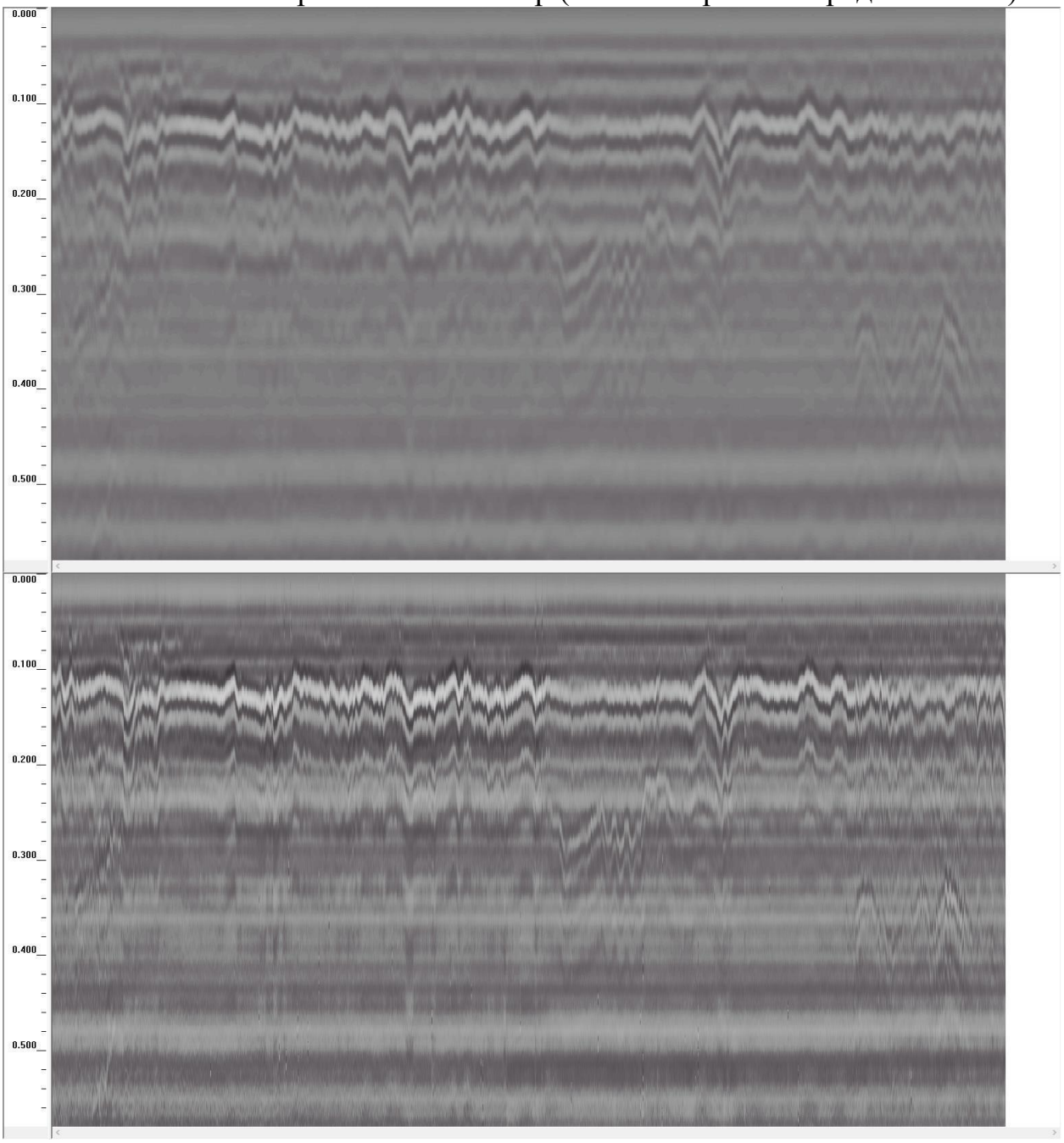
Георадар SIR-3000 с антенной 900Мгц с одометром



Правая полоса в направлении север-юг (Разные варианты представления)



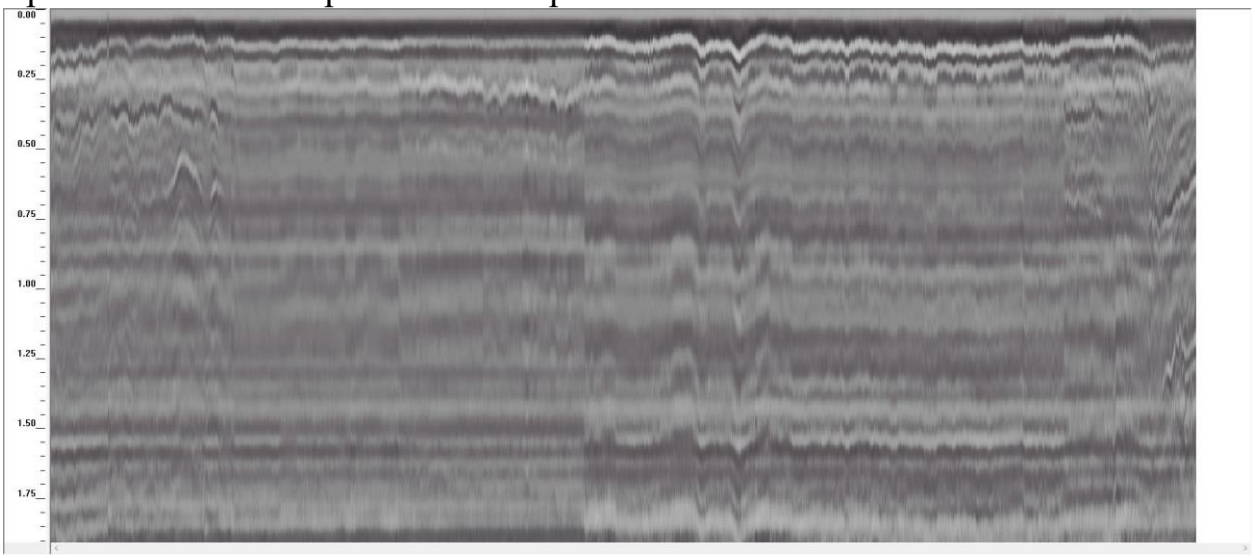
Левая полоса в направлении юг-север (Разные варианты представления)



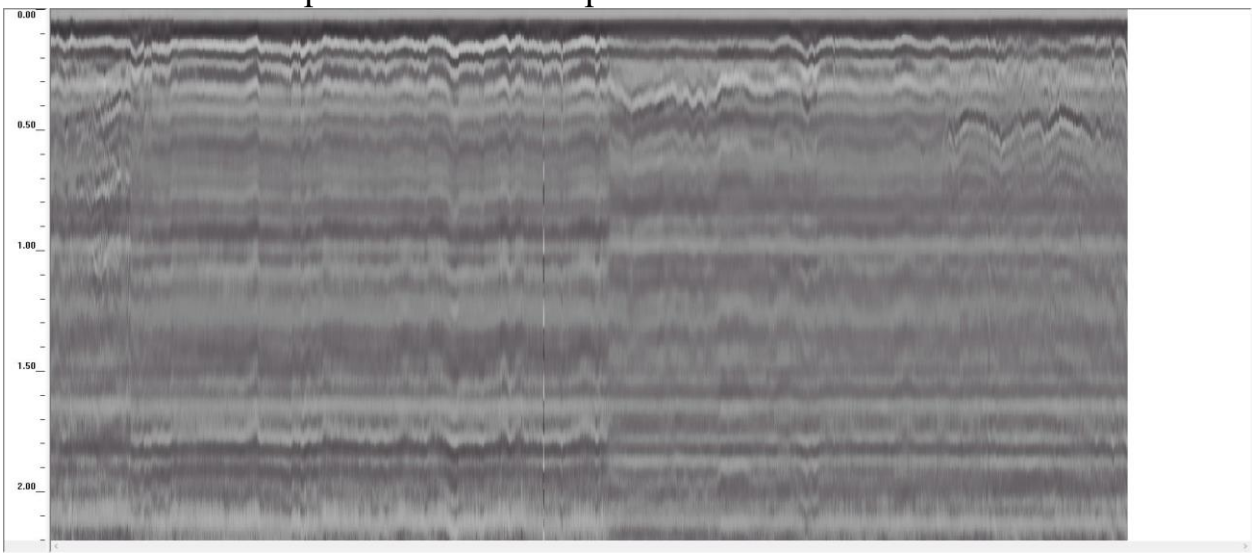
Георадар SIR-3000 с антенной 400Мгц с тележкой 623



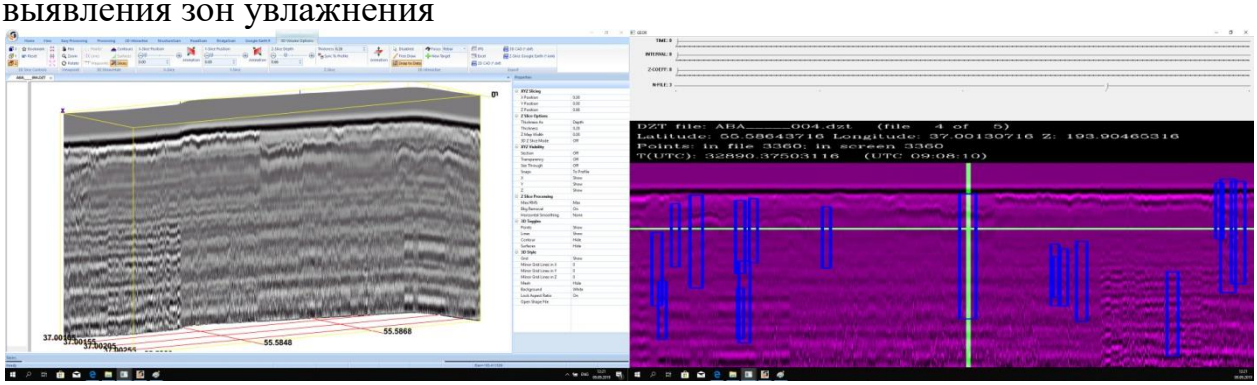
Правая полоса в направлении север-юг



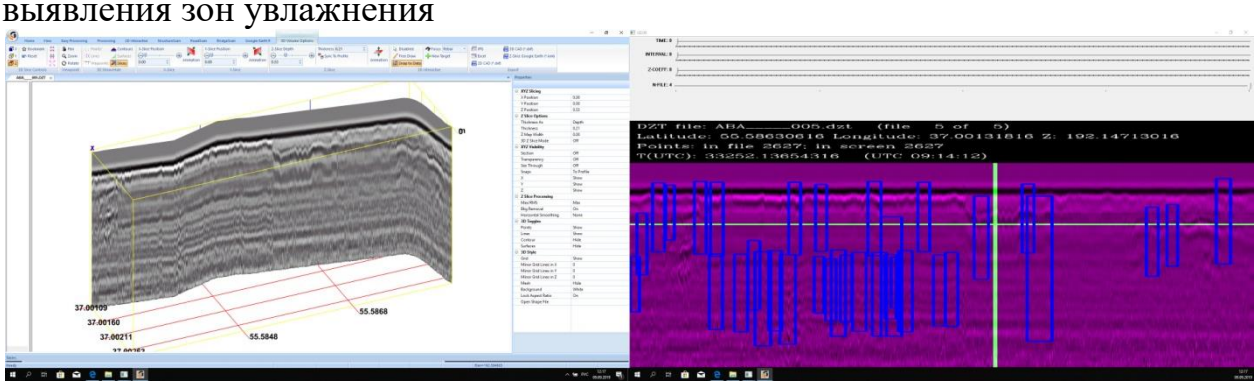
Левая полоса в направлении юг-север



В дополнение к нашему отчету по тестам на полигоне А-107 шлем материалы обработки радарограмм:
Антенна 400мгц, левая полоса, направление север-юг
Слева – 3D картинка из Радана, справа – результат работы классификатора выявления зон увлажнения



Антенна 400мгц, левая полоса, направление юг-север
Слева – 3D картинка из Радана, справа – результат работы классификатора выявления зон увлажнения



Перекрестьем отмечена зона ослабленного грунта, В правой части картинок вторая строка текста показывает координаты центра зоны ослабления грунта.
В приложении эти же картинки в большом формате
И радарограммы в табличной форме:
ABA_____001 P_D1 - Антенна 400мгц, правая полоса, направление юг-север
ABA_____004 P_41 - Антенна 400мгц, левая полоса, направление юг-север
Важно отметить, что классификатор обучен на грунтовых дорогах и на асфальте работает не вполне корректно

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Обосновывающие материалы НПО «Терразонд»

TerraZond

Научно производственное объединение

«Терразонд»

г.Москва, Электролитный пр-д, д.3, стр.2
тел +7(495) 789-4989
георадар.рф

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

Георадиолокационное обследование на объекте «Автомобильная дорога А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио».

Москва 2019

Содержание

Содержание	2
Определения	3
Обозначения и сокращения	4
Постановка задачи	5
Аппаратура	5
Характеристика объекта	6
Система наблюдения, полевые работы	9
Результаты	9
Выводы	17
Заключение	17
Используемые источники	18

Определения

В настоящем отчете применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Неоднородность (аномалия) – область исследуемого пространства, в которой значение диэлектрической проницаемости (показатель преломления) существенно отличается от значений диэлектрической проницаемости, соответствующей сухой однородной вмещающей среде свободной от локальных изменений.

Геофизическое исследование - систематическое научное исследование геофизических пространственных данных, полученных с применением различных методик, в том числе георадиолокации.

Многоракурскное георадиолокационное зондирование - геофизический метод сканирования сплошных сред с использованием антенных решеток с распределенными приемными и передающими ВЧ антеннами широкого диапазона частот, для зондирования среды с разных ракурсов. Для обнаружения и локализации неоднородностей используется метод математической фокусировки и технология радара с синтезированием апертуры, при котором все зарегистрированные решеткой ВЧ сигналы (500-2000МГц) суммируются в фазе для каждой задаваемой точки фокусировки с коррекцией существующего запаздывания. Таким образом фокусировка осуществляется путем последовательного суммирования принятых сигналов с выравниванием временных задержек импульсов, рассеянных точкой с заданными координатами. В принятый сигнал вносятся задержки, соответствующие суммарному времени прохождения сигнала от передатчика до объекта и обратно от объекта до приемника. После чего амплитуды сигналов, соответствующие рассчитанным задержкам складываются. Полученный результат является точкой радиоизображения с соответствующими координатами. Проведя операцию фокусировки для каждой точки выбранного объема пространства, строится трехмерное радиоизображение. Операция фокусировки проводится в частотной области с применением быстрых алгоритмов обработки, что позволяет реализовывать трехмерные томограммы исследуемого пространства в режиме реального времени.

Обозначения и сокращения

АФ	- аппаратная функция - математически описанная характеристика устройства, устанавливающая связь измеренной величины на выходе устройства с истинным значением этой величины на его входе.
ВЧ	- высокочастотный
ГИС	- геоинформационная система
ГРТ	- ГеоРадиоТомограф
ЛЧМ	- линейно-частотная модуляция
ПК	- персональный компьютер
ПО	- программное обеспечение
СВЧ	- сверхвысокие частоты
ОСТ	- общая средняя точка на поверхности наблюдений, совпадающая с серединой отрезка между пунктом возбуждения и пунктом приема радиоволн

Постановка задачи

Согласно программе работ в августе 2019 года в районе участка автомобильной дороги А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио» были проведены геофизические исследования методом многоракурсного георадиолокационного зондирования аппаратурой георадиотомографии ГРТ-22.

Объектами исследований были структурные слои, а также неоднородности дорожной одежды.

Задачей исследований являлось:

- определение толщин слоев дорожной конструкции;
- локализация участков с признаками ослабления дорожной конструкции.

Аппаратура

Георадиотомограф ГРТ-22 (рис 1), реализует метод многоракурсного георадиолокационного зондирования. Аппаратура предназначена для обнаружения и пространственной локализации объектов и неоднородностей, скрытых в различных средах (грунт, дорожные покрытия, строительные конструкции и др). Обнаруживаются объекты и неоднородности, диэлектрическая проницаемость которых отличается от фоновой диэлектрической проницаемости среды.

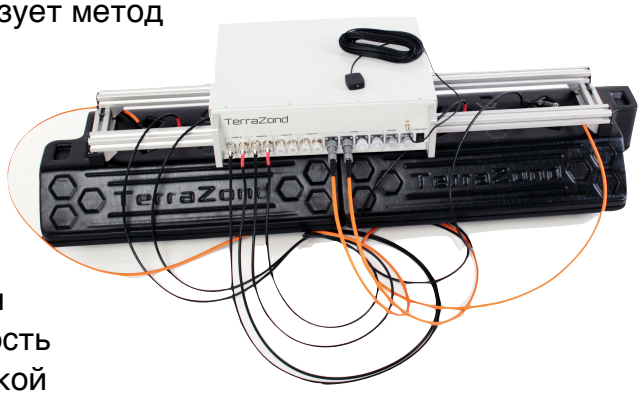


Рис.1 Аппаратура ГРТ-22

Для сканирования сплошных сред используется антенная решетка с распределенными приемными и передающими высокочастотными (ВЧ) антеннами широкого диапазона (500-2000МГц), которая осуществляет зондирование среды с разных ракурсов.

Для анализа слоев строятся радарограммы (временной разрез), получаемые после преобразования частотного спектра.

Для обнаружения и локализации неоднородностей кроме, как анализа временных разрезов, используется метод математической фокусировки и технология радара с синтезированием апертуры, при котором все зарегистрированные решеткой ВЧ сигналы суммируются в фазе для каждой задаваемой точки фокусировки с коррекцией существующего запаздывания. Таким образом фокусировка осуществляется путем последовательного суммирования принятых сигналов с выравниванием временных задержек импульсов, рассеянных точкой с заданными координатами. В принятый сигнал вносятся задержки, соответствующие суммарному времени прохождения сигнала от передатчика до объекта и обратно от объекта до приемника. После чего амплитуды сигналов, соответствующие рассчитанным задержкам складываются. Полученный результат является точкой радиоизображения с соответствующими координатами. Проведя операцию фокусировки для каждой точки выбранного объема

пространства, строится трехмерное радиоизображение (метод радиоволнового томосинтеза). Операция фокусировки проводится в частотной области с применением быстрых алгоритмов обработки, что позволяет реализовывать трехмерные томограммы исследуемого пространства.

Устройство представляет собой модульный комплекс, состоящий из блока формирования и приема ВЧ импульсов на основе ЛЧМ генератора и модуля антенной решетки. Каждый антенный модуль имеет по 4-е антенных элемента для приемного и излучающего тракта, обеспечивающие 7 каналов измерения в тактированном режиме для каждого модуля. Всего можно подключить до 4-х антенных модулей, обеспечивая до 31 каналов измерения в стандартном режиме. Максимальная скорость перемещения аппаратуры в процессе сканирования - до 100+ км/ч.

Программируемая коммутация позволяет кроме стандартного режима - проводить измерения в режиме общей средней точки (ОСТ) для последующего расчета скорости прохождения сигнала в слое, при этом используются два варианта коммутации, осуществляющих зондирование общей точки разными по удаленности парами приемной и передающих антенных элементов. При активации режима ОСТ включаются дополнительно 3 канала измерения для одного антенного модуля. Результаты расчетов скоростей и толщин первого слоя на исследуемом участке с применением метода ОСТ будет представлен в дополнительной работе.

Характеристика объекта.

Участок обследования протяженностью 720 м (ПК 0+00 – ПК 7+20) имеет 2 полосы движения в прямом и обратном направлении. Дорожная конструкция экспериментальных секций представлена следующими материалами:

1. Грунт земляного полотна – песчаный грунт (песок) по ГОСТ 25100-2011 с $K_ф \geq$ 0,5 м/сут;
2. Песок $K_ф \geq 2$ м/сут по ГОСТ 8736-20104 (30 см);
3. Армирующая прослойка из геосинтетического материала (если применимо в соответствии с таблицей 1);
4. Щебеночно-песчаная смесь непрерывной гранулометрии при максимальном размере зерен 120 мм (С-4) по ГОСТ25607-2009 (30 см);
5. Горячий крупнозернистый асфальтобетон тип Б марки II по ГОСТ 9128-2013 на битуме БНД 60/90 по ГОСТ 22245-90 (6 см);
6. Горячий мелкозернистый асфальтобетон тип А марки I по ГОСТ 9128 2013 на битуме БНД 60/90 по ГОСТ 22245-90 (4 см).

Конструкция дорожной одежды на участках ПК 0+40 – 1+40 (100 м), а также ПК 3+80 – 7+20 содержит геосинтетический армирующий материал (см. таблицу 1) между слоем основания из щебеночно-песчаной смеси и дополнительным слоем основания из песка.

Таблица 1 Местоположение геосинтетического материала на объекте «Автомобильная дорог А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио»

с ПК до ПК	Вид геосинтетического материала
0+40 0+60	2-х осная сетка 40/40
0+60 0+80	2-х осная сетка 40/40
0+80 1+00	2-х осная сетка 20/20
1+00 1+20	2-х осная сетка 40/40 (прямое направление) и 25/25 (обратное направление)
1+20 1+40	Геополотно тканое
1+40 3+60	Участок ранее действовавшей автомобильной дороги (дорожная конструкция отличается от экспериментальных секций)
3+60 3+80	Участок без геосетки
3+80 4+00	Геополотно тканое
4+00 4+20	Геополотно тканое
4+20 4+40	2-х осная сетка 20/20
4+40 4+60	Геокомпозит: 2-х осная сетка 50/50 + геополотно нетканое
4+60 4+80	2-х осная сетка 40/40
4+80 5+00	Геополотно тканое
5+00 5+20	2-х осная сетка 40/40
5+20 5+40	3-х осная сетка 46/46/46
5+40 5+60	3-х осная сетка 46/46/46
5+60 5+80	2-х осная сетка 40/40
5+80 6+00	Геосотовый материал тканый 200/200/150 + геополотно нетканое
6+00 6+20	2-х осная сетка 40/40
6+20 6+40	2-х осная сетка 25/25
6+40 6+60	2-х осная сетка 50/50
6+60 6+80	Геосотовый материал пластмассовый скрепленный 150/150/150 + дренажный мат двухсторонний
6+80 7+00	2-х осная сетка 40/40
7+00 7+20	2-х осная сетка 40/40

Информация по разметке профилей на опытно-экспериментальном полигоне

Левая полоса (707.6 м)

Начало – ПК 0+35.9

Конец – ПК 7+43.5

Правая полоса (717.4)

Начало – ПК 0+30.4

Конец – ПК 7+47.8

Места отбора кернов:

ПК 1+28.6 (правая полоса)

ПК 3+68.4 (правая полоса)

ПК 4+28.2 (левая полоса)

ПК 5+07.5 (правая полоса)

ПК 6+54.6 (левая полоса)

В таблице 2 указаны толщины конструктивных слоев на основании анализа кернов.

Таблица 2 Результаты проходки выработок

ПК	Полоса движения	Материал	Толщина слоя, см
3+70	правая	асфальтобетон	11,0
		щебеночно-песчаная-цементная смесь	18,5
4+30	левая	асфальтобетон	11,0
		щебеночно-песчаная смесь	26,0
5+10	правая	асфальтобетон	13,0
		щебеночно-песчаная смесь	31,3

Система наблюдений, полевые работы

Наблюдения объекта с аппаратурой многоракурсной георадиолокации проводились по двум профилям, в прямом и обратном направлении сканирования.

Для аппаратуры ГРТ-22 был выбран шаг опроса решетки - 28мм. Процесс измерений фиксировался на видеокамеру, позиционирование аппаратуры производилось с помощью встроенного GPS приемника, а также развернутой системой RTK GNSS в кинематическом режиме.

Перемещение аппаратуры в процессе сканирование осуществлялось на скорости до 15км/ч с использованием гироскутера. Время сканирования профиля в одну сторону заняло около 5 минут, в процессе измерения одного профиля было собрано 15 радарограмм с ~25400 трасс в каждой.



Рис.2 ГРТ-22 в процессе сканирования на полигоне

Такая система наблюдений является достаточной для решения поставленных задач.

Результаты.

Результаты исследований многоракурсной георадиолокации представлены в виде дорожных карт, распределений интенсивности изменения верхних и нижних слоев, а также обработанных и необработанных радарограмм. Дорожные карты и зоны распределения интенсивности разбиты на отрезки по 15м.

По распределению интенсивности нижних и верхних слоев можно судить о локализации зон неоднородностей.

Дорожная карта, представлена как результат вычитания среднего в выбранном окне выборки после операции суммирования трасс каждого канала по глубине и интерполяции между каналами. Для удобства анализа данных создан видеофайл с наложенным видеоизображением участка сканирования, окно выборки выбрано =15м, что в представленном масштабе позволяет невооруженным глазом наблюдать форму и расположение локальных аномалий в плане

Обработка радарограмм производилась в программном обеспечении GeoReader (ООО “ТИМ”) с ассоциацией контрольных выработок для дальнейшего уточнения количественной информации по конструктивному слою (скорости, диэлектрической проницаемости и толщины).

Ниже представлены примеры представления данных для анализа, полный набор данных по каждому профилю представлен в приложении к отчету.

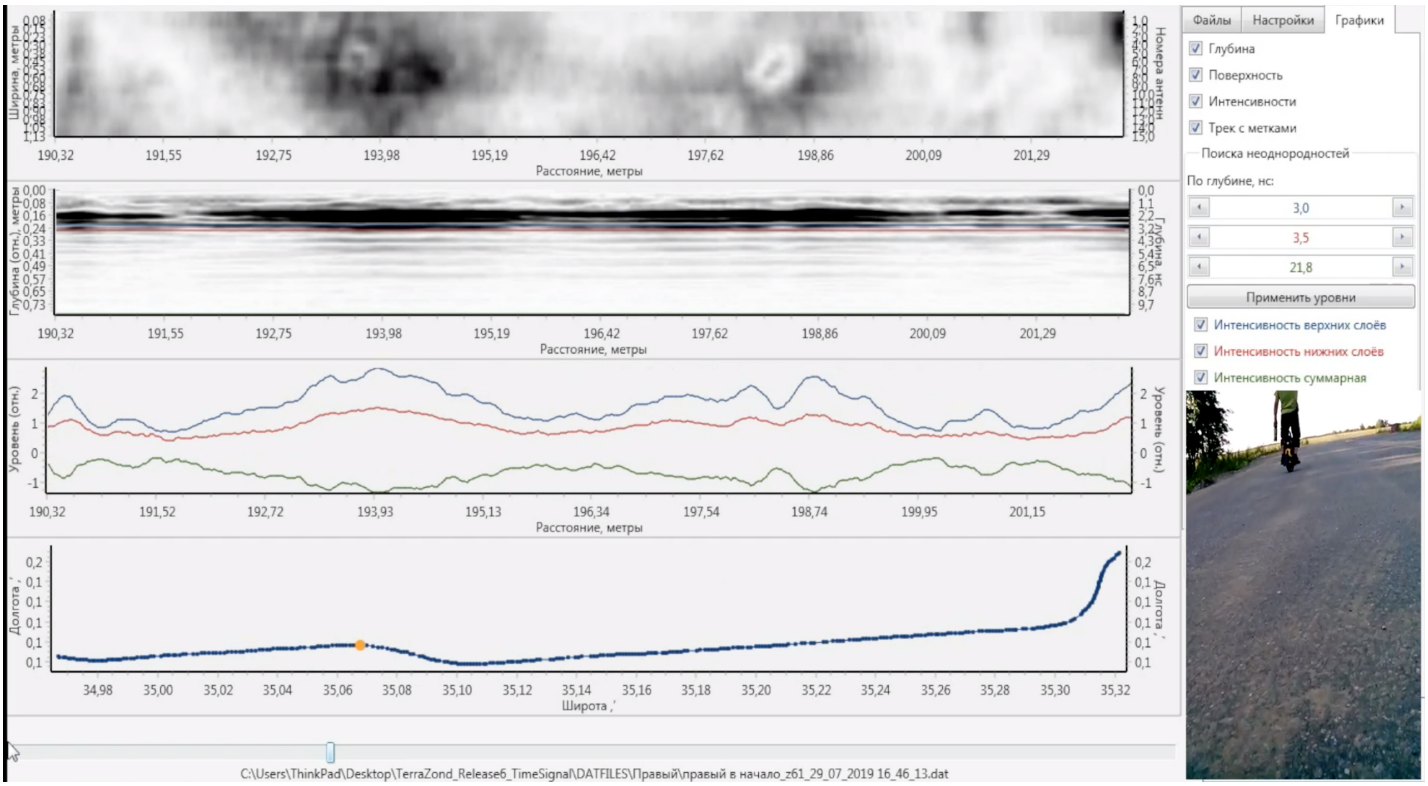


Рис.3 Вариант первичной визуализации результата, как смещение во времени окна выборки с данными дорожной карты, изменения интенсивности слоев, GPS позиции, синхронизированное с видеозаписью окружающего пространства

Для удобства последующего детального анализа полученные данные были наложены на спутниковые снимки открытой геоинформационной системы, результат с наложенными данными и координатами приемника RTK GNSS дополнительно представлены в формате .kmz (разметка на основе XML для представления трёхмерных геопространственных данных в ГИС).



Рис.4 Вариант представления результата, как наложение дорожной карты на спутниковый снимок с геопространственной привязкой по RTK GNSS

Результаты работы алгоритма радиоволнового томосинтеза представлены в приложении к отчету отдельными файлами ~15-ти метровых отрезков в формате NiFti *.nii. На рисунках 5 и 6 представлена визуализация облака точек в open-source инструментарии ParaView.

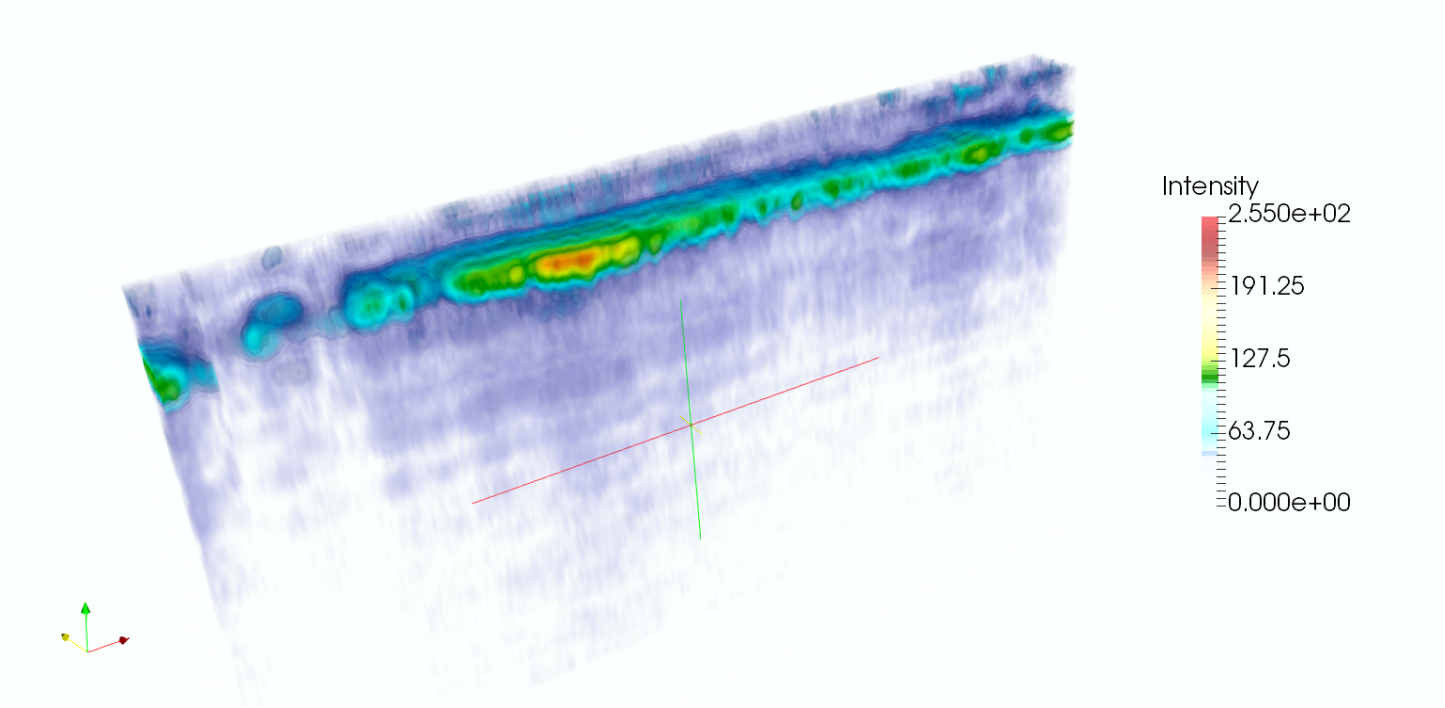


Рис.5 Результат обработки ~15-ти метрового отрезка с применением алгоритма радиоволннового томосинтеза

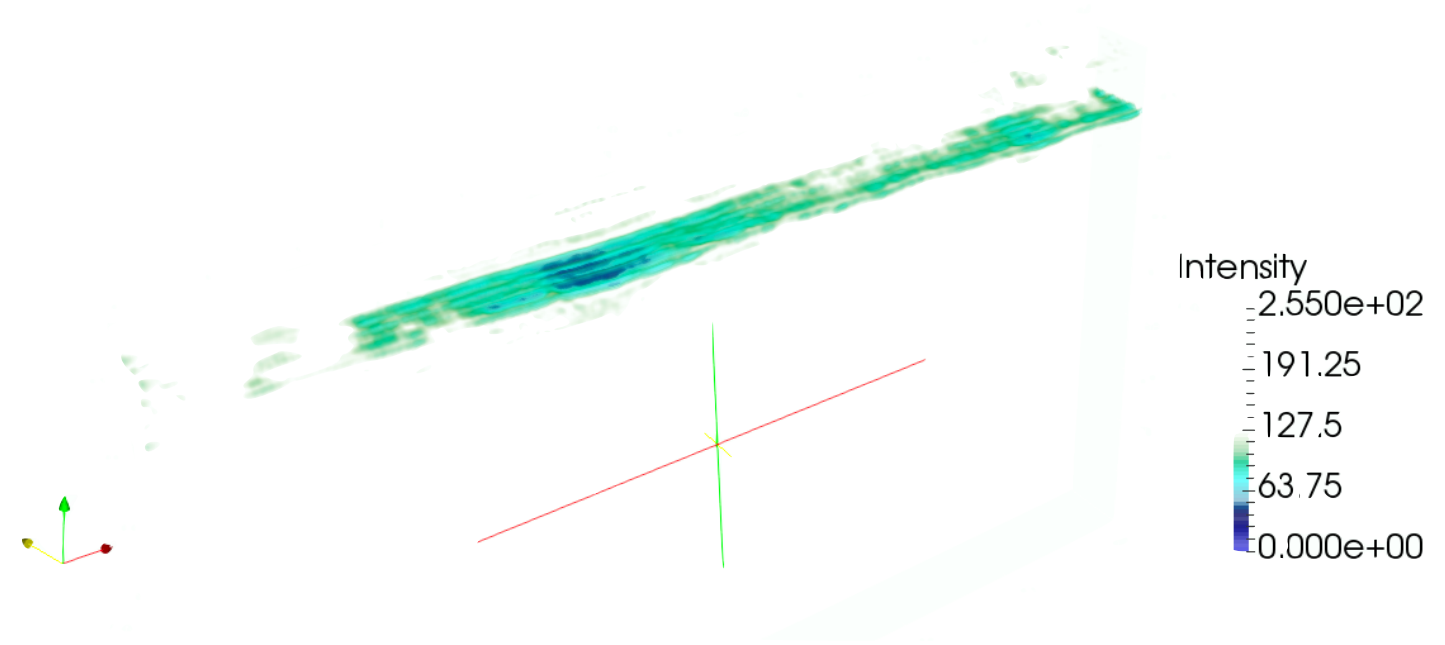
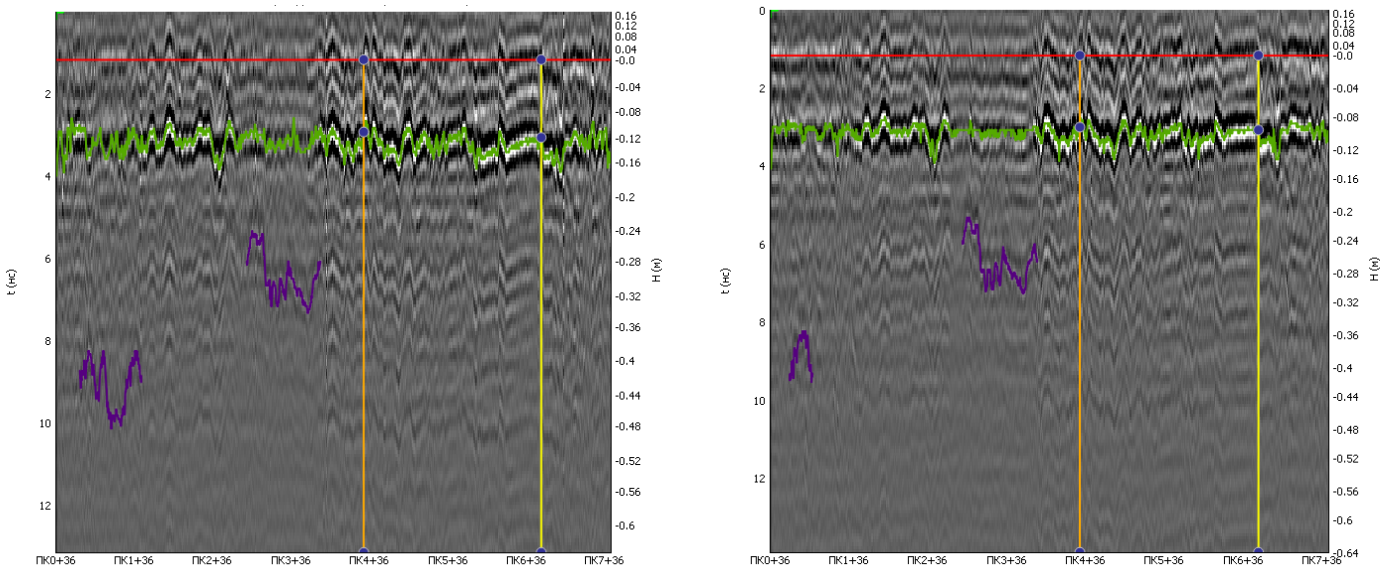


Рис.6 Представление набора из 15ти радарограмм в виде облака точек с выделением интересующих уровней интенсивности изменения сигнала для ~15-ти метрового отрезка (радарограммы после вычитания среднего)

Определение толщин слоев производилось в ПО “GeoReader”. посредством специального инструментария трансформации временного разреза в глубинный.



а) б)

Рис.7 Результат интерпретации радарограммы левого профиля с применением автоматизированного алгоритма поиска границы, а) прямое направление, б) обратное направление

Для анализа влияния угла размещения антенной линейки к плоскости поверхности дороги на результат обработки радарограмм были проведены дополнительные опыты. На рисунке 8 представлены результаты обработки для двух случаев.

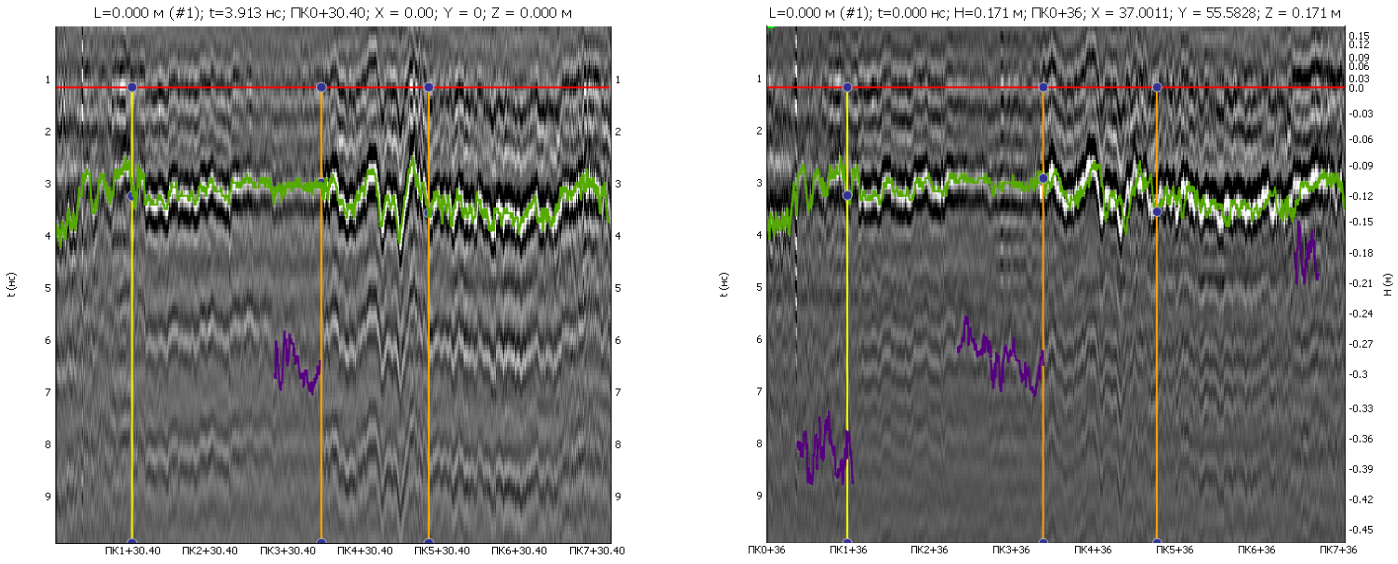


Рис.8 Результат интерпретации радарограммы правого профиля с применением автоматизированного алгоритма поиска границы - а) угол размещения плоскости антенной решетки к поверхности 15 градусов, прямое направление движения; б) антенная решетка размещена параллельно поверхности дороги, обратное направление

После процедуры пикетирования и построения глубинных разрезов - были получены толщины слоя для всей протяженности профилей, а также в контрольных точках бурения:

ПК 1+28.6 (правая полоса) - толщина асфальтобетона =11.8см

ПК 6+54.6 (левая полоса) - толщина асфальтобетона =11.5см

Изменения толщины слоя асфальтобетонного покрытия вдоль профилей представлены в табличном файле формата .xlsx дополнительно к отчету.

Для выявления ослаблений в процессе анализа данных использовались результаты расчета по толщинам асфальтобетонного покрытия с шагом 0.5м. Для полученных значений толщин рассчитывалось среднее, а также определились максимальные и минимальные значения. Среднее значение толщины асфальтобетона =12см, минимальная толщина =9см, максимальная =16см. В качестве основного критерия определения участков ослабления дорожной конструкции рассматривалось наличие резких утолщений (просадок) верхнего слоя, таким образом были выделены участки со значением толщины выше 2см. Далее были построены планы и трехмерные модели (.dxf) с выделением потенциально ослабленных участков различными цветами - желтый цвет соответствует толщине =13см, оранжевый =14см, красный выше =15см).

Дополнительно анализировались изменения интенсивности в верхнем и нижним слоях, временные интервалы для которых, выбирались относительно среднего уровня нижней границы в окне выборки. На рисунке 9 показан пример результата сканирования в месте с вероятным переувлажнением (возможно изменение внутренней структуры) в области отбора керна.

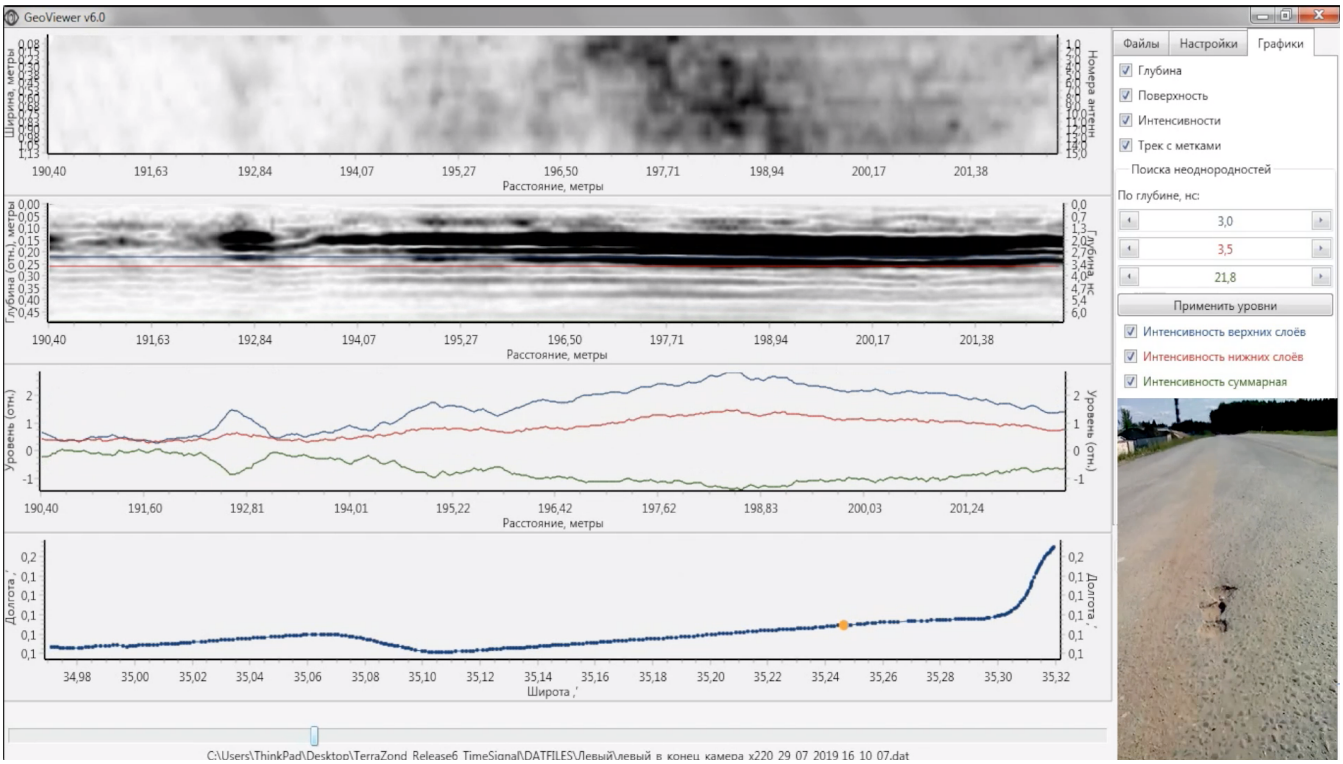


Рис.9 Визуализация результата сканирования в области вероятного переувлажнения

Следующие примеры (рис. 10, 11) демонстрируют наличие линейных неоднородностей расположенных под разным углом при отсутствии внешних признаков изменений на поверхности асфальтобетона.

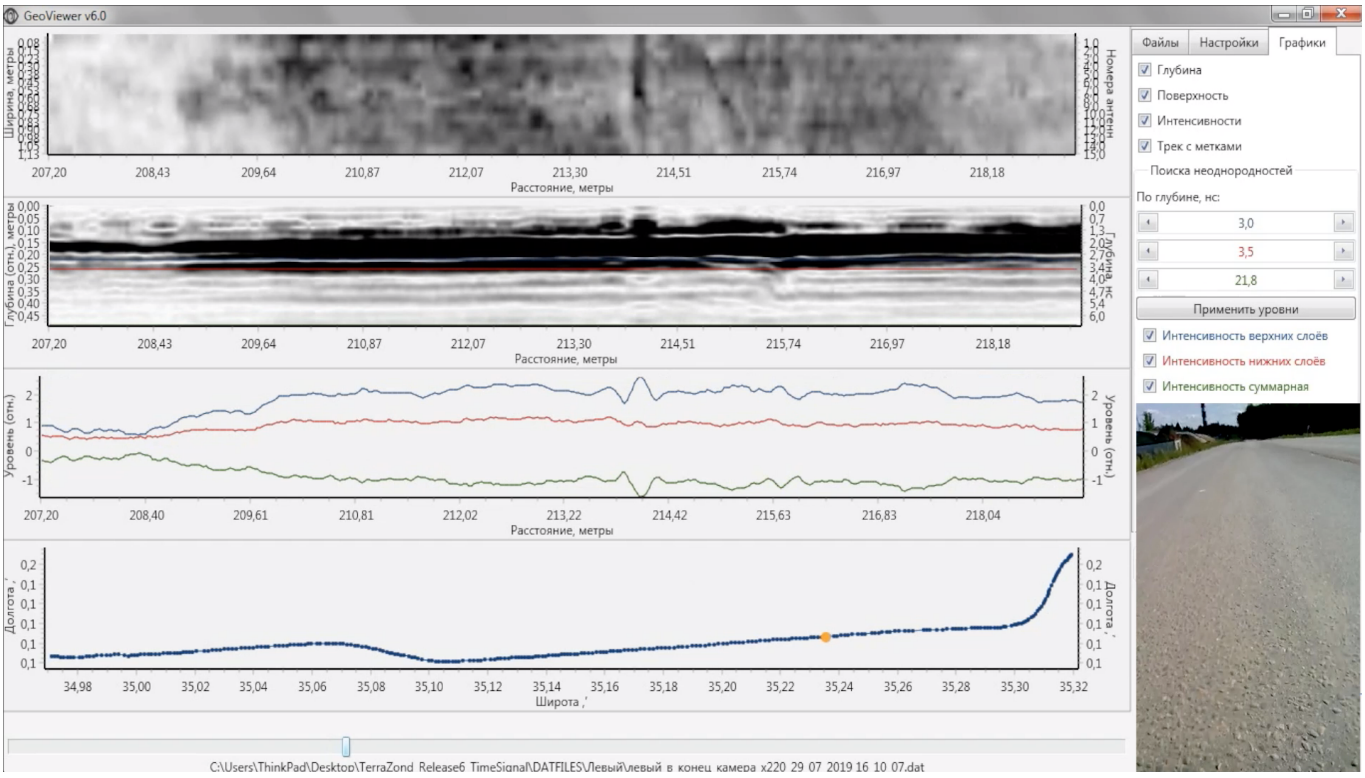


Рис.10 Визуализация результата сканирования в месте расположения линейных неоднородностей

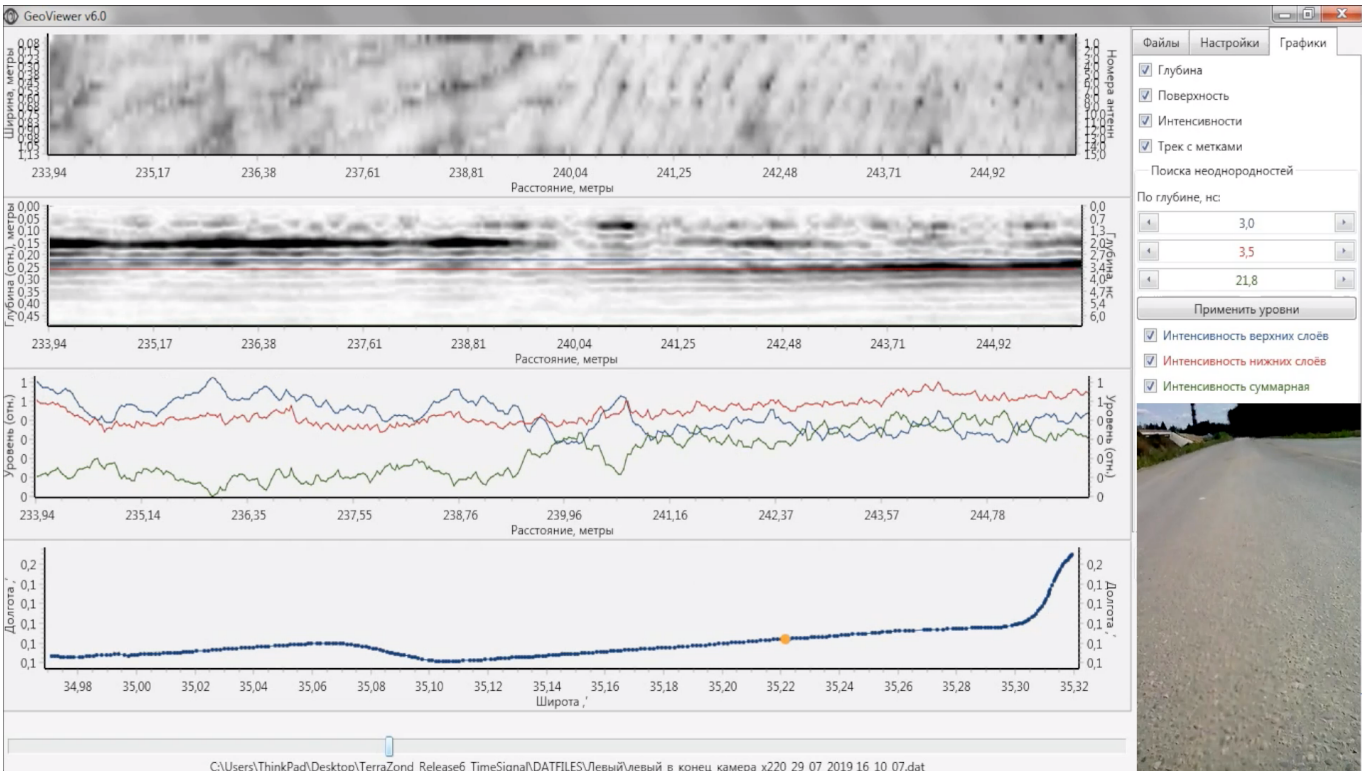


Рис.11 Визуализация результата сканирования участка с изменением тренда наклона и частоты следования линейных неоднородностей

На рисунке 12 представлен результат расчета модели слоев в GeoReader (Менеджер проекта) на плане с представлением распределения диапазонов толщин слоя асфальтобетона соответственно цветовой гамме - желтый =13см, оранжевый =14см, красный выше =15см.

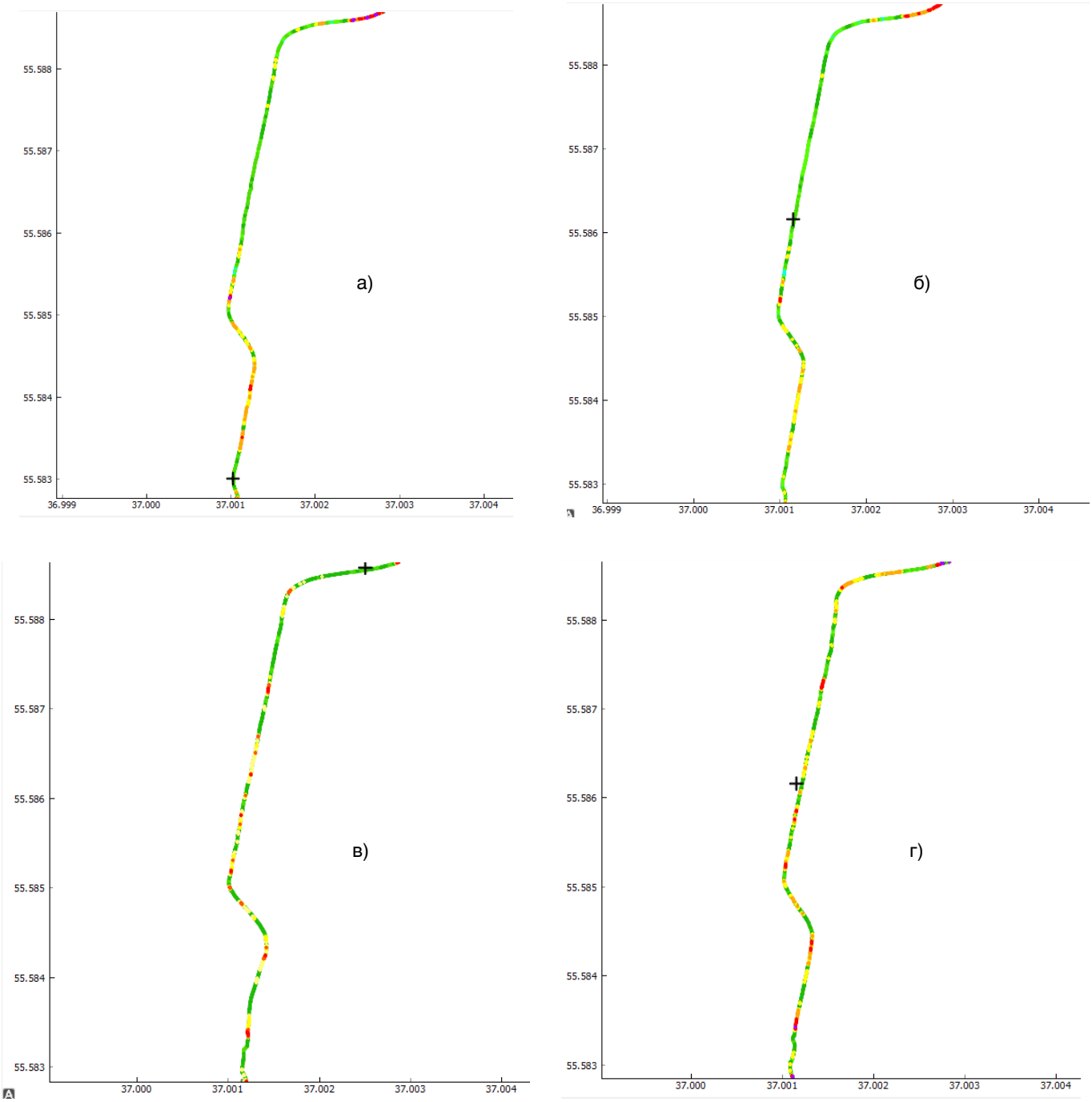


Рис.12 Вариация толщин слоя асфальтобетона на плане для профилей: а) правый, направление движение вдоль профиля - обратное; б) правый, направление - прямое; в) левый, направление - обратное; г) левый, направление- прямое

Предполагаемые зоны ослаблений дорожной конструкции вдоль профилей представлены в табличном файле формата .xlsx дополнительно к отчету.

На рисунках 13 и 14 представлены изменения толщины верхнего слоя по правому и левому профилям.

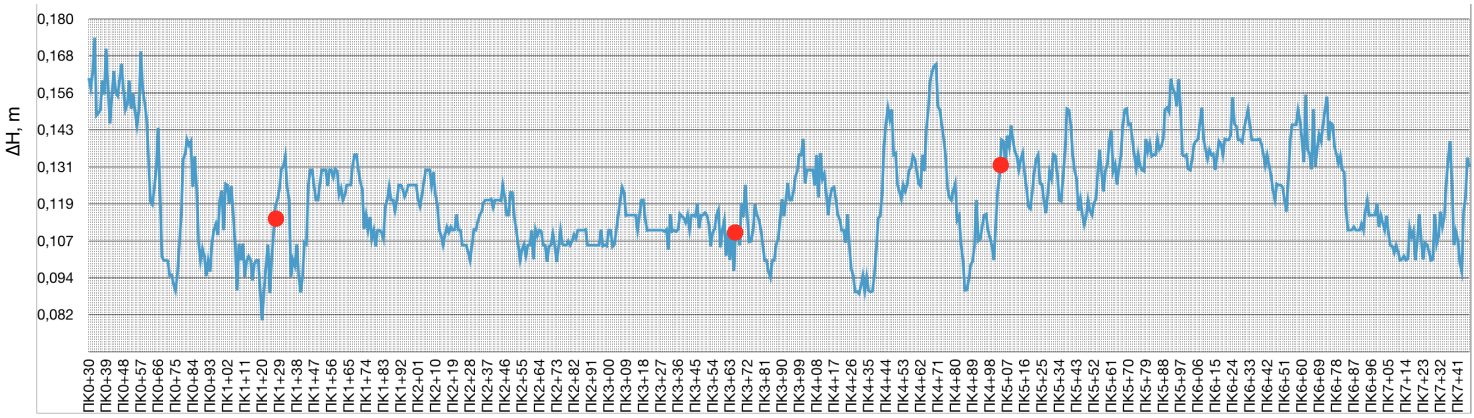


Рис.13 Диаграмма изменения толщины асфальтобетона вдоль правого профиля с точками мест отбора керна

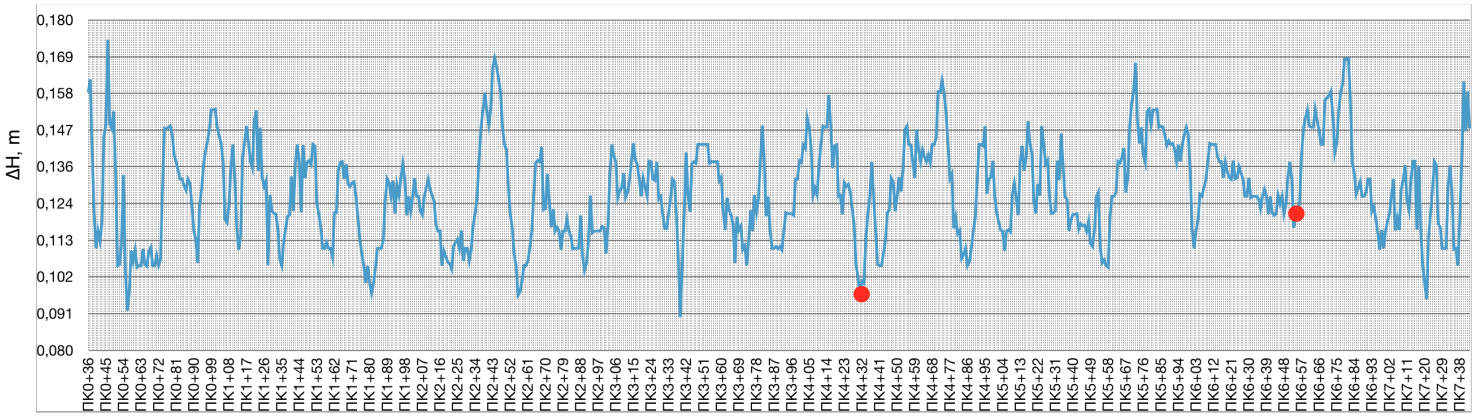


Рис.14 Диаграмма изменения толщины асфальтобетона вдоль левого профиля с точками мест отбора керна

Для контроля тряски антенн в процессе сканирования проводилась запись параметров инерционной системы для обоих направлений движения. Средние значения мгновенных угловых ускорений относительно оси “вверх/вниз” (рис. 14) не превышают 0,2м/с^2, в единичных случаях ускорения достигают 0,5м/с^2 и выше.

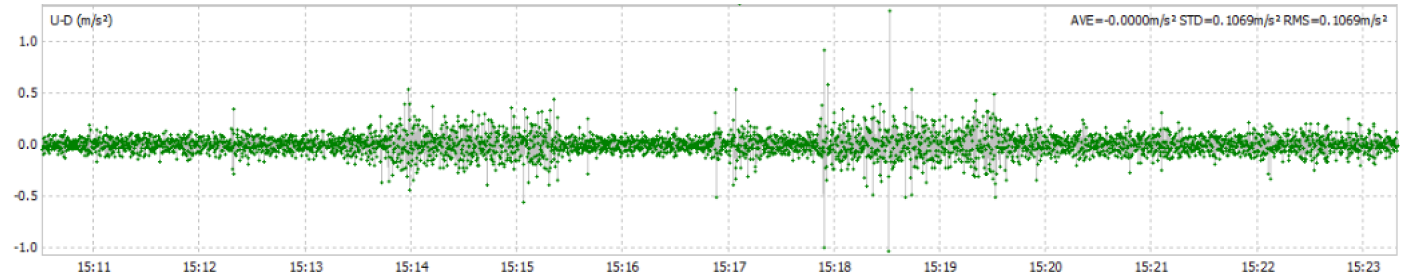


Рис.15 Распределение по времени значений мгновенных угловых ускорений аппаратуры в момент сканирования

На рисунках 16 и 17 представлены диаграммы распределения интенсивности сигнала верхних и нижних слоев в логарифмической шкале.

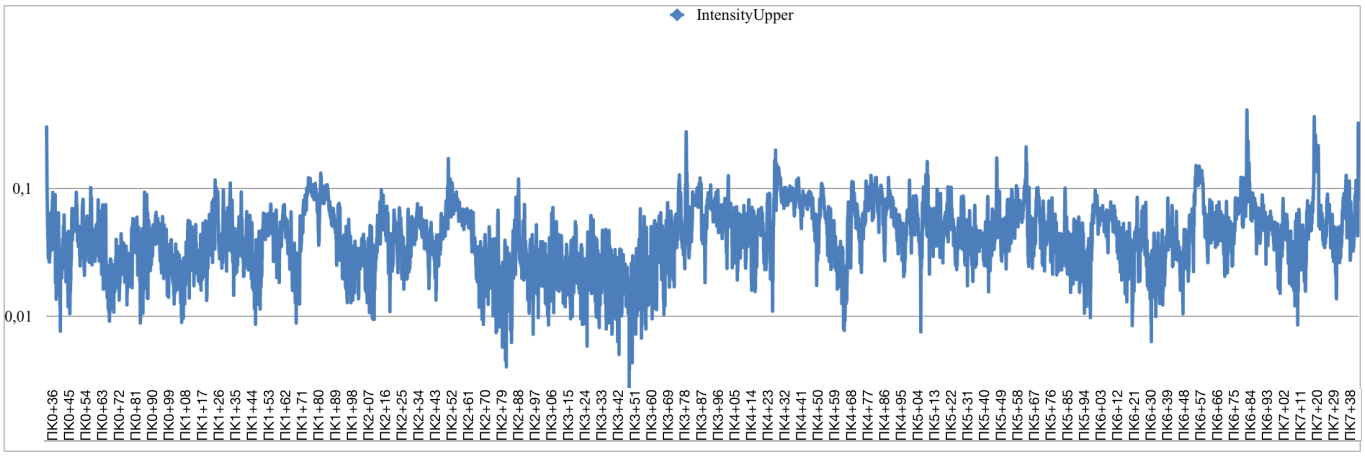


Рис.16 Распределение интенсивности сигнала верхних слоев вдоль левого профиля

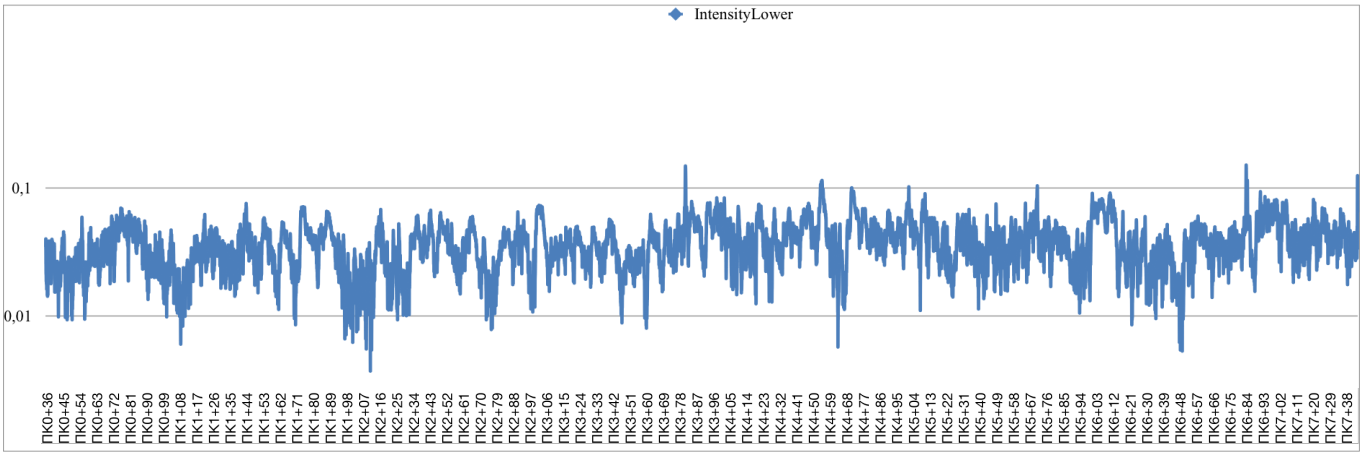


Рис.17 Распределение интенсивности сигнала нижних слоев вдоль левого профиля

Линейное распределение суммированной интенсивности верхних и нижних слоев вдоль левого профиля представлено на рисунке 18.

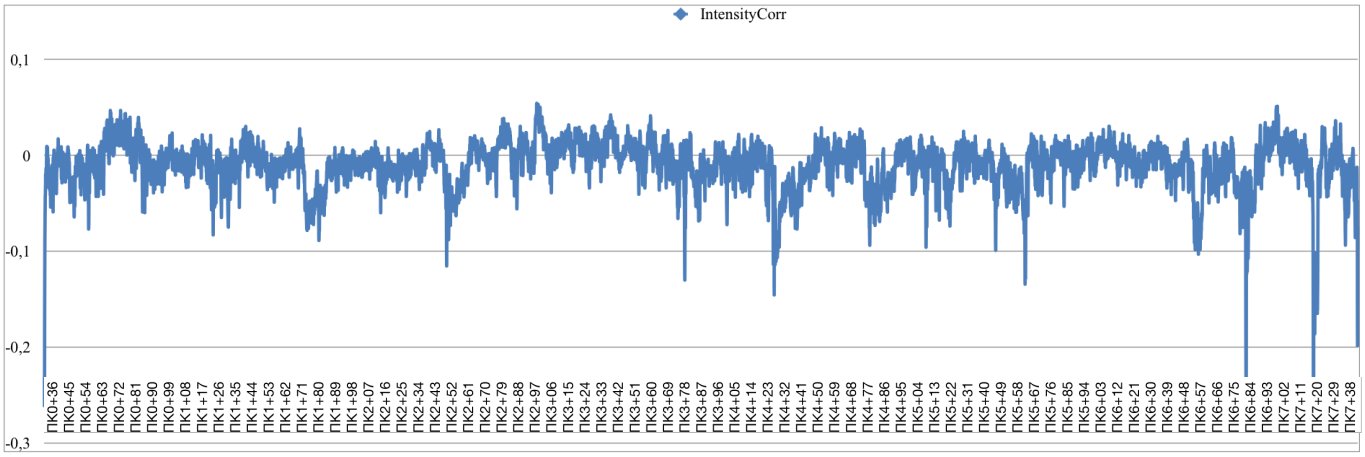


Рис.18 Распределение суммированной интенсивности вдоль левого профиля

Выводы.

1. Анализ полученных данных подтвердил высокую корреляцию результатов, как при различном направлении движения сканирования вдоль профиля, так и при изменении угла размещения антенной решетки относительно исследуемой поверхности.

2. Качество радарограмм позволяет эффективно использовать средства автоматизированной обработки ПО GeoReader для выделения слоя асфальтобетона и расчета его толщины.

3. Наложение контрольных точек выемки кернов с рассчитанными глубинными разрезами показывает количественную сходимость результата измерения с априорной информацией.

5. Сопоставление видеозаписи окружающего пространства с процессом сканирования методом многоракурсной георадиолокации - существенно упрощает анализ представления данных в виде “дорожной карты”.

6. Анализ данных вдоль ширины антенной решетки позволяет судить о форме и размерах неоднородностей в поперечном направлении.

7. Представление результата в виде 3D томограммы позволяет существенно облегчить интерпретацию обнаруженных неоднородностей.

8. Благодаря высокоскоростной работе аппаратуры - качество данных остается неизменным на скоростях до 90 км/ч.

9. Анализ результата сканирования при размещении антенной линейки под углом, показывает необходимость проведения калибровки над металлическим листом для более корректного расчета АФ при первичной фильтрации данных.

10. При размещении антенной линейки под углом к сканирующей поверхности - необходимо учитывать некоторое смещение результата по профилю в сравнении с результатом при положении антенн параллельно поверхности.

Заключение.

В результате проведенной работы были проанализированы карты распределения уровня сигналов по ширине антенной линейки, изменения интенсивности слоев и временных разрезов. выявлены аномалии, вызванные наличием изменений в структуре среды. Исходя из условий и возможности проведения исследований были определены границы слоев дорожной конструкции, измерены их толщины.

Характер сигнала в нижней части временного разреза, свидетельствует о возможном переувлажнении нижних слоев дорожной конструкции, что явилось фактором ограничения максимальной глубины зондирования. Расчет глубинного разреза делался с допущением об однородности верхнего сканируемого слоя, для более точного анализа необходимо также учитывать различие подстилающих оснований, оказывающие некоторое влияние на электрофизические свойства верхнего слоя.

Качество радарограмм является приемлемым для расчета толщины верхнего слоя дорожной конструкции. Полученные толщины слоя асфальтобетона с применением расчета глубинного разреза в последствии будет сопоставлен с результатами расчета по алгоритму ОСТ, для оценки эффективности метода.

Используемые источники.

1. Александров П.Н. / Теоретические основы георадарного метода / П.Н. Александров М.: ФИЗАТЛИТ, 2017 – 110 с.

2. Якубов В.П., Шипилов С.Э / Радиоволновая томография. Достижения и перспективы / В.П. Якубов, С.Э. Шипилов, Д.Я. Суханов, А.В. Клоков. – М.: «Издательство НТЛ», 2014 – 264 с.

3. Старовойтов А.В. / Интерпретация георадиолокационных данных / А.В. Старовойтов Учебное пособие - М.: Издательство МГУ, 2008 - 192с.

4.Кулижников А.М., Еремин Р.А / Георадиолокационный метод измерения толщин слоев дорожной одежды / А.М. Кулижников, Р.А. Еремин - М.: конф. Георадар-2019, 2019 - 40-44с.

4. Evaluation of Heavy Haulage Impact on Road Structures Barents Finland Case Study / Timo Saarenketo, Tomi Herronen, Annele Matintupa, Petri Varin, Anne PeltoniemiTaivalkoski, 2011.

5. Pavement overlay thickness evaluation using ground penetrating radar (GPR) / Dwayne Harris, A. Sammy Noureldin, Jie Shan / ASPRS Annual Conference, Denver, CO, May 23-28, 2004.

Толщина слоя по правому профилю					
ПК	X	Y	Толщина слоя "слой1", м	Примечание	
				L, м	Num_traces
ПК 0 + 30	0,00	0,0	0,159	0,0	0
ПК 0 + 31	0,98	0,0	0,158	1,0	35
ПК 0 + 32	1,99	0,0	0,159	2,0	71
ПК 0 + 33	2,97	0,0	0,167	3,0	106
ПК 0 + 34	3,98	0,0	0,146	4,0	142
ПК 0 + 35	4,96	0,0	0,145	5,0	177
ПК 0 + 36	5,94	0,0	0,145	6,0	212
ПК 0 + 37	6,94	0,0	0,154	7,0	248
ПК 0 + 38	7,92	0,0	0,156	8,0	283
ПК 0 + 39	8,93	0,0	0,163	9,0	319
ПК 0 + 40	9,91	0,0	0,154	10,0	354
ПК 0 + 41	10,89	0,0	0,147	11,0	389
ПК 0 + 42	11,90	0,0	0,152	12,0	425
ПК 0 + 43	12,88	0,0	0,158	13,0	460
ПК 0 + 44	13,86	0,0	0,154	14,0	495
ПК 0 + 45	14,87	0,0	0,153	15,0	531
ПК 0 + 46	15,85	0,0	0,158	16,0	566
ПК 0 + 47	16,86	0,0	0,165	17,0	602
ПК 0 + 48	17,84	0,0	0,156	18,0	637
ПК 0 + 49	18,82	0,0	0,147	19,0	672
ПК 0 + 50	19,82	0,0	0,150	20,0	708
ПК 0 + 51	20,80	0,0	0,154	21,0	743
ПК 0 + 52	21,81	0,0	0,148	22,0	779
ПК 0 + 53	22,79	0,0	0,150	23,0	814
ПК 0 + 54	23,77	0,0	0,144	24,0	849
ПК 0 + 55	24,78	0,0	0,147	25,0	885
ПК 0 + 56	25,76	0,0	0,148	26,0	920
ПК 0 + 57	26,77	0,0	0,164	27,0	956
ПК 0 + 58	27,75	0,0	0,152	28,0	991
ПК 0 + 59	28,73	0,0	0,151	29,0	1026
ПК 0 + 60	29,74	0,0	0,144	30,0	1062
ПК 0 + 61	30,72	0,0	0,133	31,0	1097
ПК 0 + 62	31,72	0,0	0,119	32,0	1133
ПК 0 + 63	32,70	0,0	0,114	33,0	1168
ПК 0 + 64	33,68	0,0	0,122	34,0	1203
ПК 0 + 65	34,69	0,0	0,125	35,0	1239
ПК 0 + 66	35,67	0,0	0,134	36,0	1274
ПК 0 + 67	36,65	0,0	0,116	37,0	1309
ПК 0 + 68	37,66	0,0	0,096	38,0	1345
ПК 0 + 69	38,64	0,0	0,099	39,0	1380
ПК 0 + 70	39,65	0,0	0,097	40,0	1416
ПК 0 + 71	40,63	0,0	0,093	41,0	1451
ПК 0 + 72	41,61	0,0	0,091	42,0	1486
ПК 0 + 73	42,62	0,0	0,090	43,0	1522
ПК 0 + 74	43,60	0,0	0,088	44,0	1557

Толщина слоя по левому профилю					
ПК	X	Y	Толщина слоя "слой1", м	Примечание	
				L, м	Num_traces
ПК 0 + 36	-35,90	0,0	0,150	0,0	0
ПК 0 + 37	-34,89	0,0	0,153	1,0	36
ПК 0 + 38	-33,91	0,0	0,135	2,0	71
ПК 0 + 39	-32,90	0,0	0,116	3,0	107
ПК 0 + 40	-31,90	0,0	0,106	4,0	143
ПК 0 + 41	-30,89	0,0	0,111	5,0	179
ПК 0 + 42	-29,91	0,0	0,109	6,0	214
ПК 0 + 43	-28,90	0,0	0,114	7,0	250
ПК 0 + 44	-27,89	0,0	0,138	8,0	286
ПК 0 + 45	-26,91	0,0	0,141	9,0	321
ПК 0 + 46	-25,90	0,0	0,164	10,0	357
ПК 0 + 47	-24,90	0,0	0,142	11,0	393
ПК 0 + 48	-23,89	0,0	0,141	12,0	429
ПК 0 + 49	-22,91	0,0	0,144	13,0	464
ПК 0 + 50	-21,90	0,0	0,127	14,0	500
ПК 0 + 51	-20,89	0,0	0,101	15,0	536
ПК 0 + 52	-19,91	0,0	0,102	16,0	571
ПК 0 + 53	-18,90	0,0	0,108	17,0	607
ПК 0 + 54	-17,90	0,0	0,127	18,0	643
ПК 0 + 55	-16,89	0,0	0,099	19,0	679
ПК 0 + 56	-15,91	0,0	0,089	20,0	714
ПК 0 + 57	-14,90	0,0	0,094	21,0	750
ПК 0 + 58	-13,89	0,0	0,105	22,0	786
ПК 0 + 59	-12,91	0,0	0,103	23,0	821
ПК 0 + 60	-11,90	0,0	0,106	24,0	857
ПК 0 + 61	-10,90	0,0	0,101	25,0	893
ПК 0 + 62	-9,89	0,0	0,101	26,0	929
ПК 0 + 63	-8,91	0,0	0,101	27,0	964
ПК 0 + 64	-7,90	0,0	0,106	28,0	1000
ПК 0 + 65	-6,89	0,0	0,101	29,0	1036
ПК 0 + 66	-5,91	0,0	0,100	30,0	1071
ПК 0 + 67	-4,90	0,0	0,105	31,0	1107
ПК 0 + 68	-3,90	0,0	0,106	32,0	1143
ПК 0 + 69	-2,89	0,0	0,101	33,0	1179
ПК 0 + 70	-1,91	0,0	0,101	34,0	1214
ПК 0 + 71	-0,90	0,0	0,105	35,0	1250
ПК 0 + 72	0,11	0,0	0,101	36,0	1286
ПК 0 + 73	1,09	0,0	0,104	37,0	1321
ПК 0 + 74	2,10	0,0	0,123	38,0	1357
ПК 0 + 75	3,10	0,0	0,140	39,0	1393
ПК 0 + 76	4,11	0,0	0,140	40,0	1429
ПК 0 + 77	5,09	0,0	0,141	41,0	1464
ПК 0 + 78	6,10	0,0	0,141	42,0	1500
ПК 0 + 79	7,11	0,0	0,138	43,0	1536
ПК 0 + 80	8,09	0,0	0,133	44,0	1571

ПК 0 + 75	44,60	0,0	0,089	45,0	1593
ПК 0 + 76	45,58	0,0	0,091	46,0	1628
ПК 0 + 77	46,56	0,0	0,102	47,0	1663
ПК 0 + 78	47,57	0,0	0,116	48,0	1699
ПК 0 + 79	48,55	0,0	0,132	49,0	1734
ПК 0 + 80	49,56	0,0	0,137	50,0	1770
ПК 0 + 81	50,54	0,0	0,138	51,0	1805
ПК 0 + 82	51,52	0,0	0,138	52,0	1840
ПК 0 + 83	52,53	0,0	0,128	53,0	1876
ПК 0 + 84	53,51	0,0	0,122	54,0	1911
ПК 0 + 85	54,52	0,0	0,129	55,0	1947
ПК 0 + 86	55,50	0,0	0,121	56,0	1982
ПК 0 + 87	56,48	0,0	0,107	57,0	2017
ПК 0 + 88	57,48	0,0	0,099	58,0	2053
ПК 0 + 89	58,46	0,0	0,101	59,0	2088
ПК 0 + 90	59,47	0,0	0,099	60,0	2124
ПК 0 + 91	60,45	0,0	0,094	61,0	2159
ПК 0 + 92	61,43	0,0	0,098	62,0	2194
ПК 0 + 93	62,44	0,0	0,095	63,0	2230
ПК 0 + 94	63,42	0,0	0,105	64,0	2265
ПК 0 + 95	64,40	0,0	0,106	65,0	2300
ПК 0 + 96	65,41	0,0	0,104	66,0	2336
ПК 0 + 97	66,39	0,0	0,103	67,0	2371
ПК 0 + 98	67,40	0,0	0,117	68,0	2407
ПК 0 + 99	68,38	0,0	0,123	69,0	2442
ПК 1 + 00	69,36	0,0	0,110	70,0	2477
ПК 1 + 01	70,36	0,0	0,123	71,0	2513
ПК 1 + 02	71,34	0,0	0,122	72,0	2548
ПК 1 + 03	72,35	0,0	0,121	73,0	2584
ПК 1 + 04	73,33	0,0	0,120	74,0	2619
ПК 1 + 05	74,31	0,0	0,110	75,0	2654
ПК 1 + 06	75,32	0,0	0,106	76,0	2690
ПК 1 + 07	76,30	0,0	0,090	77,0	2725
ПК 1 + 08	77,31	0,0	0,099	78,0	2761
ПК 1 + 09	78,29	0,0	0,094	79,0	2796
ПК 1 + 10	79,27	0,0	0,099	80,0	2831
ПК 1 + 11	80,28	0,0	0,093	81,0	2867
ПК 1 + 12	81,26	0,0	0,099	82,0	2902
ПК 1 + 13	82,26	0,0	0,103	83,0	2938
ПК 1 + 14	83,24	0,0	0,100	84,0	2973
ПК 1 + 15	84,22	0,0	0,092	85,0	3008
ПК 1 + 16	85,23	0,0	0,094	86,0	3044
ПК 1 + 17	86,21	0,0	0,098	87,0	3079
ПК 1 + 18	87,19	0,0	0,097	88,0	3114
ПК 1 + 19	88,20	0,0	0,089	89,0	3150
ПК 1 + 20	89,18	0,0	0,082	90,0	3185
ПК 1 + 21	90,19	0,0	0,086	91,0	3221
ПК 1 + 22	91,17	0,0	0,096	92,0	3256

ПК 0 + 81	9,10	0,0	0,131	45,0	1607
ПК 0 + 82	10,10	0,0	0,126	46,0	1643
ПК 0 + 83	11,11	0,0	0,126	47,0	1679
ПК 0 + 84	12,09	0,0	0,125	48,0	1714
ПК 0 + 85	13,10	0,0	0,124	49,0	1750
ПК 0 + 86	14,11	0,0	0,122	50,0	1786
ПК 0 + 87	15,09	0,0	0,125	51,0	1821
ПК 0 + 88	16,10	0,0	0,125	52,0	1857
ПК 0 + 89	17,10	0,0	0,119	53,0	1893
ПК 0 + 90	18,11	0,0	0,111	54,0	1929
ПК 0 + 91	19,09	0,0	0,109	55,0	1964
ПК 0 + 92	20,10	0,0	0,103	56,0	2000
ПК 0 + 93	21,11	0,0	0,118	57,0	2036
ПК 0 + 94	22,09	0,0	0,123	58,0	2071
ПК 0 + 95	23,10	0,0	0,129	59,0	2107
ПК 0 + 96	24,10	0,0	0,134	60,0	2143
ПК 0 + 97	25,11	0,0	0,137	61,0	2179
ПК 0 + 98	26,09	0,0	0,140	62,0	2214
ПК 0 + 99	27,10	0,0	0,145	63,0	2250
ПК 1 + 00	28,11	0,0	0,145	64,0	2286
ПК 1 + 01	29,09	0,0	0,145	65,0	2321
ПК 1 + 02	30,10	0,0	0,141	66,0	2357
ПК 1 + 03	31,10	0,0	0,138	67,0	2393
ПК 1 + 04	32,11	0,0	0,136	68,0	2429
ПК 1 + 05	33,09	0,0	0,130	69,0	2464
ПК 1 + 06	34,10	0,0	0,114	70,0	2500
ПК 1 + 07	35,11	0,0	0,114	71,0	2536
ПК 1 + 08	36,09	0,0	0,118	72,0	2571
ПК 1 + 09	37,10	0,0	0,129	73,0	2607
ПК 1 + 10	38,10	0,0	0,135	74,0	2643
ПК 1 + 11	39,11	0,0	0,126	75,0	2679
ПК 1 + 12	40,09	0,0	0,112	76,0	2714
ПК 1 + 13	41,10	0,0	0,106	77,0	2750
ПК 1 + 14	42,11	0,0	0,110	78,0	2786
ПК 1 + 15	43,09	0,0	0,132	79,0	2821
ПК 1 + 16	44,10	0,0	0,137	80,0	2857
ПК 1 + 17	45,10	0,0	0,141	81,0	2893
ПК 1 + 18	46,11	0,0	0,136	82,0	2929
ПК 1 + 19	47,09	0,0	0,131	83,0	2964
ПК 1 + 20	48,10	0,0	0,129	84,0	3000
ПК 1 + 21	49,11	0,0	0,143	85,0	3036
ПК 1 + 22	50,09	0,0	0,144	86,0	3071
ПК 1 + 23	51,10	0,0	0,128	87,0	3107
ПК 1 + 24	52,10	0,0	0,140	88,0	3143
ПК 1 + 25	53,11	0,0	0,127	89,0	3179
ПК 1 + 26	54,09	0,0	0,124	90,0	3214
ПК 1 + 27	55,10	0,0	0,125	91,0	3250
ПК 1 + 28	56,11	0,0	0,102	92,0	3286

ПК 1 + 23	92,15	0,0	0,103	93,0	3291
ПК 1 + 24	93,16	0,0	0,089	94,0	3327
ПК 1 + 25	94,14	0,0	0,098	95,0	3362
ПК 1 + 26	95,14	0,0	0,110	96,0	3398
ПК 1 + 27	96,12	0,0	0,119	97,0	3433
ПК 1 + 28	97,10	0,0	0,117	98,0	3468
ПК 1 + 29	98,11	0,0	0,119	99,0	3504
ПК 1 + 30	99,09	0,0	0,118	100,0	3539
ПК 1 + 31	100,10	0,0	0,117	101,0	3575
ПК 1 + 32	101,08	0,0	0,116	102,0	3610
ПК 1 + 33	102,06	0,0	0,123	103,0	3645
ПК 1 + 34	103,07	0,0	0,120	104,0	3681
ПК 1 + 35	104,05	0,0	0,089	105,0	3716
ПК 1 + 36	105,06	0,0	0,095	106,0	3752
ПК 1 + 37	106,04	0,0	0,091	107,0	3787
ПК 1 + 38	107,02	0,0	0,098	108,0	3822
ПК 1 + 39	108,02	0,0	0,092	109,0	3858
ПК 1 + 40	109,00	0,0	0,087	110,0	3893
ПК 1 + 41	109,98	0,0	0,092	111,0	3928
ПК 1 + 42	110,99	0,0	0,101	112,0	3964
ПК 1 + 43	111,97	0,0	0,104	113,0	3999
ПК 1 + 44	112,98	0,0	0,124	114,0	4035
ПК 1 + 45	113,96	0,0	0,127	115,0	4070
ПК 1 + 46	114,94	0,0	0,127	116,0	4105
ПК 1 + 47	115,95	0,0	0,123	117,0	4141
ПК 1 + 48	116,93	0,0	0,117	118,0	4176
ПК 1 + 49	117,94	0,0	0,118	119,0	4212
ПК 1 + 50	118,92	0,0	0,121	120,0	4247
ПК 1 + 51	119,90	0,0	0,126	121,0	4282
ПК 1 + 52	120,90	0,0	0,127	122,0	4318
ПК 1 + 53	121,88	0,0	0,128	123,0	4353
ПК 1 + 54	122,89	0,0	0,123	124,0	4389
ПК 1 + 55	123,87	0,0	0,126	125,0	4424
ПК 1 + 56	124,85	0,0	0,125	126,0	4459
ПК 1 + 57	125,86	0,0	0,124	127,0	4495
ПК 1 + 58	126,84	0,0	0,124	128,0	4530
ПК 1 + 59	127,85	0,0	0,123	129,0	4566
ПК 1 + 60	128,83	0,0	0,119	130,0	4601
ПК 1 + 61	129,81	0,0	0,119	131,0	4636
ПК 1 + 62	130,82	0,0	0,116	132,0	4672
ПК 1 + 63	131,80	0,0	0,118	133,0	4707
ПК 1 + 64	132,78	0,0	0,120	134,0	4742
ПК 1 + 65	133,78	0,0	0,119	135,0	4778
ПК 1 + 66	134,76	0,0	0,122	136,0	4813
ПК 1 + 67	135,77	0,0	0,128	137,0	4849
ПК 1 + 68	136,75	0,0	0,130	138,0	4884
ПК 1 + 69	137,73	0,0	0,130	139,0	4919
ПК 1 + 70	138,74	0,0	0,125	140,0	4955

ПК 1 + 29	57,09	0,0	0,121	93,0	3321
ПК 1 + 30	58,10	0,0	0,116	94,0	3357
ПК 1 + 31	59,10	0,0	0,117	95,0	3393
ПК 1 + 32	60,11	0,0	0,116	96,0	3429
ПК 1 + 33	61,09	0,0	0,111	97,0	3464
ПК 1 + 34	62,10	0,0	0,103	98,0	3500
ПК 1 + 35	63,11	0,0	0,101	99,0	3536
ПК 1 + 36	64,09	0,0	0,108	100,0	3571
ПК 1 + 37	65,10	0,0	0,112	101,0	3607
ПК 1 + 38	66,10	0,0	0,115	102,0	3643
ПК 1 + 39	67,11	0,0	0,116	103,0	3679
ПК 1 + 40	68,09	0,0	0,127	104,0	3714
ПК 1 + 41	69,10	0,0	0,117	105,0	3750
ПК 1 + 42	70,11	0,0	0,131	106,0	3786
ПК 1 + 43	71,09	0,0	0,136	107,0	3821
ПК 1 + 44	72,10	0,0	0,130	108,0	3857
ПК 1 + 45	73,10	0,0	0,117	109,0	3893
ПК 1 + 46	74,11	0,0	0,135	110,0	3929
ПК 1 + 47	75,09	0,0	0,126	111,0	3964
ПК 1 + 48	76,10	0,0	0,130	112,0	4000
ПК 1 + 49	77,11	0,0	0,131	113,0	4036
ПК 1 + 50	78,09	0,0	0,130	114,0	4071
ПК 1 + 51	79,10	0,0	0,135	115,0	4107
ПК 1 + 52	80,10	0,0	0,135	116,0	4143
ПК 1 + 53	81,11	0,0	0,119	117,0	4179
ПК 1 + 54	82,09	0,0	0,117	118,0	4214
ПК 1 + 55	83,10	0,0	0,112	119,0	4250
ПК 1 + 56	84,11	0,0	0,106	120,0	4286
ПК 1 + 57	85,09	0,0	0,106	121,0	4321
ПК 1 + 58	86,10	0,0	0,108	122,0	4357
ПК 1 + 59	87,10	0,0	0,106	123,0	4393
ПК 1 + 60	88,08	0,0	0,106	124,0	4428
ПК 1 + 61	89,09	0,0	0,103	125,0	4464
ПК 1 + 62	90,10	0,0	0,116	126,0	4500
ПК 1 + 63	91,11	0,0	0,116	127,0	4536
ПК 1 + 64	92,09	0,0	0,128	128,0	4571
ПК 1 + 65	93,10	0,0	0,130	129,0	4607
ПК 1 + 66	94,10	0,0	0,130	130,0	4643
ПК 1 + 67	95,08	0,0	0,125	131,0	4678
ПК 1 + 68	96,09	0,0	0,130	132,0	4714
ПК 1 + 69	97,10	0,0	0,124	133,0	4750
ПК 1 + 70	98,11	0,0	0,124	134,0	4786
ПК 1 + 71	99,09	0,0	0,125	135,0	4821
ПК 1 + 72	100,10	0,0	0,125	136,0	4857
ПК 1 + 73	101,10	0,0	0,120	137,0	4893
ПК 1 + 74	102,08	0,0	0,115	138,0	4928
ПК 1 + 75	103,09	0,0	0,109	139,0	4964
ПК 1 + 76	104,10	0,0	0,105	140,0	5000

ПК 1 + 71	139,72	0,0	0,123	141,0	4990
ПК 1 + 72	140,73	0,0	0,120	142,0	5026
ПК 1 + 73	141,71	0,0	0,109	143,0	5061
ПК 1 + 74	142,69	0,0	0,110	144,0	5096
ПК 1 + 75	143,70	0,0	0,108	145,0	5132
ПК 1 + 76	144,68	0,0	0,109	146,0	5167
ПК 1 + 77	145,68	0,0	0,105	147,0	5203
ПК 1 + 78	146,66	0,0	0,106	148,0	5238
ПК 1 + 79	147,64	0,0	0,102	149,0	5273
ПК 1 + 80	148,65	0,0	0,107	150,0	5309
ПК 1 + 81	149,63	0,0	0,105	151,0	5344
ПК 1 + 82	150,64	0,0	0,104	152,0	5380
ПК 1 + 83	151,62	0,0	0,104	153,0	5415
ПК 1 + 84	152,60	0,0	0,113	154,0	5450
ПК 1 + 85	153,61	0,0	0,117	155,0	5486
ПК 1 + 86	154,59	0,0	0,118	156,0	5521
ПК 1 + 87	155,57	0,0	0,116	157,0	5556
ПК 1 + 88	156,58	0,0	0,115	158,0	5592
ПК 1 + 89	157,56	0,0	0,112	159,0	5627
ПК 1 + 90	158,56	0,0	0,117	160,0	5663
ПК 1 + 91	159,54	0,0	0,121	161,0	5698
ПК 1 + 92	160,52	0,0	0,121	162,0	5733
ПК 1 + 93	161,53	0,0	0,119	163,0	5769
ПК 1 + 94	162,51	0,0	0,118	164,0	5804
ПК 1 + 95	163,52	0,0	0,119	165,0	5840
ПК 1 + 96	164,50	0,0	0,120	166,0	5875
ПК 1 + 97	165,48	0,0	0,120	167,0	5910
ПК 1 + 98	166,49	0,0	0,123	168,0	5946
ПК 1 + 99	167,47	0,0	0,120	169,0	5981
ПК 2 + 00	168,48	0,0	0,122	170,0	6017
ПК 2 + 01	169,46	0,0	0,115	171,0	6052
ПК 2 + 02	170,44	0,0	0,114	172,0	6087
ПК 2 + 03	171,44	0,0	0,118	173,0	6123
ПК 2 + 04	172,42	0,0	0,123	174,0	6158
ПК 2 + 05	173,43	0,0	0,124	175,0	6194
ПК 2 + 06	174,41	0,0	0,126	176,0	6229
ПК 2 + 07	175,39	0,0	0,126	177,0	6264
ПК 2 + 08	176,40	0,0	0,122	178,0	6300
ПК 2 + 09	177,38	0,0	0,124	179,0	6335
ПК 2 + 10	178,39	0,0	0,119	180,0	6371
ПК 2 + 11	179,37	0,0	0,113	181,0	6406
ПК 2 + 12	180,35	0,0	0,108	182,0	6441
ПК 2 + 13	181,36	0,0	0,105	183,0	6477
ПК 2 + 14	182,34	0,0	0,102	184,0	6512
ПК 2 + 15	183,32	0,0	0,105	185,0	6547
ПК 2 + 16	184,32	0,0	0,107	186,0	6583
ПК 2 + 17	185,30	0,0	0,106	187,0	6618
ПК 2 + 18	186,31	0,0	0,108	188,0	6654

ПК 1 + 77	105,11	0,0	0,101	141,0	5036
ПК 1 + 78	106,09	0,0	0,097	142,0	5071
ПК 1 + 79	107,10	0,0	0,101	143,0	5107
ПК 1 + 80	108,10	0,0	0,097	144,0	5143
ПК 1 + 81	109,08	0,0	0,094	145,0	5178
ПК 1 + 82	110,09	0,0	0,097	146,0	5214
ПК 1 + 83	111,10	0,0	0,101	147,0	5250
ПК 1 + 84	112,11	0,0	0,106	148,0	5286
ПК 1 + 85	113,09	0,0	0,106	149,0	5321
ПК 1 + 86	114,10	0,0	0,106	150,0	5357
ПК 1 + 87	115,10	0,0	0,109	151,0	5393
ПК 1 + 88	116,08	0,0	0,119	152,0	5428
ПК 1 + 89	117,09	0,0	0,125	153,0	5464
ПК 1 + 90	118,10	0,0	0,124	154,0	5500
ПК 1 + 91	119,11	0,0	0,120	155,0	5536
ПК 1 + 92	120,09	0,0	0,125	156,0	5571
ПК 1 + 93	121,10	0,0	0,116	157,0	5607
ПК 1 + 94	122,10	0,0	0,123	158,0	5643
ПК 1 + 95	123,08	0,0	0,121	159,0	5678
ПК 1 + 96	124,09	0,0	0,125	160,0	5714
ПК 1 + 97	125,10	0,0	0,130	161,0	5750
ПК 1 + 98	126,11	0,0	0,125	162,0	5786
ПК 1 + 99	127,09	0,0	0,116	163,0	5821
ПК 2 + 00	128,10	0,0	0,120	164,0	5857
ПК 2 + 01	129,10	0,0	0,117	165,0	5893
ПК 2 + 02	130,08	0,0	0,120	166,0	5928
ПК 2 + 03	131,09	0,0	0,125	167,0	5964
ПК 2 + 04	132,10	0,0	0,120	168,0	6000
ПК 2 + 05	133,11	0,0	0,120	169,0	6036
ПК 2 + 06	134,09	0,0	0,117	170,0	6071
ПК 2 + 07	135,10	0,0	0,115	171,0	6107
ПК 2 + 08	136,10	0,0	0,120	172,0	6143
ПК 2 + 09	137,08	0,0	0,123	173,0	6178
ПК 2 + 10	138,09	0,0	0,125	174,0	6214
ПК 2 + 11	139,10	0,0	0,123	175,0	6250
ПК 2 + 12	140,11	0,0	0,120	176,0	6286
ПК 2 + 13	141,09	0,0	0,120	177,0	6321
ПК 2 + 14	142,10	0,0	0,113	178,0	6357
ПК 2 + 15	143,10	0,0	0,111	179,0	6393
ПК 2 + 16	144,08	0,0	0,111	180,0	6428
ПК 2 + 17	145,09	0,0	0,101	181,0	6464
ПК 2 + 18	146,10	0,0	0,105	182,0	6500
ПК 2 + 19	147,11	0,0	0,105	183,0	6536
ПК 2 + 20	148,09	0,0	0,103	184,0	6571
ПК 2 + 21	149,10	0,0	0,102	185,0	6607
ПК 2 + 22	150,10	0,0	0,101	186,0	6643
ПК 2 + 23	151,08	0,0	0,107	187,0	6678
ПК 2 + 24	152,09	0,0	0,108	188,0	6714

ПК 2 + 19	187,29	0,0	0,106	189,0	6689
ПК 2 + 20	188,27	0,0	0,108	190,0	6724
ПК 2 + 21	189,28	0,0	0,113	191,0	6760
ПК 2 + 22	190,26	0,0	0,109	192,0	6795
ПК 2 + 23	191,27	0,0	0,107	193,0	6831
ПК 2 + 24	192,25	0,0	0,102	194,0	6866
ПК 2 + 25	193,23	0,0	0,103	195,0	6901
ПК 2 + 26	194,24	0,0	0,101	196,0	6937
ПК 2 + 27	195,22	0,0	0,099	197,0	6972
ПК 2 + 28	196,22	0,0	0,097	198,0	7008
ПК 2 + 29	197,20	0,0	0,102	199,0	7043
ПК 2 + 30	198,18	0,0	0,106	200,0	7078
ПК 2 + 31	199,19	0,0	0,106	201,0	7114
ПК 2 + 32	200,17	0,0	0,110	202,0	7149
ПК 2 + 33	201,18	0,0	0,113	203,0	7185
ПК 2 + 34	202,16	0,0	0,114	204,0	7220
ПК 2 + 35	203,14	0,0	0,115	205,0	7255
ПК 2 + 36	204,15	0,0	0,115	206,0	7291
ПК 2 + 37	205,13	0,0	0,115	207,0	7326
ПК 2 + 38	206,11	0,0	0,114	208,0	7361
ПК 2 + 39	207,12	0,0	0,116	209,0	7397
ПК 2 + 40	208,10	0,0	0,115	210,0	7432
ПК 2 + 41	209,10	0,0	0,116	211,0	7468
ПК 2 + 42	210,08	0,0	0,118	212,0	7503
ПК 2 + 43	211,06	0,0	0,117	213,0	7538
ПК 2 + 44	212,07	0,0	0,117	214,0	7574
ПК 2 + 45	213,05	0,0	0,119	215,0	7609
ПК 2 + 46	214,06	0,0	0,117	216,0	7645
ПК 2 + 47	215,04	0,0	0,108	217,0	7680
ПК 2 + 48	216,02	0,0	0,111	218,0	7715
ПК 2 + 49	217,03	0,0	0,114	219,0	7751
ПК 2 + 50	218,01	0,0	0,117	220,0	7786
ПК 2 + 51	219,02	0,0	0,107	221,0	7822
ПК 2 + 52	220,00	0,0	0,105	222,0	7857
ПК 2 + 53	220,98	0,0	0,103	223,0	7892
ПК 2 + 54	221,98	0,0	0,097	224,0	7928
ПК 2 + 55	222,96	0,0	0,099	225,0	7963
ПК 2 + 56	223,97	0,0	0,100	226,0	7999
ПК 2 + 57	224,95	0,0	0,099	227,0	8034
ПК 2 + 58	225,93	0,0	0,101	228,0	8069
ПК 2 + 59	226,94	0,0	0,101	229,0	8105
ПК 2 + 60	227,92	0,0	0,106	230,0	8140
ПК 2 + 61	228,90	0,0	0,100	231,0	8175
ПК 2 + 62	229,91	0,0	0,107	232,0	8211
ПК 2 + 63	230,89	0,0	0,106	233,0	8246
ПК 2 + 64	231,90	0,0	0,104	234,0	8282
ПК 2 + 65	232,88	0,0	0,105	235,0	8317
ПК 2 + 66	233,86	0,0	0,103	236,0	8352

ПК 2 + 25	153,10	0,0	0,109	189,0	6750
ПК 2 + 26	154,11	0,0	0,106	190,0	6786
ПК 2 + 27	155,09	0,0	0,112	191,0	6821
ПК 2 + 28	156,10	0,0	0,103	192,0	6857
ПК 2 + 29	157,10	0,0	0,106	193,0	6893
ПК 2 + 30	158,08	0,0	0,106	194,0	6928
ПК 2 + 31	159,09	0,0	0,103	195,0	6964
ПК 2 + 32	160,10	0,0	0,106	196,0	7000
ПК 2 + 33	161,11	0,0	0,113	197,0	7036
ПК 2 + 34	162,09	0,0	0,117	198,0	7071
ПК 2 + 35	163,10	0,0	0,121	199,0	7107
ПК 2 + 36	164,10	0,0	0,132	200,0	7143
ПК 2 + 37	165,08	0,0	0,141	201,0	7178
ПК 2 + 38	166,09	0,0	0,144	202,0	7214
ПК 2 + 39	167,10	0,0	0,150	203,0	7250
ПК 2 + 40	168,11	0,0	0,145	204,0	7286
ПК 2 + 41	169,09	0,0	0,141	205,0	7321
ПК 2 + 42	170,10	0,0	0,145	206,0	7357
ПК 2 + 43	171,10	0,0	0,157	207,0	7393
ПК 2 + 44	172,08	0,0	0,160	208,0	7428
ПК 2 + 45	173,09	0,0	0,158	209,0	7464
ПК 2 + 46	174,10	0,0	0,153	210,0	7500
ПК 2 + 47	175,11	0,0	0,150	211,0	7536
ПК 2 + 48	176,09	0,0	0,140	212,0	7571
ПК 2 + 49	177,10	0,0	0,136	213,0	7607
ПК 2 + 50	178,10	0,0	0,134	214,0	7643
ПК 2 + 51	179,08	0,0	0,124	215,0	7678
ПК 2 + 52	180,09	0,0	0,117	216,0	7714
ПК 2 + 53	181,10	0,0	0,112	217,0	7750
ПК 2 + 54	182,11	0,0	0,105	218,0	7786
ПК 2 + 55	183,09	0,0	0,101	219,0	7821
ПК 2 + 56	184,10	0,0	0,094	220,0	7857
ПК 2 + 57	185,10	0,0	0,093	221,0	7893
ПК 2 + 58	186,08	0,0	0,097	222,0	7928
ПК 2 + 59	187,09	0,0	0,101	223,0	7964
ПК 2 + 60	188,10	0,0	0,101	224,0	8000
ПК 2 + 61	189,11	0,0	0,103	225,0	8036
ПК 2 + 62	190,09	0,0	0,107	226,0	8071
ПК 2 + 63	191,10	0,0	0,111	227,0	8107
ПК 2 + 64	192,10	0,0	0,121	228,0	8143
ПК 2 + 65	193,08	0,0	0,130	229,0	8178
ПК 2 + 66	194,09	0,0	0,131	230,0	8214
ПК 2 + 67	195,10	0,0	0,131	231,0	8250
ПК 2 + 68	196,11	0,0	0,134	232,0	8286
ПК 2 + 69	197,09	0,0	0,117	233,0	8321
ПК 2 + 70	198,10	0,0	0,117	234,0	8357
ПК 2 + 71	199,10	0,0	0,128	235,0	8393
ПК 2 + 72	200,08	0,0	0,119	236,0	8428

ПК 2 + 67	234,86	0,0	0,099	237,0	8388
ПК 2 + 68	235,84	0,0	0,098	238,0	8423
ПК 2 + 69	236,85	0,0	0,099	239,0	8459
ПК 2 + 70	237,83	0,0	0,100	240,0	8494
ПК 2 + 71	238,81	0,0	0,102	241,0	8529
ПК 2 + 72	239,82	0,0	0,099	242,0	8565
ПК 2 + 73	240,80	0,0	0,098	243,0	8600
ПК 2 + 74	241,81	0,0	0,102	244,0	8636
ПК 2 + 75	242,79	0,0	0,107	245,0	8671
ПК 2 + 76	243,77	0,0	0,102	246,0	8706
ПК 2 + 77	244,78	0,0	0,100	247,0	8742
ПК 2 + 78	245,76	0,0	0,101	248,0	8777
ПК 2 + 79	246,76	0,0	0,104	249,0	8813
ПК 2 + 80	247,74	0,0	0,103	250,0	8848
ПК 2 + 81	248,72	0,0	0,104	251,0	8883
ПК 2 + 82	249,73	0,0	0,105	252,0	8919
ПК 2 + 83	250,71	0,0	0,105	253,0	8954
ПК 2 + 84	251,69	0,0	0,108	254,0	8989
ПК 2 + 85	252,70	0,0	0,106	255,0	9025
ПК 2 + 86	253,68	0,0	0,106	256,0	9060
ПК 2 + 87	254,69	0,0	0,108	257,0	9096
ПК 2 + 88	255,67	0,0	0,107	258,0	9131
ПК 2 + 89	256,65	0,0	0,101	259,0	9166
ПК 2 + 90	257,66	0,0	0,101	260,0	9202
ПК 2 + 91	258,64	0,0	0,102	261,0	9237
ПК 2 + 92	259,64	0,0	0,102	262,0	9273
ПК 2 + 93	260,62	0,0	0,104	263,0	9308
ПК 2 + 94	261,60	0,0	0,102	264,0	9343
ПК 2 + 95	262,61	0,0	0,100	265,0	9379
ПК 2 + 96	263,59	0,0	0,107	266,0	9414
ПК 2 + 97	264,60	0,0	0,101	267,0	9450
ПК 2 + 98	265,58	0,0	0,099	268,0	9485
ПК 2 + 99	266,56	0,0	0,104	269,0	9520
ПК 3 + 00	267,57	0,0	0,106	270,0	9556
ПК 3 + 01	268,55	0,0	0,109	271,0	9591
ПК 3 + 02	269,56	0,0	0,102	272,0	9627
ПК 3 + 03	270,54	0,0	0,103	273,0	9662
ПК 3 + 04	271,52	0,0	0,112	274,0	9697
ПК 3 + 05	272,52	0,0	0,111	275,0	9733
ПК 3 + 06	273,50	0,0	0,119	276,0	9768
ПК 3 + 07	274,48	0,0	0,119	277,0	9803
ПК 3 + 08	275,49	0,0	0,119	278,0	9839
ПК 3 + 09	276,47	0,0	0,111	279,0	9874
ПК 3 + 10	277,48	0,0	0,113	280,0	9910
ПК 3 + 11	278,46	0,0	0,112	281,0	9945
ПК 3 + 12	279,44	0,0	0,113	282,0	9980
ПК 3 + 13	280,45	0,0	0,113	283,0	10016
ПК 3 + 14	281,43	0,0	0,110	284,0	10051

ПК 2 + 73	201,09	0,0	0,113	237,0	8464
ПК 2 + 74	202,10	0,0	0,118	238,0	8500
ПК 2 + 75	203,11	0,0	0,111	239,0	8536
ПК 2 + 76	204,09	0,0	0,113	240,0	8571
ПК 2 + 77	205,10	0,0	0,111	241,0	8607
ПК 2 + 78	206,10	0,0	0,106	242,0	8643
ПК 2 + 79	207,08	0,0	0,111	243,0	8678
ПК 2 + 80	208,09	0,0	0,111	244,0	8714
ПК 2 + 81	209,10	0,0	0,114	245,0	8750
ПК 2 + 82	210,11	0,0	0,111	246,0	8786
ПК 2 + 83	211,09	0,0	0,110	247,0	8821
ПК 2 + 84	212,10	0,0	0,105	248,0	8857
ПК 2 + 85	213,10	0,0	0,106	249,0	8893
ПК 2 + 86	214,08	0,0	0,106	250,0	8928
ПК 2 + 87	215,09	0,0	0,106	251,0	8964
ПК 2 + 88	216,10	0,0	0,115	252,0	9000
ПК 2 + 89	217,11	0,0	0,105	253,0	9036
ПК 2 + 90	218,09	0,0	0,100	254,0	9071
ПК 2 + 91	219,10	0,0	0,103	255,0	9107
ПК 2 + 92	220,10	0,0	0,108	256,0	9143
ПК 2 + 93	221,08	0,0	0,122	257,0	9178
ПК 2 + 94	222,09	0,0	0,111	258,0	9214
ПК 2 + 95	223,10	0,0	0,111	259,0	9250
ПК 2 + 96	224,11	0,0	0,111	260,0	9286
ПК 2 + 97	225,09	0,0	0,111	261,0	9321
ПК 2 + 98	226,10	0,0	0,111	262,0	9357
ПК 2 + 99	227,10	0,0	0,113	263,0	9393
ПК 3 + 00	228,08	0,0	0,113	264,0	9428
ПК 3 + 01	229,09	0,0	0,106	265,0	9464
ПК 3 + 02	230,10	0,0	0,114	266,0	9500
ПК 3 + 03	231,11	0,0	0,127	267,0	9536
ПК 3 + 04	232,09	0,0	0,136	268,0	9571
ПК 3 + 05	233,10	0,0	0,132	269,0	9607
ПК 3 + 06	234,10	0,0	0,131	270,0	9643
ПК 3 + 07	235,08	0,0	0,120	271,0	9678
ПК 3 + 08	236,09	0,0	0,123	272,0	9714
ПК 3 + 09	237,10	0,0	0,124	273,0	9750
ПК 3 + 10	238,11	0,0	0,128	274,0	9786
ПК 3 + 11	239,09	0,0	0,121	275,0	9821
ПК 3 + 12	240,10	0,0	0,122	276,0	9857
ПК 3 + 13	241,10	0,0	0,125	277,0	9893
ПК 3 + 14	242,08	0,0	0,131	278,0	9928
ПК 3 + 15	243,09	0,0	0,136	279,0	9964
ПК 3 + 16	244,10	0,0	0,131	280,0	10000
ПК 3 + 17	245,11	0,0	0,130	281,0	10036
ПК 3 + 18	246,09	0,0	0,125	282,0	10071
ПК 3 + 19	247,10	0,0	0,120	283,0	10107
ПК 3 + 20	248,10	0,0	0,125	284,0	10143

ПК 3 + 15	282,44	0,0	0,108	285,0	10087
ПК 3 + 16	283,42	0,0	0,113	286,0	10122
ПК 3 + 17	284,40	0,0	0,116	287,0	10157
ПК 3 + 18	285,40	0,0	0,119	288,0	10193
ПК 3 + 19	286,38	0,0	0,111	289,0	10228
ПК 3 + 20	287,39	0,0	0,106	290,0	10264
ПК 3 + 21	288,37	0,0	0,106	291,0	10299
ПК 3 + 22	289,35	0,0	0,104	292,0	10334
ПК 3 + 23	290,36	0,0	0,105	293,0	10370
ПК 3 + 24	291,34	0,0	0,104	294,0	10405
ПК 3 + 25	292,35	0,0	0,108	295,0	10441
ПК 3 + 26	293,33	0,0	0,108	296,0	10476
ПК 3 + 27	294,31	0,0	0,108	297,0	10511
ПК 3 + 28	295,32	0,0	0,108	298,0	10547
ПК 3 + 29	296,30	0,0	0,109	299,0	10582
ПК 3 + 30	297,30	0,0	0,111	300,0	10618
ПК 3 + 31	298,28	0,0	0,110	301,0	10653
ПК 3 + 32	299,26	0,0	0,108	302,0	10688
ПК 3 + 33	300,27	0,0	0,108	303,0	10724
ПК 3 + 34	301,25	0,0	0,107	304,0	10759
ПК 3 + 35	302,23	0,0	0,110	305,0	10794
ПК 3 + 36	303,24	0,0	0,109	306,0	10830
ПК 3 + 37	304,22	0,0	0,111	307,0	10865
ПК 3 + 38	305,23	0,0	0,112	308,0	10901
ПК 3 + 39	306,21	0,0	0,111	309,0	10936
ПК 3 + 40	307,19	0,0	0,109	310,0	10971
ПК 3 + 41	308,20	0,0	0,116	311,0	11007
ПК 3 + 42	309,18	0,0	0,109	312,0	11042
ПК 3 + 43	310,18	0,0	0,113	313,0	11078
ПК 3 + 44	311,16	0,0	0,111	314,0	11113
ПК 3 + 45	312,14	0,0	0,114	315,0	11148
ПК 3 + 46	313,15	0,0	0,117	316,0	11184
ПК 3 + 47	314,13	0,0	0,109	317,0	11219
ПК 3 + 48	315,14	0,0	0,113	318,0	11255
ПК 3 + 49	316,12	0,0	0,112	319,0	11290
ПК 3 + 50	317,10	0,0	0,114	320,0	11325
ПК 3 + 51	318,11	0,0	0,113	321,0	11361
ПК 3 + 52	319,09	0,0	0,109	322,0	11396
ПК 3 + 53	320,10	0,0	0,105	323,0	11432
ПК 3 + 54	321,08	0,0	0,108	324,0	11467
ПК 3 + 55	322,06	0,0	0,110	325,0	11502
ПК 3 + 56	323,06	0,0	0,114	326,0	11538
ПК 3 + 57	324,04	0,0	0,116	327,0	11573
ПК 3 + 58	325,02	0,0	0,104	328,0	11608
ПК 3 + 59	326,03	0,0	0,109	329,0	11644
ПК 3 + 60	327,01	0,0	0,109	330,0	11679
ПК 3 + 61	328,02	0,0	0,098	331,0	11715
ПК 3 + 62	329,00	0,0	0,105	332,0	11750

ПК 3 + 21	249,08	0,0	0,124	285,0	10178
ПК 3 + 22	250,09	0,0	0,120	286,0	10214
ПК 3 + 23	251,10	0,0	0,131	287,0	10250
ПК 3 + 24	252,11	0,0	0,131	288,0	10286
ПК 3 + 25	253,09	0,0	0,125	289,0	10321
ПК 3 + 26	254,10	0,0	0,126	290,0	10357
ПК 3 + 27	255,10	0,0	0,131	291,0	10393
ПК 3 + 28	256,08	0,0	0,121	292,0	10428
ПК 3 + 29	257,09	0,0	0,122	293,0	10464
ПК 3 + 30	258,10	0,0	0,116	294,0	10500
ПК 3 + 31	259,11	0,0	0,112	295,0	10536
ПК 3 + 32	260,09	0,0	0,112	296,0	10571
ПК 3 + 33	261,10	0,0	0,117	297,0	10607
ПК 3 + 34	262,10	0,0	0,121	298,0	10643
ПК 3 + 35	263,08	0,0	0,125	299,0	10678
ПК 3 + 36	264,09	0,0	0,124	300,0	10714
ПК 3 + 37	265,10	0,0	0,117	301,0	10750
ПК 3 + 38	266,11	0,0	0,104	302,0	10786
ПК 3 + 39	267,09	0,0	0,087	303,0	10821
ПК 3 + 40	268,10	0,0	0,101	304,0	10857
ПК 3 + 41	269,10	0,0	0,116	305,0	10893
ПК 3 + 42	270,08	0,0	0,133	306,0	10928
ПК 3 + 43	271,09	0,0	0,120	307,0	10964
ПК 3 + 44	272,10	0,0	0,116	308,0	11000
ПК 3 + 45	273,11	0,0	0,130	309,0	11036
ПК 3 + 46	274,09	0,0	0,131	310,0	11071
ПК 3 + 47	275,10	0,0	0,131	311,0	11107
ПК 3 + 48	276,10	0,0	0,136	312,0	11143
ПК 3 + 49	277,08	0,0	0,136	313,0	11178
ПК 3 + 50	278,09	0,0	0,136	314,0	11214
ПК 3 + 51	279,10	0,0	0,136	315,0	11250
ПК 3 + 52	280,11	0,0	0,136	316,0	11286
ПК 3 + 53	281,09	0,0	0,136	317,0	11321
ПК 3 + 54	282,10	0,0	0,130	318,0	11357
ПК 3 + 55	283,10	0,0	0,131	319,0	11393
ПК 3 + 56	284,08	0,0	0,131	320,0	11428
ПК 3 + 57	285,09	0,0	0,131	321,0	11464
ПК 3 + 58	286,10	0,0	0,131	322,0	11500
ПК 3 + 59	287,11	0,0	0,125	323,0	11536
ПК 3 + 60	288,09	0,0	0,127	324,0	11571
ПК 3 + 61	289,10	0,0	0,117	325,0	11607
ПК 3 + 62	290,10	0,0	0,111	326,0	11643
ПК 3 + 63	291,08	0,0	0,120	327,0	11678
ПК 3 + 64	292,09	0,0	0,118	328,0	11714
ПК 3 + 65	293,10	0,0	0,116	329,0	11750
ПК 3 + 66	294,11	0,0	0,113	330,0	11786
ПК 3 + 67	295,09	0,0	0,103	331,0	11821
ПК 3 + 68	296,10	0,0	0,115	332,0	11857

ПК 3 + 63	329,98	0,0	0,098	333,0	11785
ПК 3 + 64	330,99	0,0	0,104	334,0	11821
ПК 3 + 65	331,97	0,0	0,107	335,0	11856
ПК 3 + 66	332,98	0,0	0,109	336,0	11892
ПК 3 + 67	333,96	0,0	0,105	337,0	11927
ПК 3 + 68	334,94	0,0	0,105	338,0	11962
ПК 3 + 69	335,94	0,0	0,117	339,0	11998
ПК 3 + 70	336,92	0,0	0,115	340,0	12033
ПК 3 + 71	337,93	0,0	0,122	341,0	12069
ПК 3 + 72	338,91	0,0	0,110	342,0	12104
ПК 3 + 73	339,89	0,0	0,105	343,0	12139
ПК 3 + 74	340,90	0,0	0,104	344,0	12175
ПК 3 + 75	341,88	0,0	0,106	345,0	12210
ПК 3 + 76	342,89	0,0	0,111	346,0	12246
ПК 3 + 77	343,87	0,0	0,111	347,0	12281
ПК 3 + 78	344,85	0,0	0,111	348,0	12316
ПК 3 + 79	345,86	0,0	0,108	349,0	12352
ПК 3 + 80	346,84	0,0	0,103	350,0	12387
ПК 3 + 81	347,82	0,0	0,096	351,0	12422
ПК 3 + 82	348,82	0,0	0,098	352,0	12458
ПК 3 + 83	349,80	0,0	0,094	353,0	12493
ПК 3 + 84	350,81	0,0	0,094	354,0	12529
ПК 3 + 85	351,79	0,0	0,097	355,0	12564
ПК 3 + 86	352,77	0,0	0,099	356,0	12599
ПК 3 + 87	353,78	0,0	0,102	357,0	12635
ПК 3 + 88	354,76	0,0	0,104	358,0	12670
ПК 3 + 89	355,77	0,0	0,109	359,0	12706
ПК 3 + 90	356,75	0,0	0,114	360,0	12741
ПК 3 + 91	357,73	0,0	0,111	361,0	12776
ПК 3 + 92	358,74	0,0	0,114	362,0	12812
ПК 3 + 93	359,72	0,0	0,121	363,0	12847
ПК 3 + 94	360,72	0,0	0,116	364,0	12883
ПК 3 + 95	361,70	0,0	0,116	365,0	12918
ПК 3 + 96	362,68	0,0	0,120	366,0	12953
ПК 3 + 97	363,69	0,0	0,124	367,0	12989
ПК 3 + 98	364,67	0,0	0,127	368,0	13024
ПК 3 + 99	365,68	0,0	0,132	369,0	13060
ПК 4 + 00	366,66	0,0	0,130	370,0	13095
ПК 4 + 01	367,64	0,0	0,137	371,0	13130
ПК 4 + 02	368,65	0,0	0,124	372,0	13166
ПК 4 + 03	369,63	0,0	0,126	373,0	13201
ПК 4 + 04	370,61	0,0	0,125	374,0	13236
ПК 4 + 05	371,62	0,0	0,125	375,0	13272
ПК 4 + 06	372,60	0,0	0,126	376,0	13307
ПК 4 + 07	373,60	0,0	0,123	377,0	13343
ПК 4 + 08	374,58	0,0	0,131	378,0	13378
ПК 4 + 09	375,56	0,0	0,119	379,0	13413
ПК 4 + 10	376,57	0,0	0,132	380,0	13449

ПК 3 + 69	297,10	0,0	0,112	333,0	11893
ПК 3 + 70	298,08	0,0	0,112	334,0	11928
ПК 3 + 71	299,09	0,0	0,106	335,0	11964
ПК 3 + 72	300,10	0,0	0,107	336,0	12000
ПК 3 + 73	301,11	0,0	0,101	337,0	12036
ПК 3 + 74	302,09	0,0	0,108	338,0	12071
ПК 3 + 75	303,10	0,0	0,117	339,0	12107
ПК 3 + 76	304,10	0,0	0,111	340,0	12143
ПК 3 + 77	305,08	0,0	0,121	341,0	12178
ПК 3 + 78	306,09	0,0	0,116	342,0	12214
ПК 3 + 79	307,10	0,0	0,120	343,0	12250
ПК 3 + 80	308,11	0,0	0,130	344,0	12286
ПК 3 + 81	309,09	0,0	0,141	345,0	12321
ПК 3 + 82	310,10	0,0	0,131	346,0	12357
ПК 3 + 83	311,10	0,0	0,115	347,0	12393
ПК 3 + 84	312,08	0,0	0,120	348,0	12428
ПК 3 + 85	313,09	0,0	0,111	349,0	12464
ПК 3 + 86	314,10	0,0	0,106	350,0	12500
ПК 3 + 87	315,11	0,0	0,106	351,0	12536
ПК 3 + 88	316,09	0,0	0,107	352,0	12571
ПК 3 + 89	317,10	0,0	0,105	353,0	12607
ПК 3 + 90	318,10	0,0	0,107	354,0	12643
ПК 3 + 91	319,08	0,0	0,106	355,0	12678
ПК 3 + 92	320,09	0,0	0,111	356,0	12714
ПК 3 + 93	321,10	0,0	0,117	357,0	12750
ПК 3 + 94	322,08	0,0	0,117	358,0	12785
ПК 3 + 95	323,09	0,0	0,117	359,0	12821
ПК 3 + 96	324,10	0,0	0,117	360,0	12857
ПК 3 + 97	325,10	0,0	0,116	361,0	12893
ПК 3 + 98	326,08	0,0	0,125	362,0	12928
ПК 3 + 99	327,09	0,0	0,125	363,0	12964
ПК 4 + 00	328,10	0,0	0,131	364,0	13000
ПК 4 + 01	329,08	0,0	0,130	365,0	13035
ПК 4 + 02	330,09	0,0	0,135	366,0	13071
ПК 4 + 03	331,10	0,0	0,135	367,0	13107
ПК 4 + 04	332,10	0,0	0,144	368,0	13143
ПК 4 + 05	333,08	0,0	0,141	369,0	13178
ПК 4 + 06	334,09	0,0	0,135	370,0	13214
ПК 4 + 07	335,10	0,0	0,121	371,0	13250
ПК 4 + 08	336,08	0,0	0,123	372,0	13285
ПК 4 + 09	337,09	0,0	0,122	373,0	13321
ПК 4 + 10	338,10	0,0	0,129	374,0	13357
ПК 4 + 11	339,10	0,0	0,136	375,0	13393
ПК 4 + 12	340,08	0,0	0,141	376,0	13428
ПК 4 + 13	341,09	0,0	0,141	377,0	13464
ПК 4 + 14	342,10	0,0	0,140	378,0	13500
ПК 4 + 15	343,08	0,0	0,149	379,0	13535
ПК 4 + 16	344,09	0,0	0,141	380,0	13571

ПК 4 + 11	377,55	0,0	0,123	381,0	13484
ПК 4 + 12	378,56	0,0	0,125	382,0	13520
ПК 4 + 13	379,54	0,0	0,118	383,0	13555
ПК 4 + 14	380,52	0,0	0,111	384,0	13590
ПК 4 + 15	381,53	0,0	0,119	385,0	13626
ПК 4 + 16	382,51	0,0	0,120	386,0	13661
ПК 4 + 17	383,52	0,0	0,121	387,0	13697
ПК 4 + 18	384,50	0,0	0,116	388,0	13732
ПК 4 + 19	385,48	0,0	0,111	389,0	13767
ПК 4 + 20	386,48	0,0	0,111	390,0	13803
ПК 4 + 21	387,46	0,0	0,106	391,0	13838
ПК 4 + 22	388,47	0,0	0,106	392,0	13874
ПК 4 + 23	389,45	0,0	0,105	393,0	13909
ПК 4 + 24	390,43	0,0	0,113	394,0	13944
ПК 4 + 25	391,44	0,0	0,101	395,0	13980
ПК 4 + 26	392,42	0,0	0,095	396,0	14015
ПК 4 + 27	393,43	0,0	0,093	397,0	14051
ПК 4 + 28	394,41	0,0	0,090	398,0	14086
ПК 4 + 29	395,39	0,0	0,087	399,0	14121
ПК 4 + 30	396,40	0,0	0,085	400,0	14157
ПК 4 + 31	397,38	0,0	0,090	401,0	14192
ПК 4 + 32	398,36	0,0	0,092	402,0	14227
ПК 4 + 33	399,36	0,0	0,091	403,0	14263
ПК 4 + 34	400,34	0,0	0,092	404,0	14298
ПК 4 + 35	401,35	0,0	0,087	405,0	14334
ПК 4 + 36	402,33	0,0	0,090	406,0	14369
ПК 4 + 37	403,31	0,0	0,091	407,0	14404
ПК 4 + 38	404,32	0,0	0,093	408,0	14440
ПК 4 + 39	405,30	0,0	0,100	409,0	14475
ПК 4 + 40	406,31	0,0	0,108	410,0	14511
ПК 4 + 41	407,29	0,0	0,111	411,0	14546
ПК 4 + 42	408,27	0,0	0,119	412,0	14581
ПК 4 + 43	409,28	0,0	0,136	413,0	14617
ПК 4 + 44	410,26	0,0	0,144	414,0	14652
ПК 4 + 45	411,26	0,0	0,146	415,0	14688
ПК 4 + 46	412,24	0,0	0,143	416,0	14723
ПК 4 + 47	413,22	0,0	0,146	417,0	14758
ПК 4 + 48	414,23	0,0	0,132	418,0	14794
ПК 4 + 49	415,21	0,0	0,133	419,0	14829
ПК 4 + 50	416,22	0,0	0,122	420,0	14865
ПК 4 + 51	417,20	0,0	0,120	421,0	14900
ПК 4 + 52	418,18	0,0	0,118	422,0	14935
ПК 4 + 53	419,19	0,0	0,124	423,0	14971
ПК 4 + 54	420,17	0,0	0,121	424,0	15006
ПК 4 + 55	421,15	0,0	0,124	425,0	15041
ПК 4 + 56	422,16	0,0	0,126	426,0	15077
ПК 4 + 57	423,14	0,0	0,131	427,0	15112
ПК 4 + 58	424,14	0,0	0,133	428,0	15148

ПК 4 + 17	345,10	0,0	0,128	381,0	13607
ПК 4 + 18	346,10	0,0	0,134	382,0	13643
ПК 4 + 19	347,08	0,0	0,135	383,0	13678
ПК 4 + 20	348,09	0,0	0,121	384,0	13714
ПК 4 + 21	349,10	0,0	0,122	385,0	13750
ПК 4 + 22	350,08	0,0	0,116	386,0	13785
ПК 4 + 23	351,09	0,0	0,124	387,0	13821
ПК 4 + 24	352,10	0,0	0,124	388,0	13857
ПК 4 + 25	353,10	0,0	0,124	389,0	13893
ПК 4 + 26	354,08	0,0	0,123	390,0	13928
ПК 4 + 27	355,09	0,0	0,117	391,0	13964
ПК 4 + 28	356,10	0,0	0,113	392,0	14000
ПК 4 + 29	357,08	0,0	0,101	393,0	14035
ПК 4 + 30	358,09	0,0	0,098	394,0	14071
ПК 4 + 31	359,10	0,0	0,092	395,0	14107
ПК 4 + 32	360,10	0,0	0,097	396,0	14143
ПК 4 + 33	361,08	0,0	0,096	397,0	14178
ПК 4 + 34	362,09	0,0	0,109	398,0	14214
ПК 4 + 35	363,10	0,0	0,117	399,0	14250
ПК 4 + 36	364,08	0,0	0,120	400,0	14285
ПК 4 + 37	365,09	0,0	0,131	401,0	14321
ПК 4 + 38	366,10	0,0	0,120	402,0	14357
ПК 4 + 39	367,10	0,0	0,111	403,0	14393
ПК 4 + 40	368,08	0,0	0,102	404,0	14428
ПК 4 + 41	369,09	0,0	0,101	405,0	14464
ПК 4 + 42	370,10	0,0	0,101	406,0	14500
ПК 4 + 43	371,08	0,0	0,105	407,0	14535
ПК 4 + 44	372,09	0,0	0,108	408,0	14571
ПК 4 + 45	373,10	0,0	0,117	409,0	14607
ПК 4 + 46	374,10	0,0	0,117	410,0	14643
ПК 4 + 47	375,08	0,0	0,125	411,0	14678
ПК 4 + 48	376,09	0,0	0,125	412,0	14714
ПК 4 + 49	377,10	0,0	0,117	413,0	14750
ПК 4 + 50	378,08	0,0	0,120	414,0	14785
ПК 4 + 51	379,09	0,0	0,125	415,0	14821
ПК 4 + 52	380,10	0,0	0,123	416,0	14857
ПК 4 + 53	381,10	0,0	0,128	417,0	14893
ПК 4 + 54	382,08	0,0	0,140	418,0	14928
ПК 4 + 55	383,09	0,0	0,142	419,0	14964
ПК 4 + 56	384,10	0,0	0,136	420,0	15000
ПК 4 + 57	385,08	0,0	0,135	421,0	15035
ПК 4 + 58	386,09	0,0	0,131	422,0	15071
ПК 4 + 59	387,10	0,0	0,126	423,0	15107
ПК 4 + 60	388,10	0,0	0,139	424,0	15143
ПК 4 + 61	389,08	0,0	0,134	425,0	15178
ПК 4 + 62	390,09	0,0	0,131	426,0	15214
ПК 4 + 63	391,10	0,0	0,134	427,0	15250
ПК 4 + 64	392,08	0,0	0,132	428,0	15285

ПК 4 + 59	425,12	0,0	0,134	429,0	15183
ПК 4 + 60	426,10	0,0	0,128	430,0	15218
ПК 4 + 61	427,11	0,0	0,125	431,0	15254
ПК 4 + 62	428,09	0,0	0,120	432,0	15289
ПК 4 + 63	429,10	0,0	0,131	433,0	15325
ПК 4 + 64	430,08	0,0	0,128	434,0	15360
ПК 4 + 65	431,06	0,0	0,138	435,0	15395
ПК 4 + 66	432,07	0,0	0,145	436,0	15431
ПК 4 + 67	433,05	0,0	0,152	437,0	15466
ПК 4 + 68	434,06	0,0	0,158	438,0	15502
ПК 4 + 69	435,04	0,0	0,158	439,0	15537
ПК 4 + 70	436,02	0,0	0,159	440,0	15572
ПК 4 + 71	437,02	0,0	0,146	441,0	15608
ПК 4 + 72	438,00	0,0	0,143	442,0	15643
ПК 4 + 73	439,01	0,0	0,142	443,0	15679
ПК 4 + 74	439,99	0,0	0,139	444,0	15714
ПК 4 + 75	440,97	0,0	0,132	445,0	15749
ПК 4 + 76	441,98	0,0	0,119	446,0	15785
ПК 4 + 77	442,96	0,0	0,115	447,0	15820
ПК 4 + 78	443,94	0,0	0,114	448,0	15855
ПК 4 + 79	444,95	0,0	0,120	449,0	15891
ПК 4 + 80	445,93	0,0	0,129	450,0	15926
ПК 4 + 81	446,94	0,0	0,110	451,0	15962
ПК 4 + 82	447,92	0,0	0,108	452,0	15997
ПК 4 + 83	448,90	0,0	0,103	453,0	16032
ПК 4 + 84	449,90	0,0	0,098	454,0	16068
ПК 4 + 85	450,88	0,0	0,091	455,0	16103
ПК 4 + 86	451,89	0,0	0,089	456,0	16139
ПК 4 + 87	452,87	0,0	0,093	457,0	16174
ПК 4 + 88	453,85	0,0	0,100	458,0	16209
ПК 4 + 89	454,86	0,0	0,102	459,0	16245
ПК 4 + 90	455,84	0,0	0,109	460,0	16280
ПК 4 + 91	456,85	0,0	0,119	461,0	16316
ПК 4 + 92	457,83	0,0	0,105	462,0	16351
ПК 4 + 93	458,81	0,0	0,104	463,0	16386
ПК 4 + 94	459,82	0,0	0,111	464,0	16422
ПК 4 + 95	460,80	0,0	0,115	465,0	16457
ПК 4 + 96	461,80	0,0	0,114	466,0	16493
ПК 4 + 97	462,78	0,0	0,105	467,0	16528
ПК 4 + 98	463,76	0,0	0,101	468,0	16563
ПК 4 + 99	464,77	0,0	0,101	469,0	16599
ПК 5 + 00	465,75	0,0	0,097	470,0	16634
ПК 5 + 01	466,73	0,0	0,108	471,0	16669
ПК 5 + 02	467,74	0,0	0,115	472,0	16705
ПК 5 + 03	468,72	0,0	0,124	473,0	16740
ПК 5 + 04	469,73	0,0	0,136	474,0	16776
ПК 5 + 05	470,71	0,0	0,133	475,0	16811
ПК 5 + 06	471,69	0,0	0,132	476,0	16846

ПК 4 + 65	393,09	0,0	0,131	429,0	15321
ПК 4 + 66	394,10	0,0	0,133	430,0	15357
ПК 4 + 67	395,10	0,0	0,130	431,0	15393
ПК 4 + 68	396,08	0,0	0,136	432,0	15428
ПК 4 + 69	397,09	0,0	0,136	433,0	15464
ПК 4 + 70	398,10	0,0	0,138	434,0	15500
ПК 4 + 71	399,08	0,0	0,149	435,0	15535
ПК 4 + 72	400,09	0,0	0,150	436,0	15571
ПК 4 + 73	401,10	0,0	0,154	437,0	15607
ПК 4 + 74	402,10	0,0	0,150	438,0	15643
ПК 4 + 75	403,08	0,0	0,145	439,0	15678
ПК 4 + 76	404,09	0,0	0,136	440,0	15714
ПК 4 + 77	405,10	0,0	0,126	441,0	15750
ПК 4 + 78	406,08	0,0	0,128	442,0	15785
ПК 4 + 79	407,09	0,0	0,112	443,0	15821
ПК 4 + 80	408,10	0,0	0,115	444,0	15857
ПК 4 + 81	409,10	0,0	0,110	445,0	15893
ПК 4 + 82	410,08	0,0	0,111	446,0	15928
ПК 4 + 83	411,09	0,0	0,103	447,0	15964
ПК 4 + 84	412,10	0,0	0,104	448,0	16000
ПК 4 + 85	413,08	0,0	0,106	449,0	16035
ПК 4 + 86	414,09	0,0	0,101	450,0	16071
ПК 4 + 87	415,10	0,0	0,103	451,0	16107
ПК 4 + 88	416,10	0,0	0,106	452,0	16143
ПК 4 + 89	417,08	0,0	0,111	453,0	16178
ПК 4 + 90	418,09	0,0	0,115	454,0	16214
ПК 4 + 91	419,10	0,0	0,126	455,0	16250
ПК 4 + 92	420,08	0,0	0,136	456,0	16285
ПК 4 + 93	421,09	0,0	0,136	457,0	16321
ПК 4 + 94	422,10	0,0	0,136	458,0	16357
ПК 4 + 95	423,10	0,0	0,141	459,0	16393
ПК 4 + 96	424,08	0,0	0,122	460,0	16428
ПК 4 + 97	425,09	0,0	0,125	461,0	16464
ПК 4 + 98	426,10	0,0	0,127	462,0	16500
ПК 4 + 99	427,08	0,0	0,131	463,0	16535
ПК 5 + 00	428,09	0,0	0,120	464,0	16571
ПК 5 + 01	429,10	0,0	0,117	465,0	16607
ПК 5 + 02	430,10	0,0	0,114	466,0	16643
ПК 5 + 03	431,08	0,0	0,112	467,0	16678
ПК 5 + 04	432,09	0,0	0,111	468,0	16714
ПК 5 + 05	433,10	0,0	0,106	469,0	16750
ПК 5 + 06	434,08	0,0	0,111	470,0	16785
ПК 5 + 07	435,09	0,0	0,111	471,0	16821
ПК 5 + 08	436,10	0,0	0,111	472,0	16857
ПК 5 + 09	437,10	0,0	0,122	473,0	16893
ПК 5 + 10	438,08	0,0	0,124	474,0	16928
ПК 5 + 11	439,09	0,0	0,120	475,0	16964
ПК 5 + 12	440,10	0,0	0,116	476,0	17000

ПК 5 + 07	472,70	0,0	0,138	477,0	16882
ПК 5 + 08	473,68	0,0	0,138	478,0	16917
ПК 5 + 09	474,68	0,0	0,139	479,0	16953
ПК 5 + 10	475,66	0,0	0,137	480,0	16988
ПК 5 + 11	476,64	0,0	0,136	481,0	17023
ПК 5 + 12	477,65	0,0	0,132	482,0	17059
ПК 5 + 13	478,63	0,0	0,131	483,0	17094
ПК 5 + 14	479,64	0,0	0,128	484,0	17130
ПК 5 + 15	480,62	0,0	0,129	485,0	17165
ПК 5 + 16	481,60	0,0	0,128	486,0	17200
ПК 5 + 17	482,61	0,0	0,120	487,0	17236
ПК 5 + 18	483,59	0,0	0,119	488,0	17271
ПК 5 + 19	484,60	0,0	0,116	489,0	17307
ПК 5 + 20	485,58	0,0	0,122	490,0	17342
ПК 5 + 21	486,56	0,0	0,128	491,0	17377
ПК 5 + 22	487,56	0,0	0,128	492,0	17413
ПК 5 + 23	488,54	0,0	0,133	493,0	17448
ПК 5 + 24	489,52	0,0	0,125	494,0	17483
ПК 5 + 25	490,53	0,0	0,124	495,0	17519
ПК 5 + 26	491,51	0,0	0,116	496,0	17554
ПК 5 + 27	492,52	0,0	0,114	497,0	17590
ПК 5 + 28	493,50	0,0	0,121	498,0	17625
ПК 5 + 29	494,48	0,0	0,125	499,0	17660
ПК 5 + 30	495,49	0,0	0,124	500,0	17696
ПК 5 + 31	496,47	0,0	0,131	501,0	17731
ПК 5 + 32	497,48	0,0	0,131	502,0	17767
ПК 5 + 33	498,46	0,0	0,126	503,0	17802
ПК 5 + 34	499,44	0,0	0,117	504,0	17837
ПК 5 + 35	500,44	0,0	0,118	505,0	17873
ПК 5 + 36	501,42	0,0	0,127	506,0	17908
ПК 5 + 37	502,43	0,0	0,134	507,0	17944
ПК 5 + 38	503,41	0,0	0,146	508,0	17979
ПК 5 + 39	504,39	0,0	0,144	509,0	18014
ПК 5 + 40	505,40	0,0	0,141	510,0	18050
ПК 5 + 41	506,38	0,0	0,132	511,0	18085
ПК 5 + 42	507,39	0,0	0,124	512,0	18121
ПК 5 + 43	508,37	0,0	0,128	513,0	18156
ПК 5 + 44	509,35	0,0	0,115	514,0	18191
ПК 5 + 45	510,36	0,0	0,117	515,0	18227
ПК 5 + 46	511,34	0,0	0,110	516,0	18262
ПК 5 + 47	512,34	0,0	0,106	517,0	18298
ПК 5 + 48	513,32	0,0	0,112	518,0	18333
ПК 5 + 49	514,30	0,0	0,115	519,0	18368
ПК 5 + 50	515,31	0,0	0,112	520,0	18404
ПК 5 + 51	516,29	0,0	0,111	521,0	18439
ПК 5 + 52	517,27	0,0	0,110	522,0	18474
ПК 5 + 53	518,28	0,0	0,114	523,0	18510
ПК 5 + 54	519,26	0,0	0,124	524,0	18545

ПК 5 + 13	441,08	0,0	0,131	477,0	17035
ПК 5 + 14	442,09	0,0	0,135	478,0	17071
ПК 5 + 15	443,10	0,0	0,128	479,0	17107
ПК 5 + 16	444,10	0,0	0,132	480,0	17143
ПК 5 + 17	445,08	0,0	0,142	481,0	17178
ПК 5 + 18	446,09	0,0	0,136	482,0	17214
ПК 5 + 19	447,10	0,0	0,133	483,0	17250
ПК 5 + 20	448,08	0,0	0,119	484,0	17285
ПК 5 + 21	449,09	0,0	0,116	485,0	17321
ПК 5 + 22	450,10	0,0	0,124	486,0	17357
ПК 5 + 23	451,10	0,0	0,122	487,0	17393
ПК 5 + 24	452,08	0,0	0,141	488,0	17428
ПК 5 + 25	453,09	0,0	0,136	489,0	17464
ПК 5 + 26	454,10	0,0	0,130	490,0	17500
ПК 5 + 27	455,08	0,0	0,131	491,0	17535
ПК 5 + 28	456,09	0,0	0,120	492,0	17571
ПК 5 + 29	457,10	0,0	0,116	493,0	17607
ПК 5 + 30	458,10	0,0	0,116	494,0	17643
ПК 5 + 31	459,08	0,0	0,116	495,0	17678
ПК 5 + 32	460,09	0,0	0,131	496,0	17714
ПК 5 + 33	461,10	0,0	0,125	497,0	17750
ПК 5 + 34	462,08	0,0	0,138	498,0	17785
ПК 5 + 35	463,09	0,0	0,129	499,0	17821
ПК 5 + 36	464,10	0,0	0,121	500,0	17857
ПК 5 + 37	465,10	0,0	0,120	501,0	17893
ПК 5 + 38	466,08	0,0	0,111	502,0	17928
ПК 5 + 39	467,09	0,0	0,114	503,0	17964
ПК 5 + 40	468,10	0,0	0,117	504,0	18000
ПК 5 + 41	469,08	0,0	0,117	505,0	18035
ПК 5 + 42	470,09	0,0	0,117	506,0	18071
ПК 5 + 43	471,10	0,0	0,112	507,0	18107
ПК 5 + 44	472,10	0,0	0,114	508,0	18143
ПК 5 + 45	473,08	0,0	0,113	509,0	18178
ПК 5 + 46	474,09	0,0	0,113	510,0	18214
ПК 5 + 47	475,10	0,0	0,111	511,0	18250
ПК 5 + 48	476,08	0,0	0,114	512,0	18285
ПК 5 + 49	477,09	0,0	0,108	513,0	18321
ПК 5 + 50	478,10	0,0	0,107	514,0	18357
ПК 5 + 51	479,10	0,0	0,112	515,0	18393
ПК 5 + 52	480,08	0,0	0,120	516,0	18428
ПК 5 + 53	481,09	0,0	0,122	517,0	18464
ПК 5 + 54	482,10	0,0	0,106	518,0	18500
ПК 5 + 55	483,08	0,0	0,103	519,0	18535
ПК 5 + 56	484,09	0,0	0,103	520,0	18571
ПК 5 + 57	485,10	0,0	0,101	521,0	18607
ПК 5 + 58	486,10	0,0	0,101	522,0	18643
ПК 5 + 59	487,08	0,0	0,115	523,0	18678
ПК 5 + 60	488,09	0,0	0,120	524,0	18714

ПК 5 + 55	520,27	0,0	0,132	525,0	18581
ПК 5 + 56	521,25	0,0	0,123	526,0	18616
ПК 5 + 57	522,23	0,0	0,120	527,0	18651
ПК 5 + 58	523,24	0,0	0,126	528,0	18687
ПК 5 + 59	524,22	0,0	0,129	529,0	18722
ПК 5 + 60	525,22	0,0	0,136	530,0	18758
ПК 5 + 61	526,20	0,0	0,138	531,0	18793
ПК 5 + 62	527,18	0,0	0,129	532,0	18828
ПК 5 + 63	528,19	0,0	0,127	533,0	18864
ПК 5 + 64	529,17	0,0	0,121	534,0	18899
ПК 5 + 65	530,18	0,0	0,127	535,0	18935
ПК 5 + 66	531,16	0,0	0,134	536,0	18970
ПК 5 + 67	532,14	0,0	0,142	537,0	19005
ПК 5 + 68	533,15	0,0	0,147	538,0	19041
ПК 5 + 69	534,13	0,0	0,145	539,0	19076
ПК 5 + 70	535,14	0,0	0,143	540,0	19112
ПК 5 + 71	536,12	0,0	0,143	541,0	19147
ПК 5 + 72	537,10	0,0	0,138	542,0	19182
ПК 5 + 73	538,10	0,0	0,134	543,0	19218
ПК 5 + 74	539,08	0,0	0,130	544,0	19253
ПК 5 + 75	540,06	0,0	0,130	545,0	19288
ПК 5 + 76	541,07	0,0	0,129	546,0	19324
ПК 5 + 77	542,05	0,0	0,130	547,0	19359
ПК 5 + 78	543,06	0,0	0,127	548,0	19395
ПК 5 + 79	544,04	0,0	0,136	549,0	19430
ПК 5 + 80	545,02	0,0	0,133	550,0	19465
ПК 5 + 81	546,03	0,0	0,134	551,0	19501
ПК 5 + 82	547,01	0,0	0,131	552,0	19536
ПК 5 + 83	548,02	0,0	0,132	553,0	19572
ПК 5 + 84	549,00	0,0	0,132	554,0	19607
ПК 5 + 85	549,98	0,0	0,137	555,0	19642
ПК 5 + 86	550,98	0,0	0,135	556,0	19678
ПК 5 + 87	551,96	0,0	0,136	557,0	19713
ПК 5 + 88	552,97	0,0	0,137	558,0	19749
ПК 5 + 89	553,95	0,0	0,145	559,0	19784
ПК 5 + 90	554,93	0,0	0,148	560,0	19819
ПК 5 + 91	555,94	0,0	0,144	561,0	19855
ПК 5 + 92	556,92	0,0	0,153	562,0	19890
ПК 5 + 93	557,93	0,0	0,151	563,0	19926
ПК 5 + 94	558,91	0,0	0,149	564,0	19961
ПК 5 + 95	559,89	0,0	0,149	565,0	19996
ПК 5 + 96	560,90	0,0	0,155	566,0	20032
ПК 5 + 97	561,88	0,0	0,147	567,0	20067
ПК 5 + 98	562,86	0,0	0,131	568,0	20102
ПК 5 + 99	563,86	0,0	0,130	569,0	20138
ПК 6 + 00	564,84	0,0	0,130	570,0	20173
ПК 6 + 01	565,85	0,0	0,127	571,0	20209
ПК 6 + 02	566,83	0,0	0,126	572,0	20244

ПК 5 + 61	489,10	0,0	0,120	525,0	18750
ПК 5 + 62	490,08	0,0	0,122	526,0	18785
ПК 5 + 63	491,09	0,0	0,131	527,0	18821
ПК 5 + 64	492,10	0,0	0,131	528,0	18857
ПК 5 + 65	493,10	0,0	0,131	529,0	18893
ПК 5 + 66	494,08	0,0	0,134	530,0	18928
ПК 5 + 67	495,09	0,0	0,122	531,0	18964
ПК 5 + 68	496,10	0,0	0,126	532,0	19000
ПК 5 + 69	497,08	0,0	0,140	533,0	19035
ПК 5 + 70	498,09	0,0	0,147	534,0	19071
ПК 5 + 71	499,10	0,0	0,150	535,0	19107
ПК 5 + 72	500,10	0,0	0,158	536,0	19143
ПК 5 + 73	501,08	0,0	0,142	537,0	19178
ПК 5 + 74	502,09	0,0	0,136	538,0	19214
ПК 5 + 75	503,10	0,0	0,141	539,0	19250
ПК 5 + 76	504,08	0,0	0,133	540,0	19285
ПК 5 + 77	505,09	0,0	0,130	541,0	19321
ПК 5 + 78	506,10	0,0	0,144	542,0	19357
ПК 5 + 79	507,10	0,0	0,145	543,0	19393
ПК 5 + 80	508,08	0,0	0,142	544,0	19428
ПК 5 + 81	509,09	0,0	0,145	545,0	19464
ПК 5 + 82	510,10	0,0	0,145	546,0	19500
ПК 5 + 83	511,08	0,0	0,145	547,0	19535
ПК 5 + 84	512,09	0,0	0,141	548,0	19571
ПК 5 + 85	513,10	0,0	0,141	549,0	19607
ПК 5 + 86	514,10	0,0	0,140	550,0	19643
ПК 5 + 87	515,08	0,0	0,138	551,0	19678
ПК 5 + 88	516,09	0,0	0,136	552,0	19714
ПК 5 + 89	517,10	0,0	0,137	553,0	19750
ПК 5 + 90	518,08	0,0	0,136	554,0	19785
ПК 5 + 91	519,09	0,0	0,136	555,0	19821
ПК 5 + 92	520,10	0,0	0,135	556,0	19857
ПК 5 + 93	521,10	0,0	0,130	557,0	19893
ПК 5 + 94	522,08	0,0	0,136	558,0	19928
ПК 5 + 95	523,09	0,0	0,130	559,0	19964
ПК 5 + 96	524,10	0,0	0,136	560,0	20000
ПК 5 + 97	525,08	0,0	0,138	561,0	20035
ПК 5 + 98	526,09	0,0	0,141	562,0	20071
ПК 5 + 99	527,10	0,0	0,138	563,0	20107
ПК 6 + 00	528,10	0,0	0,128	564,0	20143
ПК 6 + 01	529,08	0,0	0,111	565,0	20178
ПК 6 + 02	530,09	0,0	0,106	566,0	20214
ПК 6 + 03	531,10	0,0	0,111	567,0	20250
ПК 6 + 04	532,08	0,0	0,114	568,0	20285
ПК 6 + 05	533,09	0,0	0,121	569,0	20321
ПК 6 + 06	534,10	0,0	0,120	570,0	20357
ПК 6 + 07	535,10	0,0	0,124	571,0	20393
ПК 6 + 08	536,08	0,0	0,125	572,0	20428

ПК 6 + 03	567,81	0,0	0,129	573,0	20279
ПК 6 + 04	568,82	0,0	0,134	574,0	20315
ПК 6 + 05	569,80	0,0	0,134	575,0	20350
ПК 6 + 06	570,81	0,0	0,135	576,0	20386
ПК 6 + 07	571,79	0,0	0,139	577,0	20421
ПК 6 + 08	572,77	0,0	0,143	578,0	20456
ПК 6 + 09	573,78	0,0	0,136	579,0	20492
ПК 6 + 10	574,76	0,0	0,132	580,0	20527
ПК 6 + 11	575,76	0,0	0,130	581,0	20563
ПК 6 + 12	576,74	0,0	0,130	582,0	20598
ПК 6 + 13	577,72	0,0	0,130	583,0	20633
ПК 6 + 14	578,73	0,0	0,129	584,0	20669
ПК 6 + 15	579,71	0,0	0,124	585,0	20704
ПК 6 + 16	580,72	0,0	0,129	586,0	20740
ПК 6 + 17	581,70	0,0	0,133	587,0	20775
ПК 6 + 18	582,68	0,0	0,131	588,0	20810
ПК 6 + 19	583,69	0,0	0,131	589,0	20846
ПК 6 + 20	584,67	0,0	0,133	590,0	20881
ПК 6 + 21	585,65	0,0	0,135	591,0	20916
ПК 6 + 22	586,66	0,0	0,133	592,0	20952
ПК 6 + 23	587,64	0,0	0,138	593,0	20987
ПК 6 + 24	588,64	0,0	0,147	594,0	21023
ПК 6 + 25	589,62	0,0	0,141	595,0	21058
ПК 6 + 26	590,60	0,0	0,139	596,0	21093
ПК 6 + 27	591,61	0,0	0,134	597,0	21129
ПК 6 + 28	592,59	0,0	0,133	598,0	21164
ПК 6 + 29	593,60	0,0	0,130	599,0	21200
ПК 6 + 30	594,58	0,0	0,135	600,0	21235
ПК 6 + 31	595,56	0,0	0,139	601,0	21270
ПК 6 + 32	596,57	0,0	0,141	602,0	21306
ПК 6 + 33	597,55	0,0	0,139	603,0	21341
ПК 6 + 34	598,56	0,0	0,133	604,0	21377
ПК 6 + 35	599,54	0,0	0,134	605,0	21412
ПК 6 + 36	600,52	0,0	0,134	606,0	21447
ПК 6 + 37	601,52	0,0	0,137	607,0	21483
ПК 6 + 38	602,50	0,0	0,135	608,0	21518
ПК 6 + 39	603,51	0,0	0,133	609,0	21554
ПК 6 + 40	604,49	0,0	0,130	610,0	21589
ПК 6 + 41	605,47	0,0	0,127	611,0	21624
ПК 6 + 42	606,48	0,0	0,130	612,0	21660
ПК 6 + 43	607,46	0,0	0,129	613,0	21695
ПК 6 + 44	608,44	0,0	0,123	614,0	21730
ПК 6 + 45	609,45	0,0	0,118	615,0	21766
ПК 6 + 46	610,43	0,0	0,118	616,0	21801
ПК 6 + 47	611,44	0,0	0,120	617,0	21837
ПК 6 + 48	612,42	0,0	0,119	618,0	21872
ПК 6 + 49	613,40	0,0	0,123	619,0	21907
ПК 6 + 50	614,40	0,0	0,120	620,0	21943

ПК 6 + 09	537,09	0,0	0,131	573,0	20464
ПК 6 + 10	538,10	0,0	0,136	574,0	20500
ПК 6 + 11	539,08	0,0	0,136	575,0	20535
ПК 6 + 12	540,09	0,0	0,136	576,0	20571
ПК 6 + 13	541,10	0,0	0,136	577,0	20607
ПК 6 + 14	542,10	0,0	0,132	578,0	20643
ПК 6 + 15	543,08	0,0	0,131	579,0	20678
ПК 6 + 16	544,09	0,0	0,131	580,0	20714
ПК 6 + 17	545,10	0,0	0,127	581,0	20750
ПК 6 + 18	546,08	0,0	0,131	582,0	20785
ПК 6 + 19	547,09	0,0	0,128	583,0	20821
ПК 6 + 20	548,10	0,0	0,127	584,0	20857
ПК 6 + 21	549,10	0,0	0,126	585,0	20893
ПК 6 + 22	550,08	0,0	0,131	586,0	20928
ПК 6 + 23	551,09	0,0	0,125	587,0	20964
ПК 6 + 24	552,10	0,0	0,125	588,0	21000
ПК 6 + 25	553,08	0,0	0,129	589,0	21035
ПК 6 + 26	554,09	0,0	0,128	590,0	21071
ПК 6 + 27	555,10	0,0	0,125	591,0	21107
ПК 6 + 28	556,08	0,0	0,120	592,0	21142
ПК 6 + 29	557,08	0,0	0,120	593,0	21178
ПК 6 + 30	558,09	0,0	0,125	594,0	21214
ПК 6 + 31	559,10	0,0	0,120	595,0	21250
ПК 6 + 32	560,08	0,0	0,120	596,0	21285
ПК 6 + 33	561,09	0,0	0,120	597,0	21321
ПК 6 + 34	562,10	0,0	0,120	598,0	21357
ПК 6 + 35	563,08	0,0	0,120	599,0	21392
ПК 6 + 36	564,08	0,0	0,118	600,0	21428
ПК 6 + 37	565,09	0,0	0,120	601,0	21464
ПК 6 + 38	566,10	0,0	0,123	602,0	21500
ПК 6 + 39	567,08	0,0	0,120	603,0	21535
ПК 6 + 40	568,09	0,0	0,116	604,0	21571
ПК 6 + 41	569,10	0,0	0,120	605,0	21607
ПК 6 + 42	570,08	0,0	0,117	606,0	21642
ПК 6 + 43	571,08	0,0	0,116	607,0	21678
ПК 6 + 44	572,09	0,0	0,117	608,0	21714
ПК 6 + 45	573,10	0,0	0,122	609,0	21750
ПК 6 + 46	574,08	0,0	0,118	610,0	21785
ПК 6 + 47	575,09	0,0	0,120	611,0	21821
ПК 6 + 48	576,10	0,0	0,116	612,0	21857
ПК 6 + 49	577,08	0,0	0,118	613,0	21892
ПК 6 + 50	578,08	0,0	0,127	614,0	21928
ПК 6 + 51	579,09	0,0	0,131	615,0	21964
ПК 6 + 52	580,10	0,0	0,129	616,0	22000
ПК 6 + 53	581,08	0,0	0,114	617,0	22035
ПК 6 + 54	582,09	0,0	0,115	618,0	22071
ПК 6 + 55	583,10	0,0	0,116	619,0	22107
ПК 6 + 56	584,08	0,0	0,119	620,0	22142

ПК 6 + 51	615,38	0,0	0,117	621,0	21978
ПК 6 + 52	616,39	0,0	0,114	622,0	22014
ПК 6 + 53	617,37	0,0	0,123	623,0	22049
ПК 6 + 54	618,35	0,0	0,134	624,0	22084
ПК 6 + 55	619,36	0,0	0,141	625,0	22120
ПК 6 + 56	620,34	0,0	0,142	626,0	22155
ПК 6 + 57	621,35	0,0	0,141	627,0	22191
ПК 6 + 58	622,33	0,0	0,143	628,0	22226
ПК 6 + 59	623,31	0,0	0,141	629,0	22261
ПК 6 + 60	624,32	0,0	0,136	630,0	22297
ПК 6 + 61	625,30	0,0	0,130	631,0	22332
ПК 6 + 62	626,30	0,0	0,150	632,0	22368
ПК 6 + 63	627,28	0,0	0,133	633,0	22403
ПК 6 + 64	628,26	0,0	0,129	634,0	22438
ПК 6 + 65	629,27	0,0	0,128	635,0	22474
ПК 6 + 66	630,25	0,0	0,142	636,0	22509
ПК 6 + 67	631,26	0,0	0,126	637,0	22545
ПК 6 + 68	632,24	0,0	0,135	638,0	22580
ПК 6 + 69	633,22	0,0	0,137	639,0	22615
ПК 6 + 70	634,23	0,0	0,137	640,0	22651
ПК 6 + 71	635,21	0,0	0,143	641,0	22686
ПК 6 + 72	636,19	0,0	0,145	642,0	22721
ПК 6 + 73	637,20	0,0	0,150	643,0	22757
ПК 6 + 74	638,18	0,0	0,137	644,0	22792
ПК 6 + 75	639,18	0,0	0,146	645,0	22828
ПК 6 + 76	640,16	0,0	0,141	646,0	22863
ПК 6 + 77	641,14	0,0	0,133	647,0	22898
ПК 6 + 78	642,15	0,0	0,132	648,0	22934
ПК 6 + 79	643,13	0,0	0,130	649,0	22969
ПК 6 + 80	644,14	0,0	0,128	650,0	23005
ПК 6 + 81	645,12	0,0	0,124	651,0	23040
ПК 6 + 82	646,10	0,0	0,121	652,0	23075
ПК 6 + 83	647,11	0,0	0,111	653,0	23111
ПК 6 + 84	648,09	0,0	0,104	654,0	23146
ПК 6 + 85	649,10	0,0	0,104	655,0	23182
ПК 6 + 86	650,08	0,0	0,107	656,0	23217
ПК 6 + 87	651,06	0,0	0,106	657,0	23252
ПК 6 + 88	652,06	0,0	0,108	658,0	23288
ПК 6 + 89	653,04	0,0	0,107	659,0	23323
ПК 6 + 90	654,05	0,0	0,107	660,0	23359
ПК 6 + 91	655,03	0,0	0,108	661,0	23394
ПК 6 + 92	656,01	0,0	0,107	662,0	23429
ПК 6 + 93	657,02	0,0	0,113	663,0	23465
ПК 6 + 94	658,00	0,0	0,115	664,0	23500
ПК 6 + 95	658,98	0,0	0,112	665,0	23535
ПК 6 + 96	659,99	0,0	0,113	666,0	23571
ПК 6 + 97	660,97	0,0	0,112	667,0	23606
ПК 6 + 98	661,98	0,0	0,112	668,0	23642

ПК 6 + 57	585,08	0,0	0,132	621,0	22178
ПК 6 + 58	586,09	0,0	0,141	622,0	22214
ПК 6 + 59	587,10	0,0	0,143	623,0	22250
ПК 6 + 60	588,08	0,0	0,145	624,0	22285
ПК 6 + 61	589,09	0,0	0,141	625,0	22321
ПК 6 + 62	590,10	0,0	0,141	626,0	22357
ПК 6 + 63	591,08	0,0	0,141	627,0	22392
ПК 6 + 64	592,08	0,0	0,145	628,0	22428
ПК 6 + 65	593,09	0,0	0,142	629,0	22464
ПК 6 + 66	594,10	0,0	0,139	630,0	22500
ПК 6 + 67	595,08	0,0	0,136	631,0	22535
ПК 6 + 68	596,09	0,0	0,136	632,0	22571
ПК 6 + 69	597,10	0,0	0,148	633,0	22607
ПК 6 + 70	598,08	0,0	0,148	634,0	22642
ПК 6 + 71	599,08	0,0	0,150	635,0	22678
ПК 6 + 72	600,09	0,0	0,151	636,0	22714
ПК 6 + 73	601,10	0,0	0,144	637,0	22750
ПК 6 + 74	602,08	0,0	0,133	638,0	22785
ПК 6 + 75	603,09	0,0	0,136	639,0	22821
ПК 6 + 76	604,10	0,0	0,145	640,0	22857
ПК 6 + 77	605,08	0,0	0,150	641,0	22892
ПК 6 + 78	606,08	0,0	0,152	642,0	22928
ПК 6 + 79	607,09	0,0	0,160	643,0	22964
ПК 6 + 80	608,10	0,0	0,160	644,0	23000
ПК 6 + 81	609,08	0,0	0,159	645,0	23035
ПК 6 + 82	610,09	0,0	0,148	646,0	23071
ПК 6 + 83	611,10	0,0	0,131	647,0	23107
ПК 6 + 84	612,08	0,0	0,129	648,0	23142
ПК 6 + 85	613,08	0,0	0,122	649,0	23178
ПК 6 + 86	614,09	0,0	0,123	650,0	23214
ПК 6 + 87	615,10	0,0	0,125	651,0	23250
ПК 6 + 88	616,08	0,0	0,120	652,0	23285
ПК 6 + 89	617,09	0,0	0,120	653,0	23321
ПК 6 + 90	618,10	0,0	0,122	654,0	23357
ПК 6 + 91	619,08	0,0	0,125	655,0	23392
ПК 6 + 92	620,08	0,0	0,125	656,0	23428
ПК 6 + 93	621,09	0,0	0,117	657,0	23464
ПК 6 + 94	622,10	0,0	0,118	658,0	23500
ПК 6 + 95	623,08	0,0	0,115	659,0	23535
ПК 6 + 96	624,09	0,0	0,110	660,0	23571
ПК 6 + 97	625,10	0,0	0,106	661,0	23607
ПК 6 + 98	626,08	0,0	0,111	662,0	23642
ПК 6 + 99	627,08	0,0	0,106	663,0	23678
ПК 7 + 00	628,09	0,0	0,111	664,0	23714
ПК 7 + 01	629,10	0,0	0,114	665,0	23750
ПК 7 + 02	630,08	0,0	0,117	666,0	23785
ПК 7 + 03	631,09	0,0	0,120	667,0	23821
ПК 7 + 04	632,10	0,0	0,125	668,0	23857

ПК 6 + 99	662,96	0,0	0,114	669,0	23677
ПК 7 + 00	663,94	0,0	0,111	670,0	23712
ПК 7 + 01	664,94	0,0	0,113	671,0	23748
ПК 7 + 02	665,92	0,0	0,111	672,0	23783
ПК 7 + 03	666,93	0,0	0,108	673,0	23819
ПК 7 + 04	667,91	0,0	0,112	674,0	23854
ПК 7 + 05	668,89	0,0	0,106	675,0	23889
ПК 7 + 06	669,90	0,0	0,103	676,0	23925
ПК 7 + 07	670,88	0,0	0,101	677,0	23960
ПК 7 + 08	671,89	0,0	0,100	678,0	23996
ПК 7 + 09	672,87	0,0	0,104	679,0	24031
ПК 7 + 10	673,85	0,0	0,100	680,0	24066
ПК 7 + 11	674,86	0,0	0,100	681,0	24102
ПК 7 + 12	675,84	0,0	0,098	682,0	24137
ПК 7 + 13	676,84	0,0	0,098	683,0	24173
ПК 7 + 14	677,82	0,0	0,097	684,0	24208
ПК 7 + 15	678,80	0,0	0,099	685,0	24243
ПК 7 + 16	679,81	0,0	0,107	686,0	24279
ПК 7 + 17	680,79	0,0	0,106	687,0	24314
ПК 7 + 18	681,77	0,0	0,105	688,0	24349
ПК 7 + 19	682,78	0,0	0,096	689,0	24385
ПК 7 + 20	683,76	0,0	0,105	690,0	24420
ПК 7 + 21	684,77	0,0	0,108	691,0	24456
ПК 7 + 22	685,75	0,0	0,101	692,0	24491
ПК 7 + 23	686,73	0,0	0,097	693,0	24526
ПК 7 + 24	687,74	0,0	0,105	694,0	24562
ПК 7 + 25	688,72	0,0	0,104	695,0	24597
ПК 7 + 26	689,72	0,0	0,100	696,0	24633
ПК 7 + 27	690,70	0,0	0,094	697,0	24668
ПК 7 + 28	691,68	0,0	0,100	698,0	24703
ПК 7 + 29	692,69	0,0	0,113	699,0	24739
ПК 7 + 30	693,67	0,0	0,105	700,0	24774
ПК 7 + 31	694,68	0,0	0,105	701,0	24810
ПК 7 + 32	695,66	0,0	0,111	702,0	24845
ПК 7 + 33	696,64	0,0	0,108	703,0	24880
ПК 7 + 34	697,65	0,0	0,108	704,0	24916
ПК 7 + 35	698,63	0,0	0,118	705,0	24951
ПК 7 + 36	699,64	0,0	0,131	706,0	24987
ПК 7 + 37	700,62	0,0	0,135	707,0	25022
ПК 7 + 38	701,60	0,0	0,118	708,0	25057
ПК 7 + 39	702,60	0,0	0,103	709,0	25093
ПК 7 + 40	703,58	0,0	0,105	710,0	25128
ПК 7 + 41	704,56	0,0	0,105	711,0	25163
ПК 7 + 42	705,57	0,0	0,099	712,0	25199
ПК 7 + 43	706,55	0,0	0,097	713,0	25234
ПК 7 + 44	707,56	0,0	0,116	714,0	25270
ПК 7 + 45	708,54	0,0	0,123	715,0	25305
ПК 7 + 46	709,52	0,0	0,134	716,0	25340
ПК 7 + 47	710,53	0,0	0,135	717,0	25376

ПК 7 + 05	633,08	0,0	0,112	669,0	23892
ПК 7 + 06	634,08	0,0	0,115	670,0	23928
ПК 7 + 07	635,09	0,0	0,112	671,0	23964
ПК 7 + 08	636,10	0,0	0,123	672,0	24000
ПК 7 + 09	637,08	0,0	0,125	673,0	24035
ПК 7 + 10	638,09	0,0	0,130	674,0	24071
ПК 7 + 11	639,10	0,0	0,120	675,0	24107
ПК 7 + 12	640,08	0,0	0,118	676,0	24142
ПК 7 + 13	641,08	0,0	0,125	677,0	24178
ПК 7 + 14	642,09	0,0	0,131	678,0	24214
ПК 7 + 15	643,10	0,0	0,131	679,0	24250
ПК 7 + 16	644,08	0,0	0,112	680,0	24285
ПК 7 + 17	645,09	0,0	0,129	681,0	24321
ПК 7 + 18	646,10	0,0	0,111	682,0	24357
ПК 7 + 19	647,08	0,0	0,101	683,0	24392
ПК 7 + 20	648,08	0,0	0,097	684,0	24428
ПК 7 + 21	649,09	0,0	0,092	685,0	24464
ПК 7 + 22	650,10	0,0	0,110	686,0	24500
ПК 7 + 23	651,08	0,0	0,117	687,0	24535
ПК 7 + 24	652,09	0,0	0,123	688,0	24571
ПК 7 + 25	653,10	0,0	0,130	689,0	24607
ПК 7 + 26	654,08	0,0	0,129	690,0	24642
ПК 7 + 27	655,08	0,0	0,113	691,0	24678
ПК 7 + 28	656,09	0,0	0,113	692,0	24714
ПК 7 + 29	657,10	0,0	0,106	693,0	24750
ПК 7 + 30	658,08	0,0	0,106	694,0	24785
ПК 7 + 31	659,09	0,0	0,106	695,0	24821
ПК 7 + 32	660,10	0,0	0,124	696,0	24857
ПК 7 + 33	661,08	0,0	0,129	697,0	24892
ПК 7 + 34	662,08	0,0	0,122	698,0	24928
ПК 7 + 35	663,09	0,0	0,106	699,0	24964
ПК 7 + 36	664,10	0,0	0,106	700,0	25000
ПК 7 + 37	665,08	0,0	0,100	701,0	25035
ПК 7 + 38	666,09	0,0	0,116	702,0	25071
ПК 7 + 39	667,10	0,0	0,132	703,0	25107
ПК 7 + 40	668,08	0,0	0,154	704,0	25142
ПК 7 + 41	669,08	0,0	0,139	705,0	25178
ПК 7 + 42	670,09	0,0	0,150	706,0	25214
ПК 7 + 43	671,10	0,0	0,141	707,0	25250

Приложение 2

Ослабления вдоль левого профиля

ПК	Координаты		Наличие ослаблений (в т.ч. критерий обнаружения)	Глубина кровли неоднородности, м	Примечание		
	X	Y			Num_traces	L, м	DateCollecting
ПК 0 + 36	37,00284092717681	55,588654028688985	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	0	0,0	2019-08-25 16:09:43
ПК 0 + 36	37,00284033310733	55,58865492382106	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,179	18	0,5	2019-08-25 16:09:43
ПК 0 + 37	37,00283917797244	55,588656664355376	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	53	1,5	2019-08-25 16:09:43
ПК 0 + 37	37,00283977204225	55,58865576922277	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,162	35	1,0	2019-08-25 16:09:43
ПК 0 + 44	37,00275894881709	55,58864417476112	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,145	282	8,0	2019-08-25 16:11:38
ПК 0 + 44	37,00275421066819	55,58864273161166	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	300	8,5	2019-08-25 16:11:38
ПК 0 + 45	37,00274927393172	55,5886412250479	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	318	9,0	2019-08-25 16:11:38
ПК 0 + 45	37,002744611457906	55,588639802181966	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,163	335	9,5	2019-08-25 16:11:38
ПК 0 + 46	37,00272971375825	55,58863540655206	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,155	371	10,5	2019-08-25 16:11:39
ПК 0 + 46	37,002739674720715	55,588638295617976	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,174	353	10,0	2019-08-25 16:11:38
ПК 0 + 47	37,002716035653584	55,58863149319892	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,149	388	11,0	2019-08-25 16:11:39
ПК 0 + 47	37,00270982123521	55,58862959951218	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	406	11,5	2019-08-25 16:11:40
ПК 0 + 48	37,00270058023817	55,58862671330969	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	441	12,5	2019-08-25 16:11:40
ПК 0 + 48	37,00270533275084	55,58862819764237	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	423	12,0	2019-08-25 16:11:40
ПК 0 + 49	37,00269133924239	55,588623827107575	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	476	13,5	2019-08-25 16:11:40
ПК 0 + 49	37,00269582772644	55,588625228977286	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	459	13,0	2019-08-25 16:11:40
ПК 0 + 75	37,00230213837233	55,58854900182729	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	1376	39,0	2019-08-25 16:11:53
ПК 0 + 75	37,00229588838922	55,588548170011414	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	1394	39,5	2019-08-25 16:11:53
ПК 0 + 76	37,00228998562731	55,588547384407505	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	1411	40,0	2019-08-25 16:11:53
ПК 0 + 76	37,00228373564373	55,58854655259155	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	1429	40,5	2019-08-25 16:11:53
ПК 0 + 77	37,00227748566018	55,5885457207756	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	1447	41,0	2019-08-25 16:11:53
ПК 0 + 77	37,002271582898196	55,5885449351717	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	1464	41,5	2019-08-25 16:11:53
ПК 0 + 78	37,002265332914654	55,58854410335574	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	1482	42,0	2019-08-25 16:11:53
ПК 0 + 79	37,002253180168694	55,58854248593583	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,145	1517	43,0	2019-08-25 16:11:53
ПК 0 + 79	37,002246930185365	55,58854165411992	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	1535	43,5	2019-08-25 16:11:53
ПК 0 + 97	37,00197853931408	55,58849988465772	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	2170	61,5	2019-08-25 16:12:01
ПК 0 + 98	37,001968122623275	55,588497802468794	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	2188	62,0	2019-08-25 16:12:01
ПК 0 + 98	37,00195828463759	55,58849583595704	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	2205	62,5	2019-08-25 16:12:01
ПК 0 + 99	37,00194916360709	55,58849380114432	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	2223	63,0	2019-08-25 16:12:02
ПК 0 + 99	37,00194459043949	55,58849252415116	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	2241	63,5	2019-08-25 16:12:02
ПК 1 + 00	37,00194027133734	55,588491318102214	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	2258	64,0	2019-08-25 16:12:02
ПК 1 + 00	37,001935698169696	55,58849004110904	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	2276	64,5	2019-08-25 16:12:02
ПК 1 + 01	37,001926805899735	55,58848755806687	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,149	2311	65,5	2019-08-25 16:12:02
ПК 1 + 01	37,001931125001846	55,588488764115816	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	2294	65,0	2019-08-25 16:12:02
ПК 1 + 02	37,001922232731786	55,58848628107363	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	2329	66,0	2019-08-25 16:12:02
ПК 1 + 02	37,0019176595642	55,58848500408046	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	2347	66,5	2019-08-25 16:12:02
ПК 1 + 03	37,001913340461776	55,58848379803145	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,145	2364	67,0	2019-08-25 16:12:02
ПК 1 + 16	37,00171317526203	55,58841057761191	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	2841	80,5	2019-08-25 16:12:08
ПК 1 + 17	37,00170253320954	55,588404141835376	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	2858	81,0	2019-08-25 16:12:09
ПК 1 + 17	37,0016931046052	55,58839815821065	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	2876	81,5	2019-08-25 16:12:09
ПК 1 + 21	37,0016688619019	55,58838110208301	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,150	2999	85,0	2019-08-25 16:12:11
ПК 1 + 21	37,00166063655498	55,58837451058452	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	3017	85,5	2019-08-25 16:12:12
ПК 1 + 22	37,00165784586206	55,5883717160972	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	3035	86,0	2019-08-25 16:12:12
ПК 1 + 24	37,00164597320263	55,58835926831616	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	3105	88,0	2019-08-25 16:12:13
ПК 2 + 36	37,001449101293666	55,587335013213654	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	7075	200,5	2019-08-25 16:13:06
ПК 2 + 37	37,001447160651246	55,58733034935457	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	7092	201,0	2019-08-25 16:13:06
ПК 2 + 37	37,001445105853364	55,58732541115081	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	7110	201,5	2019-08-25 16:13:06
ПК 2 + 38	37,00144350112778	55,58731916229091	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	7128	202,0	2019-08-25 16:13:07
ПК 2 + 38	37,001442269254596	55,58731382079345	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,156	7145	202,5	2019-08-25 16:13:07
ПК 2 + 39	37,001439686863364	55,587302611210426	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	7181	203,5	2019-08-25 16:13:08
ПК 2 + 39	37,001440964918295	55,58730816509026	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	7163	203,0	2019-08-25 16:13:07
ПК 2 + 40	37,001438568366325	55,58729870631737	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	7198	204,0	2019-08-25 16:13:08
ПК 2 + 40	37,00143735624798	55,58729446391167	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	7216	204,5	2019-08-25 16:13:08
ПК 2 + 41	37,00143614412965	55,587290221505974	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	7234	205,0	2019-08-25 16:13:08
ПК 2 + 41	37,00143499935126	55,58728621478966	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,149	7251	205,5	2019-08-25 16:13:08
ПК 2 + 42	37,001433787232926	55,58728197238396	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	7269	206,0	2019-08-25 16:13:08

ПК 2 + 42	37,001432545799986	55,587277238726465	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,156	7287	206,5	2019-08-25 16:13:09
ПК 2 + 43	37,001431456066015	55,58727252741242	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,166	7304	207,0	2019-08-25 16:13:09
ПК 2 + 43	37,00143030223005	55,58726753896225	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,169	7322	207,5	2019-08-25 16:13:09
ПК 2 + 44	37,001429212496085	55,58726282764825	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,169	7339	208,0	2019-08-25 16:13:09
ПК 2 + 44	37,0014280586601	55,58725783919808	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,169	7357	208,5	2019-08-25 16:13:09
ПК 2 + 45	37,00142603992592	55,587249086839634	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,159	7392	209,5	2019-08-25 16:13:10
ПК 2 + 45	37,001427016953066	55,587253323199754	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,165	7375	209,0	2019-08-25 16:13:10
ПК 2 + 46	37,001423970927284	55,587240115724214	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	7428	210,5	2019-08-25 16:13:10
ПК 2 + 46	37,0014250054266	55,58724460128194	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,163	7410	210,0	2019-08-25 16:13:10
ПК 2 + 47	37,00142248053454	55,58723261221772	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,150	7463	211,5	2019-08-25 16:13:10
ПК 2 + 47	37,00142296621996	55,58723573526999	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	7445	211,0	2019-08-25 16:13:10
ПК 2 + 48	37,00142202252928	55,58722963325946	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	7481	212,0	2019-08-25 16:13:11
ПК 3 + 81	37,001189957687835	55,586064931042365	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	12174	345,0	2019-08-25 16:14:01
ПК 4 + 03	37,0011462112483	55,58585875532194	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,162	12968	367,5	2019-08-25 16:14:11
ПК 4 + 04	37,0011428900653	55,585845453991034	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	13003	368,5	2019-08-25 16:14:12
ПК 4 + 04	37,00114451126315	55,58585194608746	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,149	12985	368,0	2019-08-25 16:14:11
ПК 4 + 05	37,001142198997265	55,5858426947968	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	13020	369,0	2019-08-25 16:14:12
ПК 4 + 05	37,001141467278174	55,58583977329703	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	13038	369,5	2019-08-25 16:14:12
ПК 4 + 12	37,00112772778215	55,585768129750285	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	13285	376,5	2019-08-25 16:14:16
ПК 4 + 12	37,00112800927265	55,58577141483481	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	13267	376,0	2019-08-25 16:14:15
ПК 4 + 13	37,0011274970097	55,58576535349829	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	13303	377,0	2019-08-25 16:14:16
ПК 4 + 13	37,00112727905798	55,58576273148282	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	13320	377,5	2019-08-25 16:14:16
ПК 4 + 14	37,00112704828554	55,58575995523077	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	13338	378,0	2019-08-25 16:14:16
ПК 4 + 14	37,00112681751311	55,585757178978994	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	13356	378,5	2019-08-25 16:14:16
ПК 4 + 15	37,00112635608157	55,58574338588777	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	13391	379,5	2019-08-25 16:14:17
ПК 4 + 15	37,00112659956139	55,58575455696335	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,157	13373	379,0	2019-08-25 16:14:16
ПК 4 + 16	37,00112602818824	55,58573438913642	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	13409	380,0	2019-08-25 16:14:18
ПК 4 + 54	37,001058796222146	55,585399310122504	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	14749	418,0	2019-08-25 16:14:36
ПК 4 + 54	37,001058296215206	55,58539330197432	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	14767	418,5	2019-08-25 16:14:36
ПК 4 + 55	37,001057348178584	55,58538565911491	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,145	14802	419,5	2019-08-25 16:14:36
ПК 4 + 55	37,00105784092157	55,585388365891305	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	14785	419,0	2019-08-25 16:14:36
ПК 4 + 60	37,00105241268526	55,585358547508534	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,146	14961	424,0	2019-08-25 16:14:38
ПК 4 + 70	37,001029910355236	55,58526508815884	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,146	15314	434,0	2019-08-25 16:14:43
ПК 4 + 70	37,00102926518402	55,585260891992	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,154	15332	434,5	2019-08-25 16:14:43
ПК 4 + 71	37,0010280106844	55,585252732778436	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	15367	435,5	2019-08-25 16:14:43
ПК 4 + 71	37,001028655855634	55,58525692894539	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	15349	435,0	2019-08-25 16:14:43
ПК 4 + 72	37,00102720768268	55,58524220755678	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	15402	436,5	2019-08-25 16:14:44
ПК 4 + 72	37,00102756632388	55,58524722863192	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	15385	436,0	2019-08-25 16:14:44
ПК 4 + 73	37,001026448207206	55,58523157469181	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	15438	437,5	2019-08-25 16:14:44
ПК 4 + 73	37,00102682794494	55,58523689112432	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,163	15420	437,0	2019-08-25 16:14:44
ПК 4 + 74	37,001025440240134	55,585222290275325	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,157	15473	438,5	2019-08-25 16:14:45
ПК 4 + 74	37,001026028476936	55,585226995068616	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	15455	438,0	2019-08-25 16:14:45
ПК 4 + 75	37,00102429644634	55,58521314206623	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,151	15508	439,5	2019-08-25 16:14:45
ПК 4 + 75	37,00102488468315	55,585217846859514	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	15490	439,0	2019-08-25 16:14:45
ПК 4 + 94	37,00101584109865	55,58504272923999	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	16179	458,5	2019-08-25 16:14:54
ПК 4 + 95	37,00101695951248	55,585038263701705	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	16196	459,0	2019-08-25 16:14:54
ПК 5 + 16	37,00111941308174	55,584842695289396	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	16955	480,5	2019-08-25 16:15:05
ПК 5 + 17	37,001121436897165	55,58483863445316	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,150	16972	481,0	2019-08-25 16:15:05
ПК 5 + 17	37,001123618119145	55,58483425987367	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,151	16990	481,5	2019-08-25 16:15:06
ПК 5 + 24	37,001157283701474	55,58477938541698	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	17237	488,5	2019-08-25 16:15:09
ПК 5 + 24	37,0011561118231	55,58478149542154	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	17219	488,0	2019-08-25 16:15:09
ПК 5 + 34	37,00122041859208	55,5846958522203	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,145	17572	498,0	2019-08-25 16:15:14
ПК 5 + 69	37,00131695524411	55,58439465878462	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	18807	533,0	2019-08-25 16:15:28
ПК 5 + 69	37,00131674545146	55,58439046528526	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,150	18825	533,5	2019-08-25 16:15:28
ПК 5 + 70	37,00131653565881	55,58438627178591	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,156	18843	534,0	2019-08-25 16:15:28
ПК 5 + 70	37,0013163375213	55,58438231125873	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	18860	534,5	2019-08-25 16:15:28
ПК 5 + 71	37,001316026173846	55,58437819037069	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,159	18878	535,0	2019-08-25 16:15:30
ПК 5 + 71	37,00131558499102	55,584373764199924	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,163	18896	535,5	2019-08-25 16:15:30
ПК 5 + 72	37,001314727135515	55,58436515775675	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,159	18931	536,5	2019-08-25 16:15:30
ПК 5 + 72	37,00131516831834	55,58436958392756	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,168	18913	536,0	2019-08-25 16:15:30
ПК 5 + 73	37,001314129777015	55,584360714094714	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	18948	537,0	2019-08-25 16:15:31

ПК 5 + 74	37,00131184531591	55,584345492575906	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19001	538,5	2019-08-25 16:15:31
ПК 5 + 75	37,00131029360647	55,58433515343105	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	19037	539,5	2019-08-25 16:15:31
ПК 5 + 75	37,001311069461195	55,584340323003445	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19019	539,0	2019-08-25 16:15:31
ПК 5 + 77	37,00130843773051	55,58431781839703	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,145	19107	541,5	2019-08-25 16:15:33
ПК 5 + 78	37,00130749269874	55,58430980728443	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,150	19143	542,5	2019-08-25 16:15:34
ПК 5 + 78	37,0013080579783	55,58431364637376	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,151	19125	542,0	2019-08-25 16:15:33
ПК 5 + 79	37,00130677541463	55,58430585335885	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	19160	543,0	2019-08-25 16:15:34
ПК 5 + 79	37,001306015937345	55,584301666849356	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	19178	543,5	2019-08-25 16:15:34
ПК 5 + 80	37,001305298653236	55,58429771292373	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19195	544,0	2019-08-25 16:15:34
ПК 5 + 80	37,00130454789368	55,584293509909095	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	19213	544,5	2019-08-25 16:15:35
ПК 5 + 81	37,001304021569766	55,584290096758835	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	19231	545,0	2019-08-25 16:15:35
ПК 5 + 81	37,001303524486104	55,58428687322828	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	19248	545,5	2019-08-25 16:15:35
ПК 5 + 82	37,00130299816219	55,58428346007803	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	19266	546,0	2019-08-25 16:15:35
ПК 5 + 82	37,0013024718383	55,58428004692796	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	19284	546,5	2019-08-25 16:15:35
ПК 5 + 83	37,001301448430716	55,58427341024713	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19319	547,5	2019-08-25 16:15:35
ПК 5 + 83	37,00130197475461	55,58427682339724	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	19301	547,0	2019-08-25 16:15:35
ПК 5 + 84	37,001300949802186	55,58427033250047	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19337	548,0	2019-08-25 16:15:36
ПК 5 + 84	37,00130048147534	55,58426751876718	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19354	548,5	2019-08-25 16:15:36
ПК 5 + 85	37,00129998559986	55,58426453952017	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	19372	549,0	2019-08-25 16:15:36
ПК 5 + 86	37,001298525522046	55,58425576729284	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19425	550,5	2019-08-25 16:15:36
ПК 5 + 86	37,00129902139755	55,584258746539966	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19407	550,0	2019-08-25 16:15:36
ПК 5 + 88	37,00129383771037	55,584222430690005	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19495	552,5	2019-08-25 16:15:38
ПК 5 + 90	37,0012918638051	55,58420598419889	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,145	19566	554,5	2019-08-25 16:15:39
ПК 5 + 91	37,001289780490154	55,58419695078403	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19601	555,5	2019-08-25 16:15:39
ПК 5 + 97	37,0012820499918	55,58415193270648	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,146	19795	561,0	2019-08-25 16:15:41
ПК 5 + 97	37,00128103688414	55,5841463011767	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19813	561,5	2019-08-25 16:15:42
ПК 5 + 98	37,00128016308375	55,58414251240465	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19831	562,0	2019-08-25 16:15:42
ПК 5 + 98	37,0012793378278	55,584138934119885	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	19848	562,5	2019-08-25 16:15:42
ПК 6 + 57	37,00116909886727	55,583613326603285	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,145	21930	621,5	2019-08-25 16:16:06
ПК 6 + 58	37,001168189761856	55,58360923447357	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	21948	622,0	2019-08-25 16:16:06
ПК 6 + 58	37,00116733116229	55,58360536968444	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	21965	622,5	2019-08-25 16:16:06
ПК 6 + 59	37,001166422056876	55,58360127755472	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,149	21983	623,0	2019-08-25 16:16:06
ПК 6 + 59	37,00116570802454	55,58359806339903	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	22001	623,5	2019-08-25 16:16:07
ПК 6 + 60	37,00116436705689	55,5835920271156	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	22036	624,5	2019-08-25 16:16:07
ПК 6 + 60	37,0011650566974	55,58359513148999	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	22018	624,0	2019-08-25 16:16:07
ПК 6 + 61	37,0011636774164	55,58358892274135	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,147	22054	625,0	2019-08-25 16:16:07
ПК 6 + 61	37,001163026089294	55,583585990832425	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	22071	625,5	2019-08-25 16:16:07
ПК 6 + 62	37,00116210094991	55,58357643040247	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	22089	626,0	2019-08-25 16:16:08
ПК 6 + 62	37,001161262160856	55,58356715628451	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	22107	626,5	2019-08-25 16:16:09
ПК 6 + 63	37,00116071948287	55,58356392811098	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	22124	627,0	2019-08-25 16:16:09
ПК 6 + 63	37,00116012543637	55,58356035891421	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,150	22142	627,5	2019-08-25 16:16:09
ПК 6 + 64	37,00115956439244	55,58355698800594	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	22159	628,0	2019-08-25 16:16:09
ПК 6 + 64	37,00115897034594	55,58355341880909	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	22177	628,5	2019-08-25 16:16:09
ПК 6 + 65	37,001157777383945	55,58354664639475	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	22212	629,5	2019-08-25 16:16:10
ПК 6 + 65	37,00115837629943	55,58354984961219	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	22195	629,0	2019-08-25 16:16:09
ПК 6 + 66	37,00115671854335	55,58354241881264	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,145	22230	630,0	2019-08-25 16:16:10
ПК 6 + 69	37,001147785924196	55,583505384742665	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,154	22354	633,5	2019-08-25 16:16:12
ПК 6 + 69	37,00114895529069	55,58351137085639	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,159	22336	633,0	2019-08-25 16:16:11
ПК 6 + 70	37,001147530665484	55,58350207408964	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,159	22371	634,0	2019-08-25 16:16:12
ПК 6 + 70	37,001147260391534	55,583498568692164	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,161	22389	634,5	2019-08-25 16:16:12
ПК 6 + 71	37,00114700513281	55,583495258038944	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,157	22406	635,0	2019-08-25 16:16:12
ПК 6 + 71	37,00114673485887	55,58349175264147	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,163	22424	635,5	2019-08-25 16:16:12
ПК 6 + 72	37,0011462574949	55,58348562417585	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,156	22459	636,5	2019-08-25 16:16:13
ПК 6 + 72	37,00114646458492	55,58348824724395	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	22442	636,0	2019-08-25 16:16:12
ПК 6 + 73	37,00114546802812	55,58348246199268	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,150	22477	637,0	2019-08-25 16:16:13
ПК 6 + 75	37,0011416084127	55,583467002430446	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,152	22565	639,5	2019-08-25 16:16:13
ПК 6 + 76	37,0011404051983	55,583461875215754	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	22583	640,0	2019-08-25 16:16:14
ПК 6 + 76	37,00113902056075	55,583455871469276	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	22601	640,5	2019-08-25 16:16:14
ПК 6 + 77	37,00113628296258	55,58344389731464	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	22636	641,5	2019-08-25 16:16:15
ПК 6 + 77	37,00113771284751	55,58345020126426	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	22618	641,0	2019-08-25 16:16:14
ПК 6 + 78	37,0011358386786	55,58343801028144	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,162	22653	642,0	2019-08-25 16:16:15

ПК 6 + 78	37,00113541616926	55,5834320948144	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,169	22671	642,5	2019-08-25 16:16:15
ПК 6 + 79	37,0011349936599	55,58342617934719	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,169	22689	643,0	2019-08-25 16:16:15
ПК 6 + 79	37,001134594623295	55,58342059251711	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,173	22706	643,5	2019-08-25 16:16:15
ПК 6 + 80	37,00113434054281	55,583417504980744	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,168	22724	644,0	2019-08-25 16:16:16
ПК 6 + 80	37,00113409260549	55,58341453519165	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,169	22742	644,5	2019-08-25 16:16:16
ПК 6 + 81	37,001133610505136	55,58340876060167	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,162	22777	645,5	2019-08-25 16:16:16
ПК 6 + 81	37,00113385844246	55,58341173039082	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,167	22759	645,0	2019-08-25 16:16:16
ПК 6 + 82	37,001133362567806	55,583405790812584	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,153	22795	646,0	2019-08-25 16:16:16
ПК 7 + 39	37,00110361004221	55,582871568067006	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,164	24824	703,5	2019-08-25 16:16:42
ПК 7 + 40	37,00110582359045	55,58286670432785	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,156	24841	704,0	2019-08-25 16:16:42
ПК 7 + 41	37,001106228260596	55,582858043461826	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,149	24876	705,0	2019-08-25 16:16:43
ПК 7 + 41	37,0011062282621	55,58285268926171	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	24894	705,5	2019-08-25 16:16:43
ПК 7 + 42	37,00110622826277	55,58285030961722	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,150	24929	706,5	2019-08-25 16:16:44
ПК 7 + 42	37,00110622826277	55,58285030961722	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,158	24912	706,0	2019-08-25 16:16:44
ПК 7 + 43	37,00110622826277	55,58285030961722	увеличение толщины относительно среднего на 2 см	0,148	24947	707,0	2019-08-25 16:16:44

Приложение 3

Ослабления вдоль правого профиля

ПК	Координаты		Наличие ослаблений (в т.ч. критерий обнаружения)	Глубина кровли неоднородности, м	Примечание		
	X	Y			Num_traces	L, м	DateCollecting
ПК 0 + 30	37,001076519602506	55,58277466530893	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,151	18	0,5	2019-08-25 16:46:22
ПК 0 + 30	37,001071666677795	55,58277333577474	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,157	0	0,0	2019-08-25 16:46:01
ПК 0 + 31	37,001081102920296	55,58277592098012	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,154	35	1,0	2019-08-25 16:46:23
ПК 0 + 31	37,00108595584501	55,58277725051431	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,160	53	1,5	2019-08-25 16:46:23
ПК 0 + 32	37,00108980387449	55,582778747408994	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,159	71	2,0	2019-08-25 16:46:24
ПК 0 + 32	37,00108869278596	55,58278095145631	увеличение толщины относительно среднего на 5 см	0,168	88	2,5	2019-08-25 16:46:24
ПК 0 + 33	37,00108603536894	55,582786613040504	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,160	124	3,5	2019-08-25 16:46:25
ПК 0 + 33	37,00108751633929	55,58278328515346	увеличение толщины относительно среднего на 5 см	0,170	106	3,0	2019-08-25 16:46:24
ПК 0 + 34	37,001083762637066	55,58279252582126	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,145	142	4,0	2019-08-25 16:46:25
ПК 0 + 35	37,00107934343619	55,58280402289497	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	177	5,0	2019-08-25 16:46:25
ПК 0 + 35	37,0010776754436	55,582808407566006	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	195	5,5	2019-08-25 16:46:27
ПК 0 + 36	37,00107655703139	55,58281139407242	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	212	6,0	2019-08-25 16:46:27
ПК 0 + 36	37,00107537283023	55,58281455625568	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	230	6,5	2019-08-25 16:46:27
ПК 0 + 37	37,00107418862907	55,58281771843894	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,156	248	7,0	2019-08-25 16:46:27
ПК 0 + 37	37,00107304765355	55,582820859636584	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,160	265	7,5	2019-08-25 16:46:28
ПК 0 + 38	37,0010717619175	55,582824717930386	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,152	283	8,0	2019-08-25 16:46:28
ПК 0 + 38	37,00107047618145	55,58282857622419	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,162	301	8,5	2019-08-25 16:46:28
ПК 0 + 39	37,00106787874617	55,58283637075713	увеличение толщины относительно среднего на 5 см	0,165	336	9,5	2019-08-25 16:46:29
ПК 0 + 39	37,00106926187518	55,58283222016834	увеличение толщины относительно среднего на 5 см	0,166	318	9,0	2019-08-25 16:46:28
ПК 0 + 40	37,00106460604478	55,58284619186863	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,148	372	10,5	2019-08-25 16:46:29
ПК 0 + 40	37,001066242395474	55,58284128131288	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,153	354	10,0	2019-08-25 16:46:29
ПК 0 + 41	37,0010617241349	55,582853632959825	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,156	407	11,5	2019-08-25 16:46:30
ПК 0 + 42	37,0010603448269	55,582856737334154	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,151	425	12,0	2019-08-25 16:46:30
ПК 0 + 42	37,00105904214712	55,582859669243234	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,158	442	12,5	2019-08-25 16:46:30
ПК 0 + 43	37,00105615647218	55,58286671541175	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,157	478	13,5	2019-08-25 16:46:31
ПК 0 + 43	37,001057662839116	55,58286277361756	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,159	460	13,0	2019-08-25 16:46:30
ПК 0 + 44	37,001052585071854	55,58287861363417	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,149	513	14,5	2019-08-25 16:46:31
ПК 0 + 44	37,00105442179202	55,582872494548354	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,152	495	14,0	2019-08-25 16:46:31
ПК 0 + 45	37,00105030307772	55,58288508039532	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,151	531	15,0	2019-08-25 16:46:32
ПК 0 + 45	37,00104772732452	55,582891516252	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,156	548	15,5	2019-08-25 16:46:32
ПК 0 + 46	37,00104500005643	55,58289833068848	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,156	566	16,0	2019-08-25 16:46:33
ПК 0 + 46	37,0010440000395	55,58290199279785	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,157	584	16,5	2019-08-25 16:46:33
ПК 0 + 47	37,00104205556214	55,58290911356608	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,161	619	17,5	2019-08-25 16:46:33
ПК 0 + 47	37,00104300002257	55,58290565490723	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,162	602	17,0	2019-08-25 16:46:33
ПК 0 + 48	37,001040055528286	55,58291643778483	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,152	655	18,5	2019-08-25 16:46:33
ПК 0 + 48	37,001041055545215	55,58291277567545	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,153	637	18,0	2019-08-25 16:46:33
ПК 0 + 49	37,001039030276466	55,58292150555235	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	672	19,0	2019-08-25 16:46:34
ПК 0 + 50	37,00103684846199	55,582932450265595	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,149	708	20,0	2019-08-25 16:46:34
ПК 0 + 50	37,00103618054289	55,582938220765854	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,159	725	20,5	2019-08-25 16:46:35
ПК 0 + 51	37,00103497917764	55,58295045819199	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	761	21,5	2019-08-25 16:46:36
ПК 0 + 51	37,00103555555559	55,582944467332624	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,156	743	21,0	2019-08-25 16:46:35
ПК 0 + 52	37,00103480209131	55,58295418421427	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	778	22,0	2019-08-25 16:46:36
ПК 0 + 52	37,001034614588136	55,582958129414344	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,155	796	22,5	2019-08-25 16:46:36
ПК 0 + 53	37,00103442708496	55,58296207461441	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,152	814	23,0	2019-08-25 16:46:36
ПК 0 + 54	37,00103406249546	55,582969178093805	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	849	24,0	2019-08-25 16:46:37
ПК 0 + 55	37,00103351040278	55,58297864520361	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	902	25,5	2019-08-25 16:46:37
ПК 0 + 56	37,00103328429783	55,58298217175054	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	920	26,0	2019-08-25 16:46:38
ПК 0 + 56	37,001032401962824	55,58299099043304	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,159	938	26,5	2019-08-25 16:46:38
ПК 0 + 57	37,0010311458415	55,58300302823385	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,161	973	27,5	2019-08-25 16:46:39
ПК 0 + 57	37,001031614599434	55,582998808225	увеличение толщины относительно среднего на 5 см	0,166	955	27,0	2019-08-25 16:46:39
ПК 0 + 58	37,00103023436774	55,58301123380661	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,152	1008	28,5	2019-08-25 16:46:39
ПК 0 + 58	37,00103067708357	55,583007248242694	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,153	991	28,0	2019-08-25 16:46:39
ПК 0 + 59	37,001030374990464	55,58301493867914	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,149	1026	29,0	2019-08-25 16:46:40
ПК 4 + 44	37,001210969002095	55,58642898825712	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,150	14667	414,5	2019-08-25 16:49:50
ПК 4 + 45	37,001211317845204	55,58643282069716	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,148	14685	415,0	2019-08-25 16:49:50
ПК 4 + 46	37,001213287025756	55,586444750538575	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	14738	416,5	2019-08-25 16:49:51
ПК 4 + 47	37,001214120342155	55,586448914916424	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	14756	417,0	2019-08-25 16:49:51

ПК 4 + 66	37,00124472410514	55,58662010149024	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	15428	436,0	2019-08-25 16:50:04
ПК 4 + 66	37,00124568024866	55,58662506544671	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	15446	436,5	2019-08-25 16:50:06
ПК 4 + 67	37,00124690475918	55,58663118453253	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,156	15464	437,0	2019-08-25 16:50:06
ПК 4 + 67	37,00124806124134	55,586636963669136	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,156	15481	437,5	2019-08-25 16:50:06
ПК 4 + 68	37,0012490000228	55,58664072418213	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,158	15499	438,0	2019-08-25 16:50:07
ПК 4 + 68	37,0012498571674	55,58664381081717	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,161	15517	438,5	2019-08-25 16:50:07
ПК 4 + 69	37,00125066669285	55,58664672597249	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,161	15534	439,0	2019-08-25 16:50:07
ПК 4 + 69	37,001251523837446	55,58664981260754	увеличение толщины относительно среднего на 5 см	0,165	15552	439,5	2019-08-25 16:50:07
ПК 4 + 70	37,00125319050749	55,58665581439791	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,159	15587	440,5	2019-08-25 16:50:07
ПК 4 + 70	37,00125238098204	55,58665289924259	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,162	15570	440,0	2019-08-25 16:50:07
ПК 4 + 71	37,00125490479668	55,586661987667995	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	15623	441,5	2019-08-25 16:50:07
ПК 4 + 71	37,00125404765208	55,58665890103295	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,149	15605	441,0	2019-08-25 16:50:07
ПК 4 + 72	37,00125571432213	55,586664902823316	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	15640	442,0	2019-08-25 16:50:07
ПК 4 + 72	37,001256571466726	55,586667989458356	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	15658	442,5	2019-08-25 16:50:07
ПК 5 + 37	37,00137812323785	55,58724421813709	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,145	17958	507,5	2019-08-25 16:50:41
ПК 5 + 38	37,00137950451121	55,58725202405775	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	17976	508,0	2019-08-25 16:50:42
ПК 5 + 39	37,0013821367859	55,58726736378466	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	18011	509,0	2019-08-25 16:50:43
ПК 5 + 39	37,001382906001034	55,58727120782575	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	18029	509,5	2019-08-25 16:50:43
ПК 5 + 67	37,00143330686544	55,58752236139207	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	19020	537,5	2019-08-25 16:50:56
ПК 5 + 68	37,00143425922703	55,58752759297689	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	19038	538,0	2019-08-25 16:50:56
ПК 5 + 68	37,00143515459451	55,58753222829288	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	19055	538,5	2019-08-25 16:50:57
ПК 5 + 69	37,00143608244527	55,58753562612632	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	19073	539,0	2019-08-25 16:50:57
ПК 5 + 89	37,00146843973838	55,58771063622008	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	19781	559,0	2019-08-25 16:51:06
ПК 5 + 89	37,00146904258546	55,58771424665519	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,151	19798	559,5	2019-08-25 16:51:06
ПК 5 + 90	37,00146968089414	55,587718069468835	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,149	19816	560,0	2019-08-25 16:51:06
ПК 5 + 90	37,001470483909614	55,58772264808737	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,151	19834	560,5	2019-08-25 16:51:07
ПК 5 + 91	37,00147139786953	55,58772768615395	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	19851	561,0	2019-08-25 16:51:07
ПК 5 + 91	37,001472365591795	55,58773302057738	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,149	19869	561,5	2019-08-25 16:51:07
ПК 5 + 92	37,00147377602989	55,58774078687032	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,156	19904	562,5	2019-08-25 16:51:08
ПК 5 + 92	37,00147333331406	55,587738355000816	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,157	19887	562,0	2019-08-25 16:51:08
ПК 5 + 93	37,00147424478782	55,58774336179098	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,152	19922	563,0	2019-08-25 16:51:08
ПК 5 + 93	37,00147471354576	55,58774593671163	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,157	19940	563,5	2019-08-25 16:51:08
ПК 5 + 94	37,00147562501952	55,58775094350179	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,148	19975	564,5	2019-08-25 16:51:08
ПК 5 + 94	37,00147518230369	55,587748511632284	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,153	19958	564,0	2019-08-25 16:51:08
ПК 5 + 95	37,001476093777455	55,587753518422446	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	19993	565,0	2019-08-25 16:51:08
ПК 5 + 95	37,001476562535395	55,587756093343096	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,153	20011	565,5	2019-08-25 16:51:08
ПК 5 + 96	37,00148064812852	55,587779494862495	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,151	20046	566,5	2019-08-25 16:51:10
ПК 5 + 96	37,00147921567162	55,587771980435235	увеличение толщины относительно среднего на 4 см	0,157	20028	566,0	2019-08-25 16:51:09
ПК 5 + 97	37,00148148147596	55,58778309763213	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	20064	567,0	2019-08-25 16:51:10
ПК 6 + 08	37,00150251875919	55,58787823201421	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	20453	578,0	2019-08-25 16:51:15
ПК 6 + 23	37,0015250897312	55,58802376106137	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	21001	593,5	2019-08-25 16:51:23
ПК 6 + 24	37,00152555127748	55,58803456728576	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	21037	594,5	2019-08-25 16:51:23
ПК 6 + 24	37,00152532050434	55,58802916417356	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,152	21019	594,0	2019-08-25 16:51:23
ПК 6 + 25	37,001526000003025	55,58804490462594	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	21072	595,5	2019-08-25 16:51:24
ПК 6 + 31	37,001533063061466	55,588096711442276	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	21285	601,5	2019-08-25 16:51:26
ПК 6 + 32	37,00153534725929	55,58811011740832	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	21320	602,5	2019-08-25 16:51:27
ПК 6 + 32	37,001534097238135	55,588102804354534	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	21302	602,0	2019-08-25 16:51:27
ПК 6 + 58	37,00162095236518	55,588356272379556	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	22240	628,5	2019-08-25 16:51:43
ПК 6 + 58	37,00161611109765	55,58834624820285	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	22222	628,0	2019-08-25 16:51:42
ПК 6 + 59	37,00162523809879	55,588361994425455	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,145	22258	629,0	2019-08-25 16:51:43
ПК 6 + 62	37,001647323945384	55,5883873209707	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,145	22381	632,5	2019-08-25 16:51:45
ПК 6 + 62	37,00164413143281	55,58838412414694	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,152	22364	632,0	2019-08-25 16:51:45
ПК 6 + 66	37,001677611093555	55,58841376198663	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	22505	636,0	2019-08-25 16:51:46
ПК 6 + 71	37,00172508771025	55,588444144265694	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	22700	641,5	2019-08-25 16:51:50
ПК 6 + 72	37,001731403500756	55,588447143822385	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	22718	642,0	2019-08-25 16:51:50
ПК 6 + 72	37,00173736841401	55,58844997673704	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,147	22735	642,5	2019-08-25 16:51:50
ПК 6 + 73	37,001749999995035	55,58845597585042	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,148	22771	643,5	2019-08-25 16:51:50
ПК 6 + 73	37,00174368420453	55,58845297629373	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,149	22753	643,0	2019-08-25 16:51:50
ПК 6 + 75	37,00177456140257	55,58846764079311	увеличение толщины относительно среднего на 3 см	0,146	22841	645,5	2019-08-25 16:51:50

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Обосновывающие материалы ООО «Таймер»

ООО «Таймер»

ОТЧЕТ

по итогам выполненных работ

с георадаром ГРОТ 12Н

методом сверхширокополосной моноимпульсной георадиолокации

на объекте

«Автомобильная дорога А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио»

Москва, 2019

Работа на объекте «Автомобильная дорога А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио» (далее – «Дорога») выполнялась георадаром ГРОТ 12Н с антеннами 30см (рис.1).

Заказчик – ФАУ «РОСДОРНИИ».

Исполнитель работ - ООО «Таймер», ИНН 7751030065.

Производитель георадара ГРОТ 12Н – ООО «Таймер», ИНН 7751030065.

Георадар ГРОТ 12Н является универсальным прибором для подповерхностного зондирования, предназначенным для неразрушающего исследования структуры материальных сред, с помощью сверхширокополосных электромагнитных импульсов, на глубинах от метров до сотен метров.



Рис. 1. Георадар ГРОТ 12Н с антеннами 30см.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

		ГРОТ 12	ГРОТ 12Е	ГРОТ 12Н
Диапазон частот	МГЦ	1 - 200	50 - 1000	15 - 1000
Энергетический потенциал	дБ	140	160	190
Диапазон регистрируемых временных задержек	нс	10000	20000	20000
Входное сопротивление	Ом	100	100	100
Импульсная мощность передатчика, не менее	МВт	1	1	1
Длина импульса передатчика	нс	5 - 20	1 - 5	1 - 20
Потребляемая мощность, не более	Вт	3	6	6

Рис. 2. Технические характеристики георадаров серии ГРОТ 12.

Технические характеристики георадара ГРОТ 12Н представлены на рис.2, в выбранной комплектации антенн: центральная частота антенн в воздухе 500 МГц, рабочая полоса 250-750 МГц.

Ключевым отличием георадара ГРОТ 12Н, является непосредственная оцифровка принимаемого сигнала за один зондирующий импульс во всем диапазоне рабочих частот без дополнительных операций стробирования и частотного преобразования.

Интерпретация данных георадара ГРОТ 12Н включает анализ амплитуды отражённого сигнала.

1. Исходные георадарные данные

Всего было выполнено два прохода Дороги: по правой стороне от начала ПК 0+30.4 в прямом направлении и по левой стороне от конца разметки в обратном направлении.

Вначале профиль Дороги был пройден по частям протяженностью в 20 метров с залповым пуском импульса и регистрацией в трех режимах: а=0 (без ослабления), а=10 (ослабление 10дБ), а=20 (ослабление 20дБ).

При залповом режиме работы георадара измерения на каждом шаге измерений производятся выбранное количество раз с заранее выбранным значением ослабления регистрируемого сигнала. Залповый режим позволяет расширить динамический диапазон георадара без изменения его конфигурации. Кроме этого, данные залповых измерений предоставляют возможность выбора данных для последующей интерпретации.

Проведенный на месте работ анализ затухания сигнала и разрешающей способности выбранной конфигурации аппаратуры дал первичное представление о характеристиках разреза. Это позволило выбрать ослабление в 10дБ для повторного прохода Дороги с меньшим шагом.

При повторном проходе в режиме профилирования с ослаблением в 10 дБ для удобства Дорога была разбита на профили протяженностью по 60 метров.

1.1. Правая сторона Дороги

1.1. Правая сторона Дороги в залповом режиме

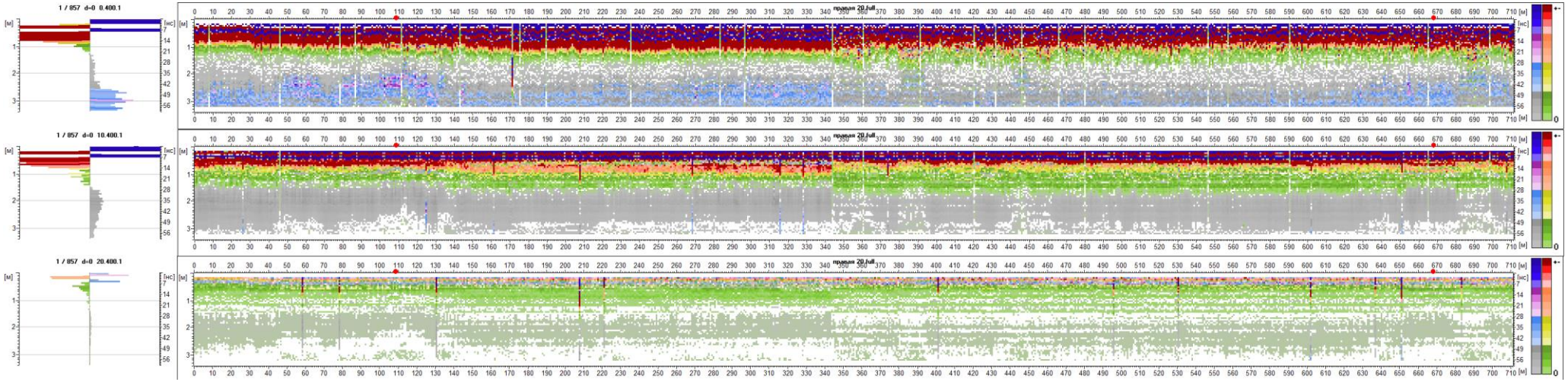


Рис. 1.1. Волновая форма и радарограммы в трех ослаблениях

Глубина показа по временным задержкам настраивается интерпретатором исходя из анализа отраженного сигнала. На представленных радарограммах глубина = 60нс. При усредненном параметре $\varepsilon = 7$, глубина показа в метрах соответствует 3,5 метрам

Для профиля без ослабления сигнал начинает затухать после 100 нс (на уровне 5 метров).

Для просмотра кинематических параметров, рассматривается представление радарограмм в мин-макс представлении.

При этом можно одновременно фиксировать и амплитудное затухание при выбранной палитре.

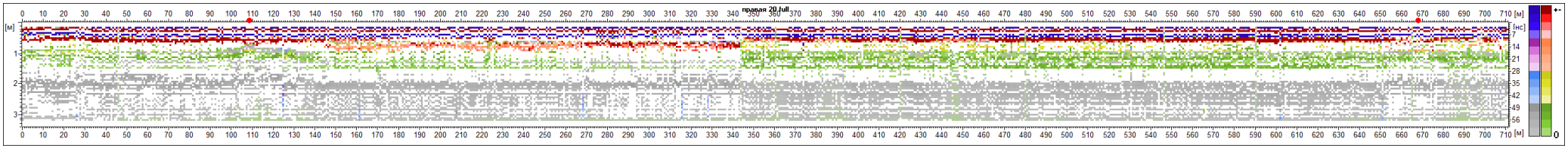


Рис. 1.2. Радарограмма в мин-макс с а=10дБ.

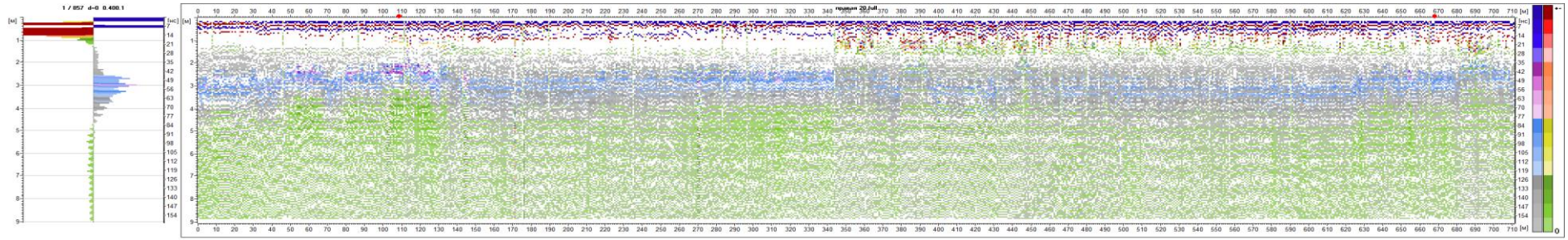


Рис. 1.3. Волновая форма и радарограмма в мин-макс представлении без ослабления при глубине показа 160 нс.

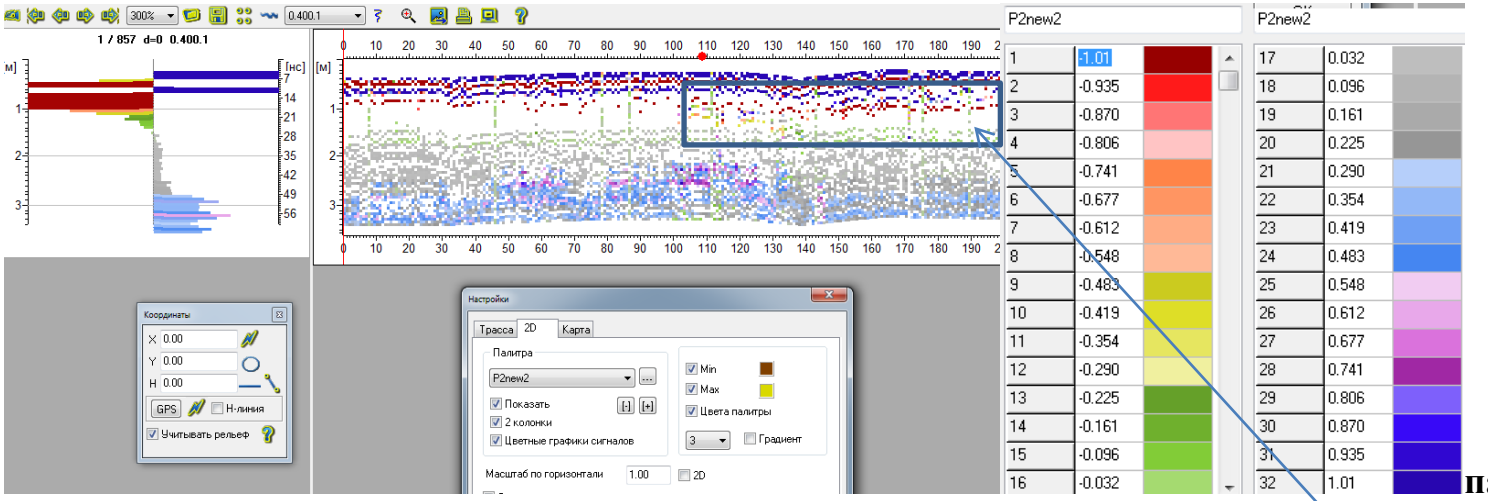


Рис. 1.4. Волновая форма и радарограмма без ослабления (мин-макс представление). Примерный ход рельефа, восстановленный по данным георадиолокации в программе GROT.

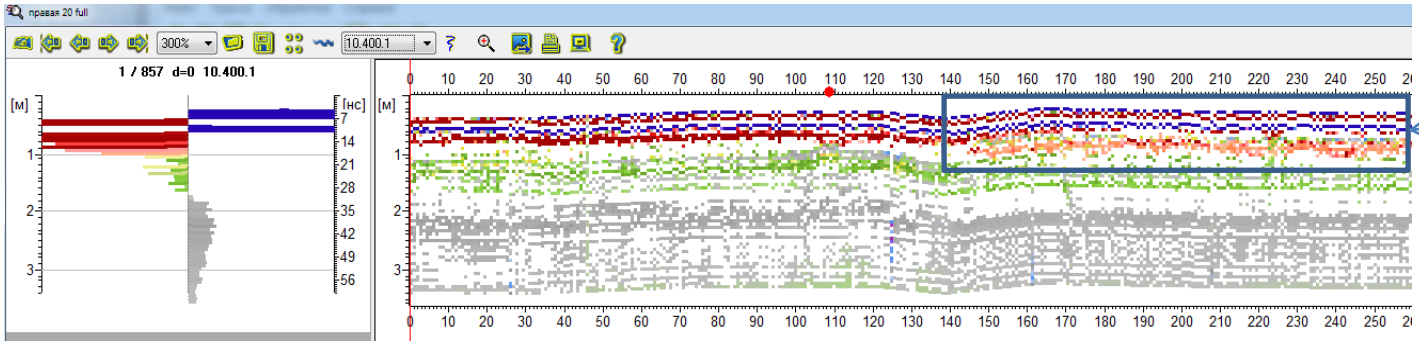


Рис. 1.5. Волновая форма и радарограмма с ослаблением 10дБ (мин-макс представление с учетом палитры).

Помимо локальных особенностей разреза на радарограмме отчетливо выделяется участок с ПК1+40 до ПК 3+60, соответствующий по описанию участку ранее действовавшей автомобильной дороги (дорожная конструкция отличается от экспериментальных секций) (рис. 1.4, 1.5).

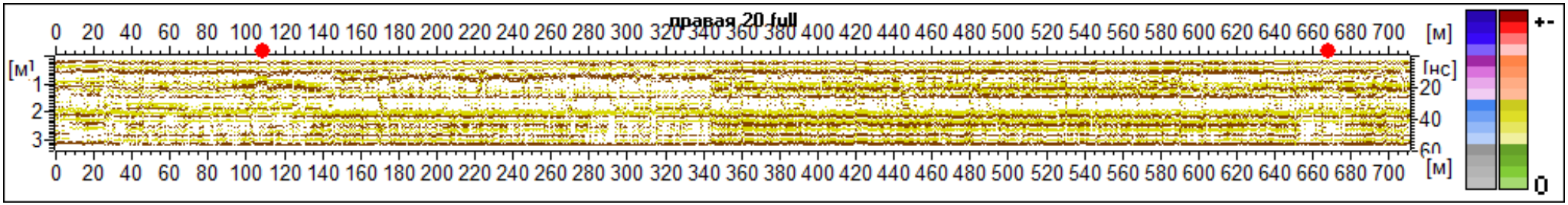


Рис. 1.6. Радарограмма с ослаблением 10дБ (мин-макс представление без учета палитры).

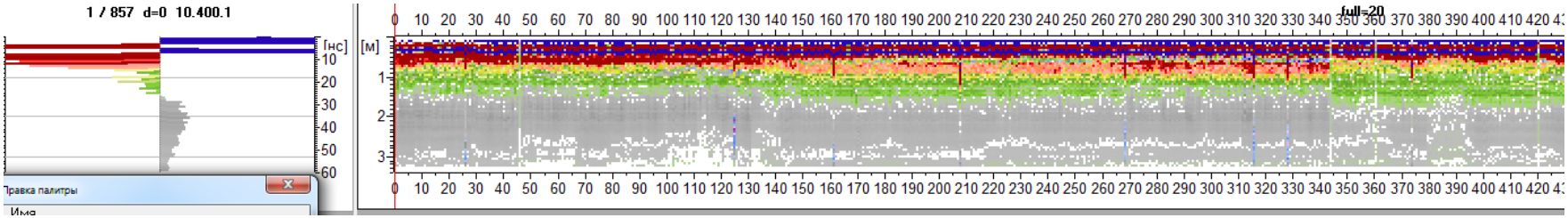


Рис. 1.7. Волновая форма и радарограмма с ослаблением 10дБ (палитровое представление)

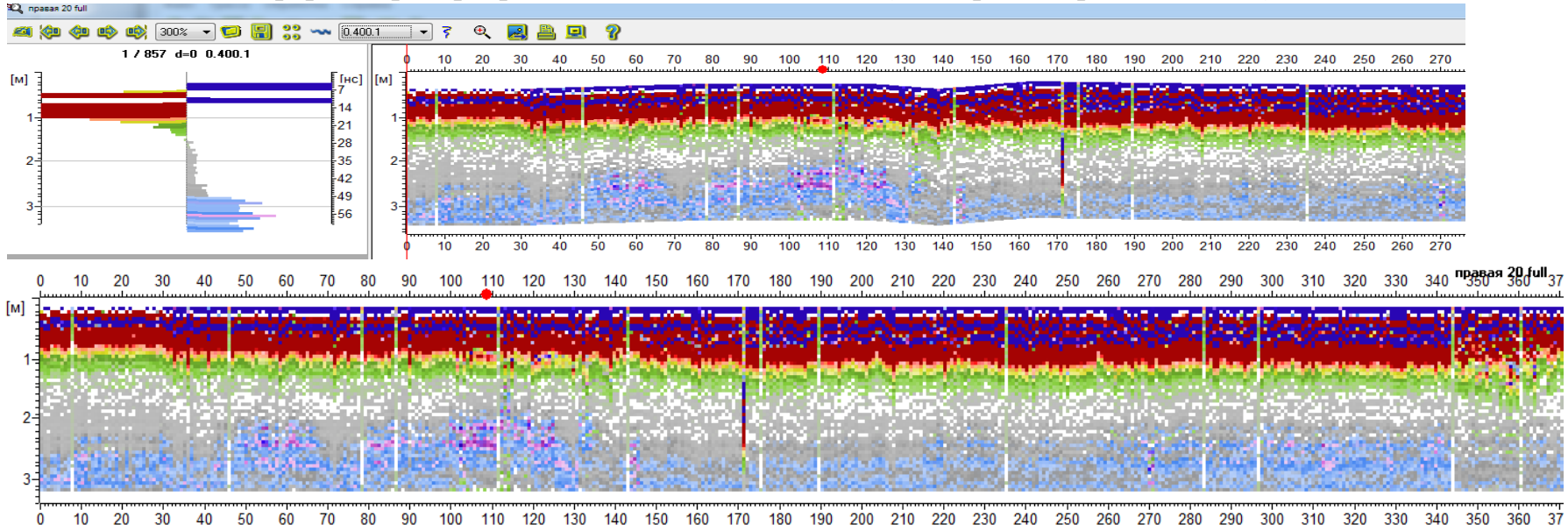


Рис. 1.8. Волновая форма и радарограмма с ослаблением 0дБ (палитровое представление) - внизу без рельефа

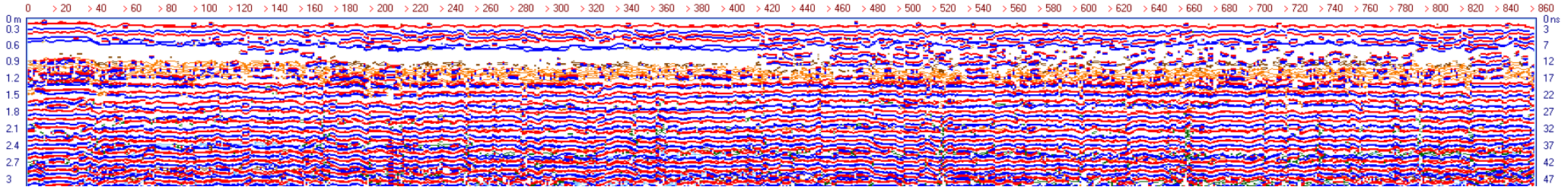


Рис. 1.9. Радарограмма в мин-макс в представлении с учетом производной амплитуды при проходе через 20 метров (по горизонтальной шкале количество залпов, измеренных с ослаблением 10дБ).

Анализ радарограмм при разных ослаблениях показал, что можно проводить съемку в режиме единичного пуска без существенной потери информации, что и было сделано при повторном проходе трассы Дороги. При этом участки съемки фиксировались через 60 метров.

1.1.2. Правая полоса со съемкой через 60 метров с ослаблением 10Дб с глубиной показа до 120 нс.

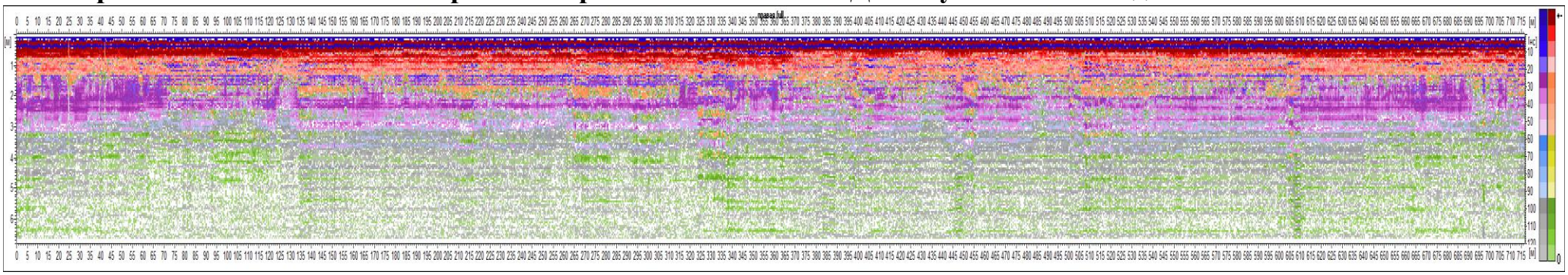
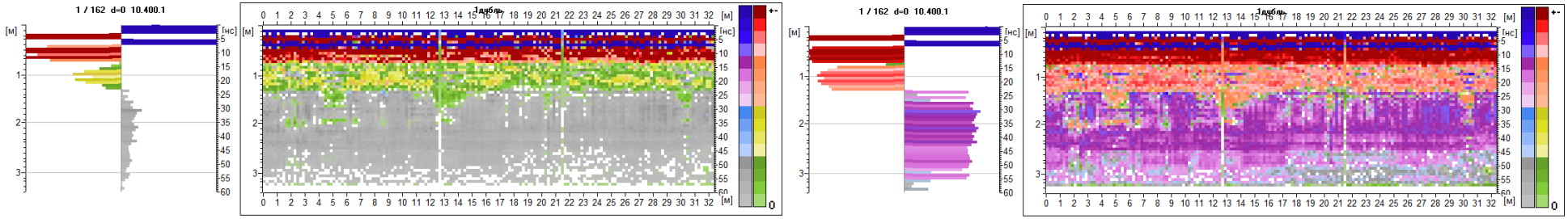


Рис.2.1. Правая полоса от начала профиля(ПК0+30.4). Радарограмма в палитровом представлении амплитуды.



а б

Рис.2.2. Пример волновой формы сигнала и радарограммы первых 60 метров профиля Дороги от начала разметки в палитровом представлении амплитуды (линейный масштаб - а, логарифмический – б).

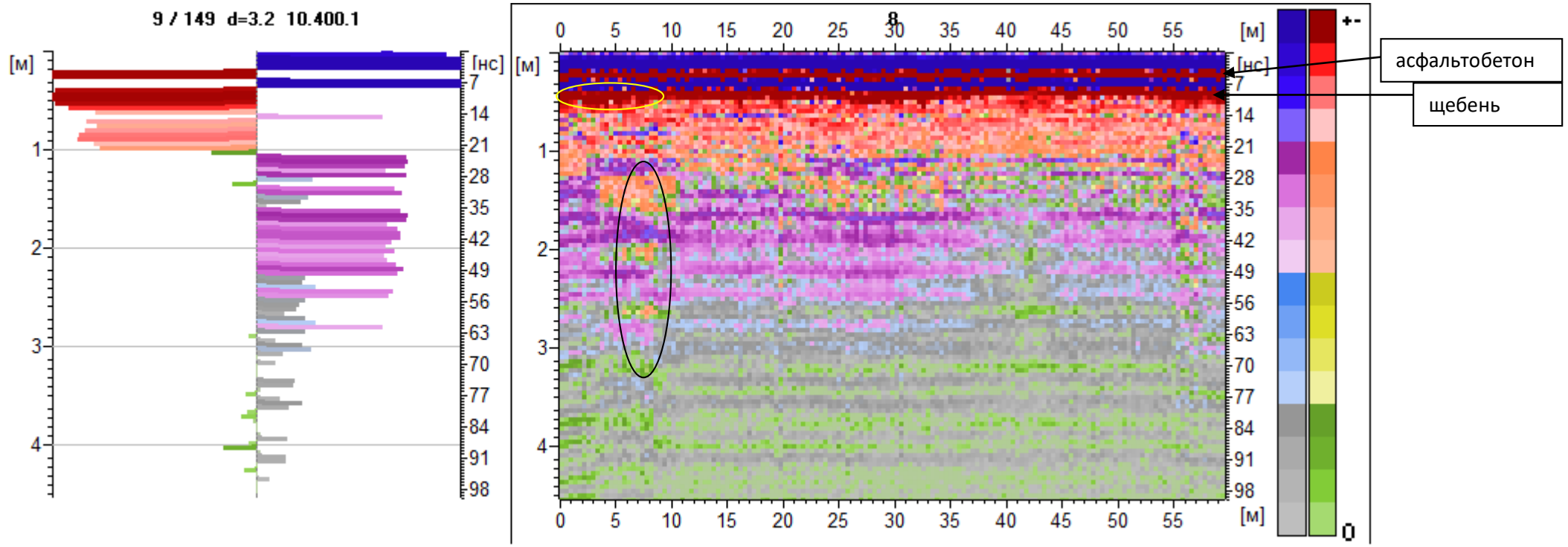


Рис. 2.3. Пример волновой формы и радарограммы на участке ПК 4+87,7. Овалом обозначено отражение от труб.

На рис. 2.3 видно, что в районе трубы происходит расширение отражения от слоя щебня за счет увеличения диэлектрической проницаемости (и, соответственно, снижения скорости сигнала) - отмечено желтым овалом. Происходит это вследствие ослабления дорожной одежды, вызванное скорее всего просадкой в районе прохода трубы и увлажненностью грунта.

На уровне временных задержек 21-28 нс видно по окрасу отраженного сигнала как меняется затухание сигнала вследствие изменения проводимости в нижних слоях дорожной одежды, которые близко расположены к уровню грунтовых вод. Наиболее вероятным объяснением столь сильного латерального изменения проводимости в нижних слоях разреза может быть неоднородность подстилающих щебеночных материалов, их плотности или подстилающих их слоев, а также контакт с более обводненными нижележащими участками разреза.

Вид волновой формы на рис. 2.3 отражает степень увлажнения грунта по отметкам рулетки с выбранным усредненным значением диэлектрической проницаемости $\varepsilon = 7$.

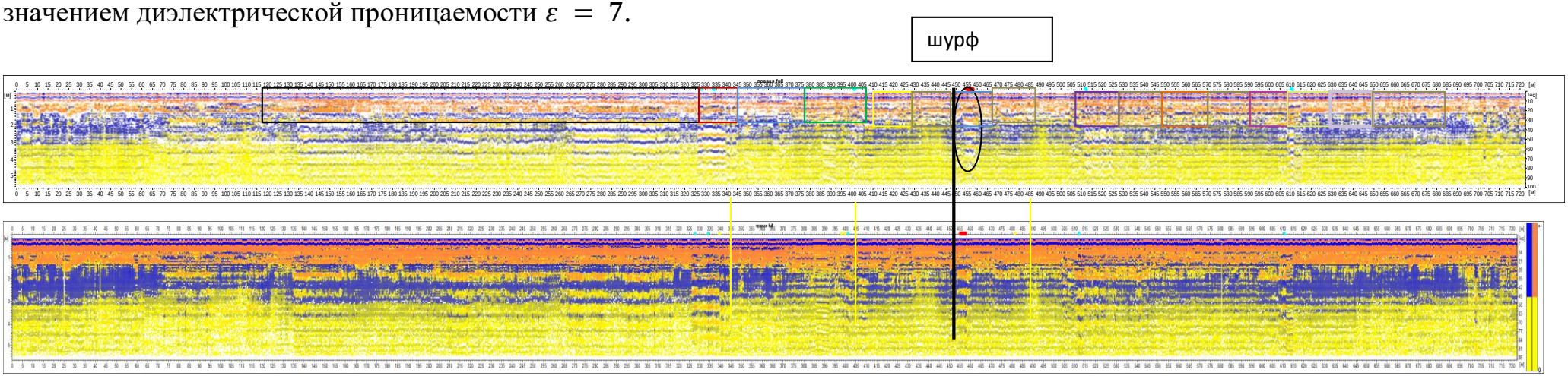


Рис. 2.4. Радарограмма представлена с глубиной показа до 100 нс в мин-макс и палитровом представлении. Красными метками и овалом выделена область с трубами (2 по 1.02). Голубыми метками обозначены аномалии, которые могут быть связаны с коммуникациями. Желтыми метками и линиями обозначены скважины, черной линией - шурф. Области с разным видом геосинтетического материала обозначены прямоугольниками разного цвета согласно таблице на рис. 2.4а.

с ПК до ПК	Вид геосинтетического материала
0+40 0+60	2-х осная сетка 40/40
0+60 0+80	2-х осная сетка 40/40
0+80 1+00	2-х осная сетка 20/20
1+00 1+20	2-х осная сетка 40/40 (прямое направление) и 25/25 (обратное направление)
1+20 1+40	Геополотно тканое
1+40 3+60	Участок ранее действовавшей автомобильной дороги (дорожная конструкция отличается от экспериментальных секций)
3+60 3+80	Участок без геосетки
3+80 4+00	Геополотно тканое
4+00 4+20	Геополотно тканое
4+20 4+40	2-х осная сетка 20/20
4+40 4+60	Геокомпозит: 2-х осная сетка 50/50 + геополотно нетканое
4+60 4+80	2-х осная сетка 40/40
4+80 5+00	Геополотно тканое
5+00 5+20	2-х осная сетка 40/40
5+20 5+40	3-х осная сетка 46/46/46
5+40 5+60	3-х осная сетка 46/46/46
5+60 5+80	2-х осная сетка 40/40
5+80 6+00	Геосотовый материал тканый 200/200/150 + геополотно нетканое
6+00 6+20	2-х осная сетка 40/40
6+20 6+40	2-х осная сетка 25/25
6+40 6+60	2-х осная сетка 50/50
6+60 6+80	Геосотовый материал пластмассовый скрепленный 150/150/150 + дренажный мат двухсторонний
6+80 7+00	2-х осная сетка 40/40
7+00 7+20	2-х осная сетка 40/40

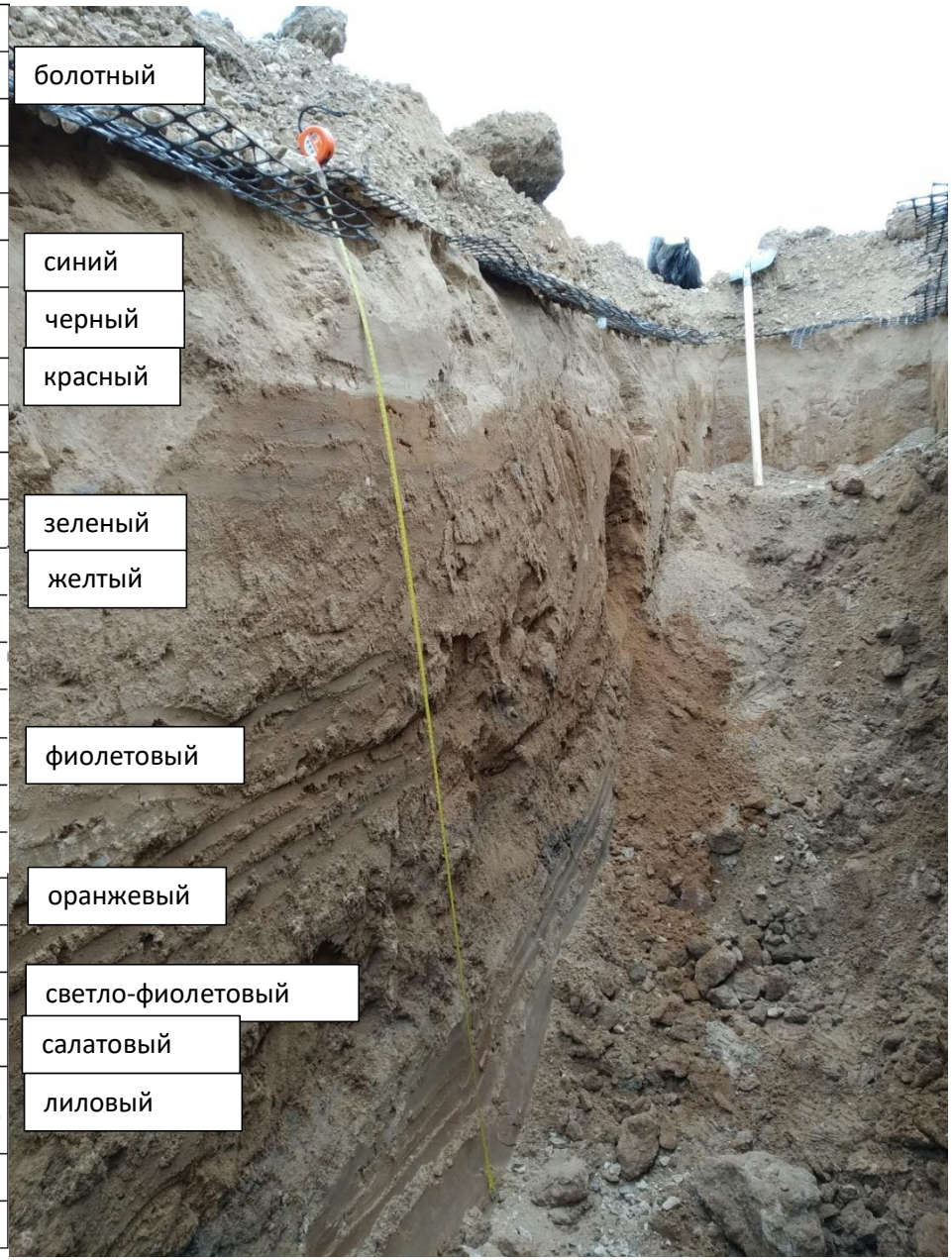


Рис. 2.4а. Таблица местоположения материалов дорожной одежды на Дороге и выбранные для них цветовые обозначения. Фотография шурфа.

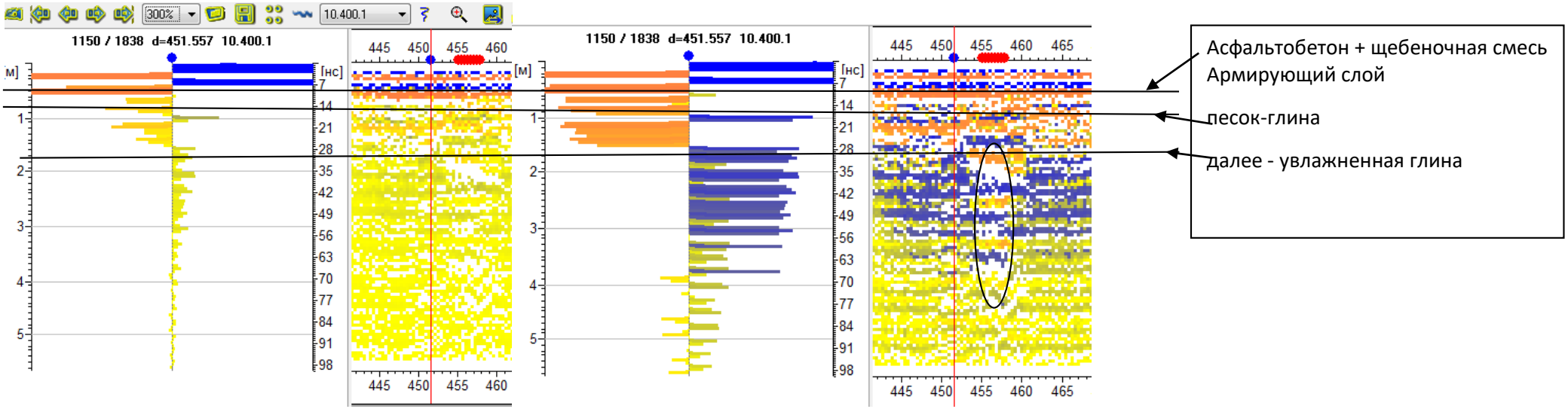


Рис. 2.5. Волновая форма и радарограмма участка профиля вблизи шурфа в линейном и логарифмическом масштабе с нанесенными границами.

Для уточнения реальных глубин в метрах необходимы сведения о скоростных параметрах сигнала по слоям, так как усредненное значение диэлектрической проницаемости приводит к погрешностям.

Мы попробовали провести анализ на основе метода определения положения объекта и диэлектрической проницаемости по дифракционным проявлениям. Однако следует иметь ввиду, что для при рассмотрении отражений от известных по описанию заказчика труб, ввиду значительного диаметра труб по отношению к рассматриваемому диапазону рабочих частот, приближение геометрической оптики не работает.

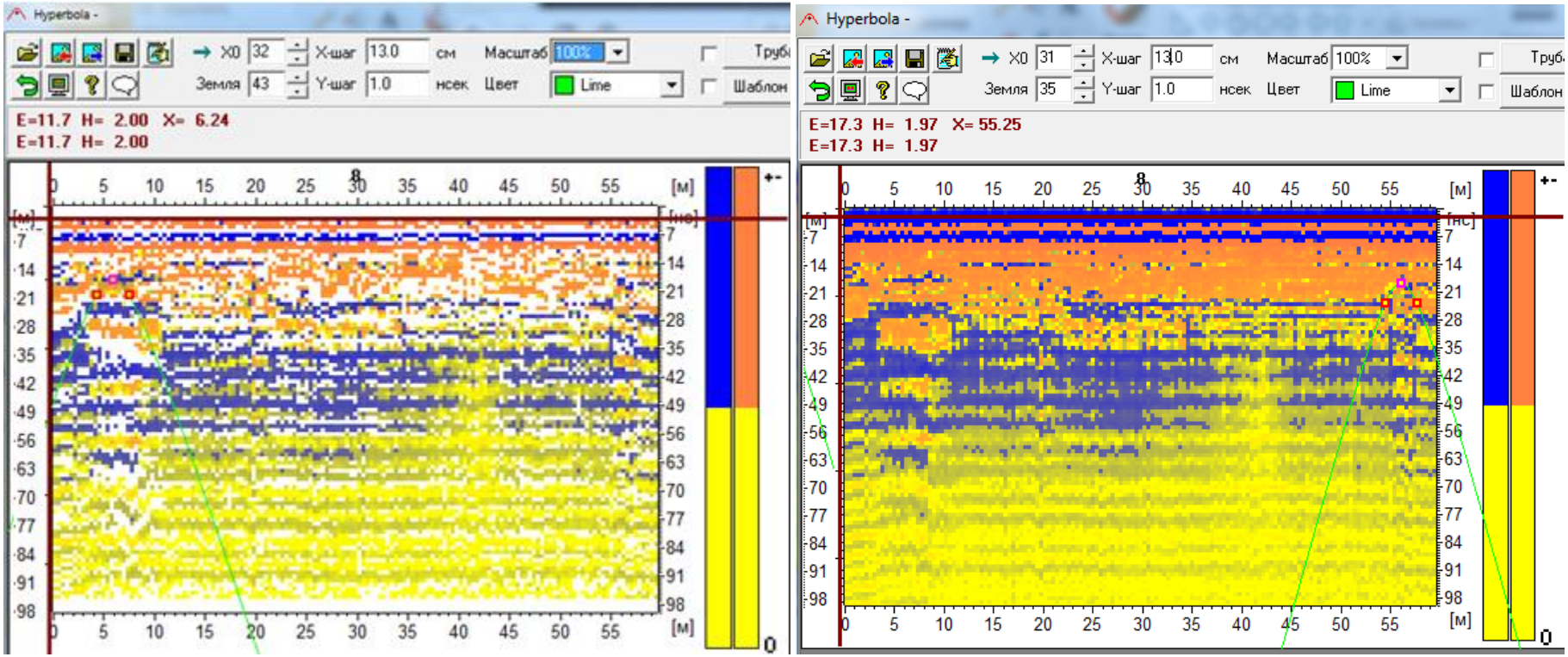


Рис. 2.6. Окно программы «Гипербола» min-max (слева) и в палитровом отображении (справа) для отражений в двух точках профиля. В районе 5-10 метра (ПК4+87,8) - отражения от труб, в районе 55 метра- отражение от неизвестной коммуникации.

2. Левая сторона Дороги

Вид участка Дороги, представленный на рис. 2.6. на левой стороне также выявляет аналогичные особенности (рис. 2.7).

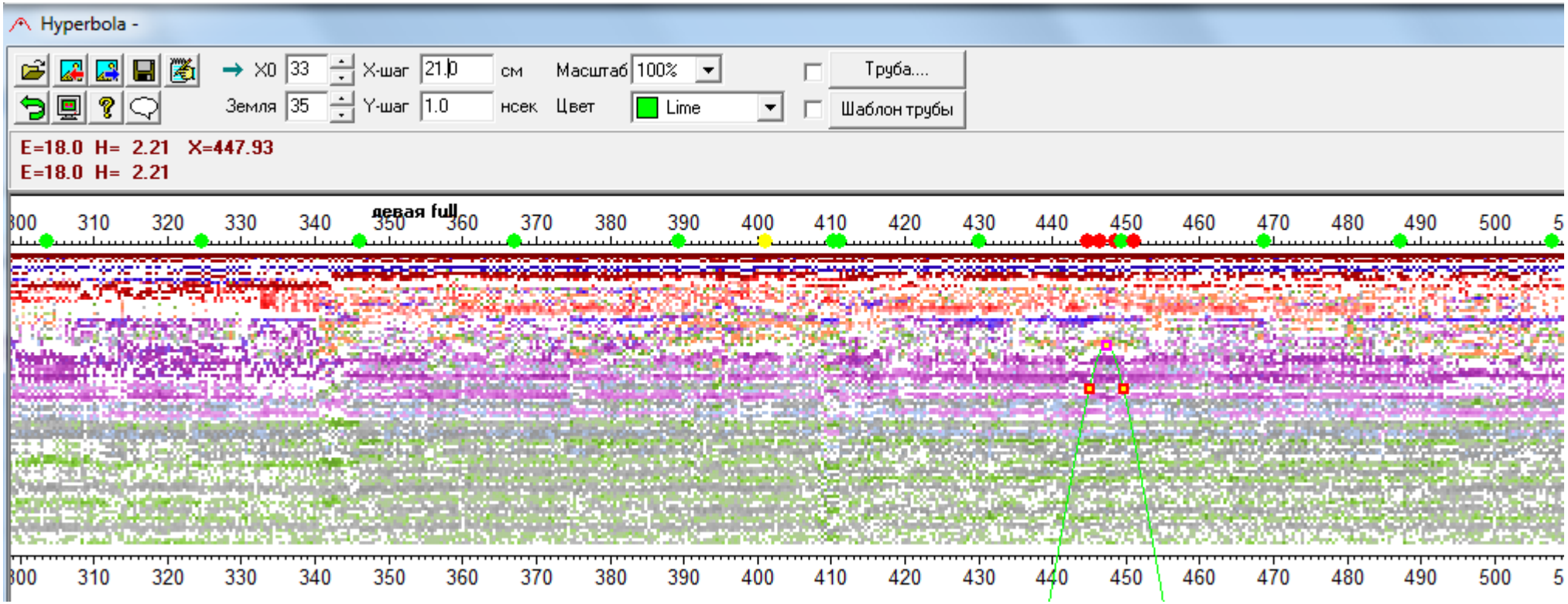


Рис. 2.7. Окно программы «Гипербола» в min-max для отражений в районе ПК 4+87,8 - отражения от труб, отражение от неизвестной коммуникации на левой полосе.

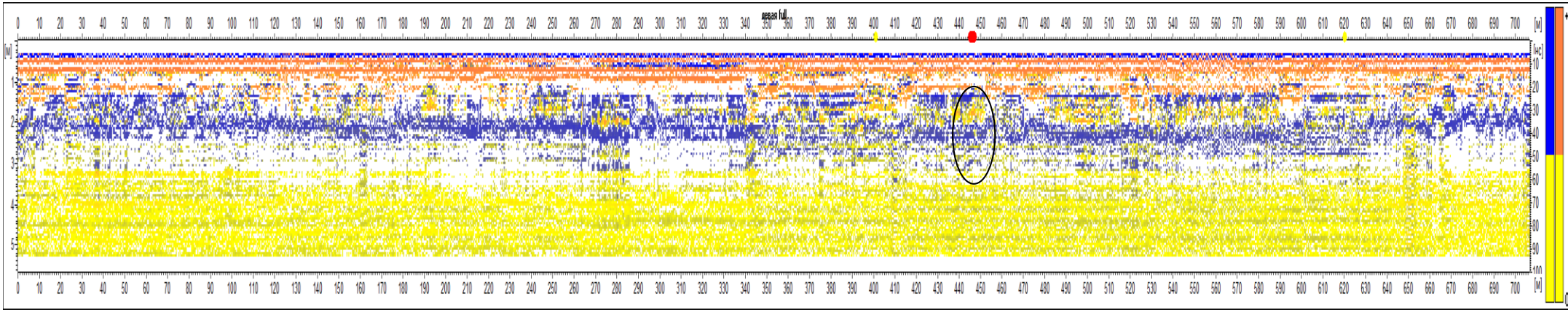


Рис. 2.8. Радарограмма в мин-макс представлении для левой стороны Дороги. Отражения от коммуникаций выделены овалом.

3.1. Анализ амплитуды отраженного сигнала

Анализ волновых форм отраженного сигнала свидетельствует о латеральной неоднородности профиля по электрическим характеристикам. Например, на исследование участка в районе ПК 3+70 выявило аномалии, которые могут быть связаны с нарушениями в слое щебеночно-песчаной и цементной смеси, так как фиксируется второе отражение (возможно, вследствие просыпки) (рис. 3.1).

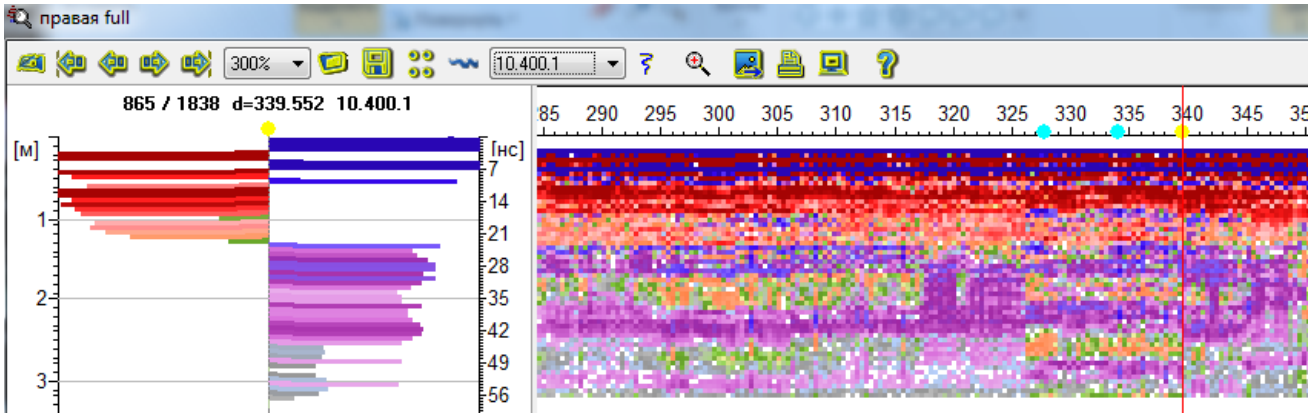


Рис. 3.1. Радарограмма и волновая форма участка с ПК 3+70 (без геосетки). Голубыми метками обозначены аномалии, которые могут быть связаны с коммуникациями.

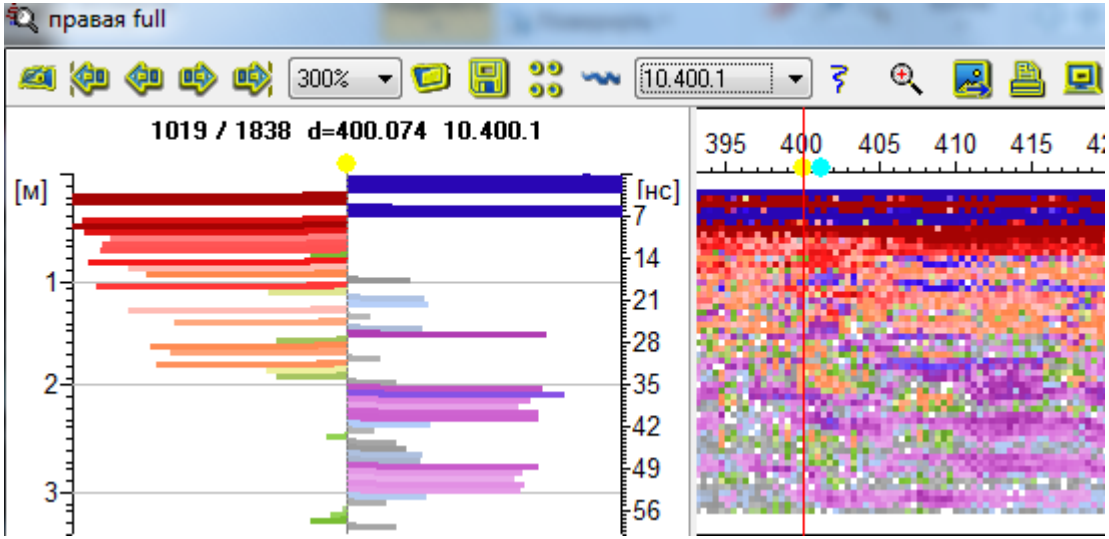


Рис. 3.2. Радарограмма и волновая форма участка с ПК 4+30. Желтой меткой обозначена скважина, голубой аномалия.

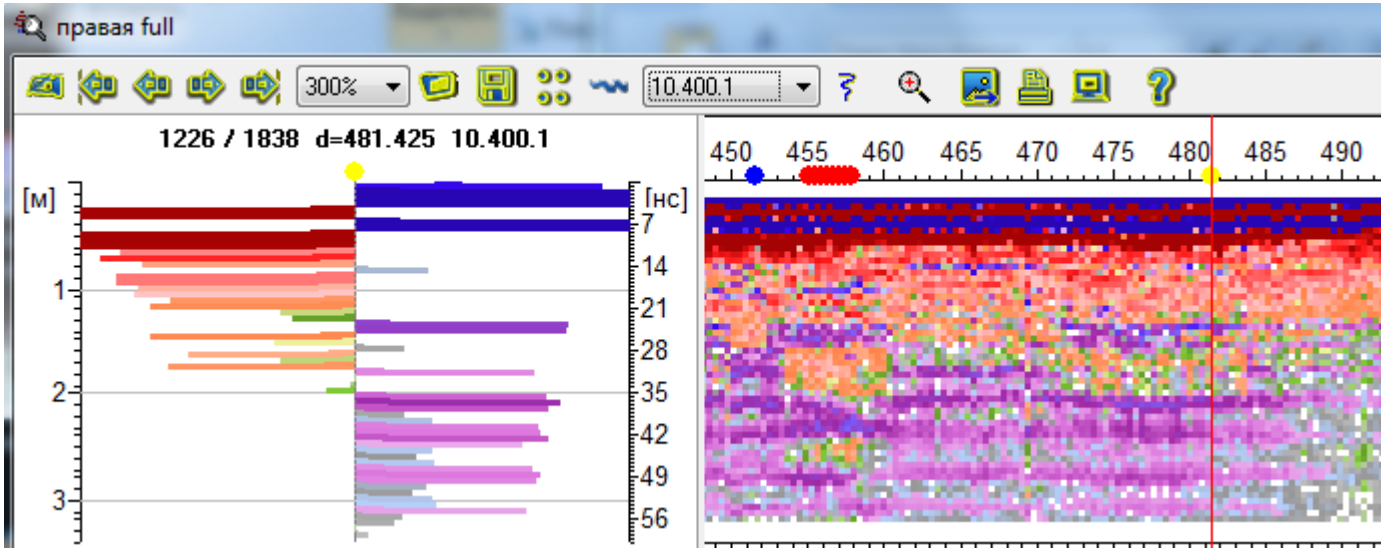
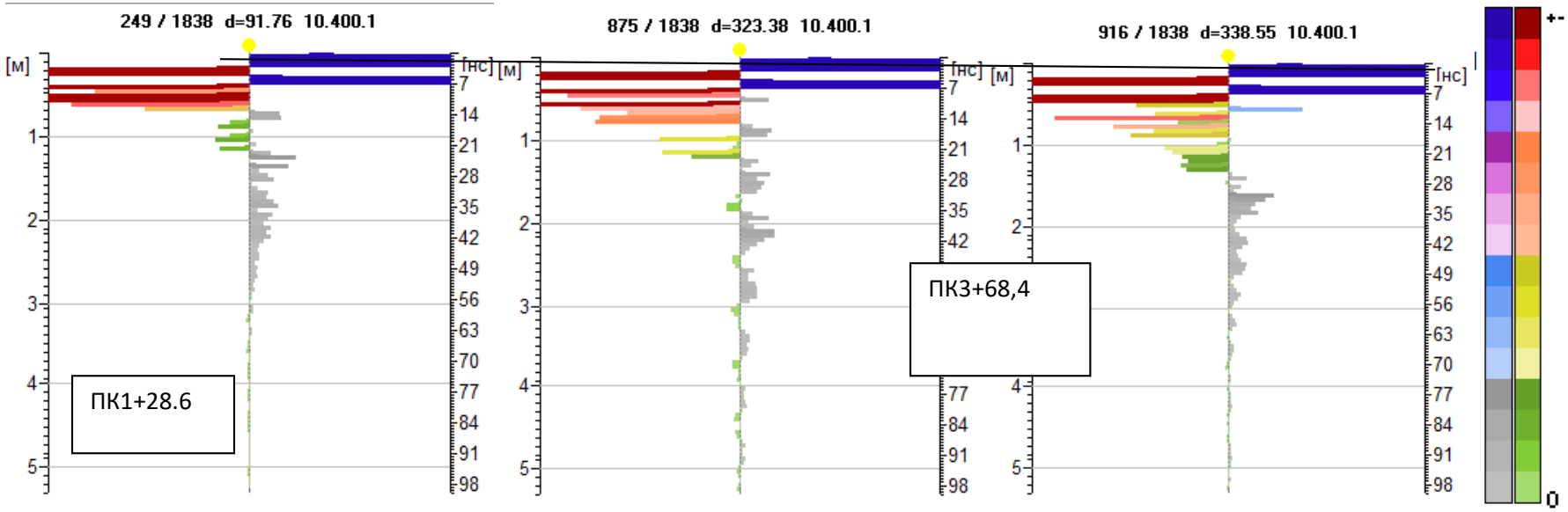


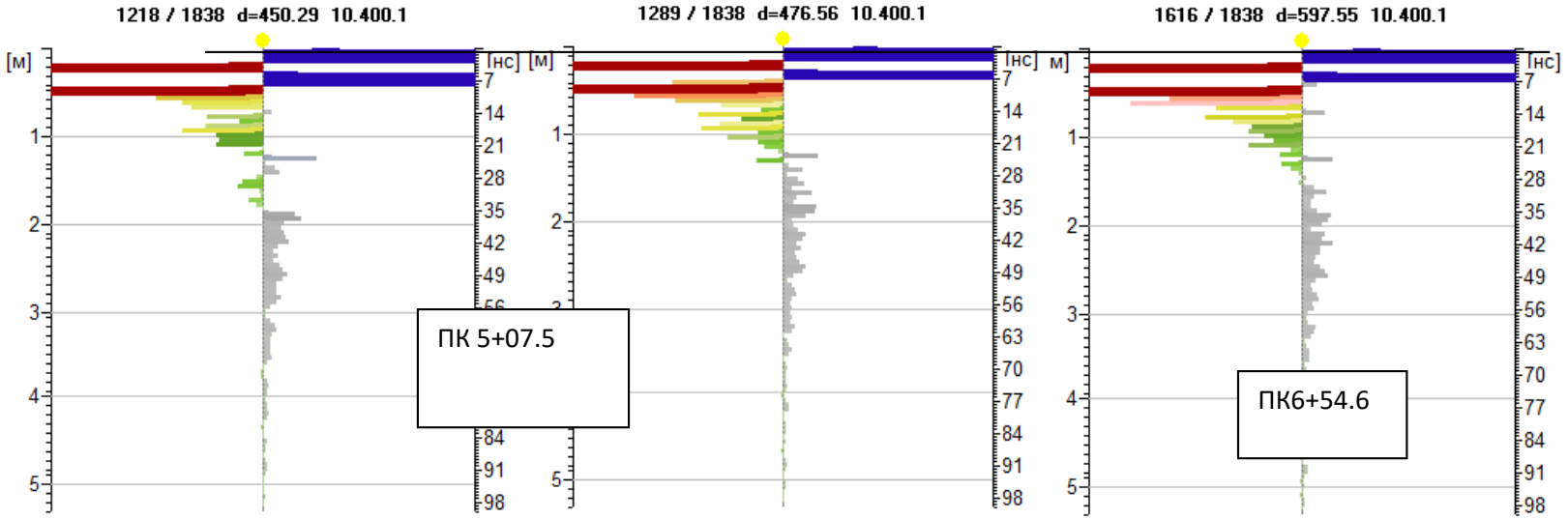
Рис. 3.3. Радарограмма и волновая форма участка с ПК 5+10. Синей меткой обозначен шурф, красными – область залегания труб.

Анализ рис. 3.1 - 3.3 с волновыми формами в месте скважин и выбранными частями радарограмм демонстрируют возможности определения толщины слоев при сопоставлении данных скважин и георадиолокации. Утолщение границы щебеночно-песчаной

смеси на радарограмме может быть следствием утолщения слоя и ослаблением в слое. Для увеличения точности метода георадиолокации надо просматривать волновую форму в палитровом представлении.

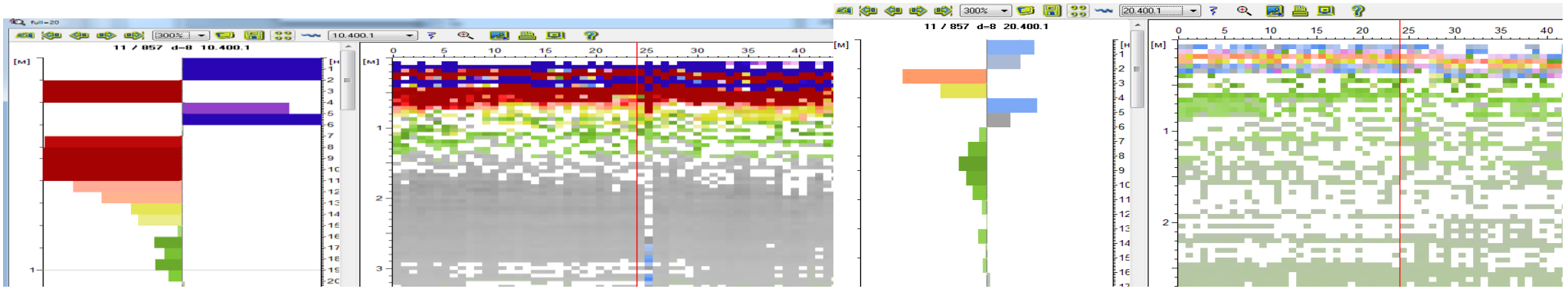


а б с



д г

Рис. 3.4. Волновые формы в точках скважин по правой полосе при усредненном $\varepsilon = 8$.



A = 10 дБ

A = 20 дБ

Рис. 3.5. Волновая форма и радарограмма с увеличенным масштабом по шкале временных задержек для двух ослаблений регистрации импульса (10 дБ – слева, 20 дБ –справа).

Сравнение данных, полученных при залповом режиме работы георадара, можно проследить на рис. 3.5. Слой асфальтобетона по временным задержкам соответствует интервалу 1-2нс. Однако, данные полученные с первых границ (соответствующие асфальтовому покрытию) при ослаблении 10дБ не фиксируется, так как значения амплитуды выходят за шкалу регистрации сигнала. При регистрации сигнала с ослаблением 20 дБ данные с верхних слоев получаются и готовы к дальнейшей интерпретации при необходимости.

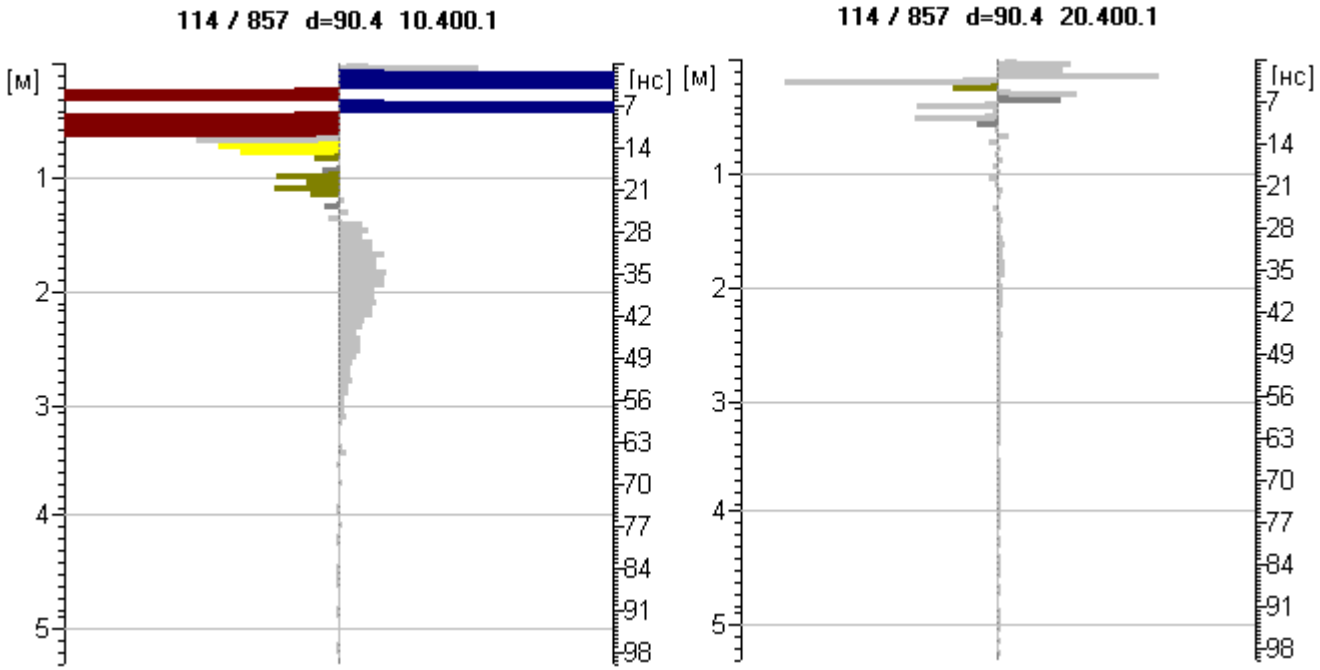


Рис. 3.6. Волновые формы сигнала для двух ослаблений около пикета ПК 1+28.6.

На ПК 1+28.6 (рис. 3.4а) фиксируется переслойка отражений в слое щебеночно-песчано-цементной смеси, что может свидетельствовать о нарушении состава по толщине. Для показа изменений электрофизических параметров в слоях дорожной одежды на рис. 3.6 представлены волновые формы в двух ослаблениях вблизи ПК 1+28.6.

Положение ПК 3+68,4 (рис. 3.4 б,с) из-за нарушения координатной привязки может быть в некотором интервале, поэтому выведены две волновые формы для визуализации возможных ошибок в интерпретации. Также для ПК 5+07,5 (рис. 3.4 д, г).

3.2. Анализ амплитуды отраженного сигнала с определением толщины слоев

Для вывода количественных значений толщин слоев использовался интерфейс программы GROT.

В программе GROT составляется проект пройденного участка (рис. 3.7) с координатами. При дальнейшей обработке данных разделяются слои (рис. 3.8), толщины которых через выбранный интервал выводятся в виде файла .xls в соответствии с представленной таблицей 1.

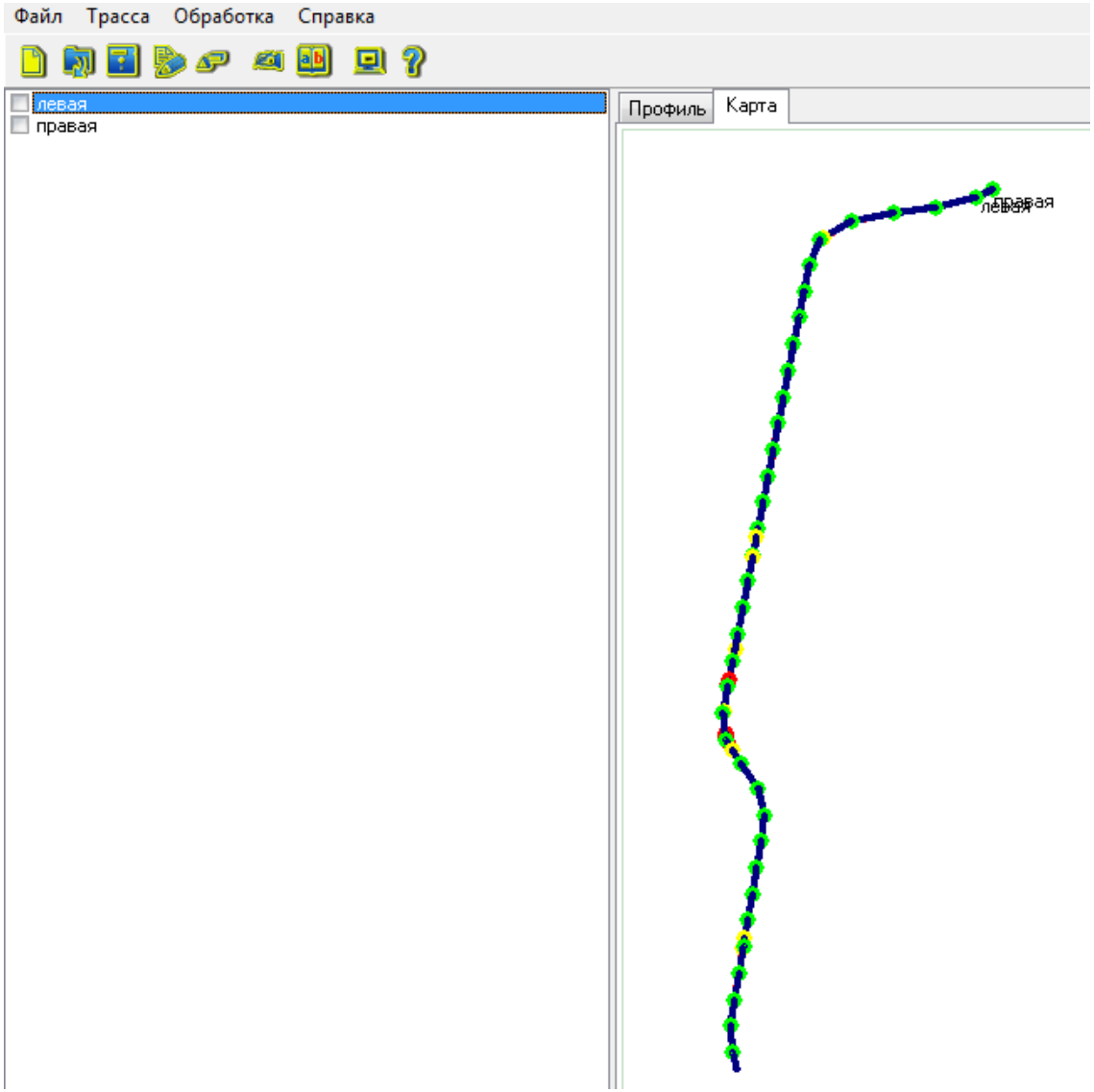


Рис. 3.7. Проект исследования Дороги. Зелеными метками проставлены пикеты, желтыми скважины, красными – трубы.

На рисунке 3.7 видно, что положение труб на правой и левой полосе смещено вследствие нарушений в координатной привязке при проходе разных сторон Дороги.

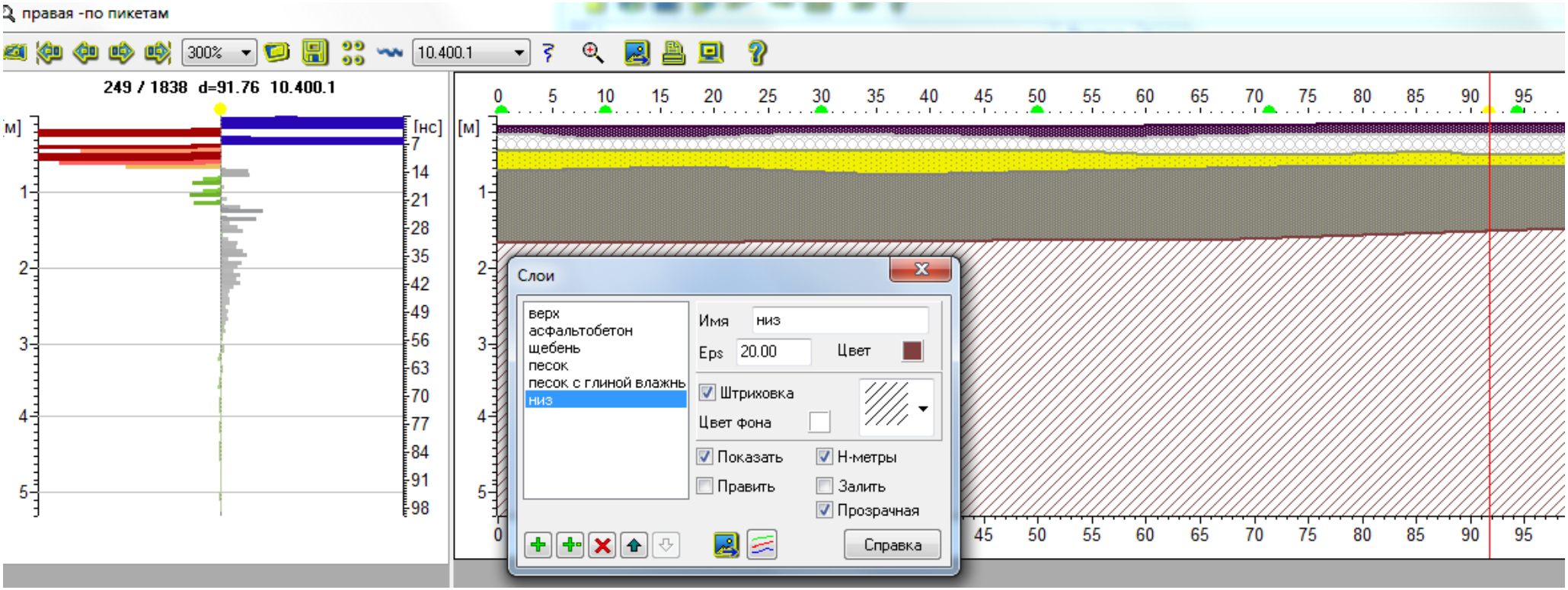


Рис. 3.8. Пример интерфейса программы GROT для получения количественных оценок толщин слоев.

Таблица 1. Результаты определения толщины слоев (пример)

№	Координаты		Толщина слоя (от поверхности), м			
	X	Y	1 асфальтобетон	2 щебеночно-песчаная - цементная	3 песок сухой	4 песок влажный(гл)
2	8760	1385	0.11	0.19	0.28	0.95

3	8759.5	1384.13	0.11	0.19	0.24	0.95
4	8759	1383.27	0.11	0.19	0.24	0.95
5	8758.5	1382.4	0.11	0.19	0.24	0.95
6	8757.58	1382.01	0.11	0.19	0.24	0.95
7	8756.66	1381.63	0.11	0.19	0.24	0.95
8	8755.73	1381.25	0.11	0.19	0.24	0.95
9	8754.81	1380.87	0.11	0.19	0.24	0.95
10	8753.88	1380.48	0.11	0.19	0.24	0.95
11	8752.96	1380.1	0.11	0.19	0.24	0.95
12	8752.04	1379.72	0.11	0.19	0.24	0.95
13	8751.11	1379.34	0.11	0.19	0.24	0.95
14	8750.19	1378.96	0.16	0.14	0.24	0.95
15	8749.26	1378.57	0.16	0.14	0.24	0.95
16	8748.34	1378.19	0.16	0.14	0.24	0.95

В таблице 1 показан пример вывода толщин слоев в программе GROT с шагом через 1 метр.

Интерфейс программы GROT предусматривает изменение диэлектрической проницаемости по слоям на всем протяжении профиля (рис. 3.8). Для учета изменений диэлектрической проницаемости по профилю обычно вводятся дополнительные прослои линзового характера. Здесь это не делалось.

Из представленных результатов можно сделать вывод о том, что электрофизические параметры по профилю меняются. Для уточнения реальных глубин в метрах необходимы сведения о скоростных параметрах сигнала по слоям практически на каждом участке, так как усредненное значение диэлектрической проницаемости по всему профилю дает погрешность. Смена электрофизических параметров прослеживается и в зависимости от геоматериала, что показано на рис. 2.4.

Так как толщина слоя определяется через задание диэлектрической проницаемости, то калибровочные оценки на одном участке профиля могут не соответствовать другим участкам из-за изменчивости степени ослабления в слоях дорожной одежды.

Степень ослабления, как следует их георадиолокационных данных, зависит от влажности, структурных особенностей каждого слоя и состава геоматериала. По результатам проходки выработок ГК АВТОДОР имеются данные в трех местах (рис. 3.9) и, при сопоставлении с рис. 2.4, без учета различий указанных изменений плотности в слоях, можно дать значения в двух местах забора керна (таб. 2).

Результаты проходки выработок на опытном полигоне ГК АВТОДОР

ПК	Полоса движения	Материал	Толщина слоя, см
3+70	правая	асфальтобетон	11,0
		щебеночно-песчаная-цементная смесь	18,5
4+30	левая	асфальтобетон	11,0
		щебеночно-песчаная смесь	26,0
5+10	правая	асфальтобетон	13,0
		щебеночно-песчаная смесь	31,3

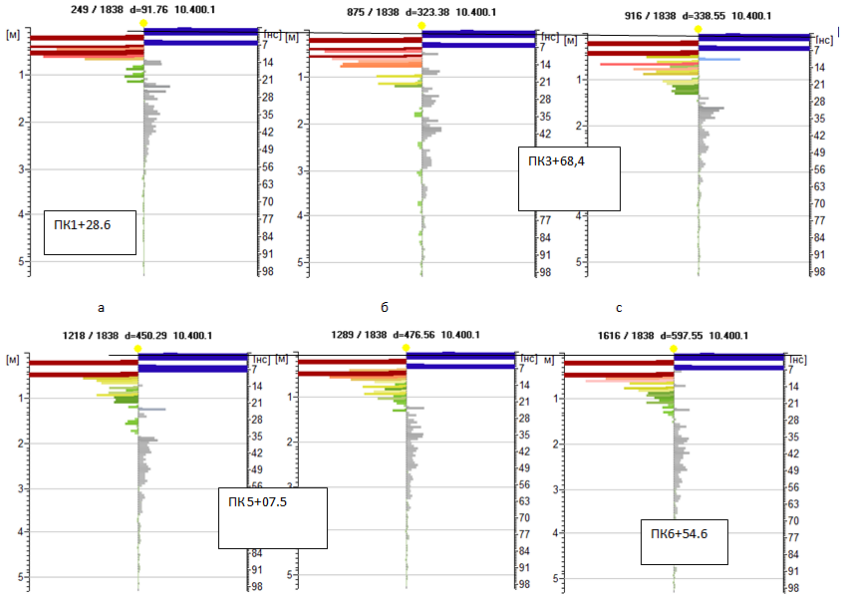


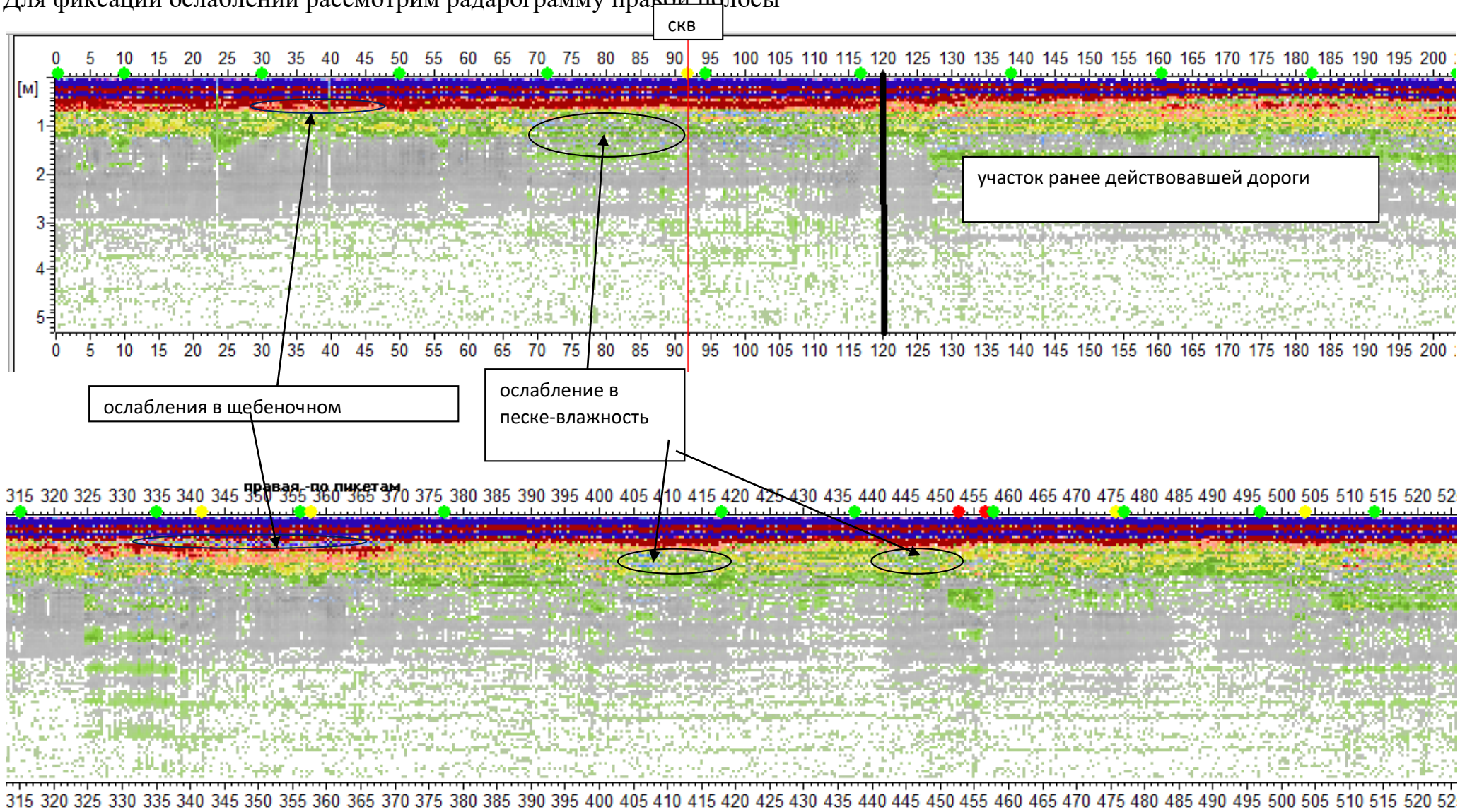
Рис. 3.9. Данные проходки выработок ГК АВТОДОР и волновые формы с соответствующих участков.

Таблица 2. Результаты определения толщины слоев на участках забора керна

ПК	асфальтобетон	щебеночно-песчаная -цементная	песок сухой
1+28,6 правая	11	26	18
6+54,6 левая	11	32	30

4. Выявленные ослабления

Для фиксации ослаблений рассмотрим радарограмму правой полосы



5. Заключение

К сожалению, ввиду отсутствия точной координатной привязки полученных георадарных данных представить результаты в виде таблицы с точной координатной привязкой конкретно в данной работе не представляется возможным.

Тем не менее, полученные результаты показывают выявленные изменения полотна Дороги как по профилю, так и по глубине.

Стоит отметить, что вдоль профиля Дороги наблюдаются аномалии на стыках разных видов геосинтетического материала, которые при повышенной влажности почвы могут создавать аномальные структуры, радиообразы которых можно интерпретировать как коммуникации.

Можно утверждать, что вид геосинтетического материала отражается на волновом отображении структуры нижних слоев. Поэтому мы смогли разделить участки с различным покрытием и показать это наглядно на радарограммах.

Также были выявлены глубинные аномалии – трубы и коммуникации.

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Обосновывающие материалы ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЁТ

О результатах обработки полевых измерений, полученных в ходе

георадиолокационного обследования на объекте:

«Автомобильная дорога А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио»

ЧАСТЬ 1

Обследование рабочего слоя земляного полотна

антенной 250 МГц

Оглавление.

1. Обработка результатов георадиолокационного профилирования. 3

2. Выводы по результатам георадиолокационного профилирования. 7

Влажность земляного полотна 7
Взаимосвязь атрибута Q-factor и диэлектрической проницаемости 15
ПРИЛОЖЕНИЯ
3. Разрезы. 20

Разрезы Re(permittivity) 20
Разрезы Q-factor....21
Разрезы Weight water content 23
4. Изменения средних значений атрибута по профилю 24

GPR Signals - амплитуды сигналов....25
Re(permittivity) 27
Q-factor....29
Weight water content 31
5. Графики изменения влажности по глубине 33

Правая полоса, прямой ход 34
Правая полоса, обратный ход 41
Левая полоса, прямой ход 49
Левая полоса, обратный ход 57
6. Статистические таблицы....64

GPR Signals - амплитуды сигналов....65
Re(permittivity) 66
Q-factor....67
Weight water content 68

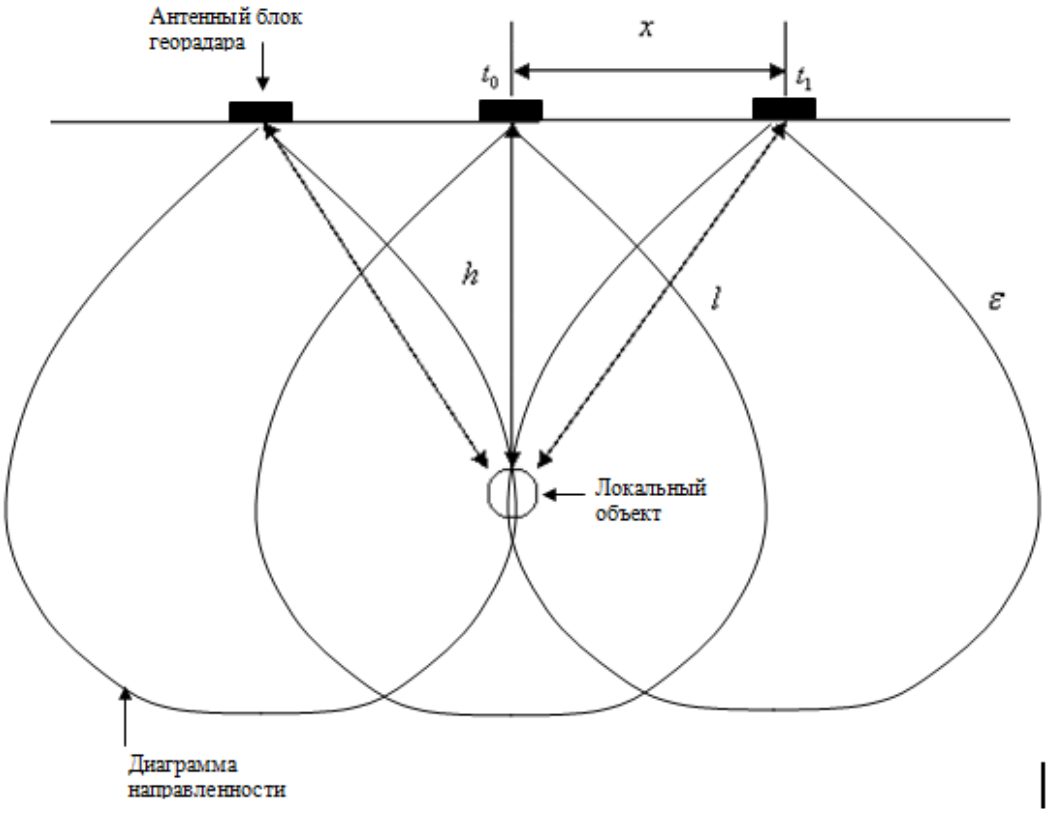
1. Обработка результатов георадиолокационного профилирования.

Обработка результатов георадиолокационного профилирования производилась методом анализа поля обратного рассеяния в программе ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ (Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2011616392, выданное РОСПАТЕНТ).

Условно, поле обратного рассеяния представляет собой массив дифрагированных сигналов, возникающих в ходе отражения от локальных неоднородностей, линейные размеры которых, в плоскости георадарного профиля, сопоставимы с длиной волны излученных импульсов георадара. Любую среду (за редким исключением) можно представить как набор локальных неоднородностей, которые относительно равномерно распределены по плоскости разреза.

При перемещении антенного блока отдельный локальный объект фиксируется георадаром не только в точке непосредственно над ним, но также на некотором удалении в обе стороны, причем величина этого удаления определяется угловой шириной диаграммы направленности антенн.

На рисунке на следующей странице показана схема распространения импульсов при прохождении антенного блока георадара над одиночным локальным объектом:



Время задержки t определяется из геометрии, показанной на рисунке.

$$t = 2l\frac{\sqrt{\varepsilon}}{c} = \frac{2\sqrt{\varepsilon}}{c}\sqrt{h^2 + x^2}$$ (1) , где *c* – скорость света в вакууме,

По формуле (1), по двум измерениям времени задержки в двух точках можно вычислить положение по глубине верхней точки объекта и диэлектрическую проницаемость покрывающей среды.

Пусть t_0 - время задержки сигнала над объектом, t_1 - время задержки на удалении x_1 , тогда глубина и диэлектрическая проницаемость определятся как

$$h = \sqrt{\frac{t_0^2 x_1^2}{t_1^2 - t_0^2}}$$ (2) $$\varepsilon = \frac{t_0^2 c^2}{4h^2}$$ (3)

В ходе автоматизированного анализа измеряются кинематические и динамические характеристики сигналов, формирующих поле обратного рассеяния, в результате чего имеется набор точек с координатами положения в пространстве георадиолокационного профиля (положение от начала профиля измерено датчиком перемещения, вертикальная координата рассчитана по формуле (2)).

Каждая точка имеет набор атрибутов волнового поля, интерполяцией данных между которыми и формируется разрез требуемого атрибута. Таким образом, происходит переход от волновой структуры полевой записи к более привычным и понятным величинам – характеристикам исследуемой среды. Более развёрнуто идея метода рассматривается в <Статья “Обработка георадарных данных в автоматическом режиме”, журнал “ГЕОФИЗИКА” №4 за 2010 г, стр. 76-80>. Загрузить статью в формате PDF можно по этой ссылке.

Атрибуты, выбранные для данного исследования, отвечают условиям потенциальной взаимосвязи со свойствами конструктивных слоев дорожной одежды и ее оснований, а также относительно простого механизма их расчета.

В процессе обработки были построены разрезы следующих атрибутов исследуемой среды и волнового поля:

Re(permittivity) - действительная часть комплексной относительной диэлектрической проницаемости. Данный атрибут является одним из основных в георадиолокации. На основании значений данного атрибута производится перерасчёт временных задержек зондирующего импульса в значения глубины, а также при помощи данного атрибута можно оценить относительную влажность и состав разреза;

Q-factor - отношение центральной частоты спектра отражённых дифрагированных волн к его ширине по уровню – 3 дБ. Цитата из [Бадриева, Владов, “ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ АНТЕНН С КОНЕЧНОЙ ПЛОЩАДЬЮ ЛЕПЕСТКА В ОТРЫВЕ ОТ ПОВЕРХНОСТИ СРЕДЫ”, ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 4. ГЕОЛОГИЯ. 2013. № 1, стр. 50-57]. Начало цитаты:

Атрибут Q-фактор, предложенный в 1994 г. в работе [Turner G., Siggins A.F. Constant Q attenuation of subsurface radar pulses // Geophysics. 1994. Vol. 59, N 8. P. 1192–1200.], в последнее время часто используют при обработке данных георадиолокации как авторы статьи и их коллеги в производственной деятельности, так и другие исследователи [Bradford, 2006; Charles, 2008; Irving, 2003; Kenneth,2002]. Этот атрибут тесно связан с такой часто используемой в сейсморазведке характеристикой затухания в резонансных колебательных системах, как добротность [Charles E.E. Using ERI to apply an inverse Q* filter to GPR data, 2008г.] Поскольку в реальных средах электромагнитные колебания не являются резонансными, используются разные подходы к приближенной оценке добротности системы. Отношение центральной частоты сигнала к ширине его спектра — один из способов оценки затухания в системе. Как показывает практика, этот атрибут позволяет довольно уверенно определять местоположение как контрастных, так и градиентных границ между объемами среды с разной диэлектрической проницаемостью, особенно при наличии увлажненных или разуплотненных зон в среде.

Эффективность использования этого атрибута объясняется тем, что он позволяет анализировать одновременное изменение наиболее информативных спектральных атрибутов, так как частота колебаний в отраженном сигнале связана с влажностью грунтов [Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004.], а в соотношении с шириной спектра она характеризует степень затухания электромагнитных волн в среде [Bradford, 2006; Charles, 2008]. Расчет значений центральной частоты сигнала и ширины его спектра по отдельности менее информативен,

чем расчет значений Q-фактора, однако позволяет оценить вклад каждого атрибута в изменения значений Q-фактора, что способствует более корректной интерпретации распределения его значений.

Конец цитаты.

- Weight water content – влажность весовая. Рассчитывается по значениям действительной части комплексной относительной диэлектрической проницаемости по формуле, представленной в [Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004., Часть 1 Физические основы метода георадиолокации]. Начало цитаты из данного источника:

Для перехода от значений влажности (W) к значениям ε' существует целый ряд эмпирических формул. Для песков и суглинков: $\varepsilon' = 3.2 + 1.1W$, где W - весовая влажность.

Конец цитаты.

В дополнение к построению разрезов атрибутов был произведён расчёт статистических данных по каждому атрибуту разрезов, а также по амплитудам сигналов георадиолокационных профилей. Статистика по разрезам представлена в виде таблиц и графиков, по которым удобно сравнивать характеристики георадиолокационных профилей и прослеживать изменения того или иного атрибута по профилю. Для атрибута весовой влажности (Weight water content) были получены графики изменения данного атрибута по глубине с шагом 25 метров по профилю.

Разрезы атрибутов и графики изменения значений атрибутов, а также графики распределения влажности по глубине представлены в Приложении к данному отчёту, а также в виде отдельных файлов в графическом формате, где разрезы представлены в горизонтальном масштабе 1:1000 и вертикальном масштабе 1:50, а графики изменения значений атрибутов - в горизонтальном масштабе 1:1000.

2. Выводы по результатам георадиолокационного профилирования.

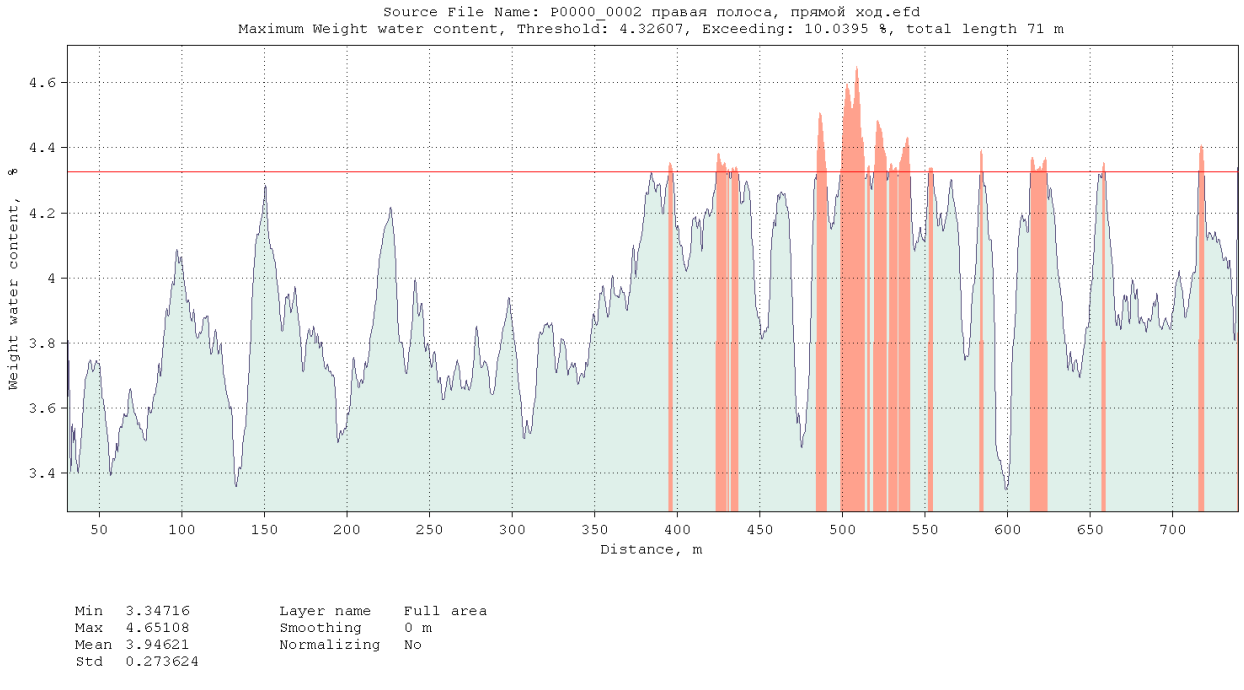
Анализировались данные, полученные георадаром с антенной 250 МГц. В силу достаточно низкой частоты, данный тип антенны не очень хорошо подходит для исследования конструктивных слоёв дорожной одежды, которые расположены, как правило, в диапазоне первых десятков сантиметров от поверхности, однако хорошо подходит для исследования подстилающих грунтов.

Влажность земляного полотна

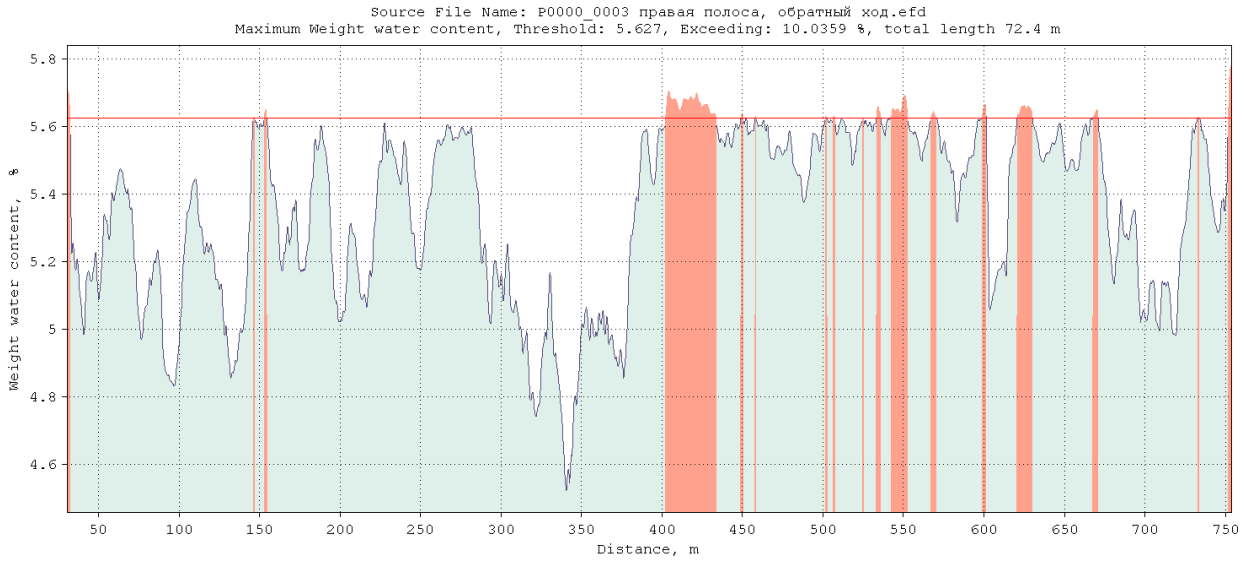
По разрезам атрибутов, представленных в приложении, можно получить наглядное представление о строении разреза. Несомненно, наибольший практический интерес представляет распределение влажности в толще земляного полотна, т.к. содержание влаги влияет на прочность дорожной конструкции.

На графиках, представленных ниже, показаны изменения максимальных значений весовой влажности с выделением красным цветом наиболее влажных участков разреза, суммарно занимающих 10% от длины профиля. Под изображением графика, слева, показаны статистические характеристика графика.

Правая полоса, прямой ход:



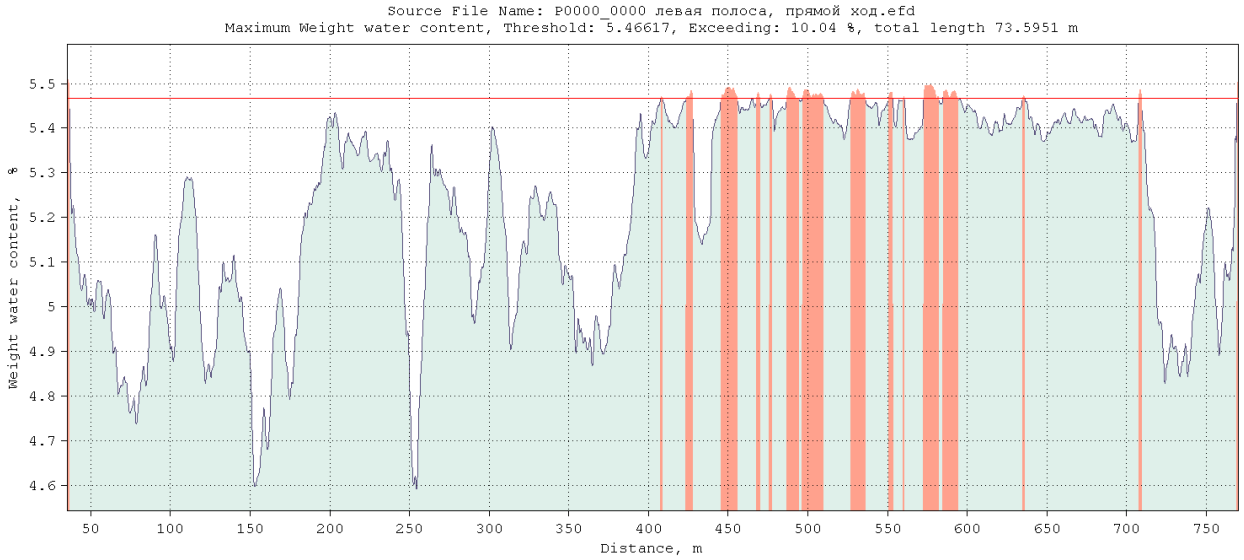
Правая полоса, обратный ход:



Min	4.52214	Layer name	Full area
Max	5.77957	Smoothing	0 m
Mean	5.35688	Normalizing	No
Std	0.256242		

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

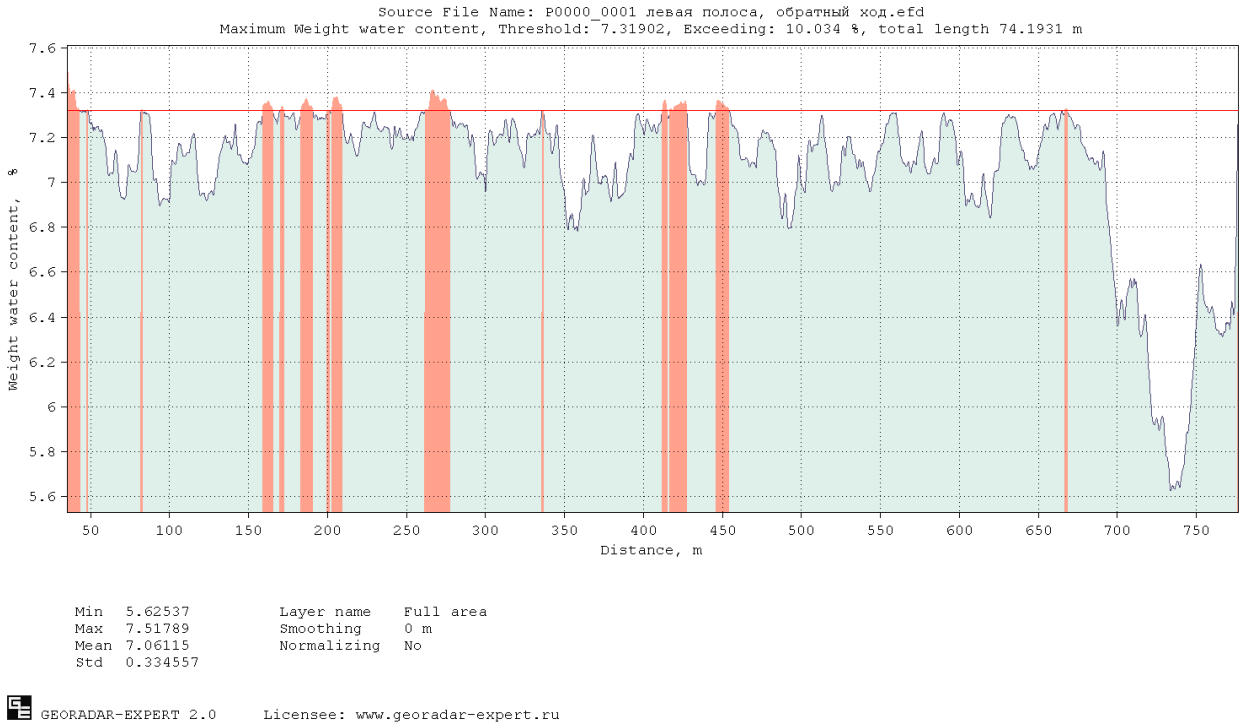
Левая полоса, прямой ход:



Min	4.59159	Layer name	Full area
Max	5.54141	Smoothing	0 m
Mean	5.23031	Normalizing	No
Std	0.227406		

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Левая полоса, обратный ход:



Для правой полосы дороги, по прямому ходу, среднее значение максимальной влажности составляет 3.9%, для правой полосы по обратному ходу – 5.4%, для левой полосы по прямому ходу – 5.2%, для левой полосы по обратному ходу 7.1%. Таким образом, наиболее сухие грунты земляного полотна расположены на правой полосе дороги по прямому ходу, влажность правой полосы обратного хода и левой полосы прямого хода примерно одинакова, а наиболее влажный грунт находится по левой полосе, обратный ход.

Для правой полосы дороги и левой полосы по прямому ходу наиболее влажные участки расположены во второй половине разреза, начиная с отметки примерно 400 м. Для левой полосы дороги по обратному ходу относительно высокие значения влажности земляного полотна простираются примерно до отметки 690 метров, после чего резко понижаются.

По графикам распределения влажности по глубине видно, что наибольшее проявления повышенной влажности распложено в диапазоне глубин от 1 до 2 метров.

Далее представлены таблицы расположения наиболее влажных участков.

Таблица состоит из следующих столбцов:

№ - номер участка;

Start, m – положение начала участка по шкале расстояний;

End, m – положение конца участка по шкале расстояний;

Nunber of traces – для разреза это количество столбцов массива значений атрибута, который является изображением разреза;

Length, m – протяжённость участка. Если протяжённость участка равна 0, то это точечное превышение;

Extreme position, m – положение максимума превышения в пределах участка;

Extreme value – значение максимума превышения в пределах участка;

Exceeding threshold, % - доля участка от длины профиля.

Над таблицей расположена следующая информация:

Source file name – имя файла профиля;

Statistics file name – имя файла статистических данных программы ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ;

Layer name – название слоя. Если профиль не разделён на слои, то это значение равно Full area – т.е. полная область;

Attribute – название атрибута, значения которого исследовались;

Threshold value – значение порога;

Layer length – протяжённость слоя по горизонтали. В случае Full area это длина профиля;

Data step horizontally – шаг данных по горизонтали в метрах. Т.е. для разреза атрибута это расстояние между вертикальными элементами массива значений атрибута, который является изображением разреза. Для ГРЛ профиля это шаг между георадиолокационными трассами;

Total length of exceeding the threshold – суммарная протяжённость участков превышения порога;

Percentage excesses from layer length – доля суммарной протяжённости участков превышения порога к длине профиля.

Правая сторона, прямой ход:

Areas where values are above the threshold							
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd							
Statistics file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход Weight water content.gestat							
Layer name: Full area							
Attribute: Weight water content							
Threshold value: 4.3261							
Layer length: 709 m							
Data step horizontally: 0.2 m							
Total length of exceeding the threshold: 71 m							
Percentage excesses from layer length: 10.0395 %							
№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	395	397.2	12	2.2	395.6	4.353390357	0.631489842
2	424	429.8	30	5.8	425.2	4.383632806	1.330563996
3	430.8	431.4	4	0.6	431.2	4.332604755	0.151016943
4	433.2	434.4	7	1.2	433.8	4.338408273	0.285169074
5	435	436.8	10	1.8	435.8	4.341557753	0.357971383
6	484.6	490.2	29	5.6	486.6	4.507980837	4.204950759
7	499.2	513.4	72	14.2	508.8	4.651078433	7.512746084
8	515.4	516.4	6	1	516	4.344645936	0.429356769
9	519.4	526.8	38	7.4	521.4	4.483573002	3.64074756
10	528.6	533.2	24	4.6	529.6	4.352099031	0.601639998
11	534.4	540.8	33	6.4	539.4	4.432461424	2.459269707
12	552.6	553.4	5	0.8	553	4.340141642	0.325237062
13	553.8	554.8	6	1	554.2	4.340151895	0.325474059
14	583.6	585	8	1.4	584.2	4.392209926	1.528829777
15	614.2	620.4	32	6.2	615.2	4.370997549	1.038491707
16	620.8	623.8	16	3	623	4.368851653	0.988887904
17	657.6	659	8	1.4	658.4	4.354623439	0.65999335
18	716.2	719	15	2.8	717.4	4.409024499	1.917509728
19	739.6	739.6	1	0	739.6	4.383578934	1.329318715

Правая сторона, обратный ход:

Areas where values are above the threshold							
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd							
Statistics file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход Weight water content.gestat							
Layer name: Full area							
Attribute: Weight water content							
Threshold value: 5.627							
Layer length: 723.2 m							
Data step horizontally: 0.2 m							
Total length of exceeding the threshold: 72.4 m							
Percentage excesses from layer length: 10.0359 %							
№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	30.6	32.4	10	1.8	31.4	5.705979655	1.403627613
2	146.6	146.8	2	0.2	146.8	5.627879365	0.015670906
3	153.4	154.6	7	1.2	153.8	5.651185844	0.429861222
4	402.6	433.6	156	31	404.4	5.704998393	1.386189153
5	449.4	450.6	7	1.2	450	5.639163329	0.216203494
6	458.2	458.4	2	0.2	458.2	5.630216305	0.057201766
7	501.8	502.6	5	0.8	502.2	5.631373141	0.077760441
8	506.8	507.4	4	0.6	507	5.631489359	0.079825798
9	525	525.2	2	0.2	525	5.627233101	0.00418585
10	533.6	536	13	2.4	534.4	5.660072506	0.587790245
11	542.6	552.6	51	10	551	5.694596574	1.201333574
12	567.4	570.6	17	3.2	568.8	5.64494771	0.319000438
13	599.4	601.4	11	2	601	5.666508587	0.702168848
14	621	630.2	47	9.2	625.4	5.662845468	0.637069843
15	668	671	16	3	670.4	5.651337467	0.432555782
16	733.2	733.8	4	0.6	733.4	5.629186857	0.038906957
17	752.2	753.8	9	1.6	753.6	5.779567361	2.711389082

Левая сторона, прямой ход:

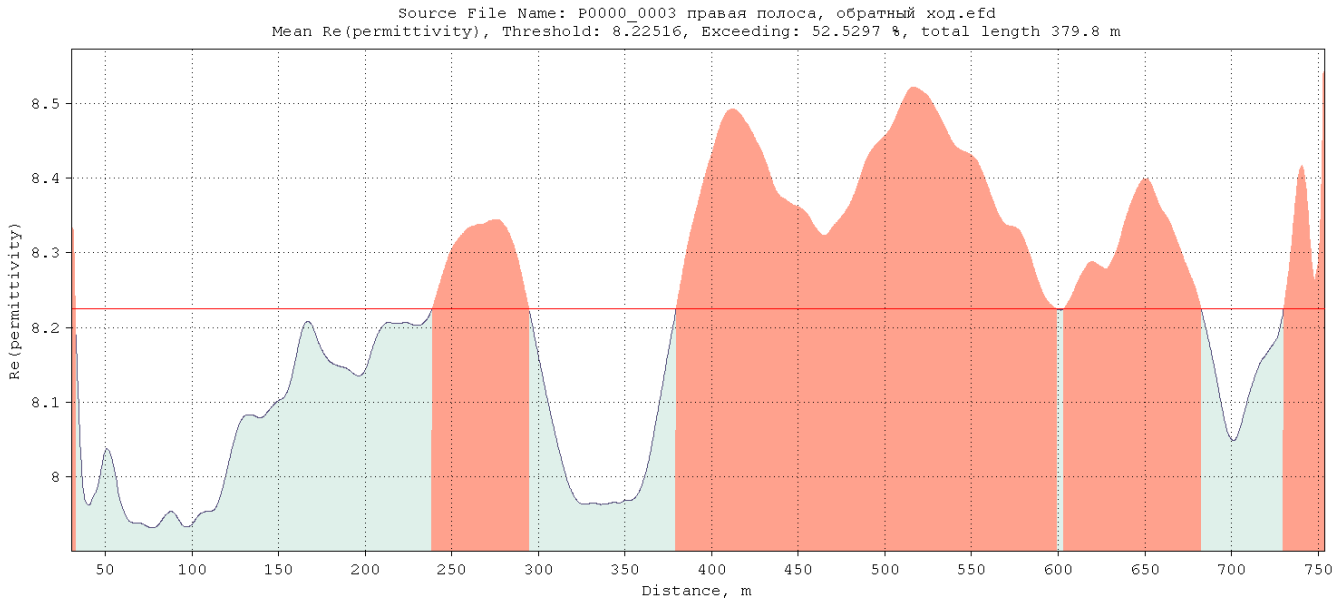
Areas where values are above the threshold							
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd							
Statistics file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход Weight water content.gestat							
Layer name: Full area							
Attribute: Weight water content							
Threshold value: 5.4662							
Layer length: 734.9 m							
Data step horizontally: 0.21027 m							
Total length of exceeding the threshold: 73.5951 m							
Percentage excesses from layer length: 10.04 %							
№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	35.21027182	36.47190272	7	1.261630901	35.21027182	5.541406954	1.376399903
2	408.0222031	408.8632904	5	0.841087268	408.4427468	5.469898457	0.068198929
3	424.0028612	427.5774821	18	3.574620887	427.1569385	5.484667455	0.338388038
4	445.8711302	455.7539056	48	9.882775393	450.9176538	5.491902558	0.470749491
5	468.1599428	469.8421173	9	1.682174535	469.00103	5.479574927	0.245223576
6	476.1502718	477.4119027	7	1.261630901	476.7810873	5.47700378	0.198186145
7	487.0844063	494.2336481	35	7.149241774	488.7665808	5.491451531	0.462498249
8	496.9671817	509.7937625	62	12.82658083	498.6493562	5.486869918	0.378680648
9	527.2463233	536.0777396	43	8.831416309	531.4517597	5.486948232	0.380113359
10	551.2173104	553.3200286	11	2.102718169	552.4789413	5.48083183	0.268217794
11	560.0487268	560.6795422	4	0.630815451	560.4692704	5.470884738	0.08624228
12	573.0855794	580.6553648	37	7.569785408	577.0807439	5.496745173	0.559341949
13	581.2861803	582.1272675	5	0.841087268	581.7067239	5.471377223	0.095251975
14	585.071073	594.1127611	44	9.041688126	586.9635193	5.485467455	0.353023519
15	635.1157654	636.1671245	6	1.051359084	635.536309	5.472518384	0.116128761
16	708.0800858	709.3417167	7	1.261630901	708.9211731	5.48588498	0.360661868
17	769.6897282	770.1102718	3	0.420543634	770.1102718	5.508749852	0.778959667

Левая сторона, обратный ход:

Areas where values are above the threshold							
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd							
Statistics file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход Weight water content.gestat							
Layer name: Full area							
Attribute: Weight water content							
Threshold value: 7.319							
Layer length: 741.3 m							
Data step horizontally: 0.21018 m							
Total length of exceeding the threshold: 74.1931 m							
Percentage excesses from layer length: 10.034 %							
№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	35.21017862	43.19696626	39	7.986787638	35.21017862	7.517893562	2.717212308
2	47.82089595	48.45143181	4	0.630535866	48.24125319	7.324726053	0.077958654
3	82.29018996	82.71054721	3	0.420357244	82.50036859	7.323496572	0.061160214
4	159.2155656	165.5209243	31	6.305358662	162.5784236	7.363519019	0.607988156
5	170.144854	172.4568188	12	2.311964843	171.4059257	7.337821839	0.256886791
6	183.3861072	190.7423589	36	7.356251772	186.7489651	7.374926216	0.763845037
7	199.9902183	201.4614687	8	1.471250354	200.4105756	7.320461251	0.01968854
8	202.932719	209.2380777	31	6.305358662	206.0853984	7.382607968	0.868801049
9	261.9929118	263.6743408	9	1.681428976	262.8336263	7.326232516	0.098541504
10	264.3048767	276.4952367	59	12.19036008	267.0371988	7.411182679	1.25921821
11	277.1257726	277.7563085	4	0.630535866	277.5461299	7.326133783	0.097192508
12	336.1859654	336.6063227	3	0.420357244	336.396144	7.321869432	0.03892855
13	412.060448	415.0029487	15	2.942500709	413.9520556	7.366416465	0.64757604
14	416.8945563	427.4034874	51	10.5089311	426.5627729	7.362142753	0.589184191
15	446.1093847	454.306351	40	8.19696626	447.1602779	7.366727824	0.651830158
16	667.0071165	668.4783669	8	1.471250354	667.4274738	7.329941808	0.149221676
17	776.5101786	776.5101786	1	0	776.5101786	7.322416511	0.046403313

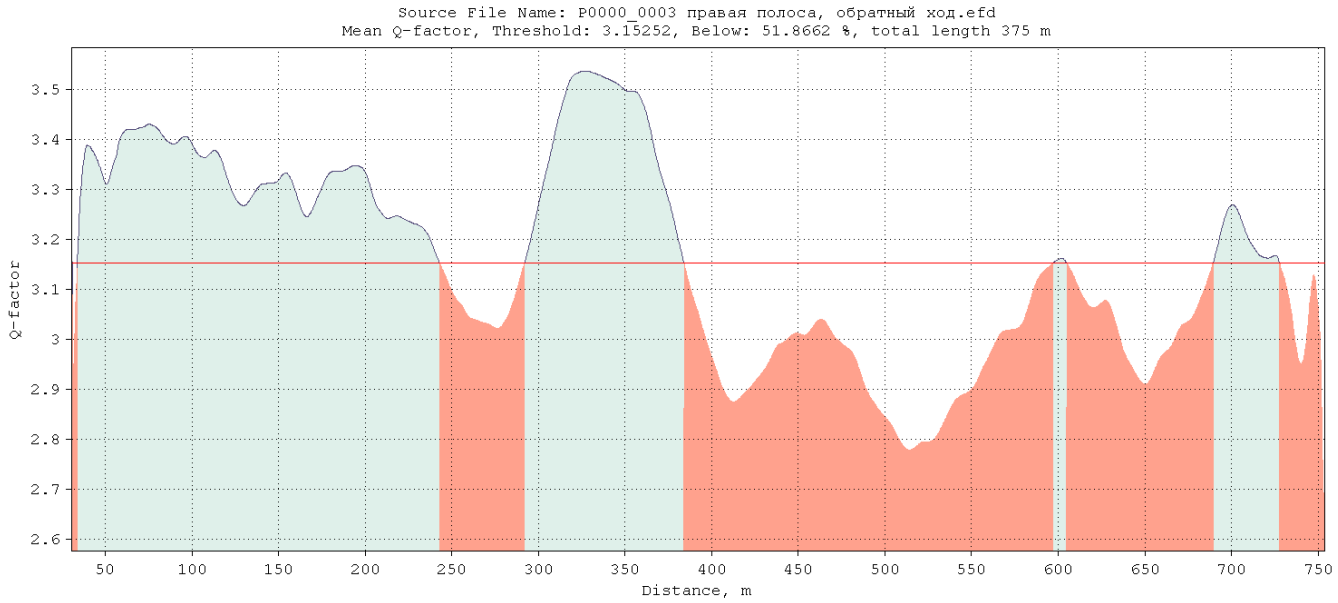
Взаимосвязь атрибута Q-factor и диэлектрической проницаемости

На графиках, представленных ниже, показаны данные для средних значений атрибутов Re(permittivity) (верхний график) и Q-factor (нижний график). Окно сглаживания данных 50 метров. Порог – среднее значение атрибута. Для Re(permittivity) красным показано превышение значений атрибута, для Q-factor – красным цветом показаны значения ниже порога.



Min	7.93165	Layer name	Full area
Max	8.54272	Smoothing	50 m
Mean	8.22516	Normalizing	No
Std	0.169415		

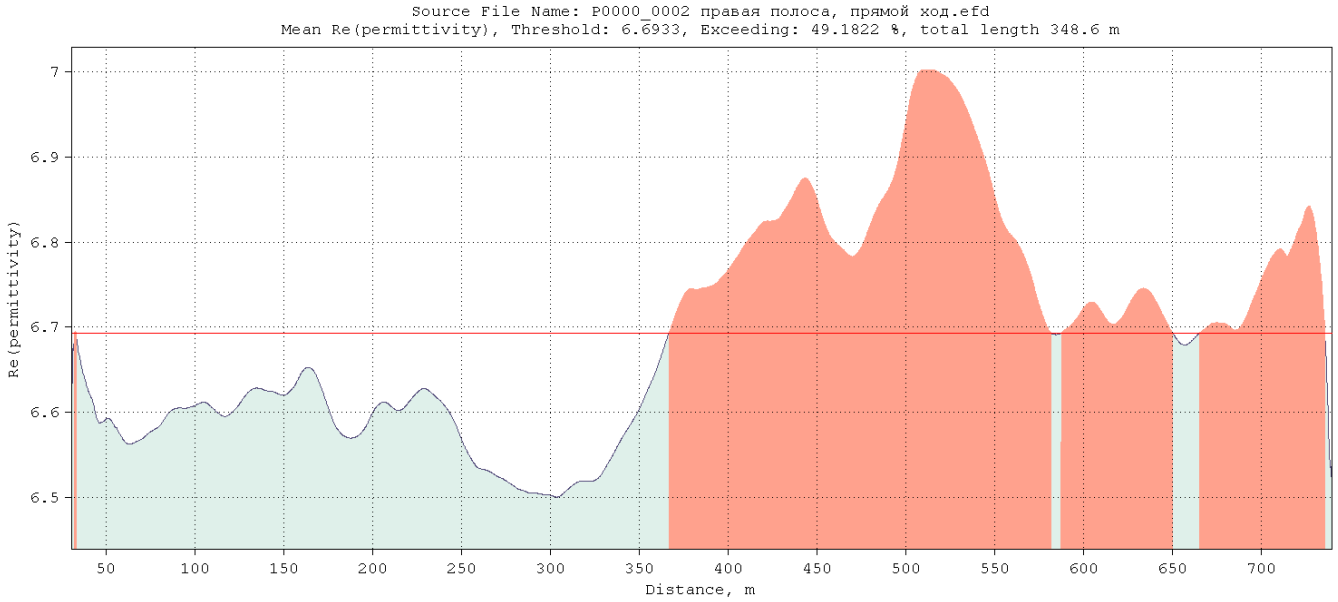
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru



Min	2.62252	Layer name	Full area
Max	3.53725	Smoothing	50 m
Mean	3.15252	Normalizing	No
Std	0.199545		

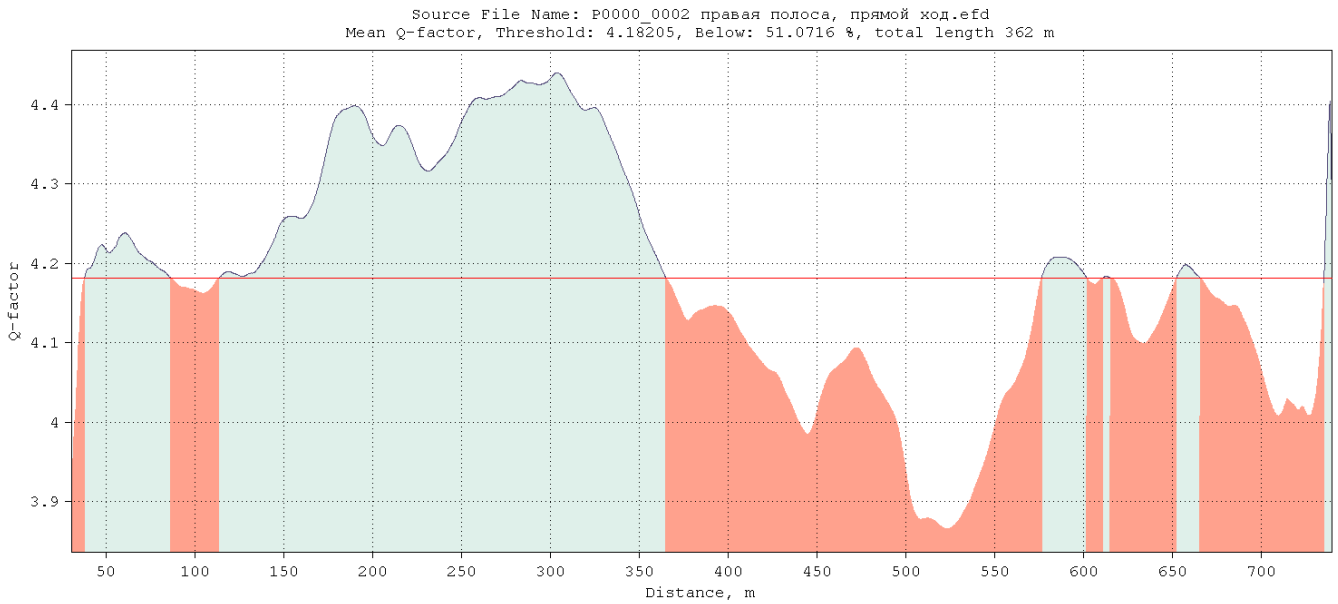
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Данные, представленные выше, получены по правой полосе дороги, по обратному ходу. Можно заметить, что зоны, расположенные ниже среднего значения (значения порога) атрибута Q-factor соответствуют положению зон превышения среднего значения (значения порога) атрибута диэлектрической проницаемости. Рассмотрим данные по остальным профилям. Участки дороги, название атрибута, значение порога и суммарная протяжённость превышения указаны в заголовке графика. Правая полоса дороги по прямому ходу:



Min	6.46643	Layer name	Full area
Max	7.00251	Smoothing	50 m
Mean	6.6933	Normalizing	No
Std	0.125659		

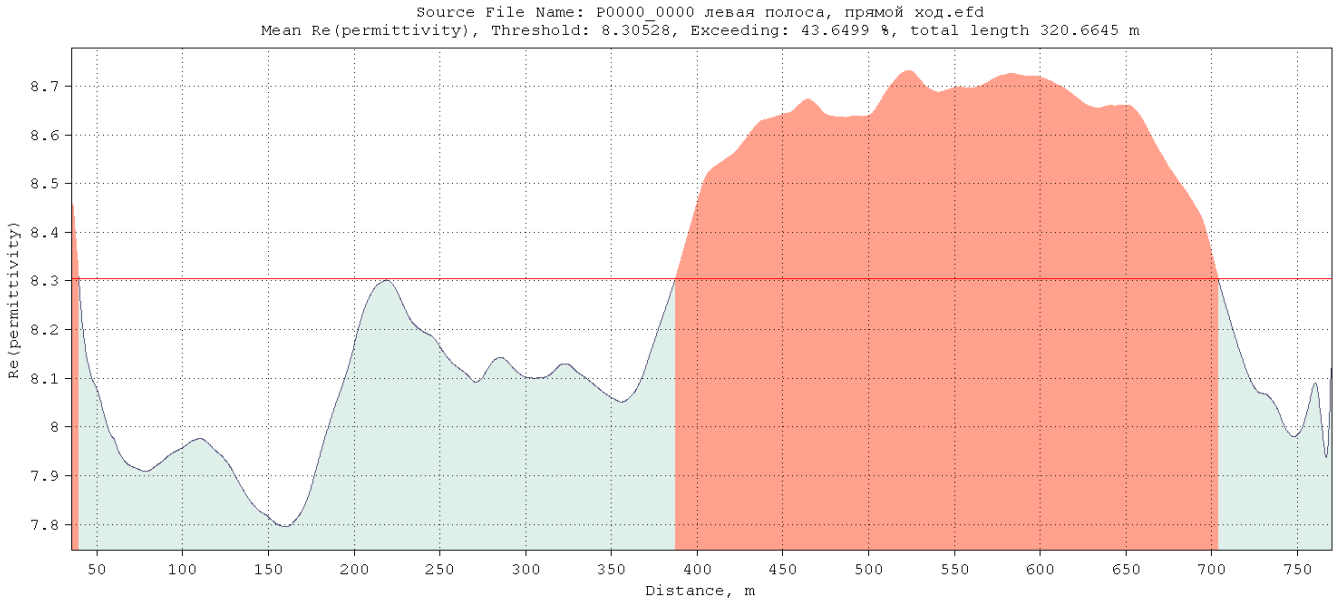
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru



Min	3.86565	Layer name	Full area
Max	4.44039	Smoothing	50 m
Mean	4.18205	Normalizing	No
Std	0.146211		

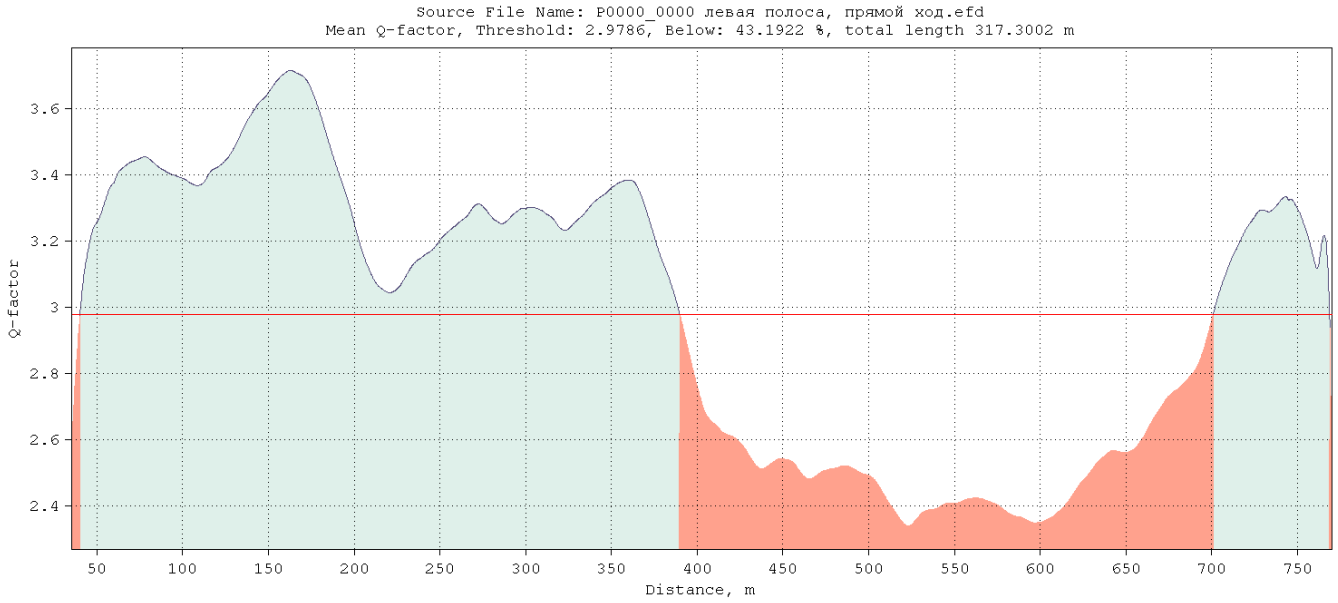
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Левая полоса дороги по прямому ходу:



Min	7.79469	Layer name	Full area
Max	8.73243	Smoothing	50 m
Mean	8.30528	Normalizing	No
Std	0.303974		

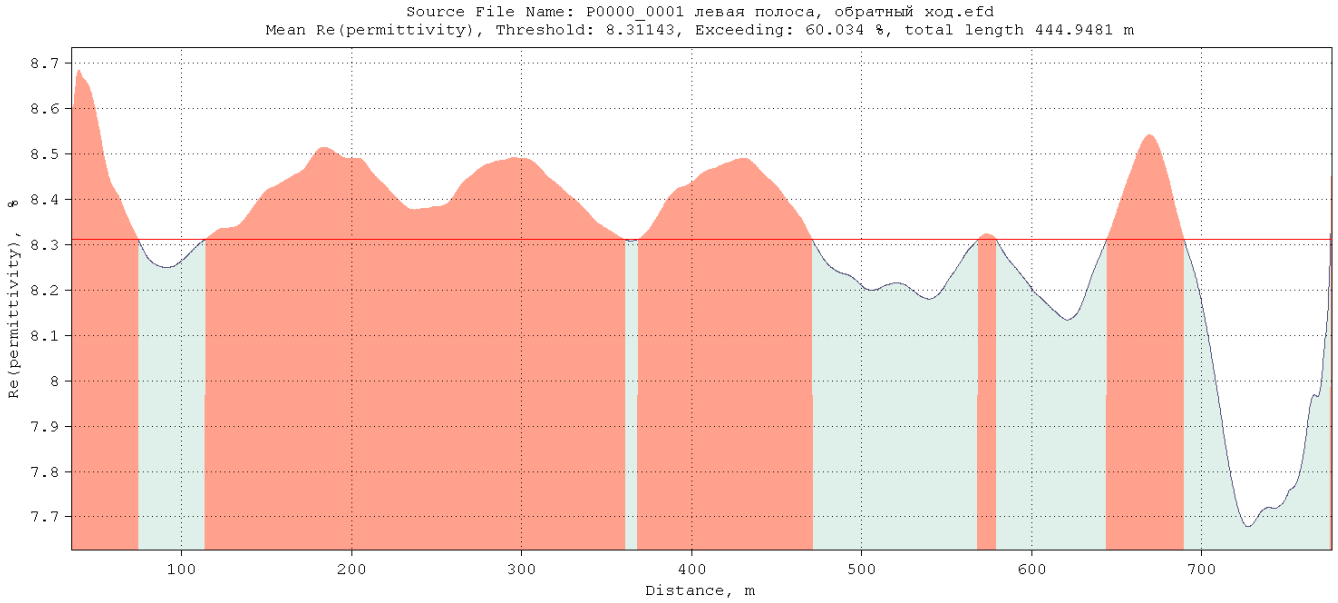
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru



Min	2.33844	Layer name	Full area
Max	3.71557	Smoothing	50 m
Mean	2.9786	Normalizing	No
Std	0.42087		

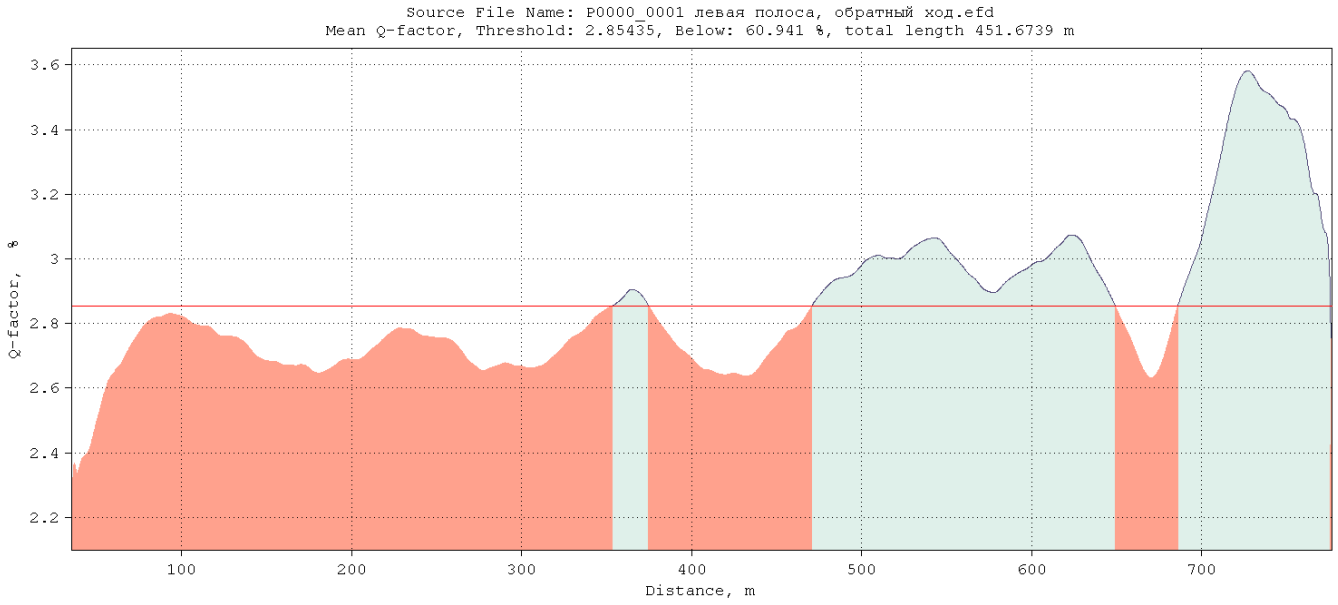
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Левая полоса дороги по обратному ходу



Min	7.67823	Layer name	Full area
Max	8.68461	Smoothing	50 m
Mean	8.31143	Normalizing	No
Std	0.196454		

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru



Min	2.17017	Layer name	Full area
Max	3.58234	Smoothing	50 m
Mean	2.85435	Normalizing	No
Std	0.230284		

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Можно сделать вывод, что для данного типа и сотояния грунтов пониженные значения атрибута Q-factor соответствуют повышенным значениям диэлектрической проницаемости, а значит, повышенной влажности. Можно сказать, что зоны повышенной влажности соответствуют зонам повышенного разуплотнения земляного полотна.

ПРИЛОЖЕНИЯ

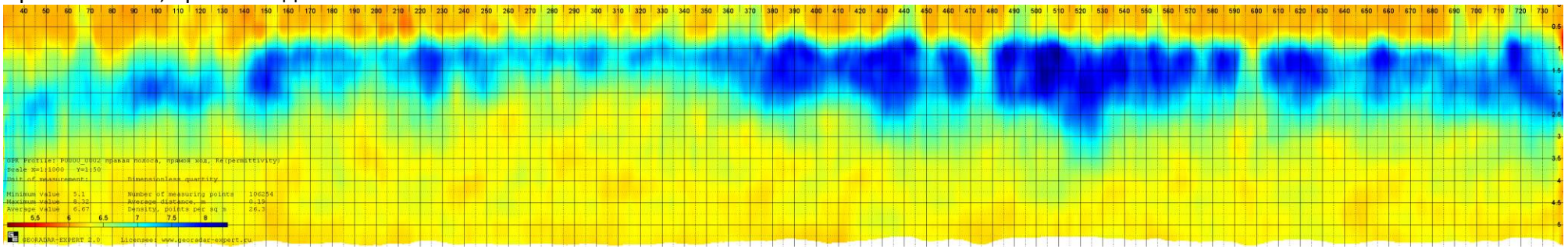
3. Разрезы.

Разрезы в горизонтальном масштабе 1:1000 и вертикальном масштабе 1:50 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. В правом нижнем углу изображения разрезов размещена цветовая шкала значений атрибута, а также краткая информация о разрезе – имя георадиолокационного профиля, минимальные, максимальные и средние значения атрибута, кол-во точек измерения характеристик поля обратного рассеяния по разрезу (number of measuring points), среднее расстояние между этими точками (average distance) и средняя плотность этих точек на кв метр разреза (density). Шакала расстояний в метрах расположена по верхней границе изображения, шкала глубин – по правой границе изображения.

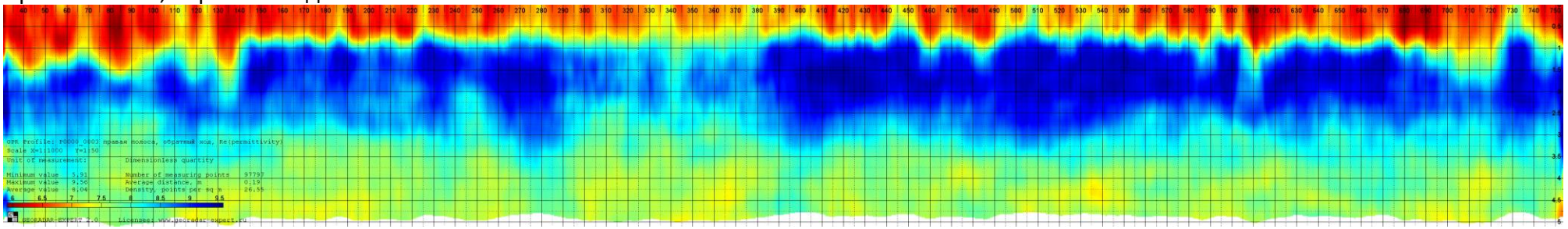
Разрезы Re(permittivity)

Наименьшие значения диэлектрической проницаемости показаны красным цветом, наибольшие значения – синим цветом.

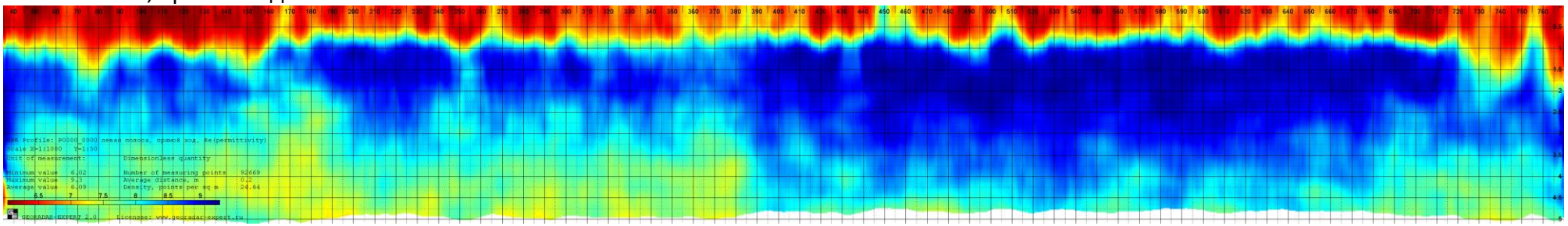
Правая полоса, прямой ход



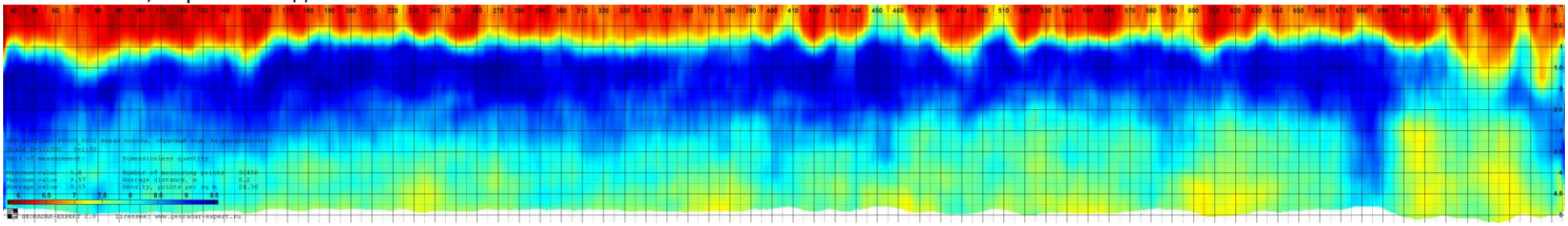
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход



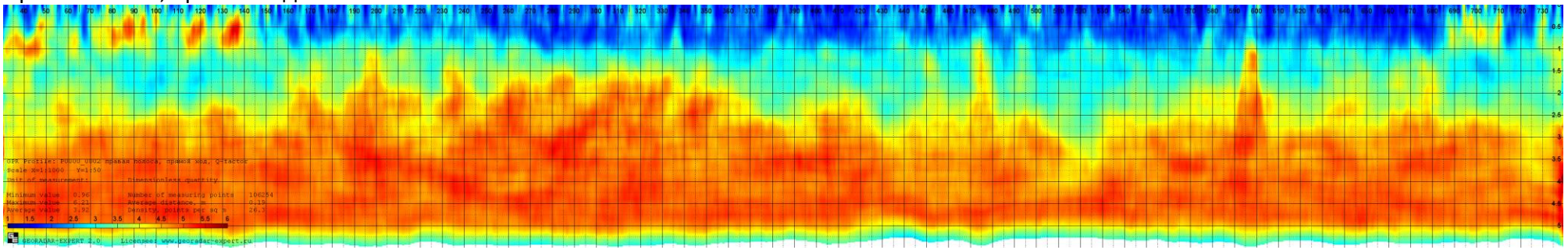
Левая полоса, обратный ход



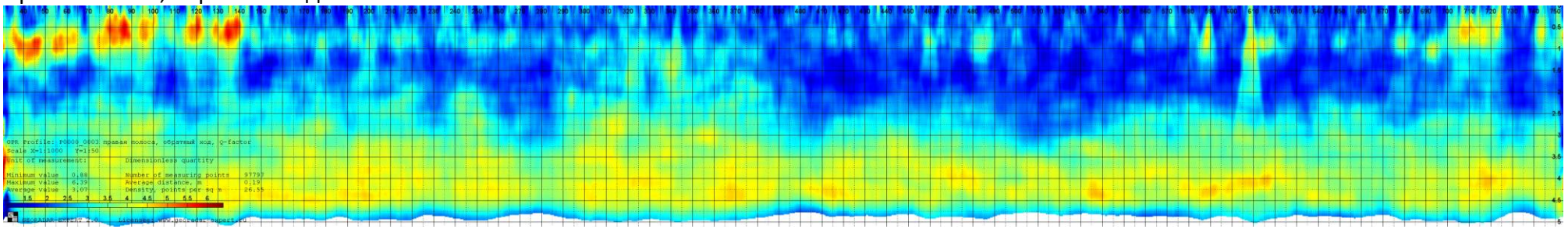
Разрезы Q-factor

Наименьшие значения атрибута показаны синим цветом, наибольшие значения – красным цветом.

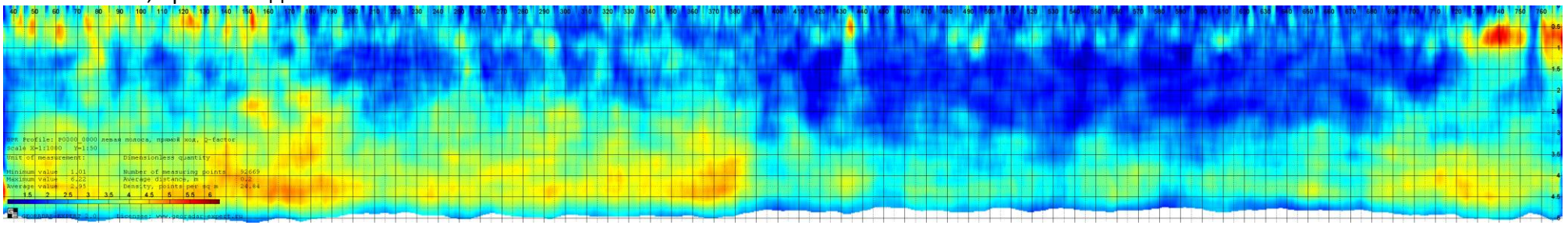
Правая полоса, прямой ход



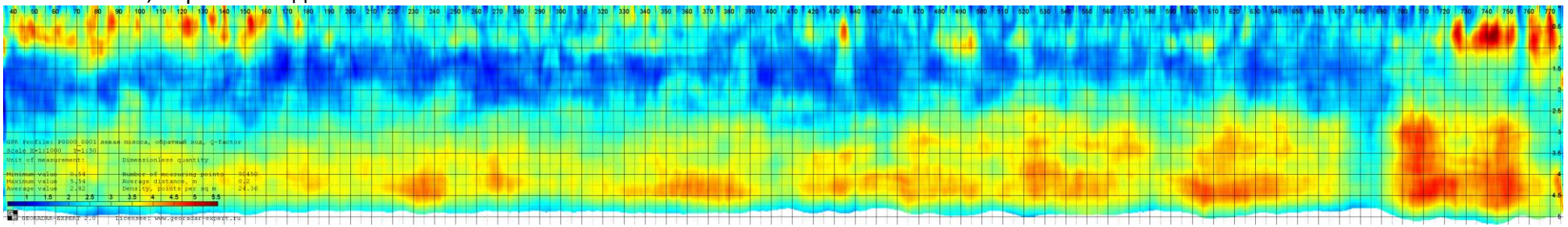
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход



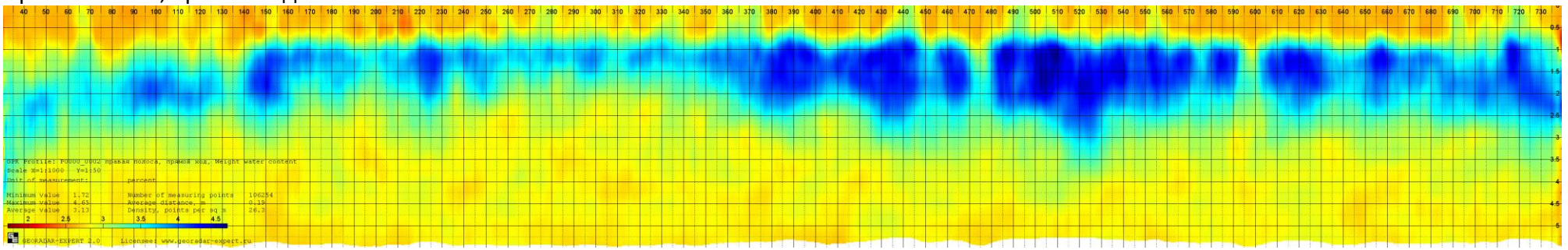
Левая полоса, обратный ход



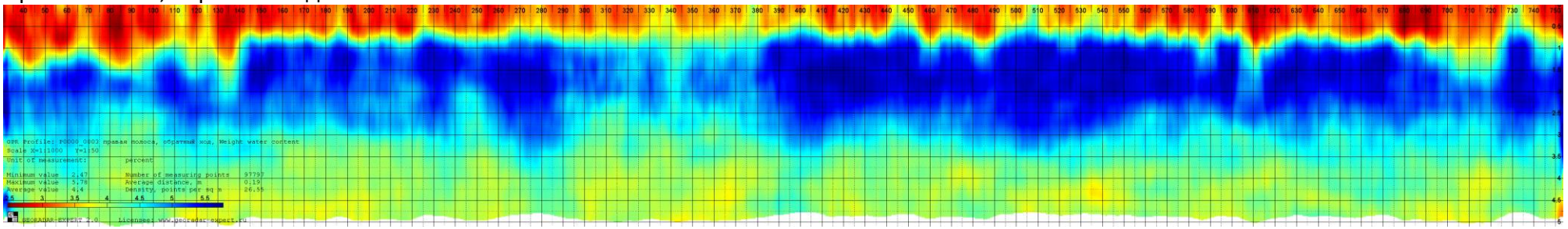
Разрезы Weight water content

Наименьшие значения влажности показаны красным цветом, наибольшие значения – синим цветом.

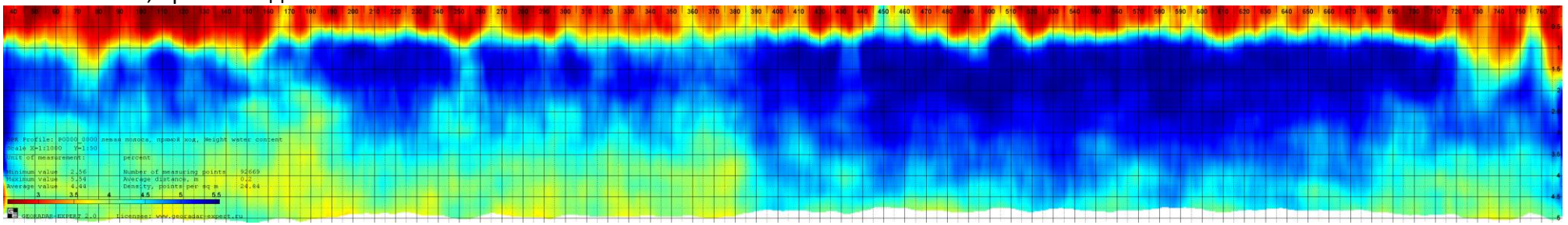
Правая полоса, прямой ход



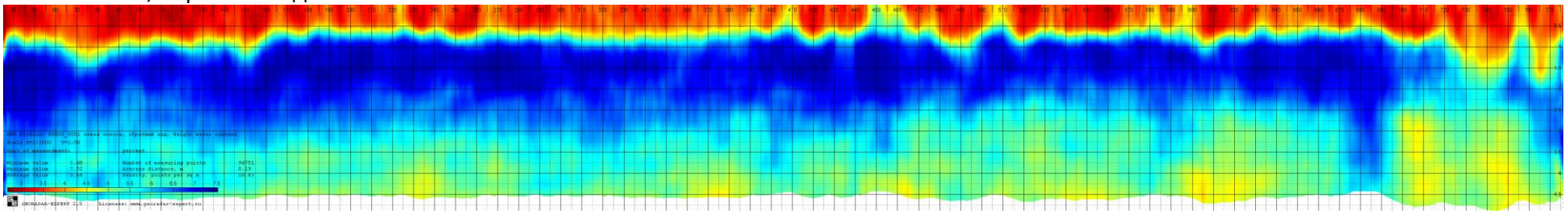
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход



Левая полоса, обратный ход



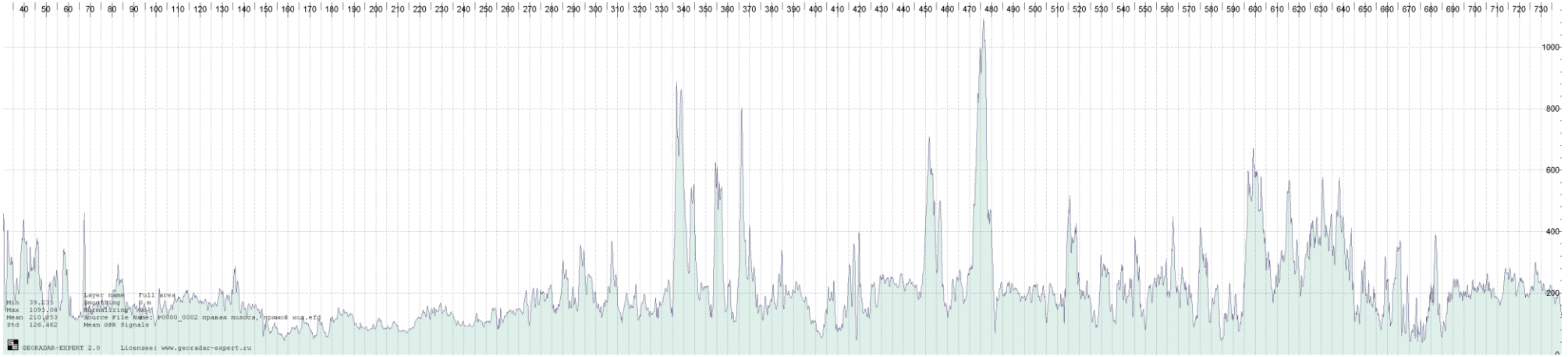
4. Изменения средних значений атрибута по профилю

Графики в горизонтальном масштабе 1:1000 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. В правом нижнем углу графиков размещена краткая информация о разрезе – имя георадиолокационного профиля, минимальные, максимальные, средние значения и среднеквадратичное отклонение значений атрибута, размер скользящего окна сглаживания данных в метрах (Smoothing), информация о нормализации значений (Normalizing) и имя слоя (Layer name). Имя слоя Full area говорит о том, что весь разрез представляется как один слой. Шакала расстояний в метрах расположена по верхней границе изображения, шкала значений атрибута – по правой границе изображения. Графики построены без сглаживания и нормализации данных.

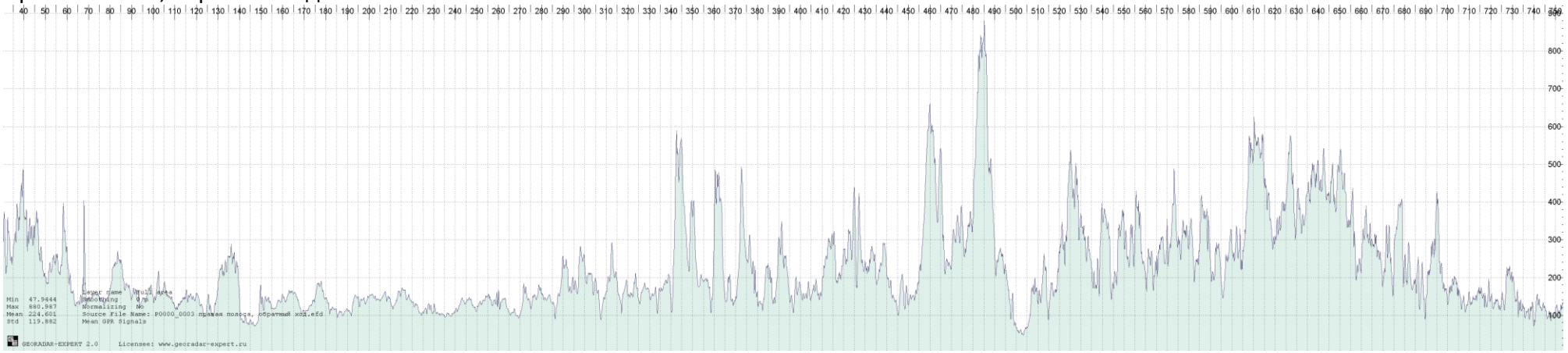
Графики GPR Signals (амплитуд сигналов) строились на основе анализа георадарного профиля, графики остальных атрибутов – на основе анализа соответствующих разрезов.

GPR Signals - амплитуды сигналов

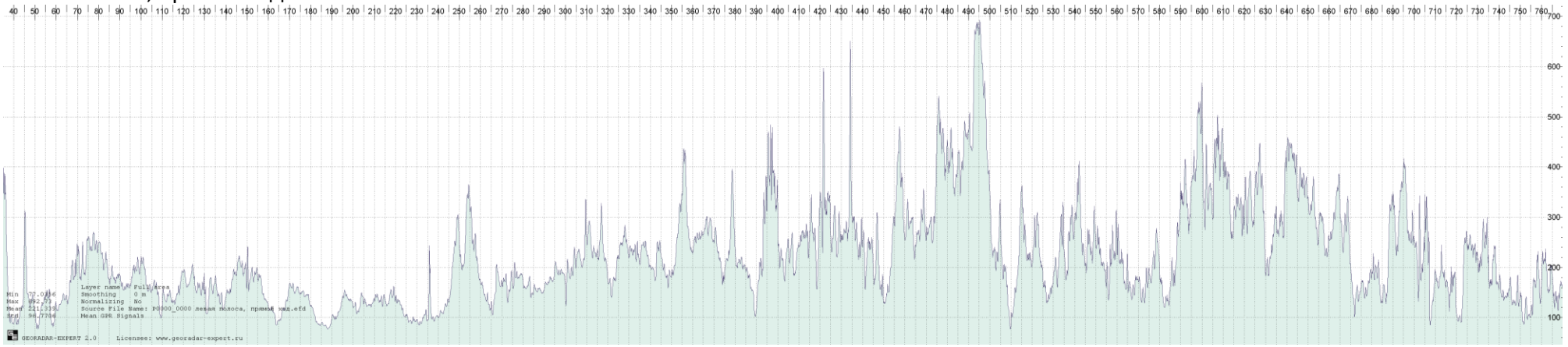
Правая полоса, прямой ход



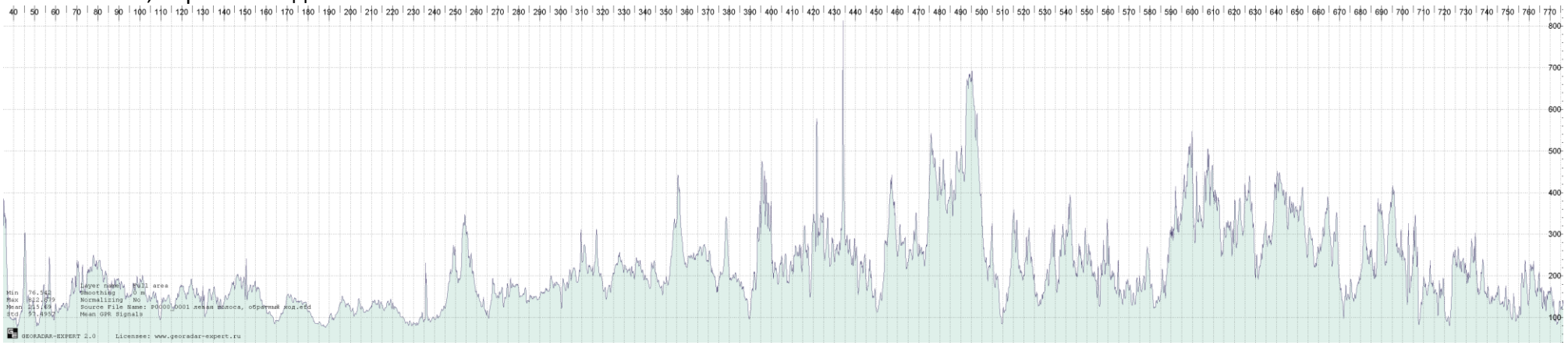
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход

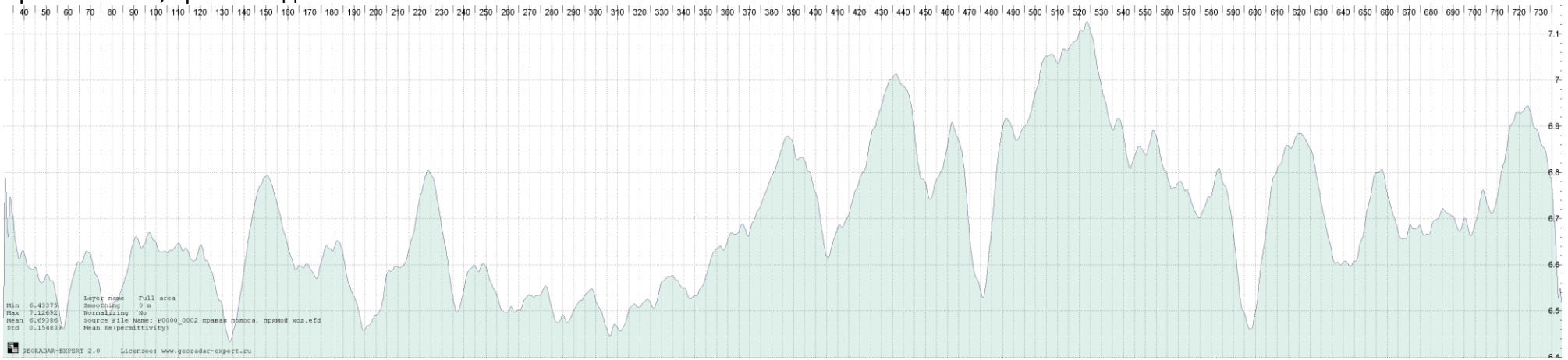


Левая полоса, обратный ход

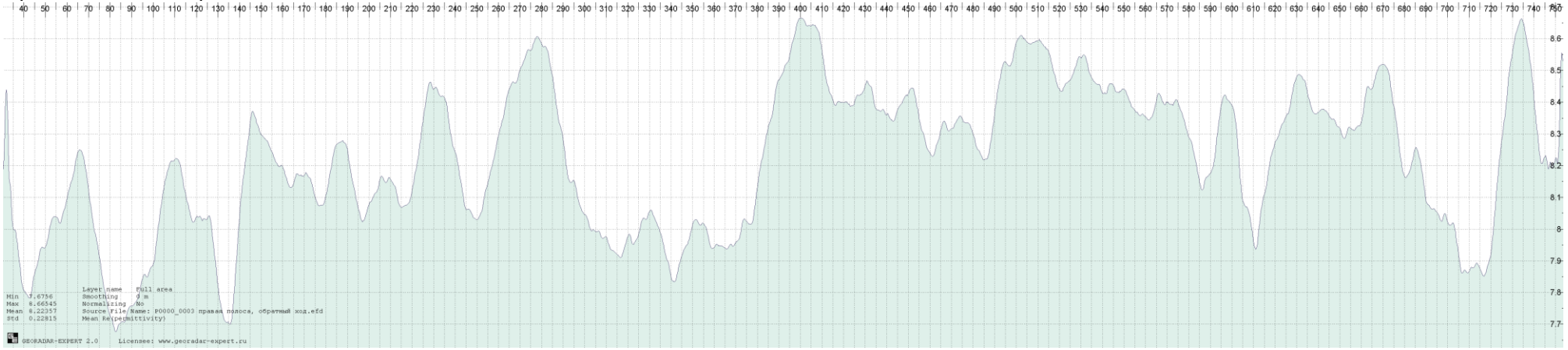


Re(permittivity)

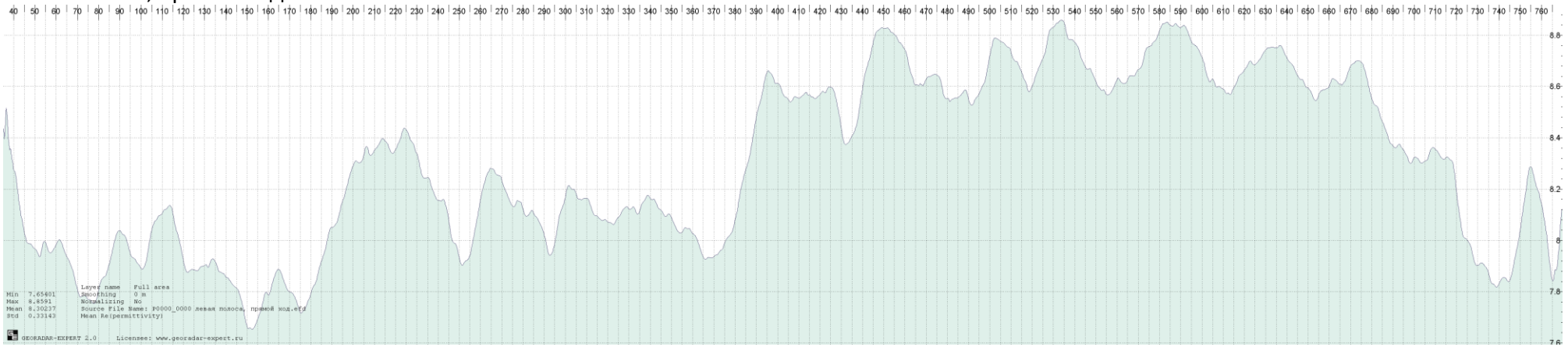
Правая полоса, прямой ход



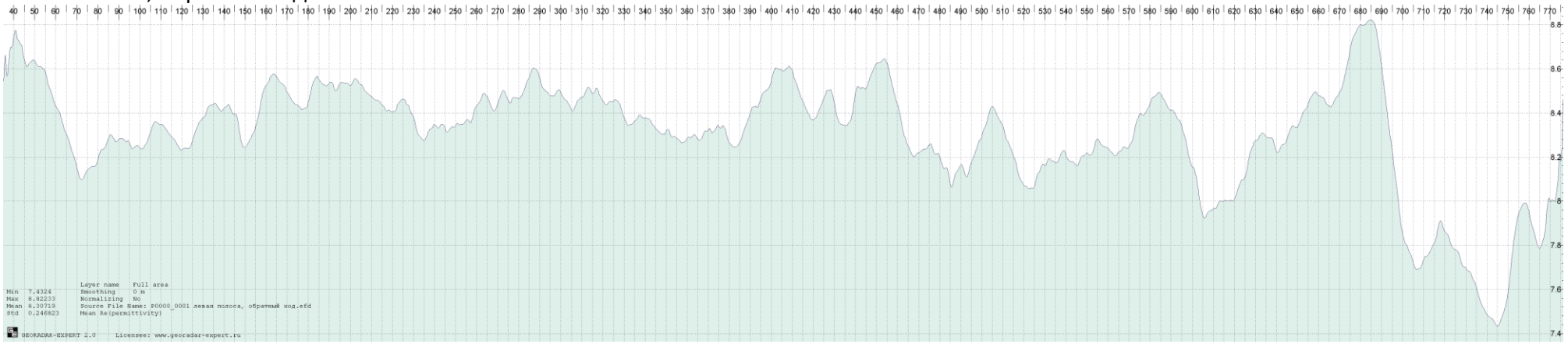
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход

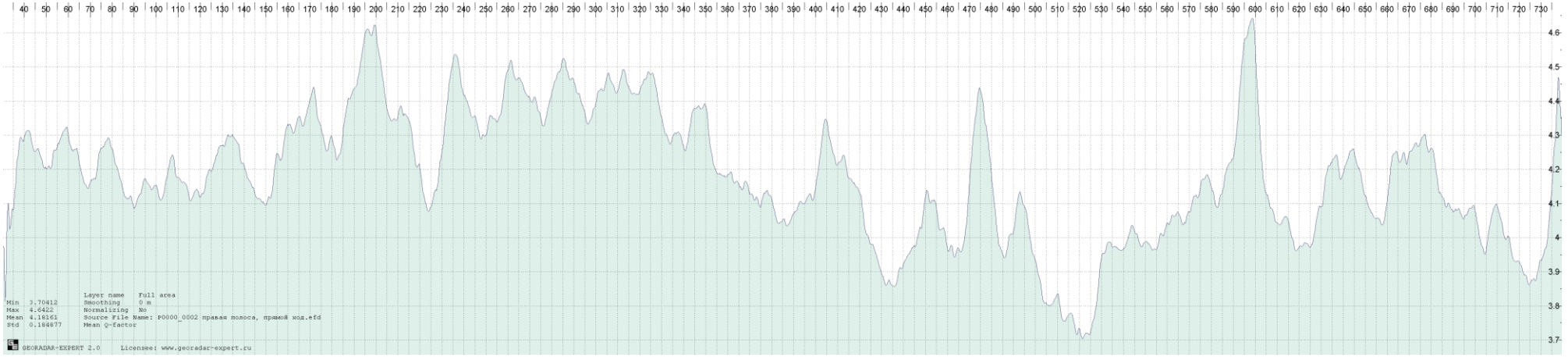


Левая полоса, обратный ход

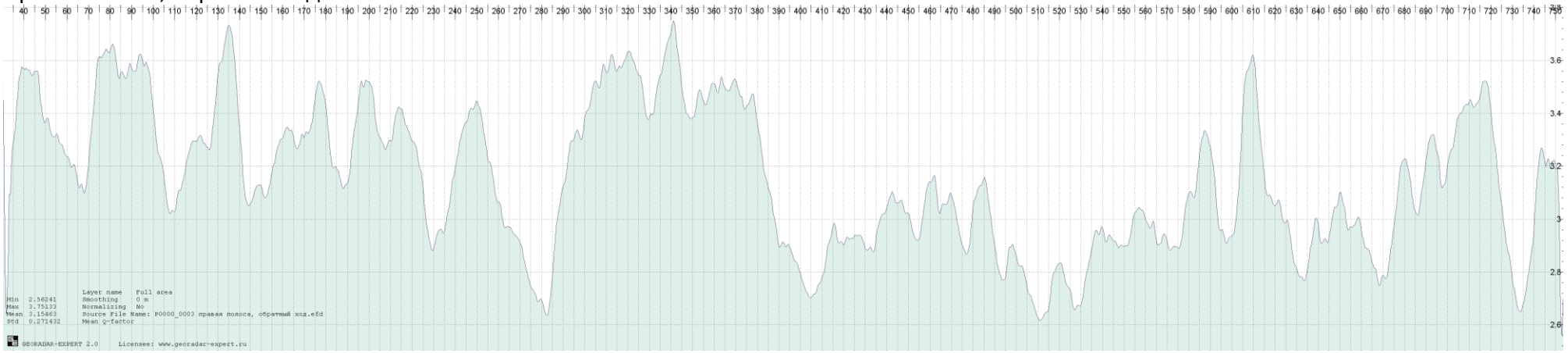


Q-factor

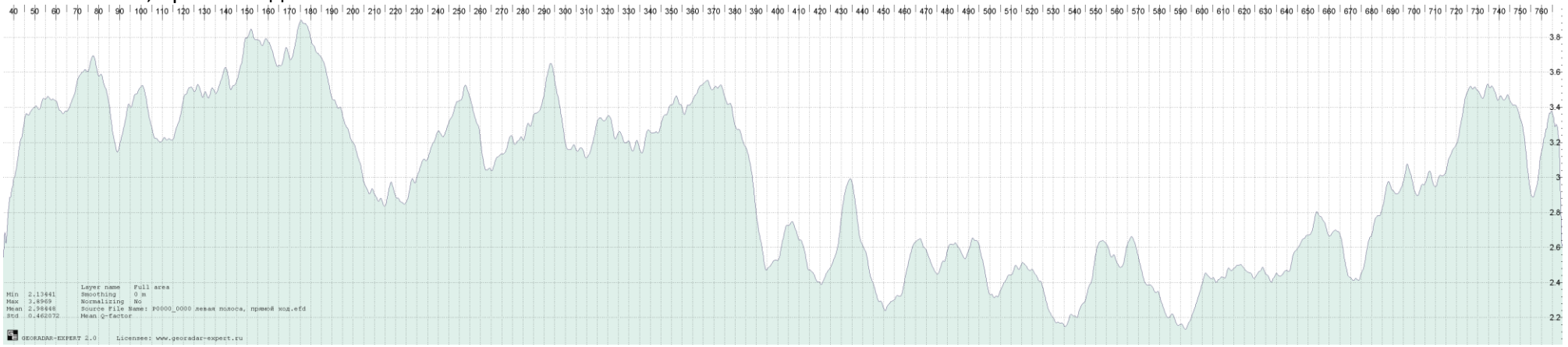
Правая полоса, прямой ход



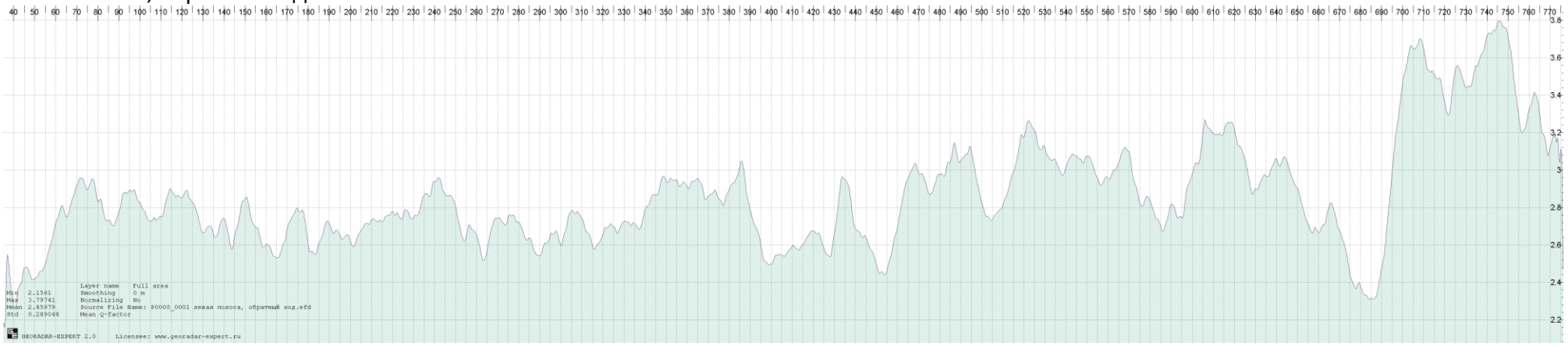
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход

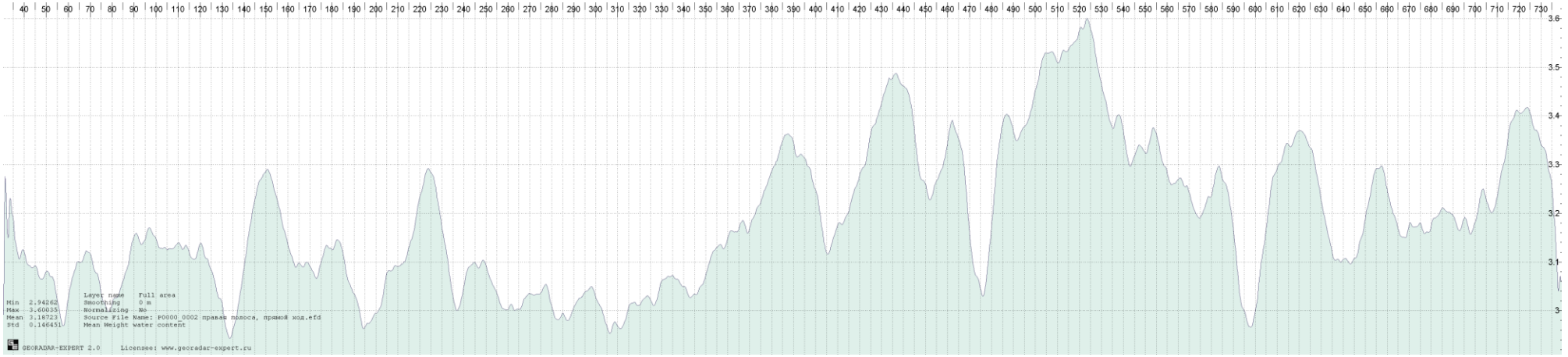


Левая полоса, обратный ход

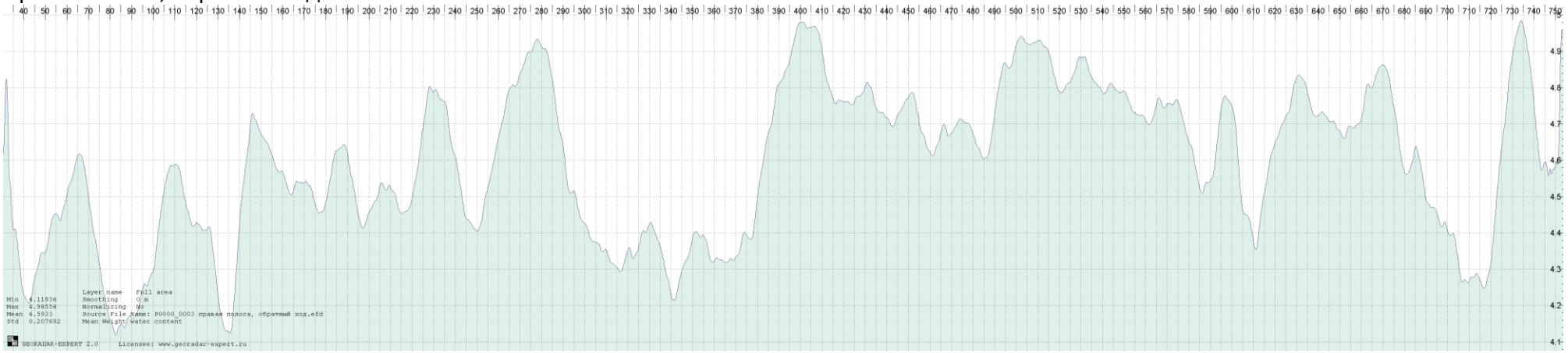


Weight water content

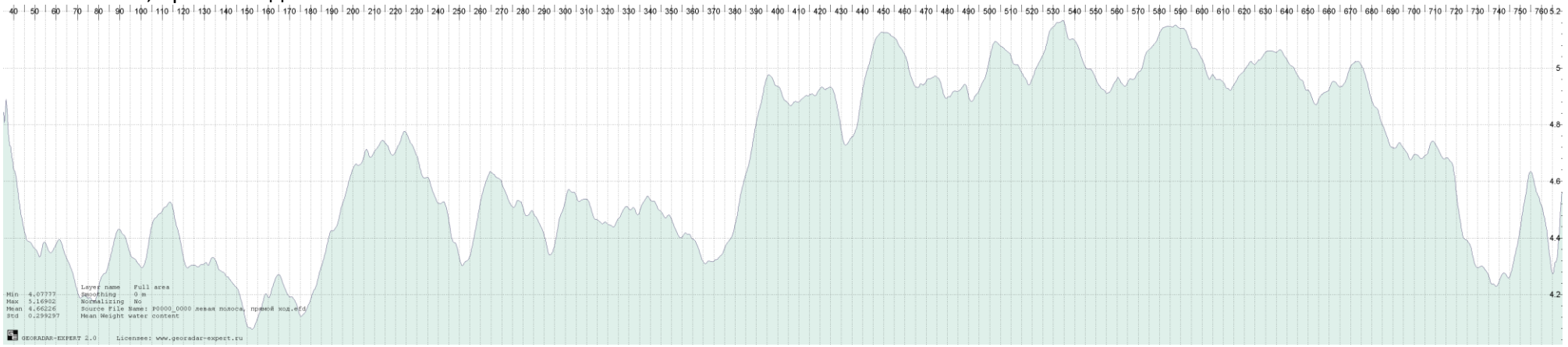
Правая полоса, прямой ход



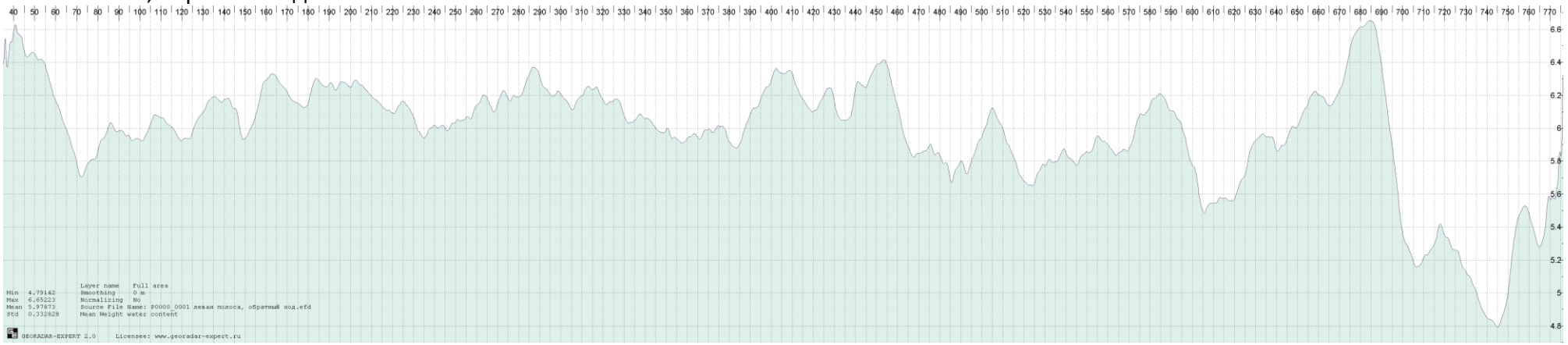
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход



Левая полоса, обратный ход

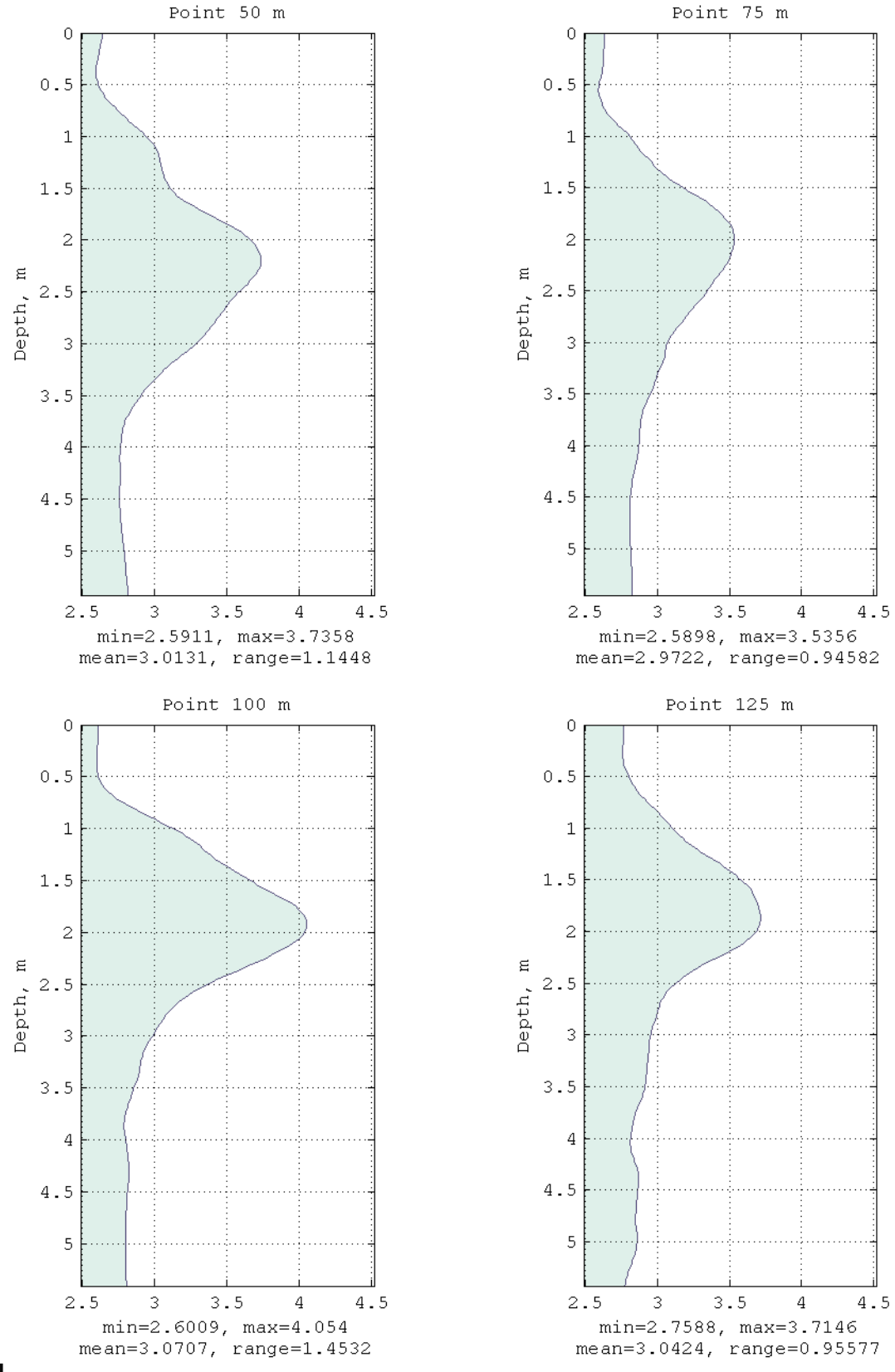


5. Графики изменения влажности по глубине

Ниже представлены данные об изменении весовой влажности по глубине с шагом по георадарному профилю 25 метров в виде графиков. В верхней части каждой страницы указано имя файла георадарного профиля и наименование атрибута. Над каждым графиком указана точка по шкале расстояний, в которой были получены данные распределения атрибута. Вертикальная шкала графика – шкала глубин в метрах, горизонтальная шкала – шкала значений атрибута. У графиков, полученных от одного георадарного профиля, пределы горизонтальной оси одинаковы. Под каждым графиком отображены минимальные, максимальные и средние значения атрибута, а также размах значений атрибута.

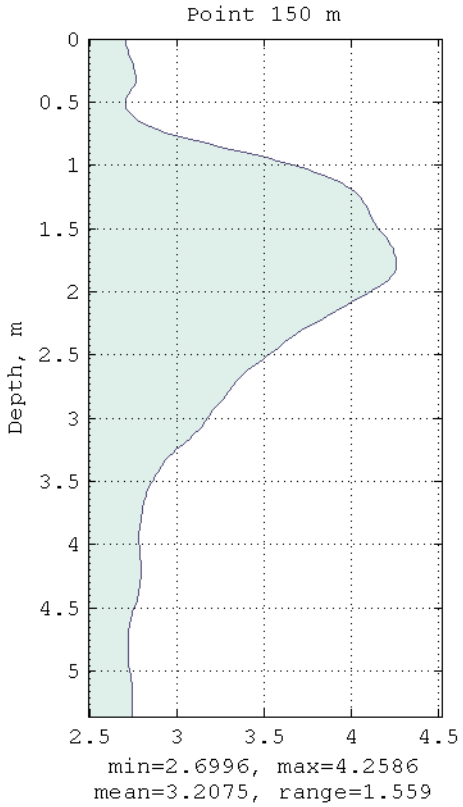
Правая полоса, прямой ход

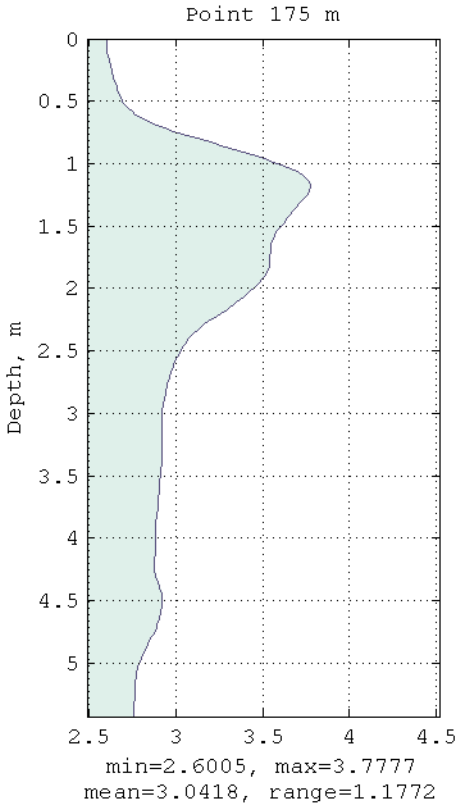
Logging sheet, part 1 of 7
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent

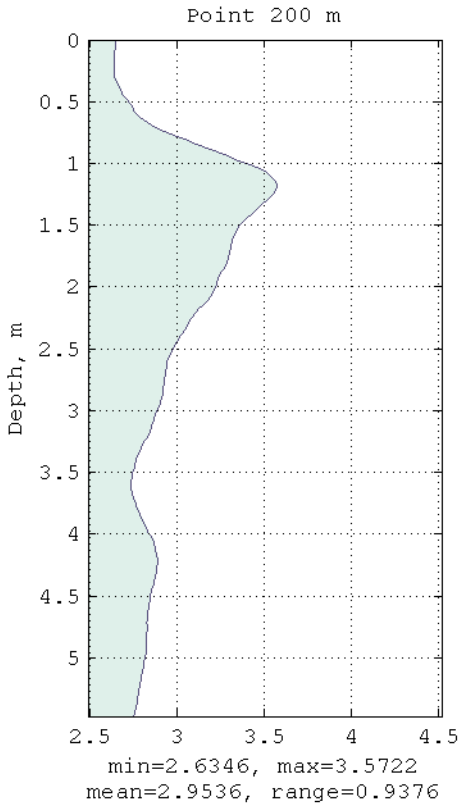


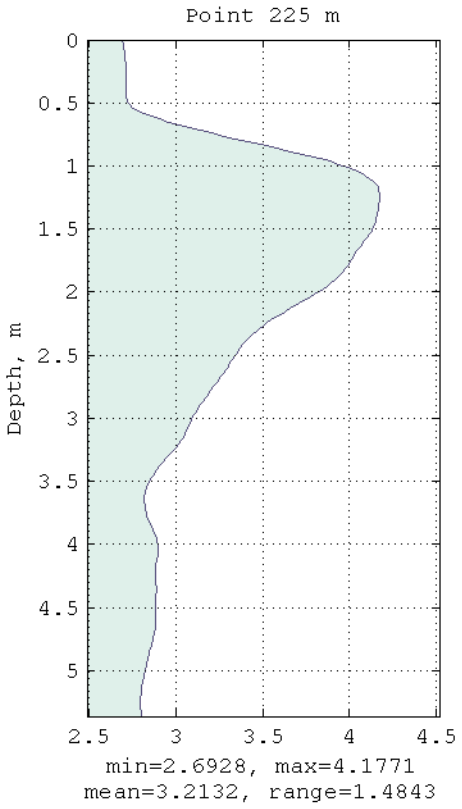
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Logging sheet, part 2 of 7
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



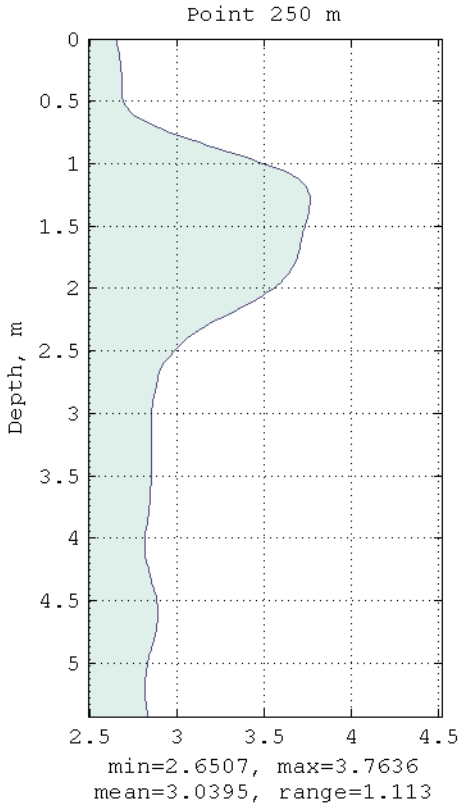


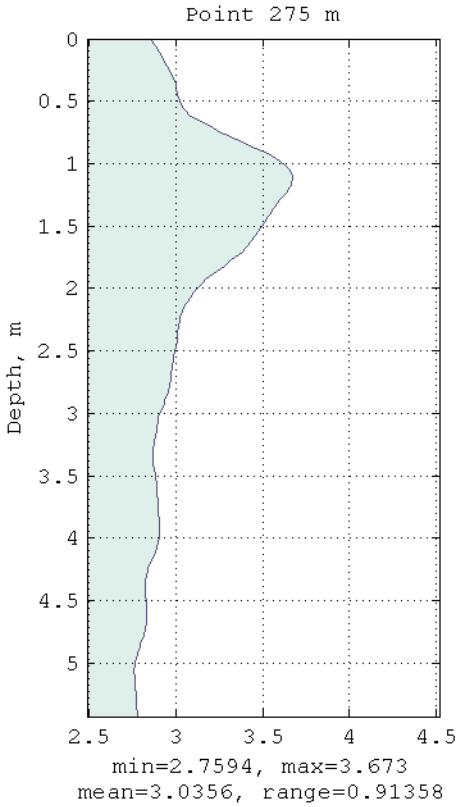


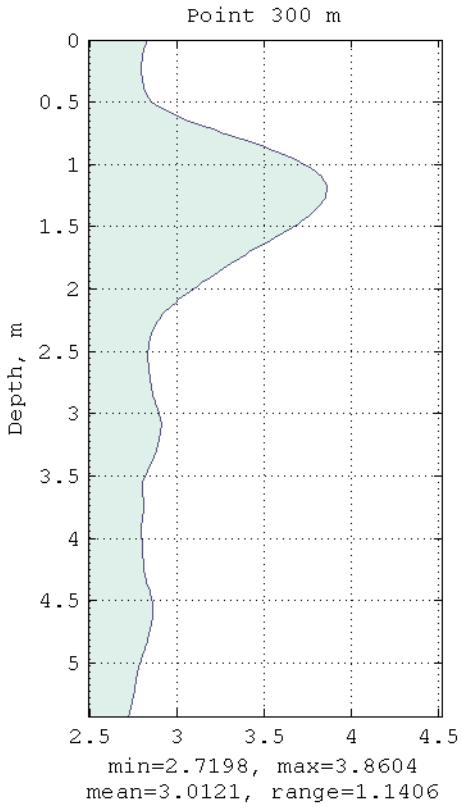


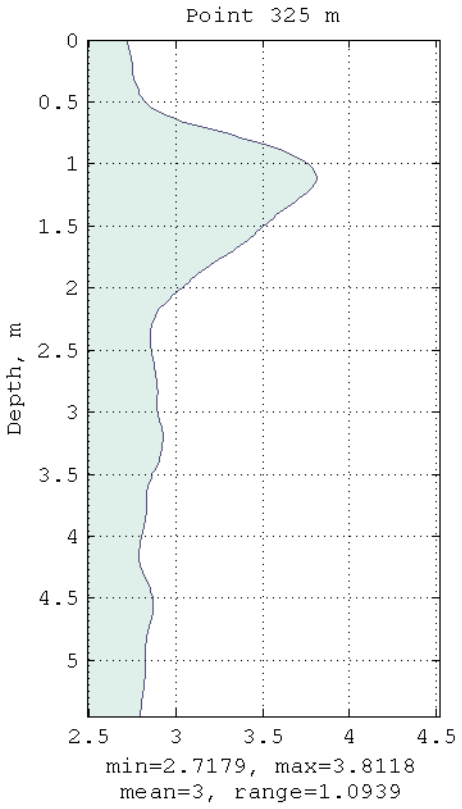
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Logging sheet, part 3 of 7
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



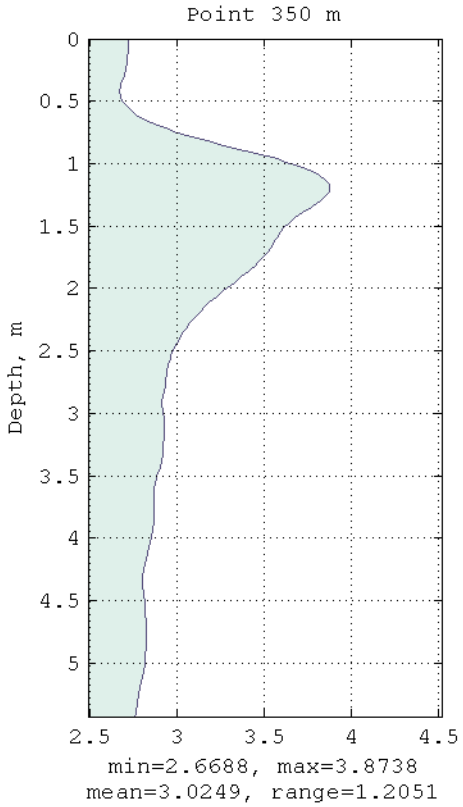


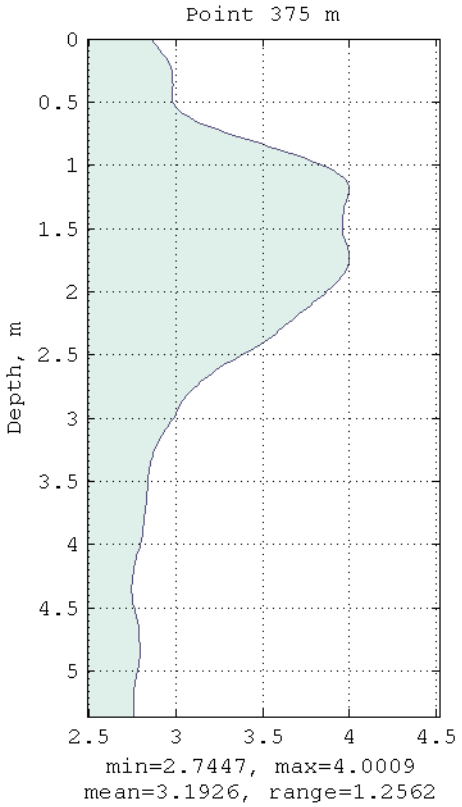


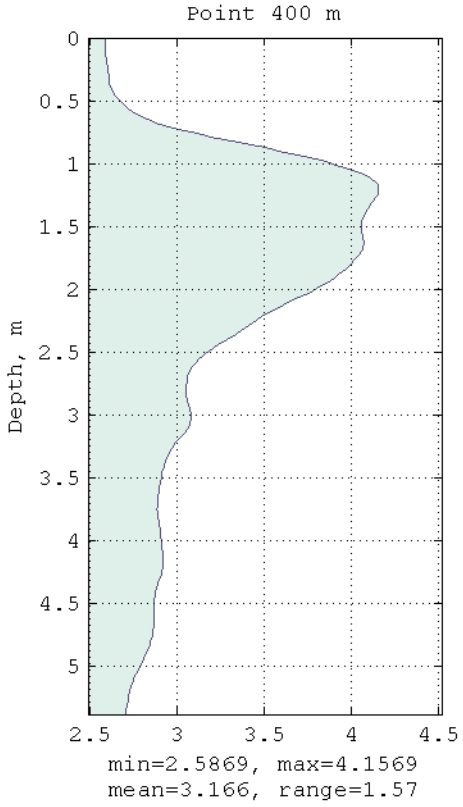


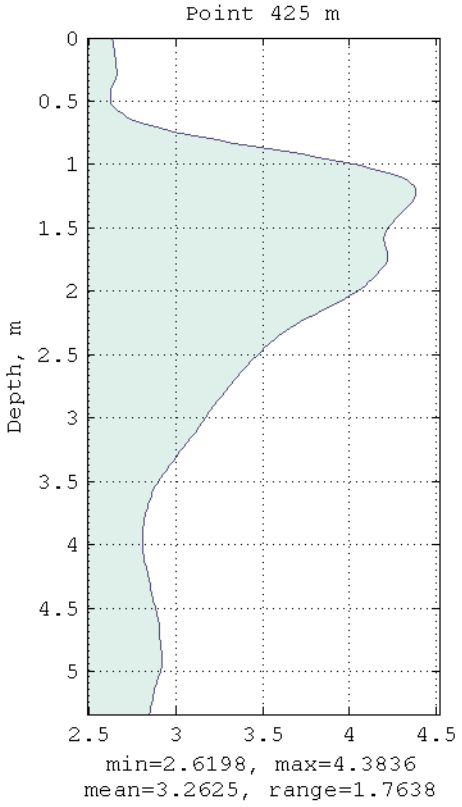
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Logging sheet, part 4 of 7
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



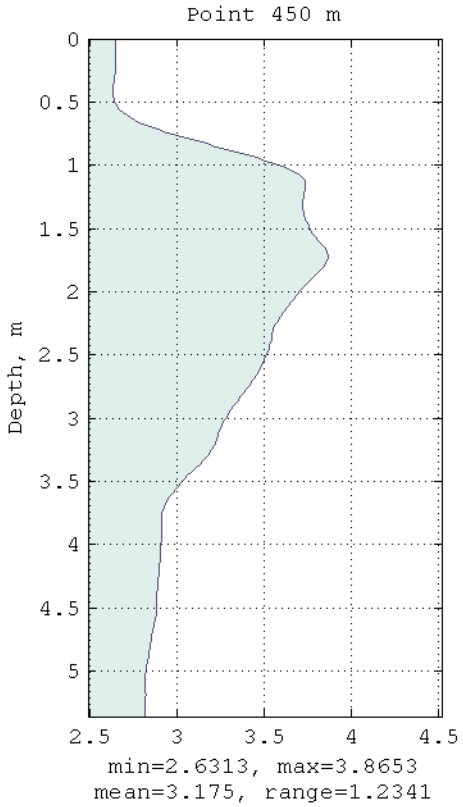


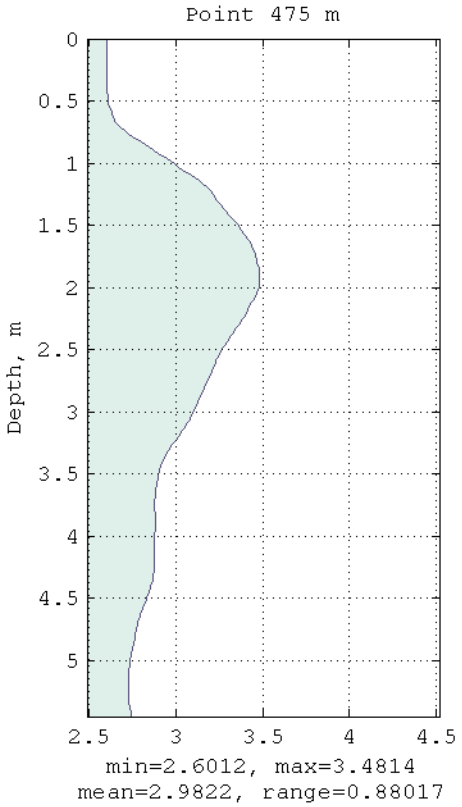


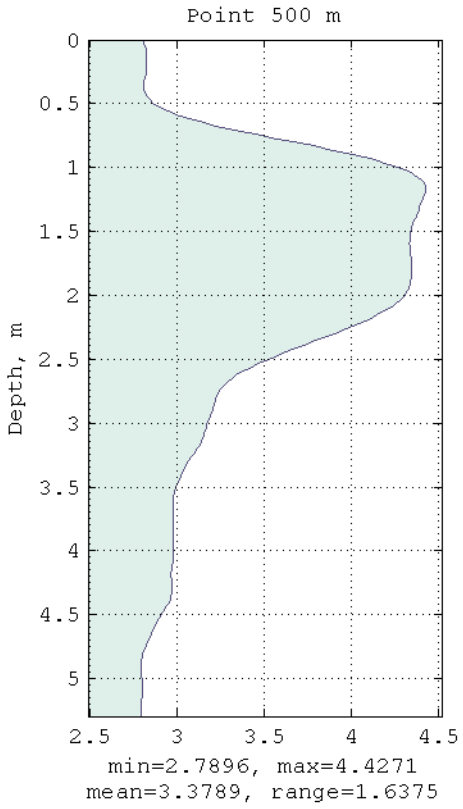


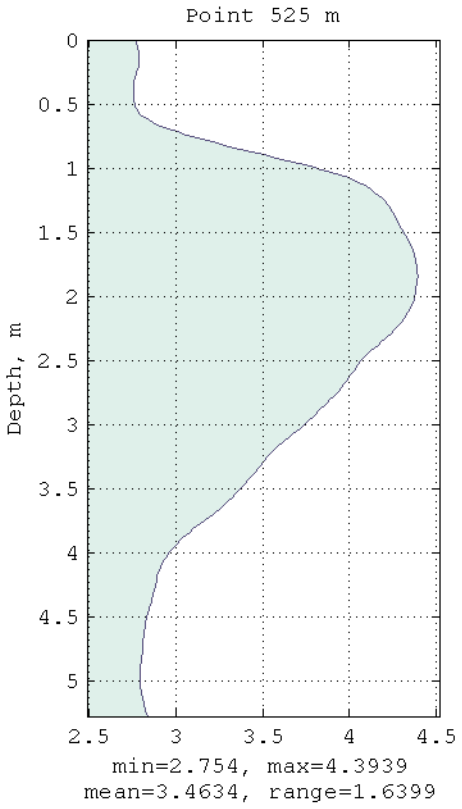
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Logging sheet, part 5 of 7
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



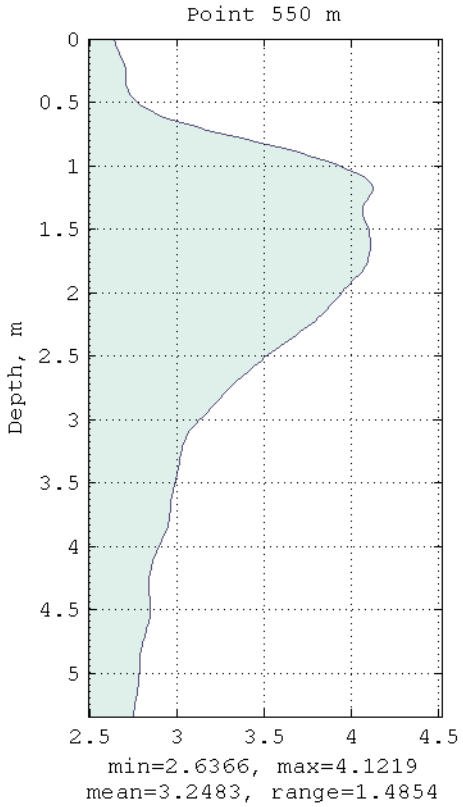


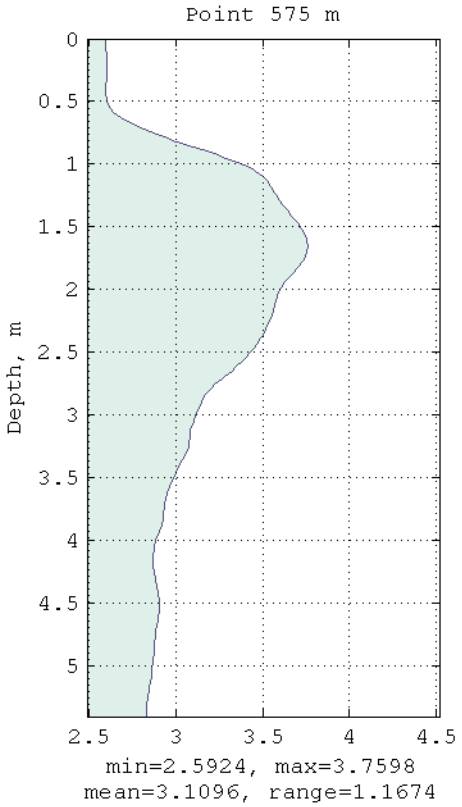


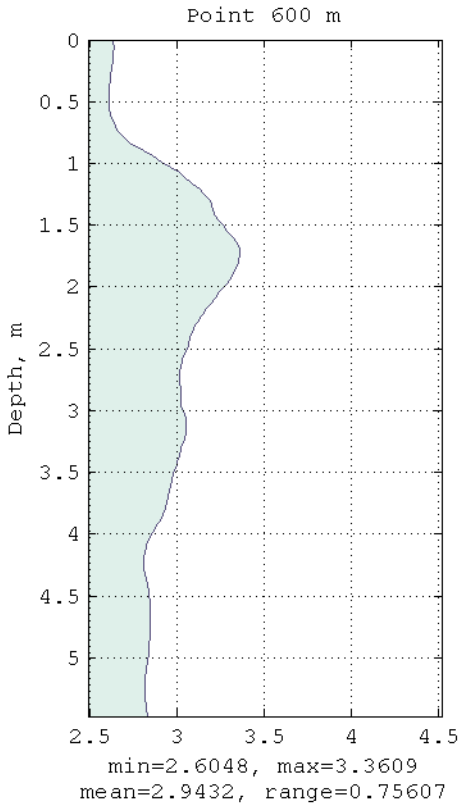


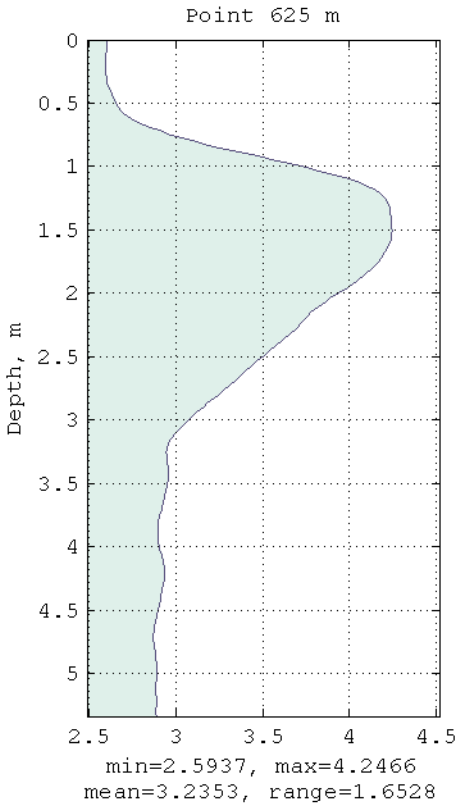
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Logging sheet, part 6 of 7
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



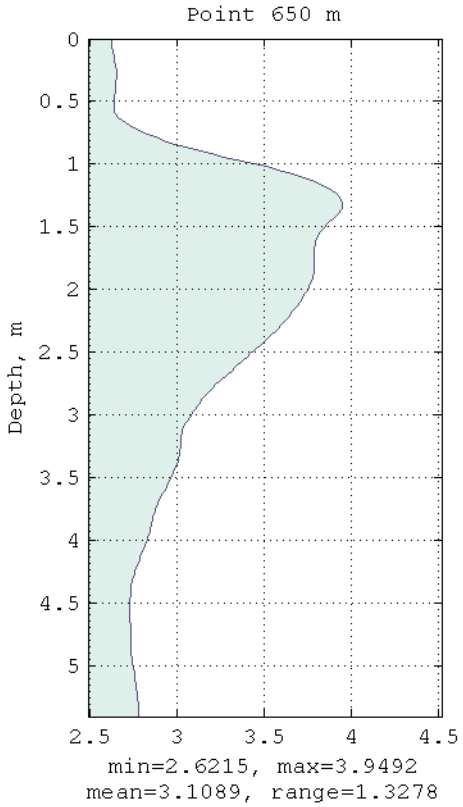


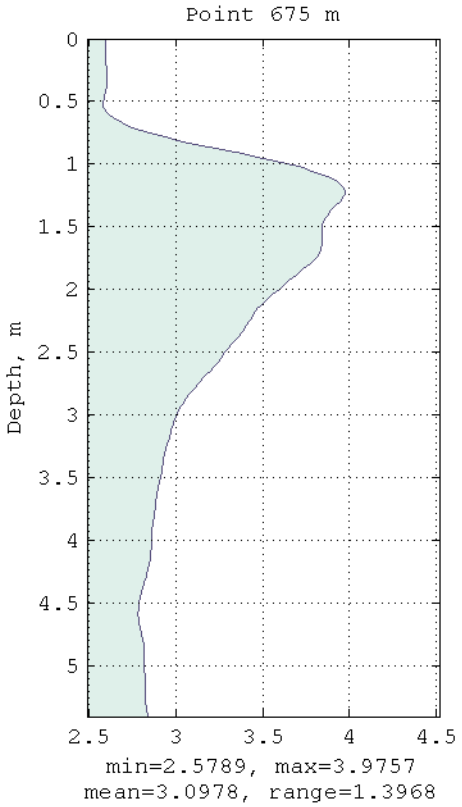


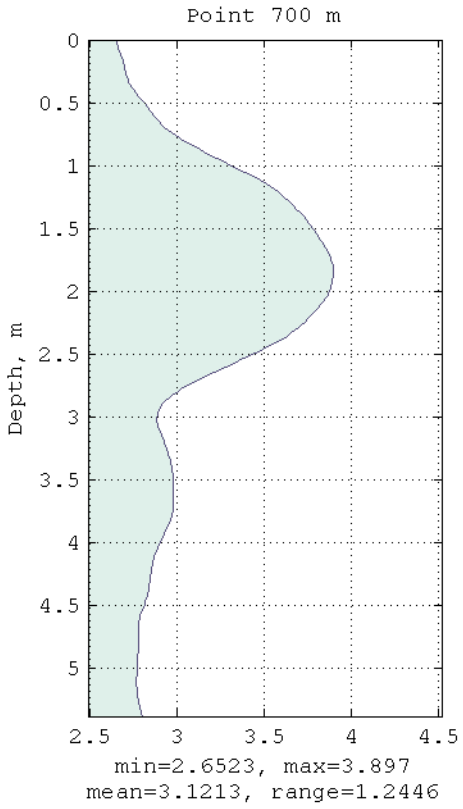


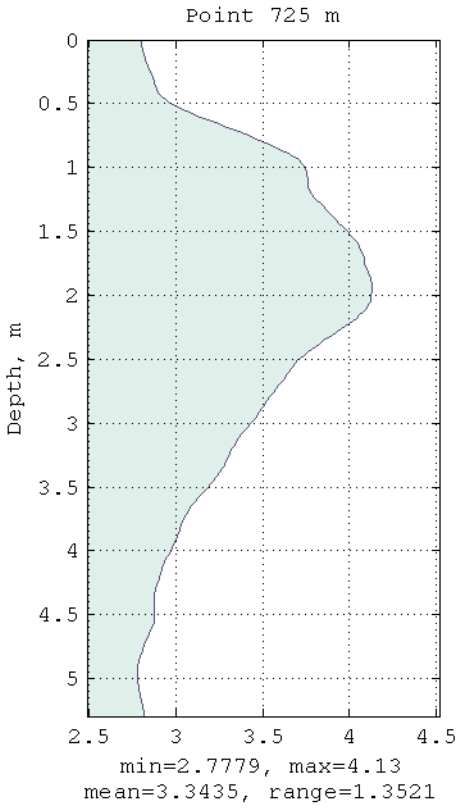
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Logging sheet, part 7 of 7
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent





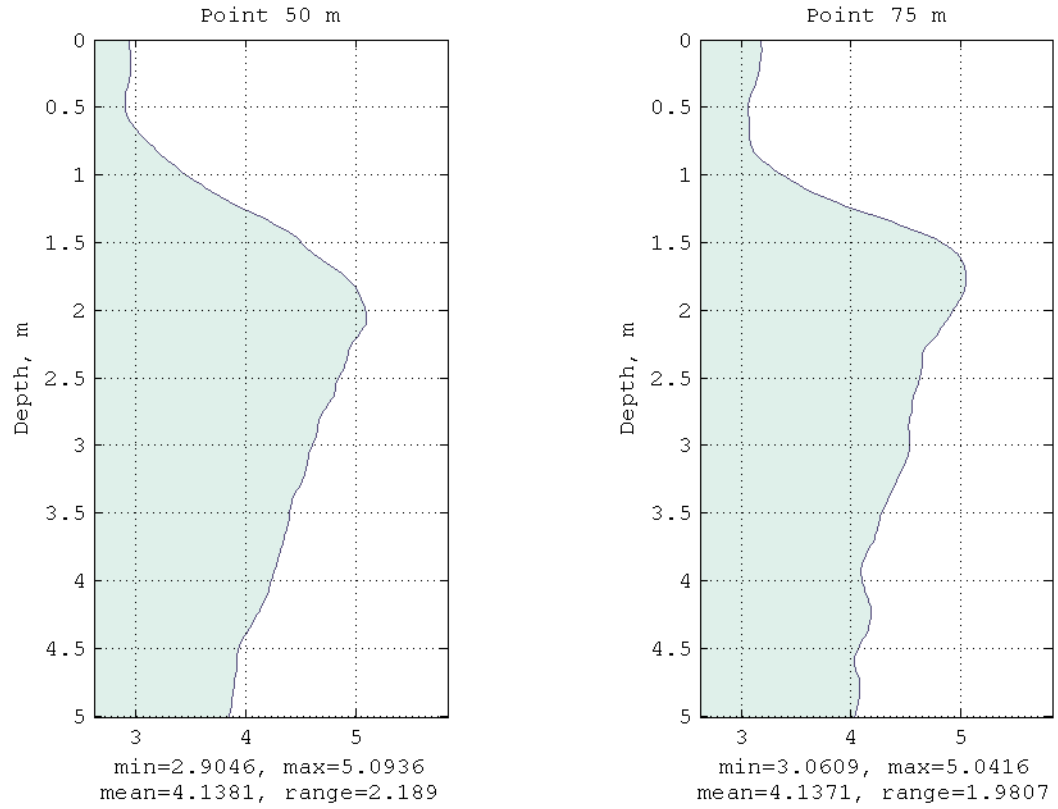




GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

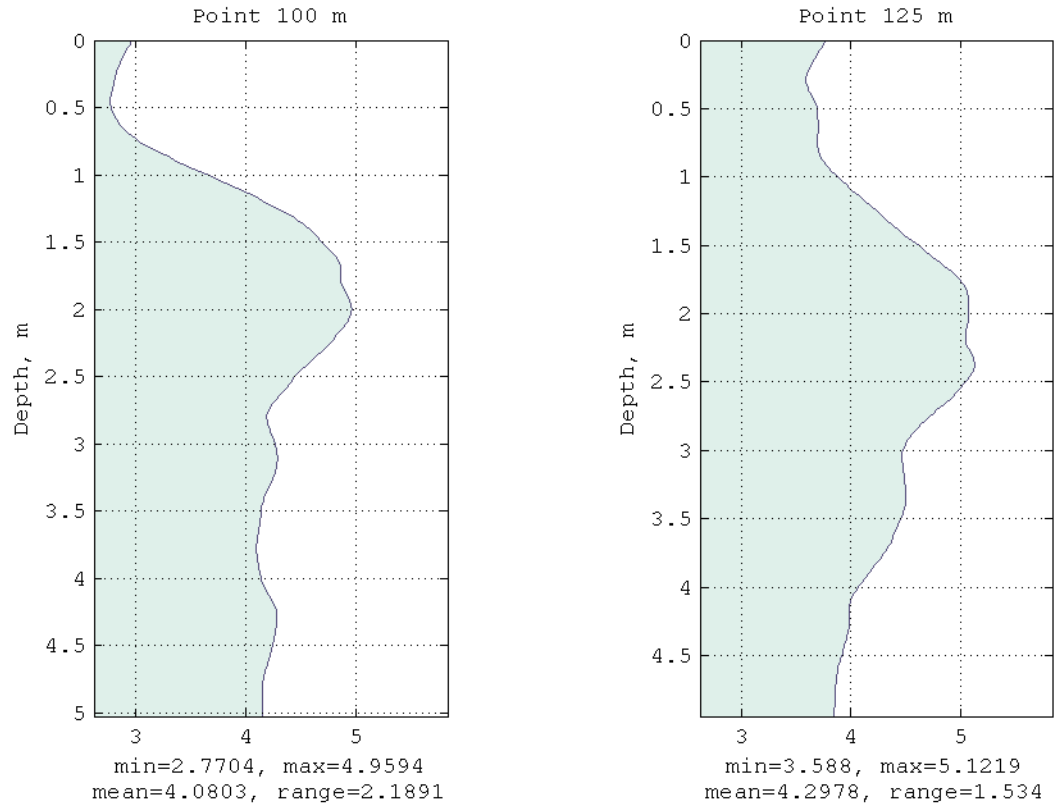
Правая полоса, обратный ход

Logging sheet, part 1 of 8
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



min=2.9046, max=5.0936
mean=4.1381, range=2.189

min=3.0609, max=5.0416
mean=4.1371, range=1.9807

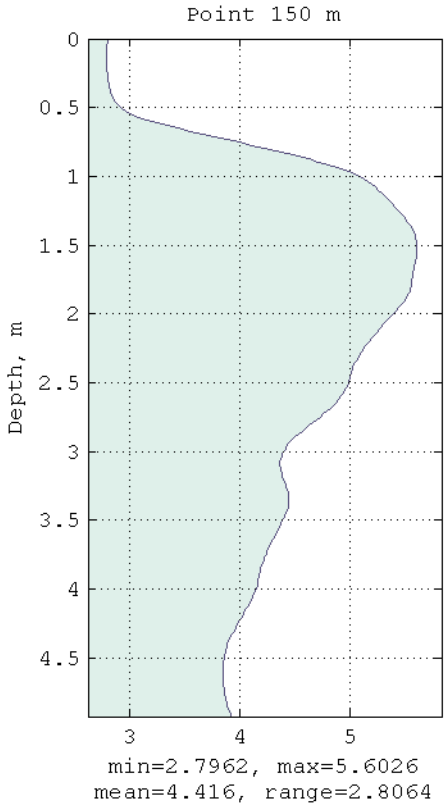


min=2.7704, max=4.9594
mean=4.0803, range=2.1891

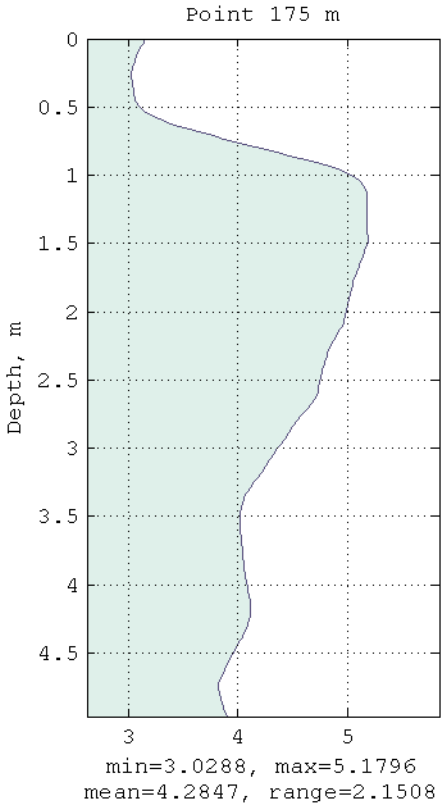
min=3.588, max=5.1219
mean=4.2978, range=1.534

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

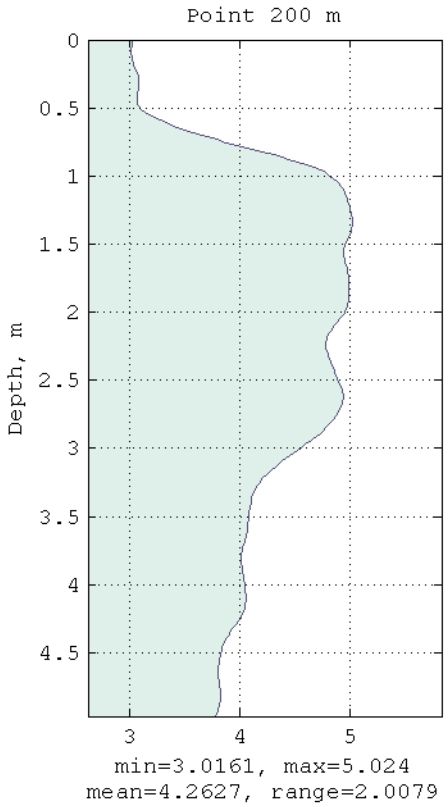
Logging sheet, part 2 of 8
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



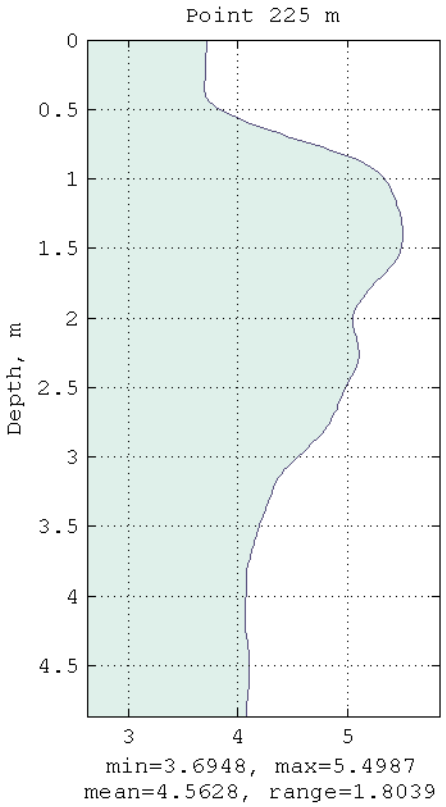
min=2.7962, max=5.6026
mean=4.416, range=2.8064



min=3.0288, max=5.1796
mean=4.2847, range=2.1508



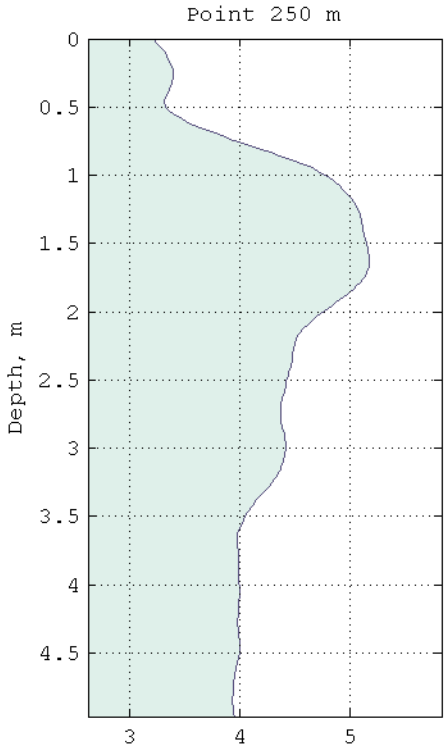
min=3.0161, max=5.024
mean=4.2627, range=2.0079



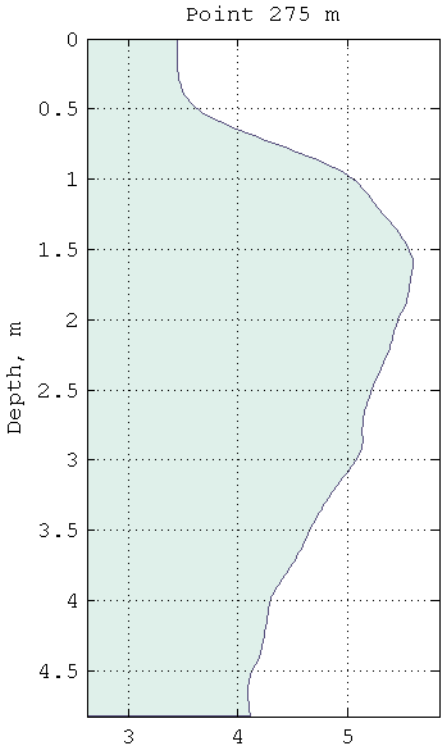
min=3.6948, max=5.4987
mean=4.5628, range=1.8039

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

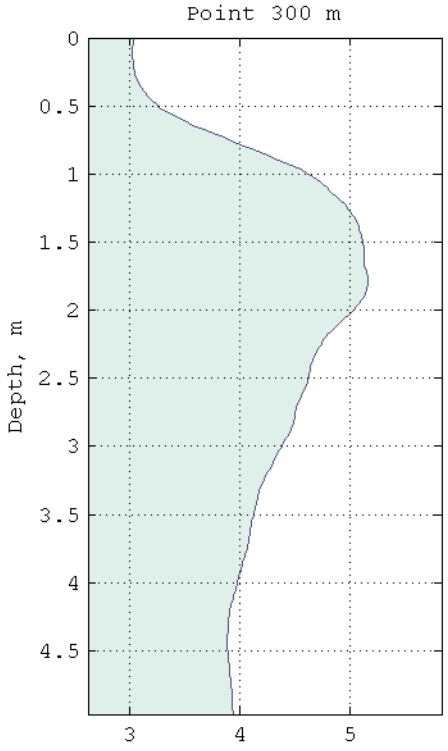
Logging sheet, part 3 of 8
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



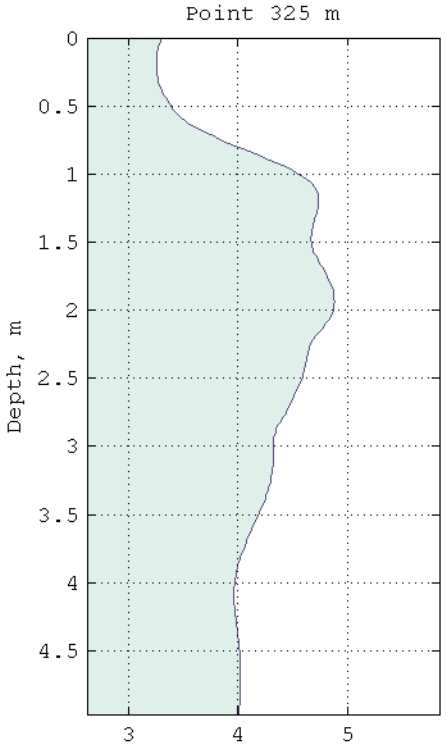
min=3.2263, max=5.1766
mean=4.2564, range=1.9503



min=3.4441, max=5.5912
mean=4.6997, range=2.1471



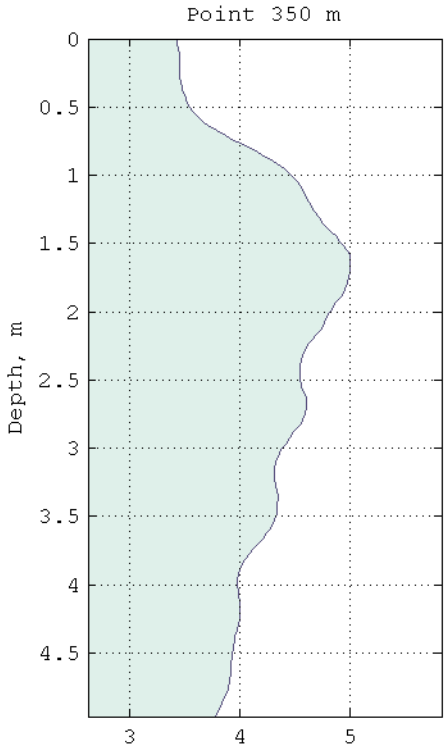
min=3.0279, max=5.1626
mean=4.2453, range=2.1347



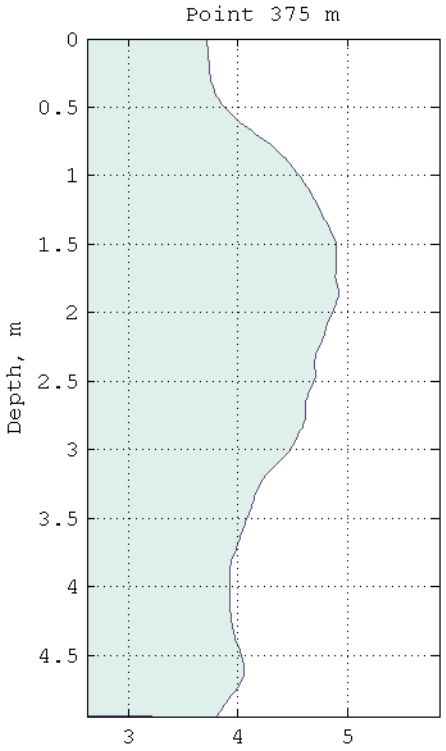
min=3.2603, max=4.8746
mean=4.2118, range=1.6143

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

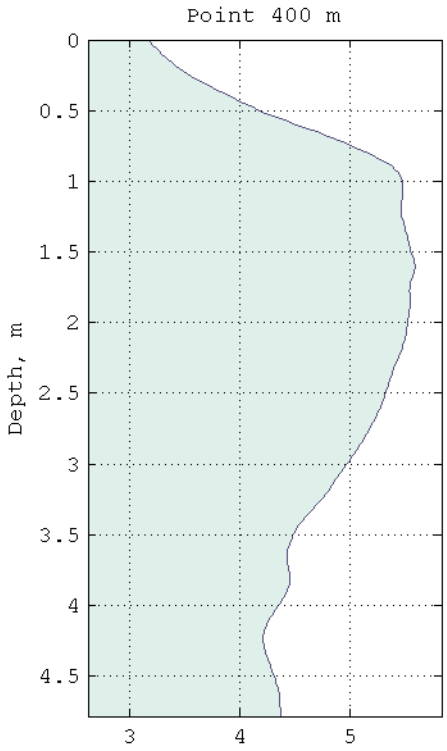
Logging sheet, part 4 of 8
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



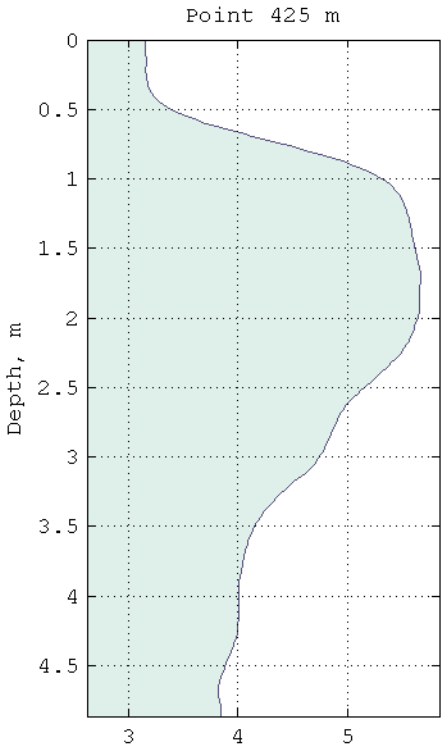
min=3.4262, max=5.0057
mean=4.26, range=1.5795



min=3.7101, max=4.9139
mean=4.3121, range=1.2039



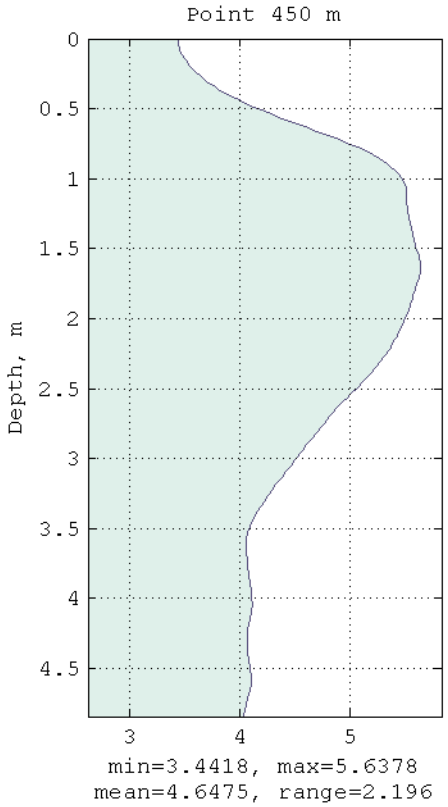
min=3.1808, max=5.5878
mean=4.8122, range=2.407



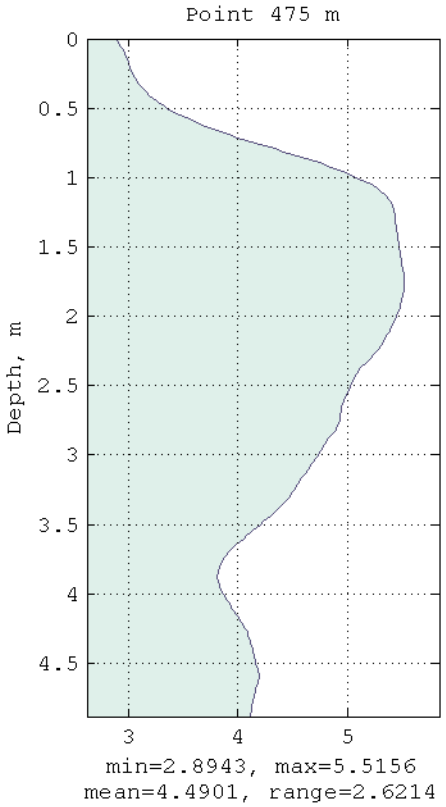
min=3.1535, max=5.6576
mean=4.5526, range=2.5041

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

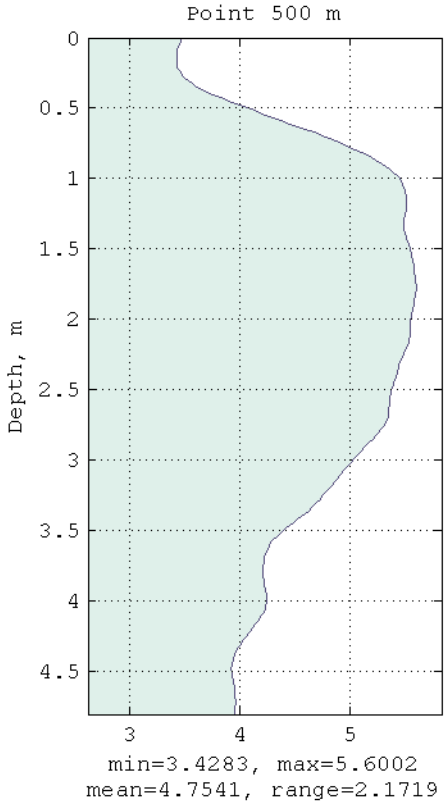
Logging sheet, part 5 of 8
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



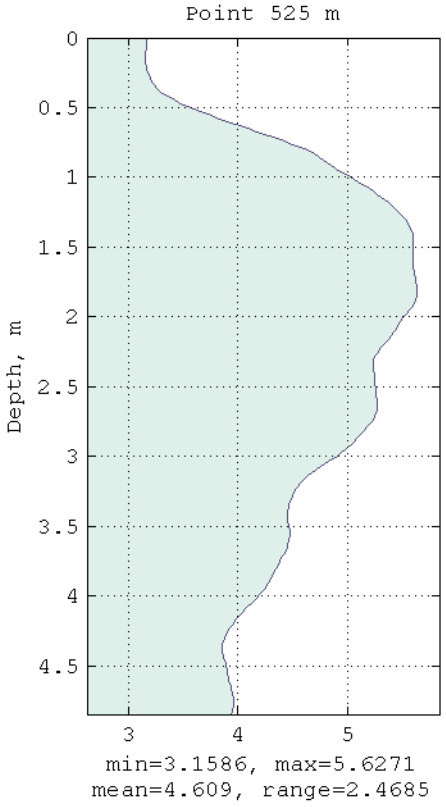
min=3.4418, max=5.6378
mean=4.6475, range=2.196



min=2.8943, max=5.5156
mean=4.4901, range=2.6214



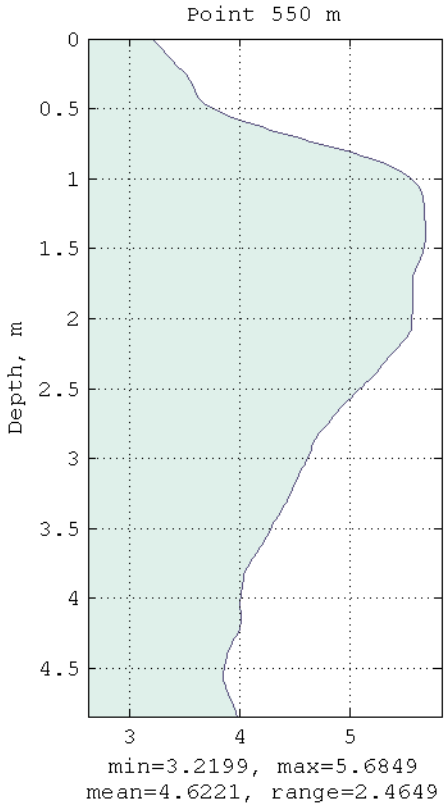
min=3.4283, max=5.6002
mean=4.7541, range=2.1719



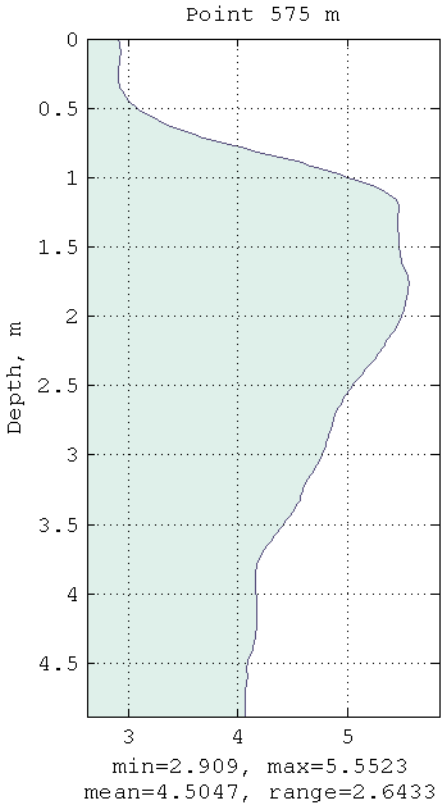
min=3.1586, max=5.6271
mean=4.609, range=2.4685

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

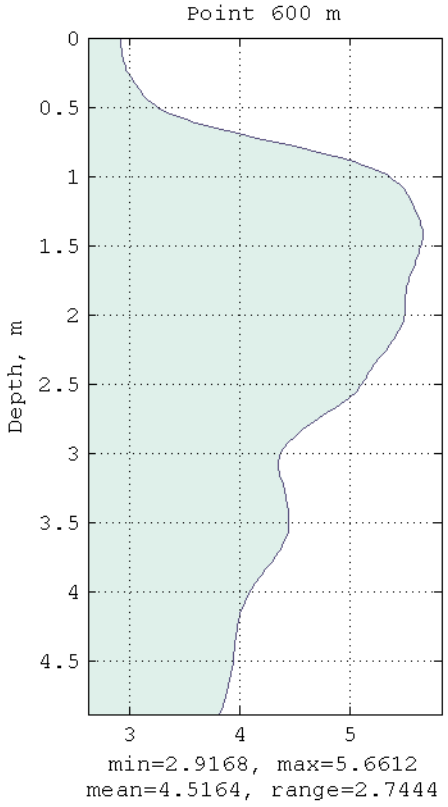
Logging sheet, part 6 of 8
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



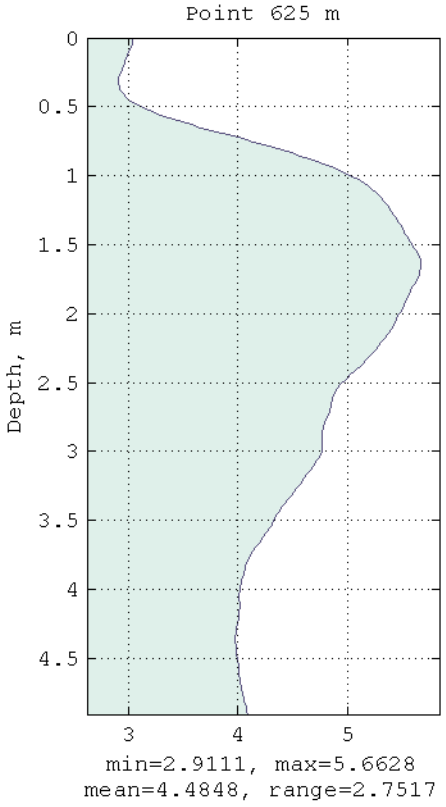
min=3.2199, max=5.6849
mean=4.6221, range=2.4649



min=2.909, max=5.5523
mean=4.5047, range=2.6433

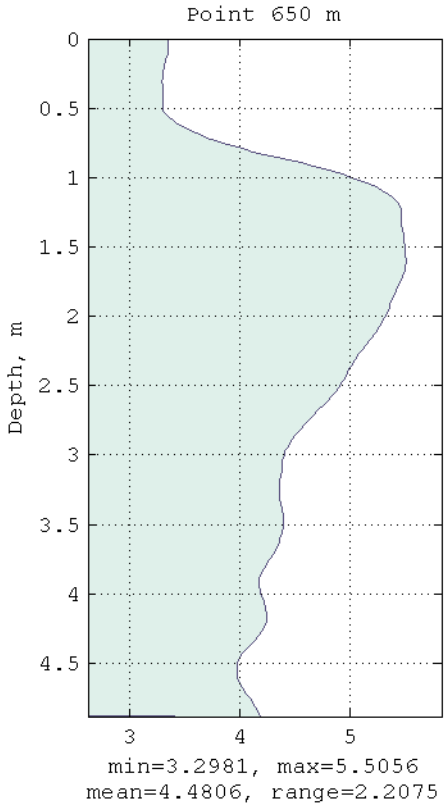


min=2.9168, max=5.6612
mean=4.5164, range=2.7444

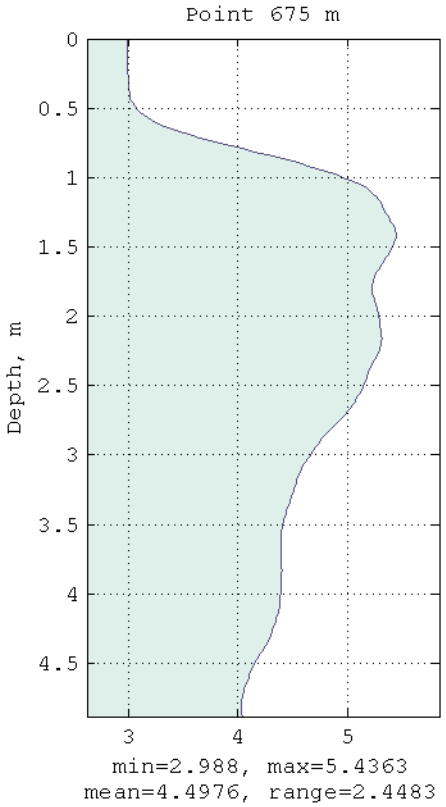


min=2.9111, max=5.6628
mean=4.4848, range=2.7517

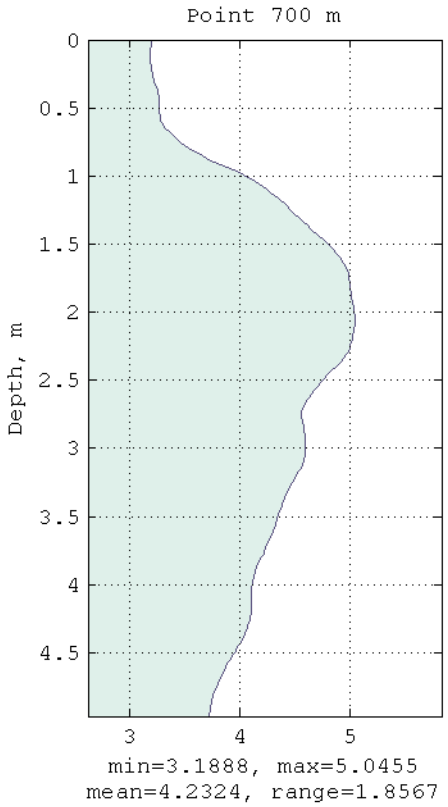
Logging sheet, part 7 of 8
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



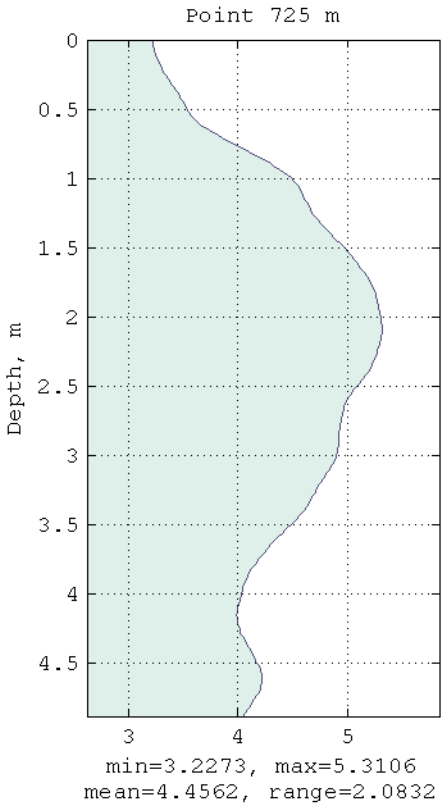
min=3.2981, max=5.5056
mean=4.4806, range=2.2075



min=2.988, max=5.4363
mean=4.4976, range=2.4483



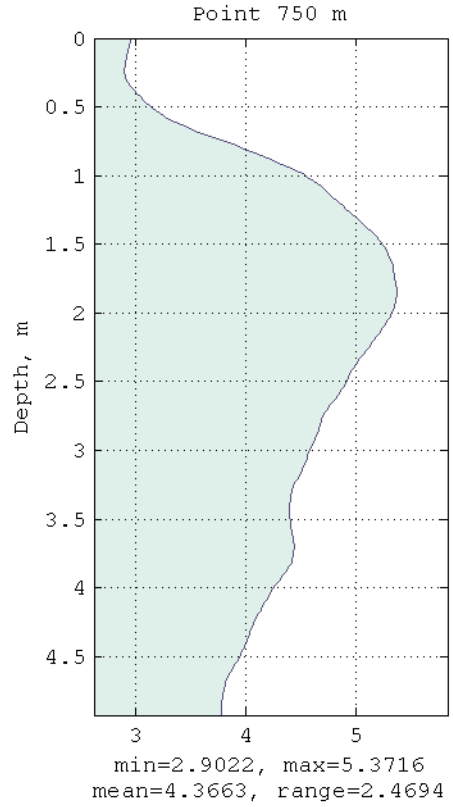
min=3.1888, max=5.0455
mean=4.2324, range=1.8567



min=3.2273, max=5.3106
mean=4.4562, range=2.0832

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

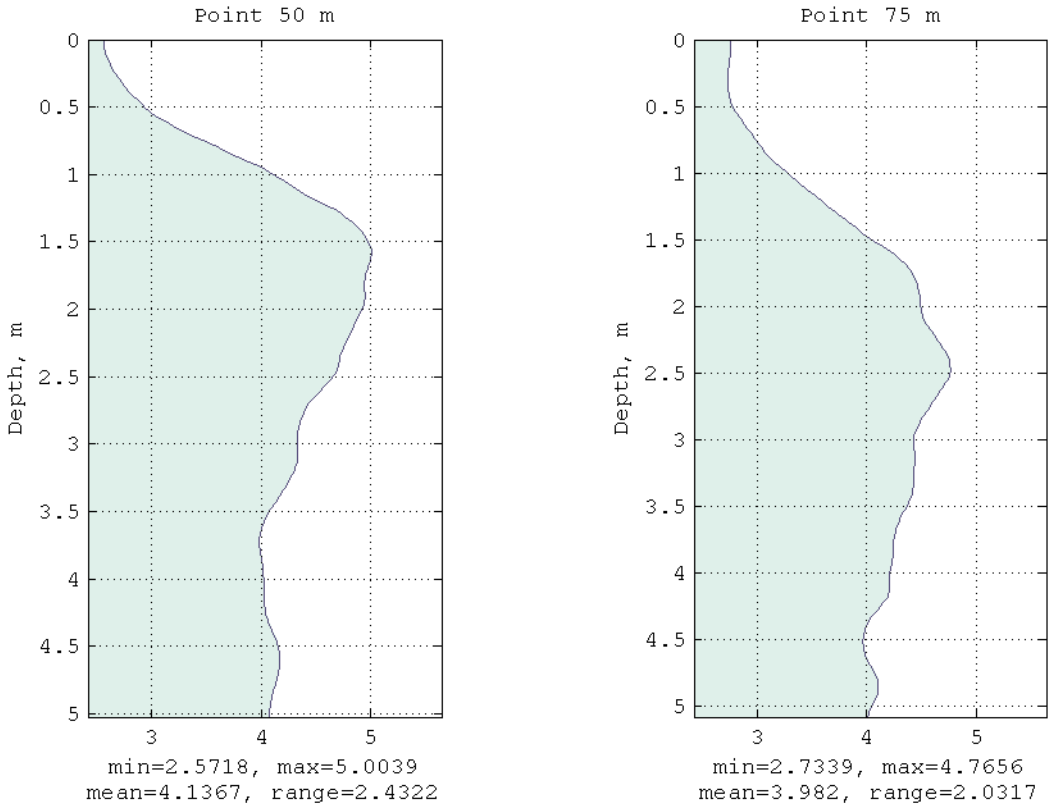
Logging sheet, part 8 of 8
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

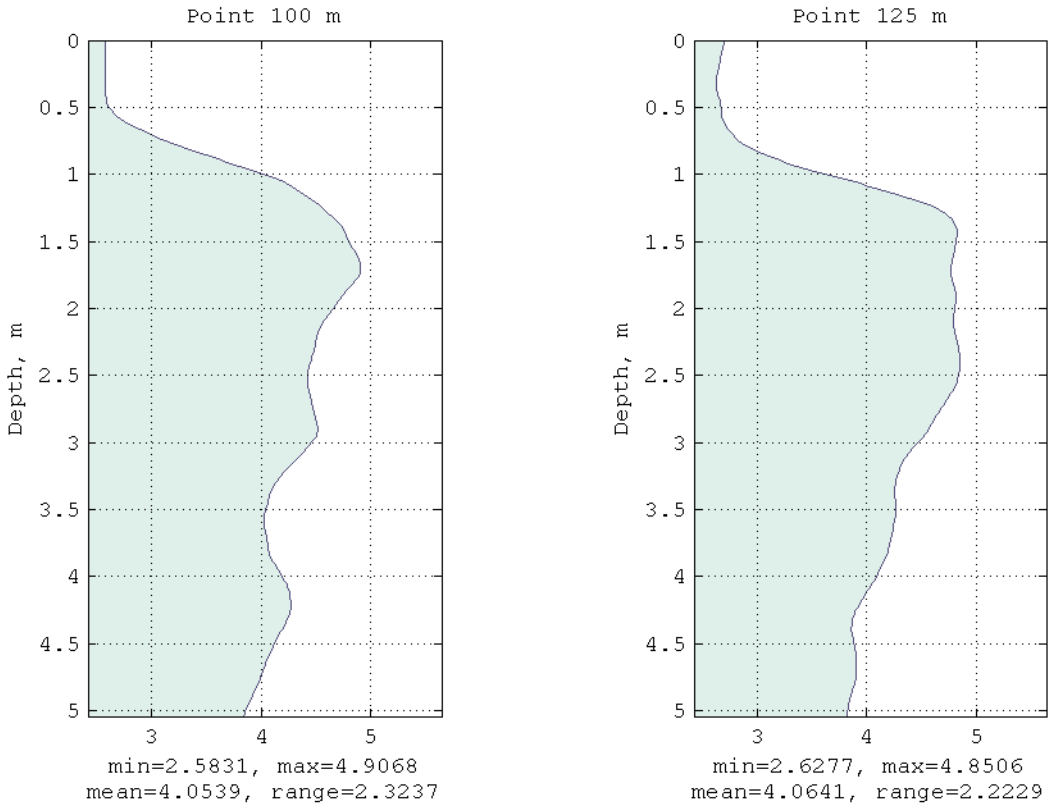
Левая полоса, прямой ход

Logging sheet, part 1 of 8
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



min=2.5718, max=5.0039
mean=4.1367, range=2.4322

min=2.7339, max=4.7656
mean=3.982, range=2.0317

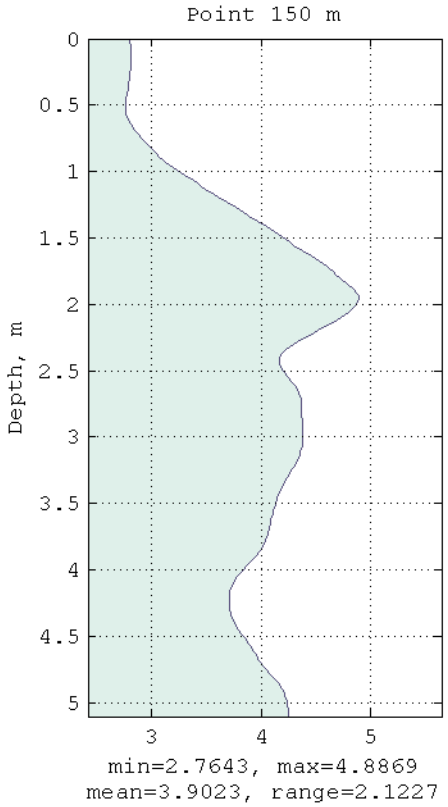


min=2.5831, max=4.9068
mean=4.0539, range=2.3237

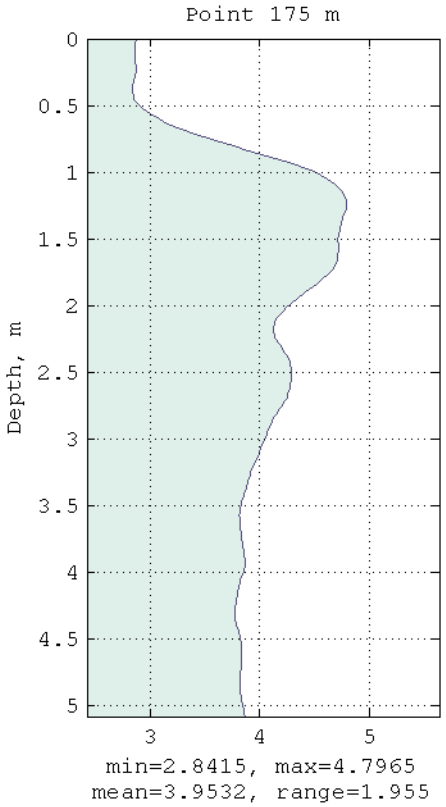
min=2.6277, max=4.8506
mean=4.0641, range=2.2229

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

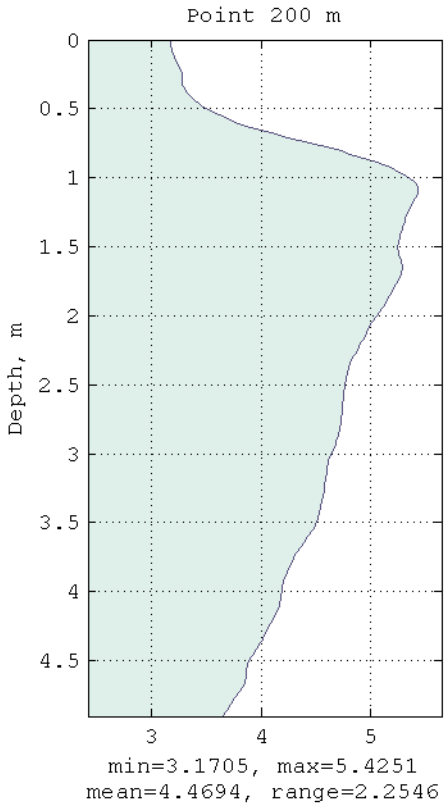
Logging sheet, part 2 of 8
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



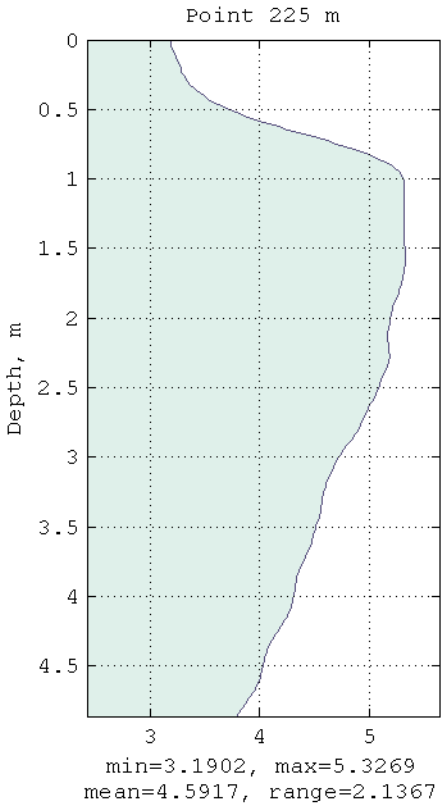
min=2.7643, max=4.8869
mean=3.9023, range=2.1227



min=2.8415, max=4.7965
mean=3.9532, range=1.955



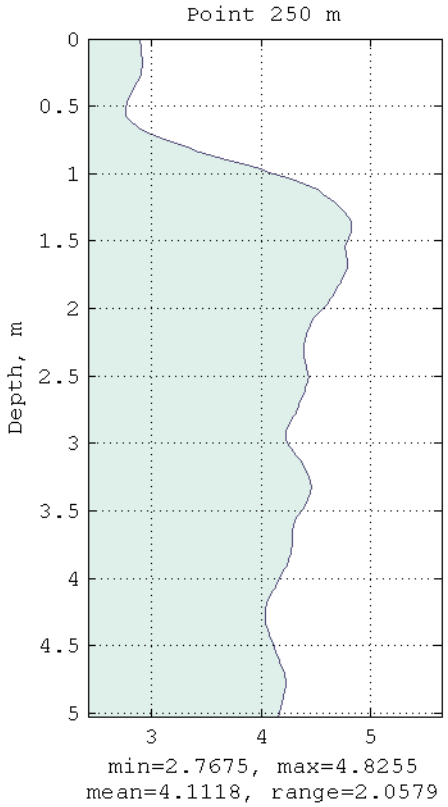
min=3.1705, max=5.4251
mean=4.4694, range=2.2546



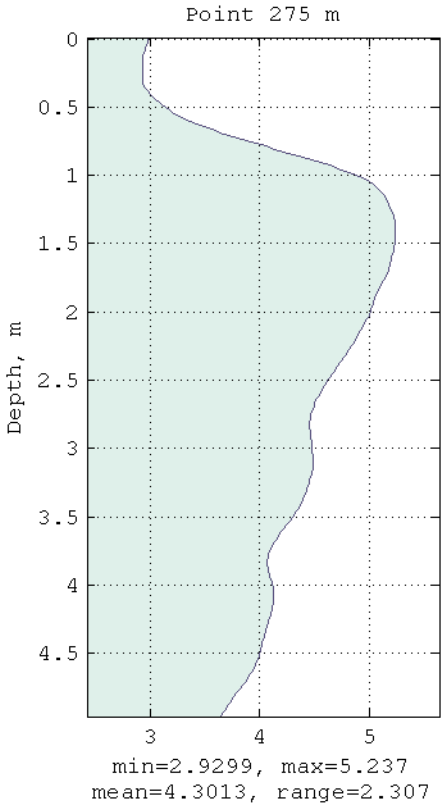
min=3.1902, max=5.3269
mean=4.5917, range=2.1367

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

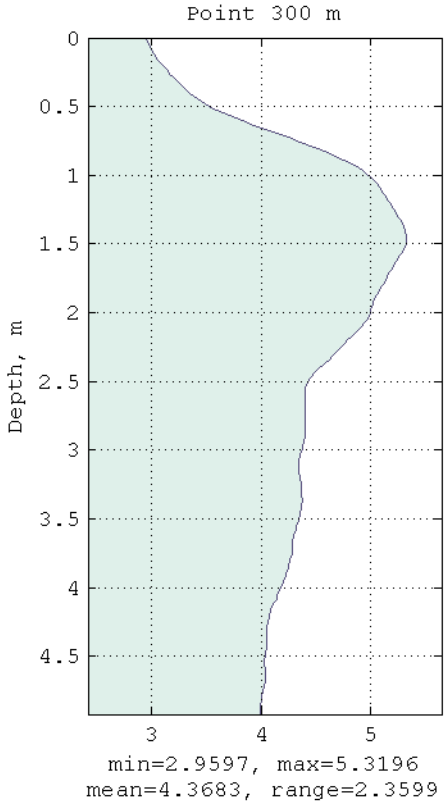
Logging sheet, part 3 of 8
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



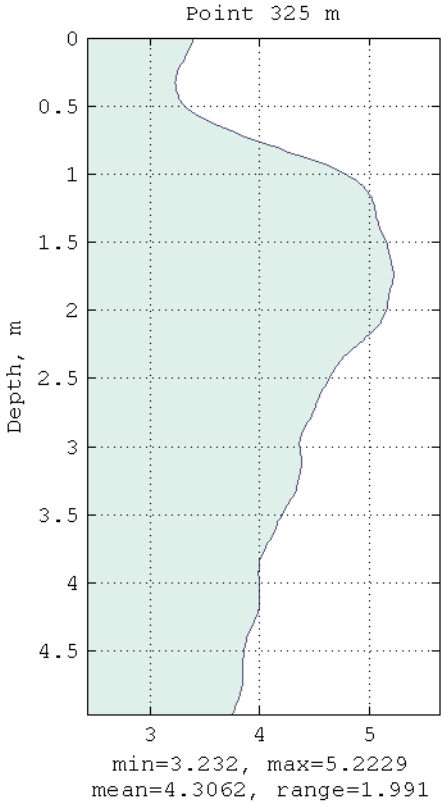
min=2.7675, max=4.8255
mean=4.1118, range=2.0579



min=2.9299, max=5.237
mean=4.3013, range=2.307



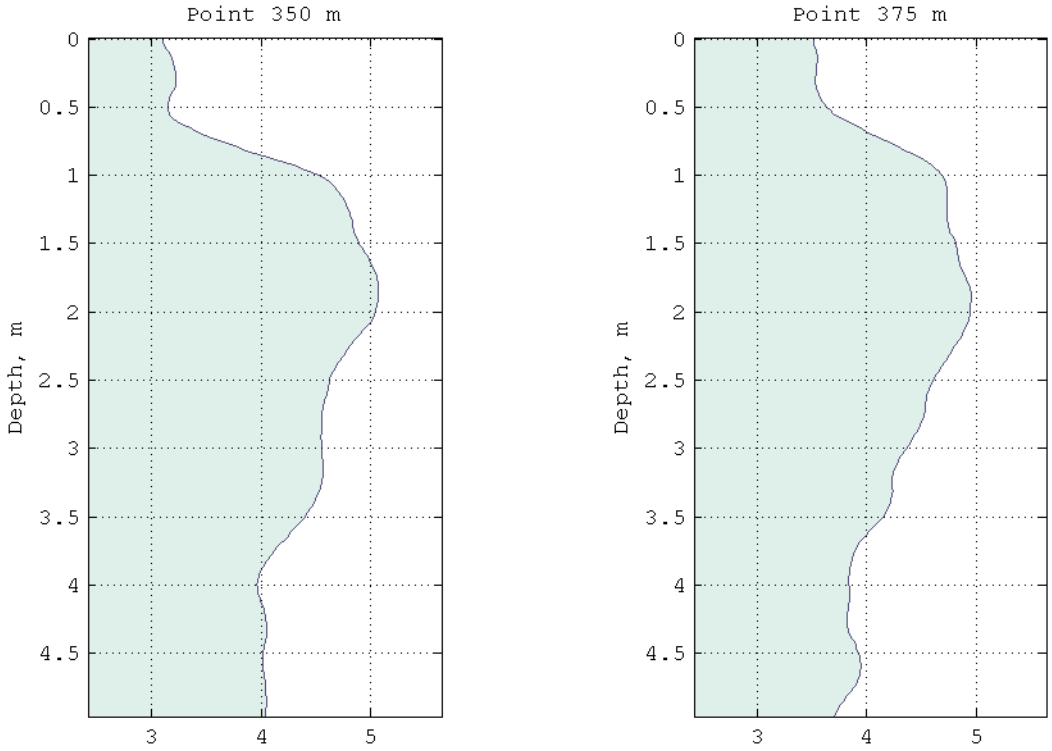
min=2.9597, max=5.3196
mean=4.3683, range=2.3599

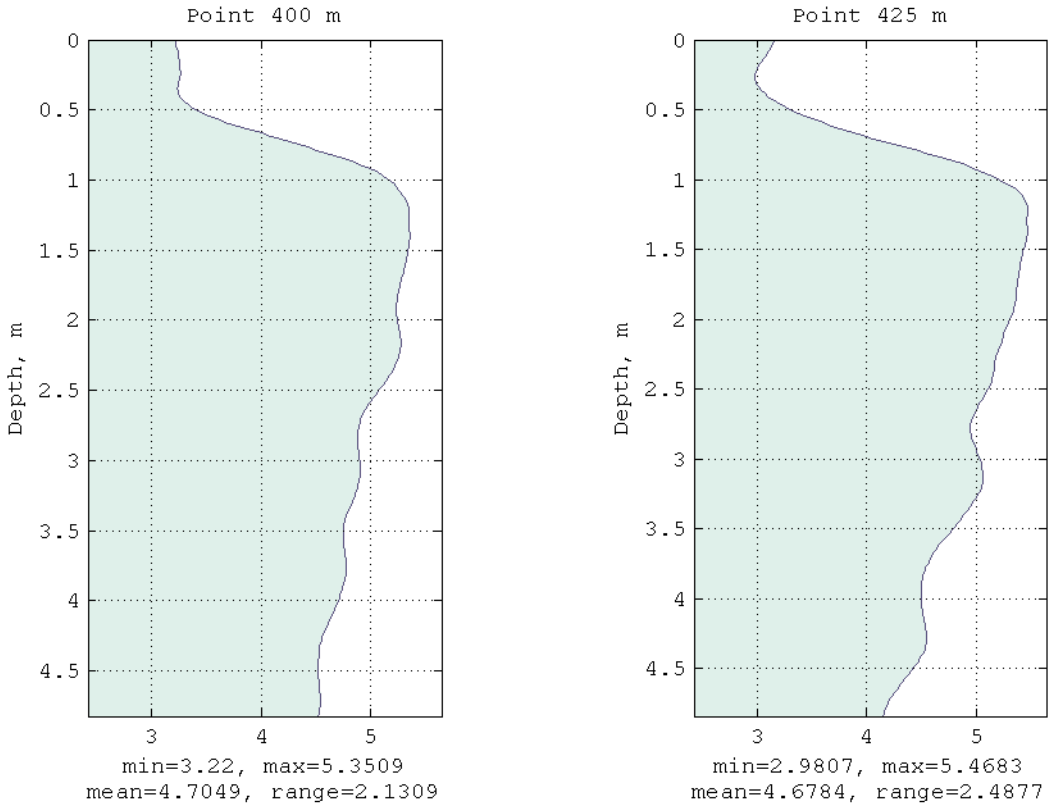


min=3.232, max=5.2229
mean=4.3062, range=1.991

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

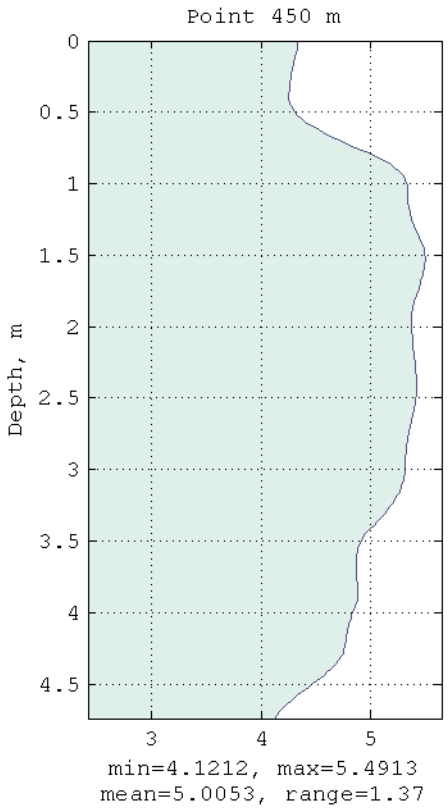
Logging sheet, part 4 of 8
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



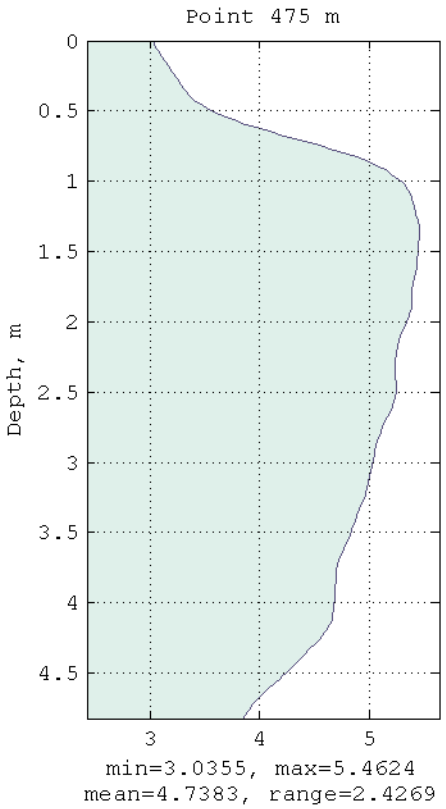


GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

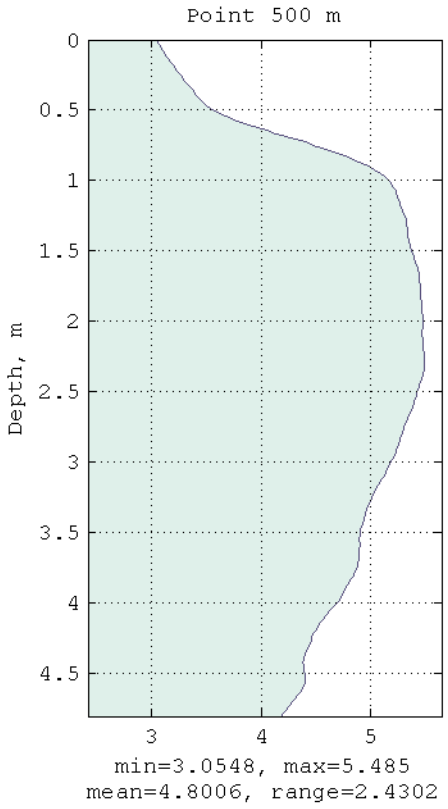
Logging sheet, part 5 of 8
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



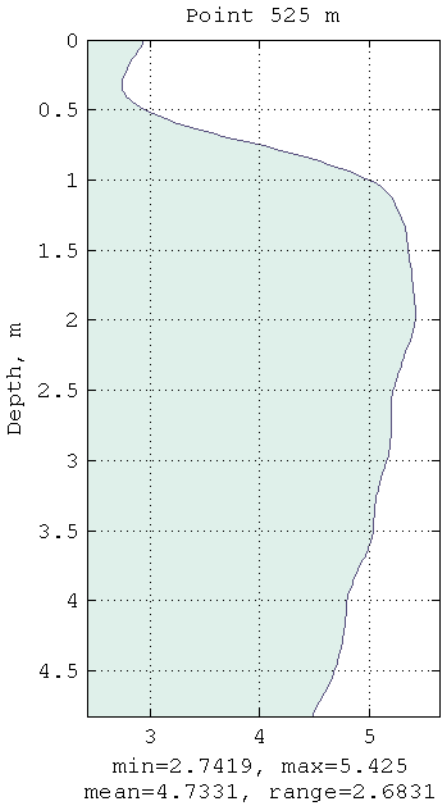
min=4.1212, max=5.4913
mean=5.0053, range=1.37



min=3.0355, max=5.4624
mean=4.7383, range=2.4269



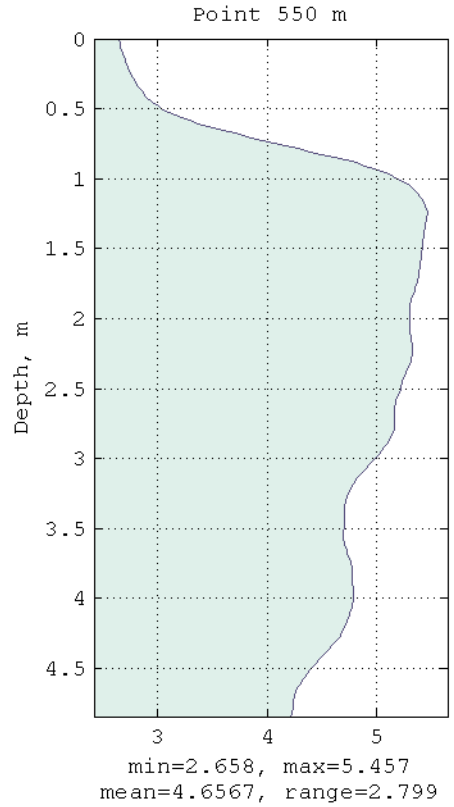
min=3.0548, max=5.485
mean=4.8006, range=2.4302



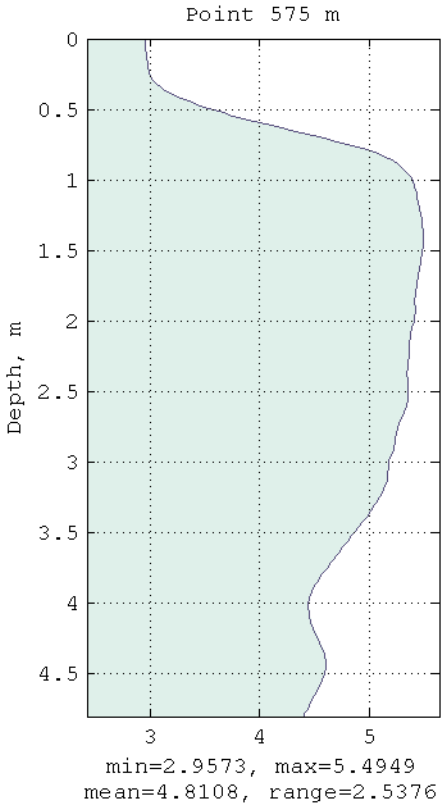
min=2.7419, max=5.425
mean=4.7331, range=2.6831

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

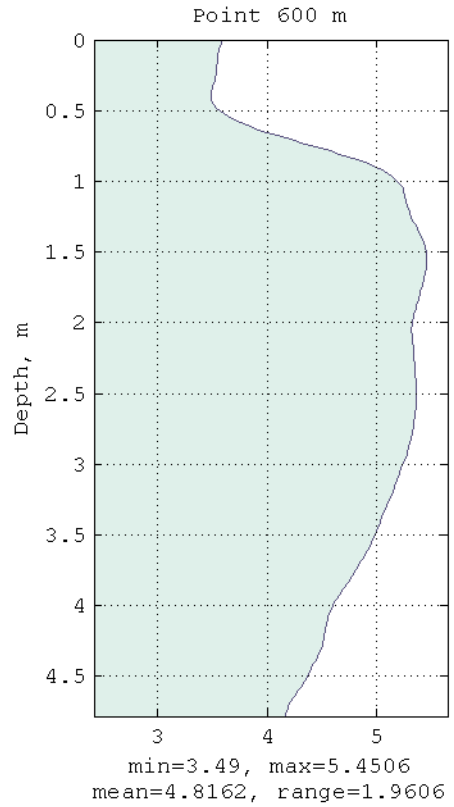
Logging sheet, part 6 of 8
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



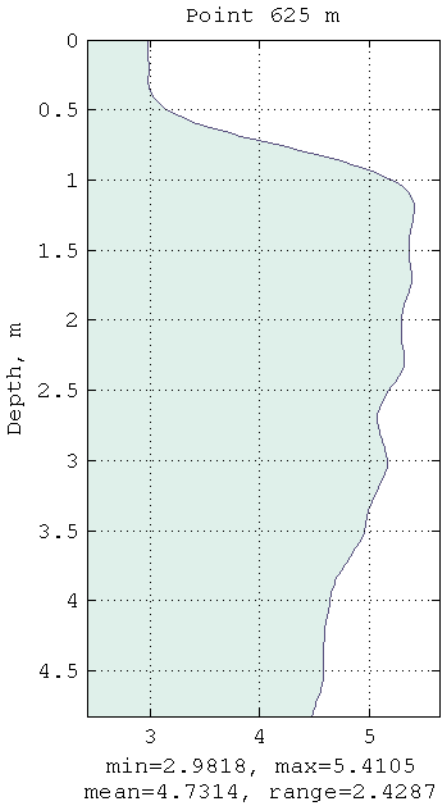
min=2.658, max=5.457
mean=4.6567, range=2.799



min=2.9573, max=5.4949
mean=4.8108, range=2.5376



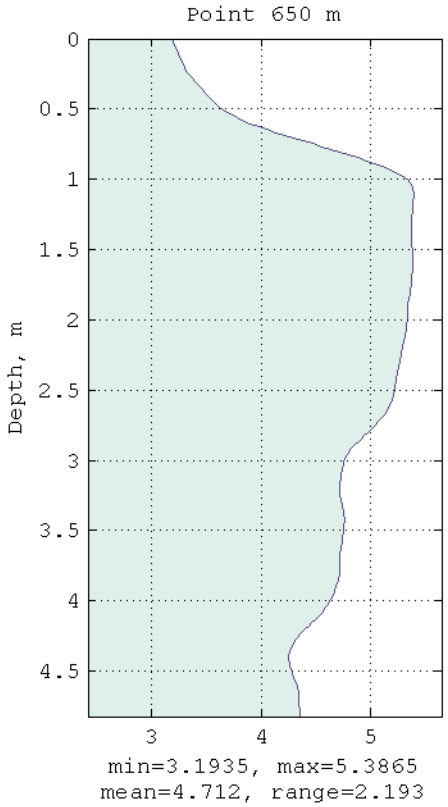
min=3.49, max=5.4506
mean=4.8162, range=1.9606



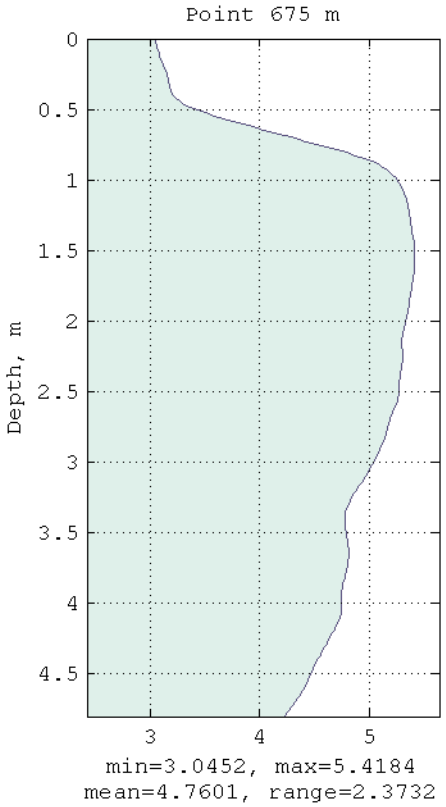
min=2.9818, max=5.4105
mean=4.7314, range=2.4287

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

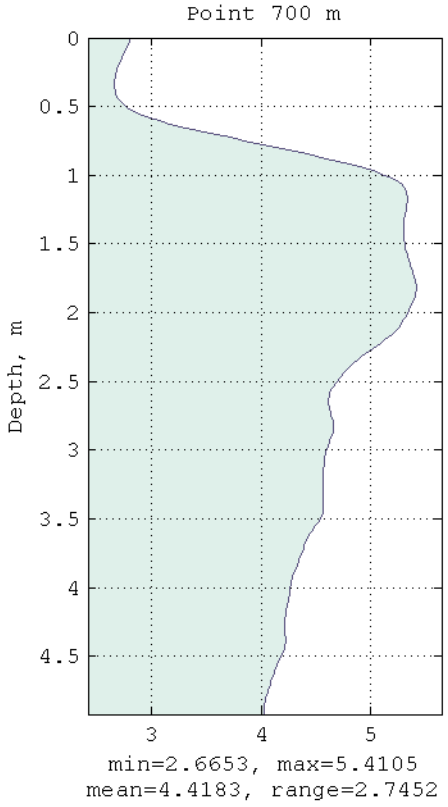
Logging sheet, part 7 of 8
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



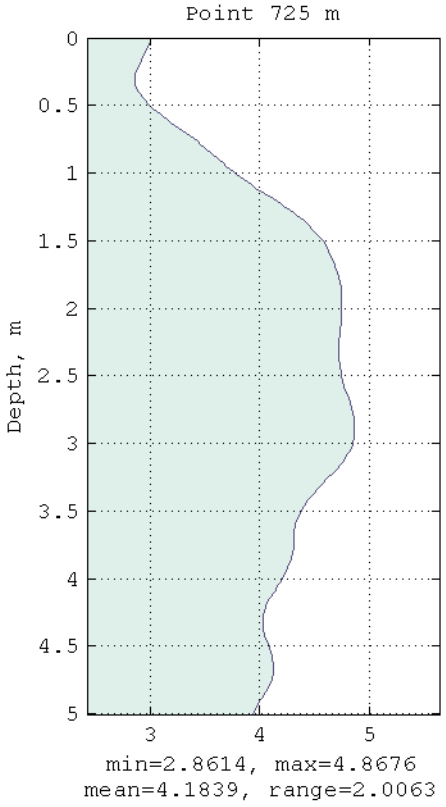
min=3.1935, max=5.3865
mean=4.712, range=2.193



min=3.0452, max=5.4184
mean=4.7601, range=2.3732



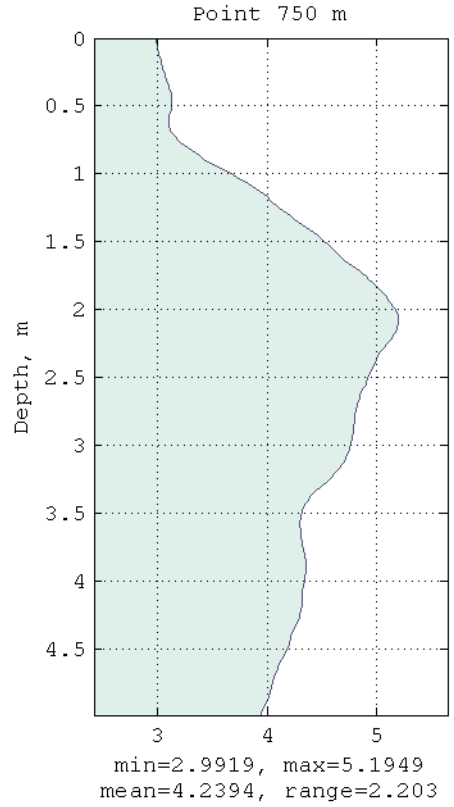
min=2.6653, max=5.4105
mean=4.4183, range=2.7452



min=2.8614, max=4.8676
mean=4.1839, range=2.0063

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

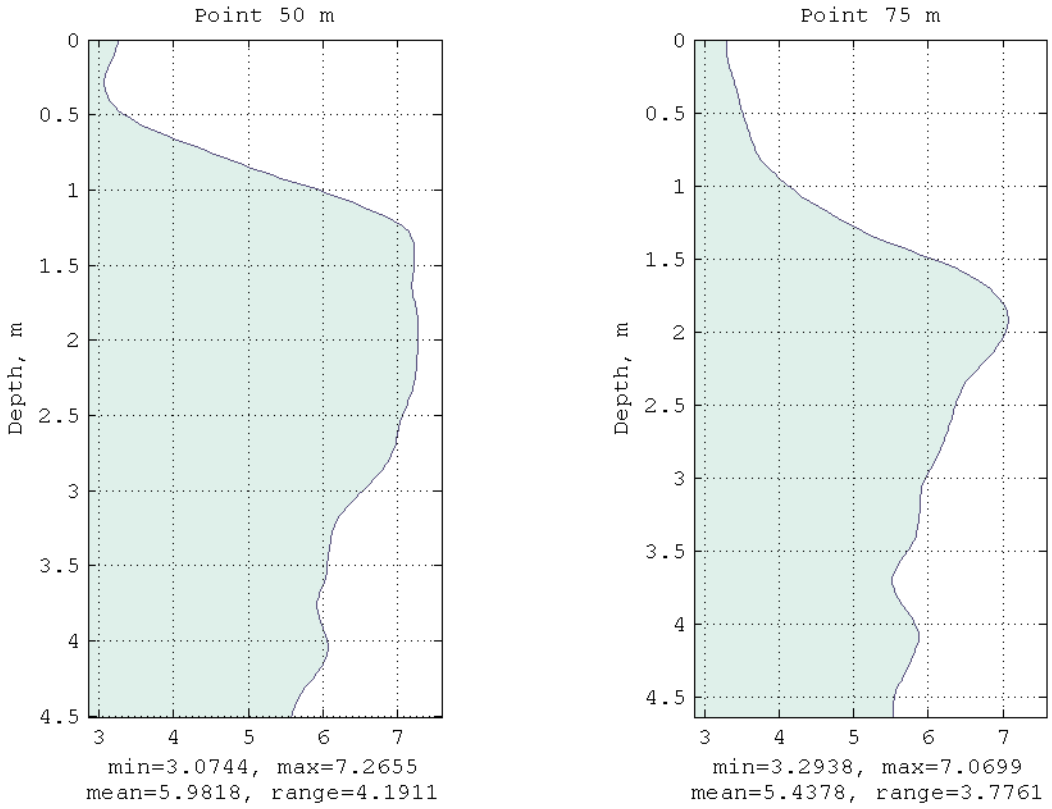
Logging sheet, part 8 of 8
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

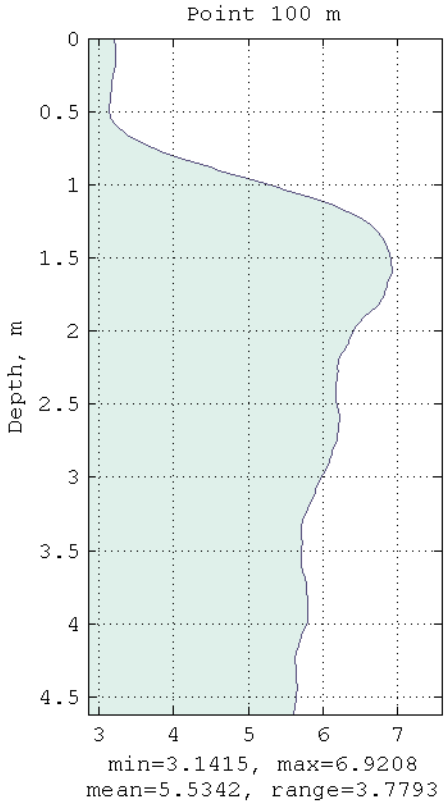
Левая полоса, обратный ход

Logging sheet, part 1 of 8
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent

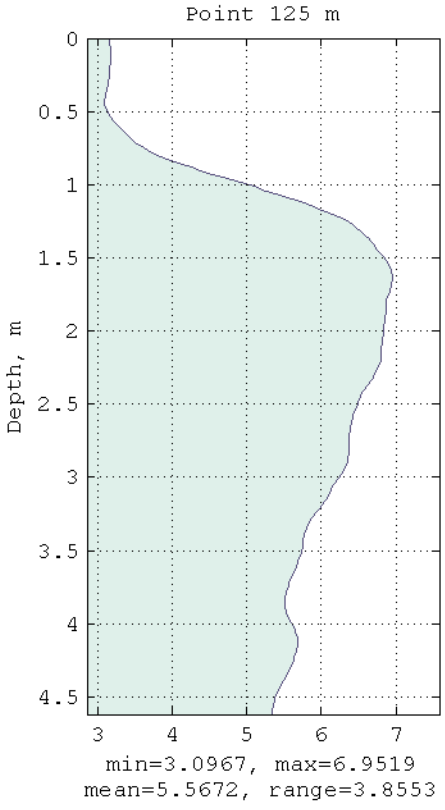


min=3.0744, max=7.2655
mean=5.9818, range=4.1911

min=3.2938, max=7.0699
mean=5.4378, range=3.7761



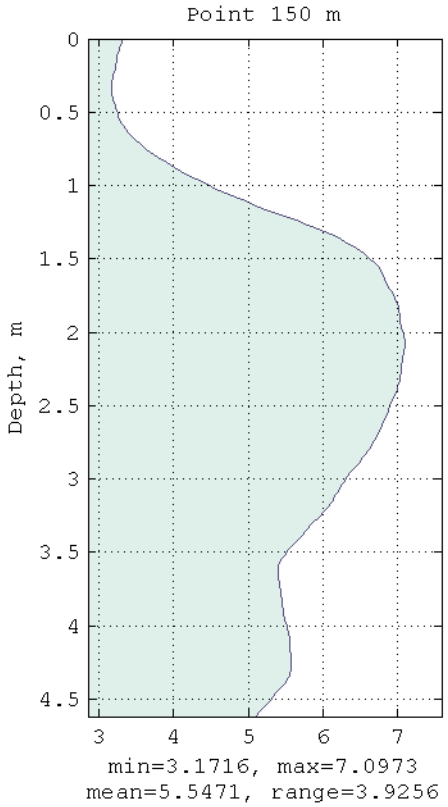
min=3.1415, max=6.9208
mean=5.5342, range=3.7793



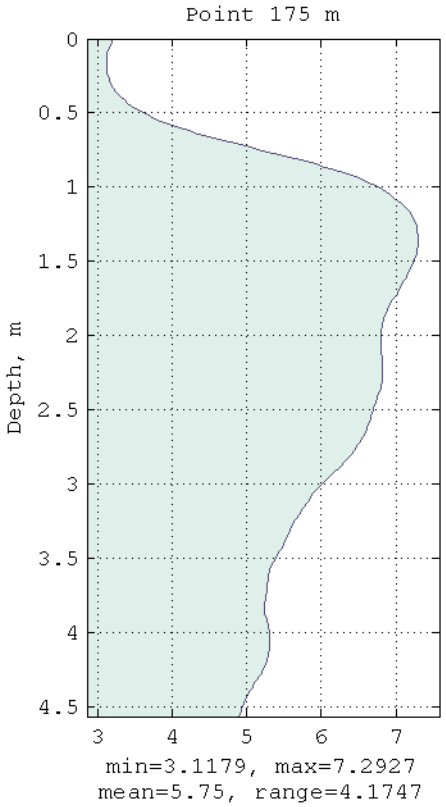
min=3.0967, max=6.9519
mean=5.5672, range=3.8553

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

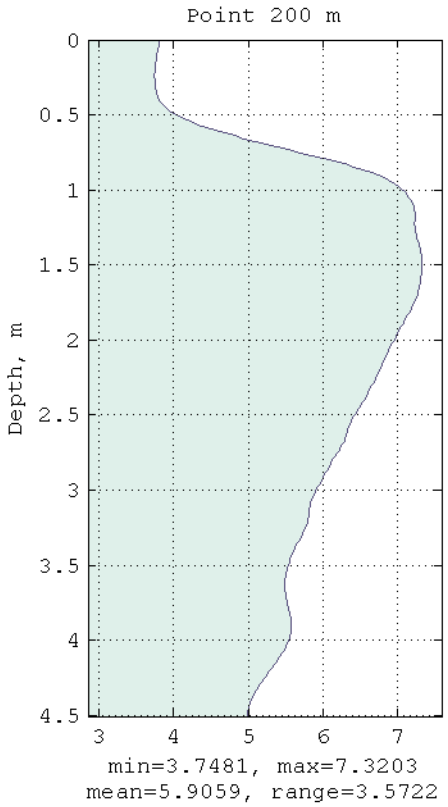
Logging sheet, part 2 of 8
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



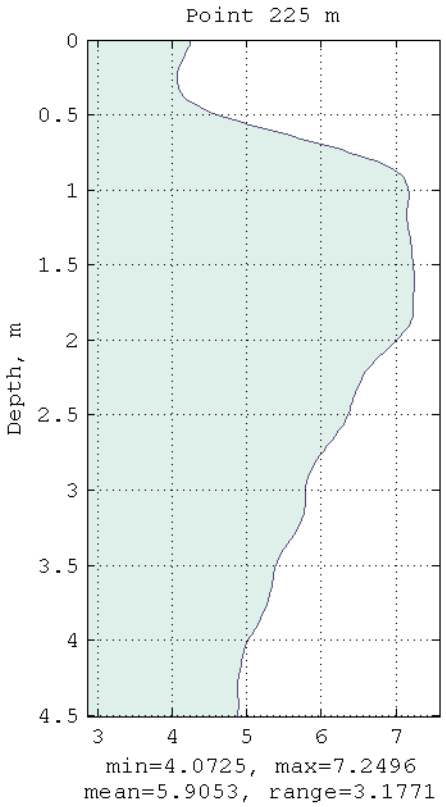
min=3.1716, max=7.0973
mean=5.5471, range=3.9256



min=3.1179, max=7.2927
mean=5.75, range=4.1747



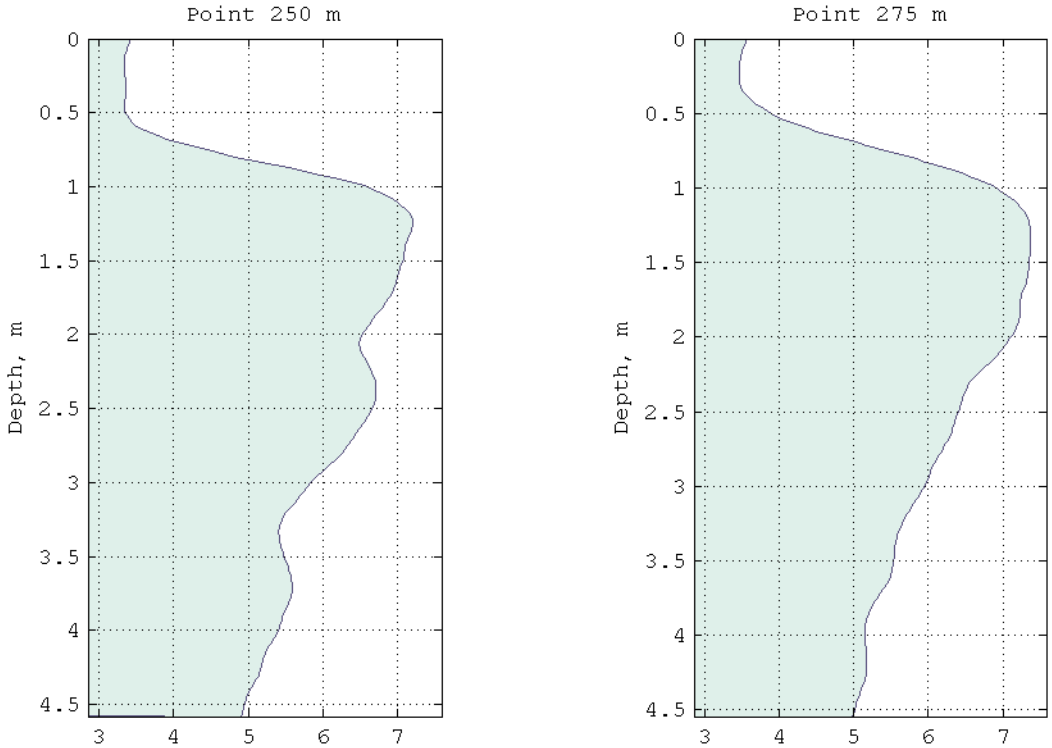
min=3.7481, max=7.3203
mean=5.9059, range=3.5722

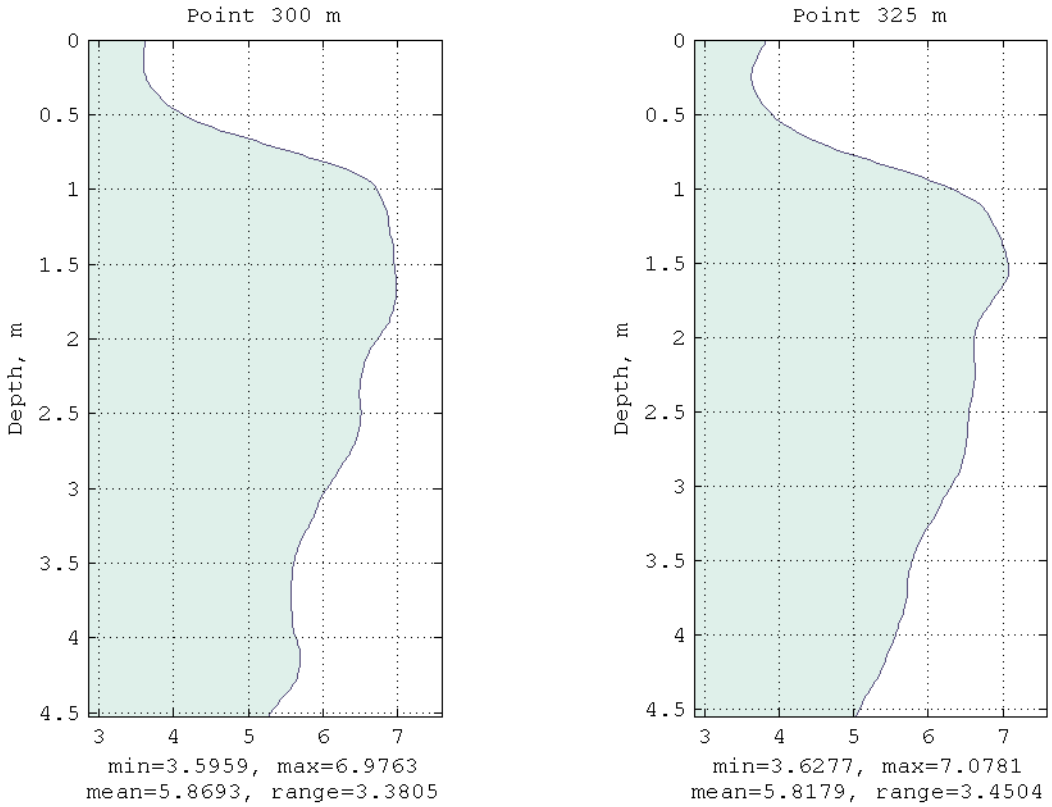


min=4.0725, max=7.2496
mean=5.9053, range=3.1771

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

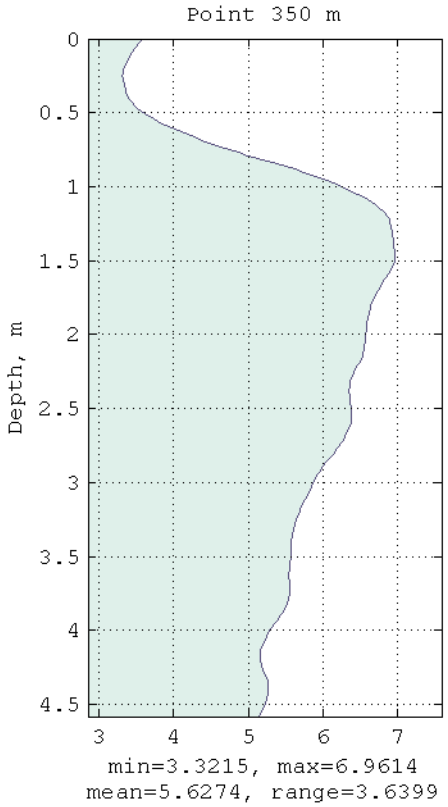
Logging sheet, part 3 of 8
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



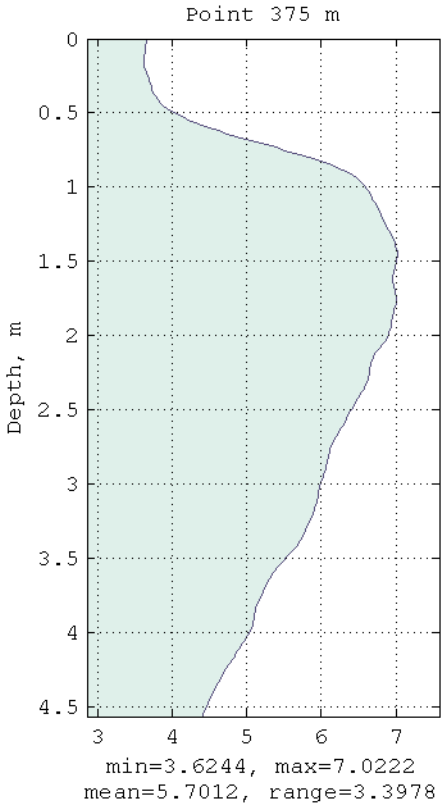


GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

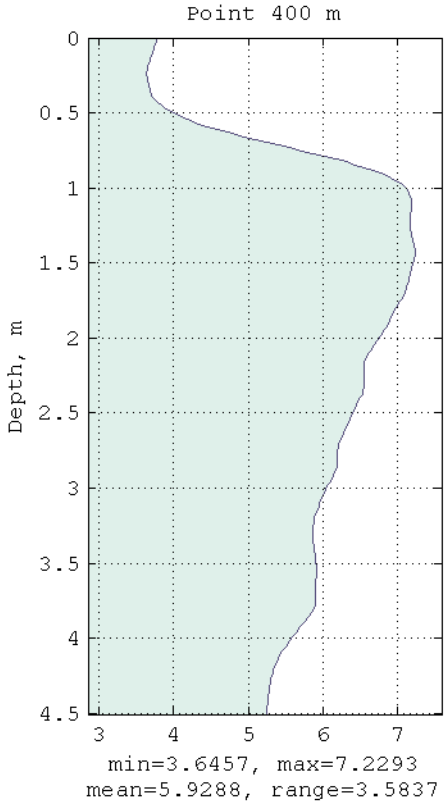
Logging sheet, part 4 of 8
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent



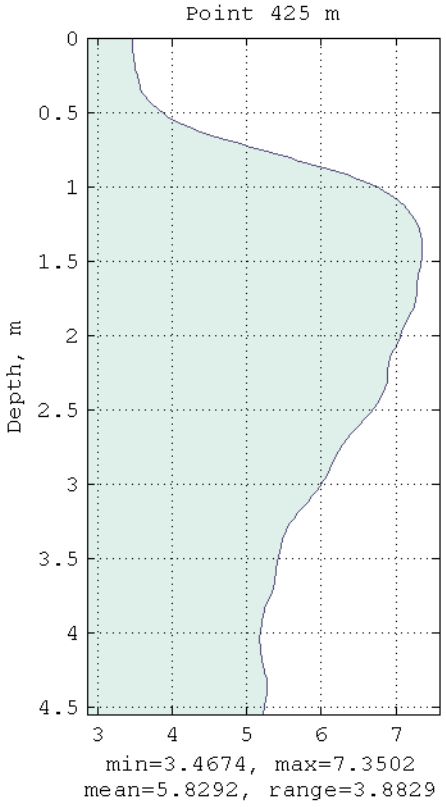
min=3.3215, max=6.9614
mean=5.6274, range=3.6399



min=3.6244, max=7.0222
mean=5.7012, range=3.3978



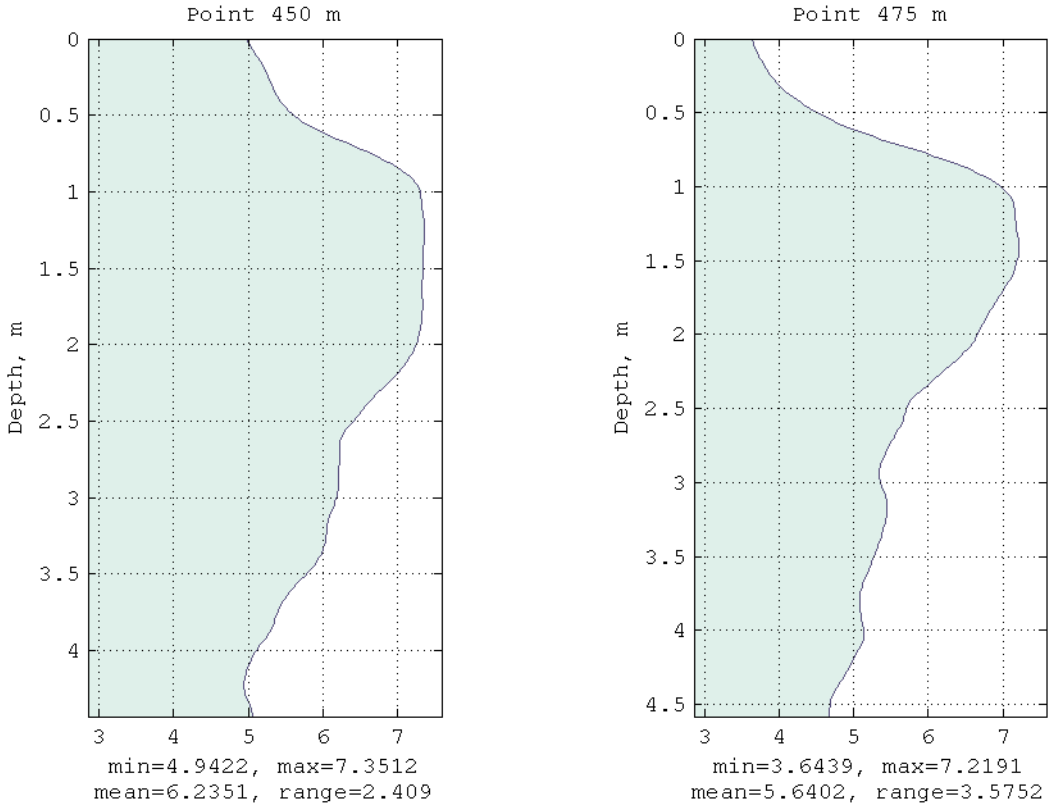
min=3.6457, max=7.2293
mean=5.9288, range=3.5837

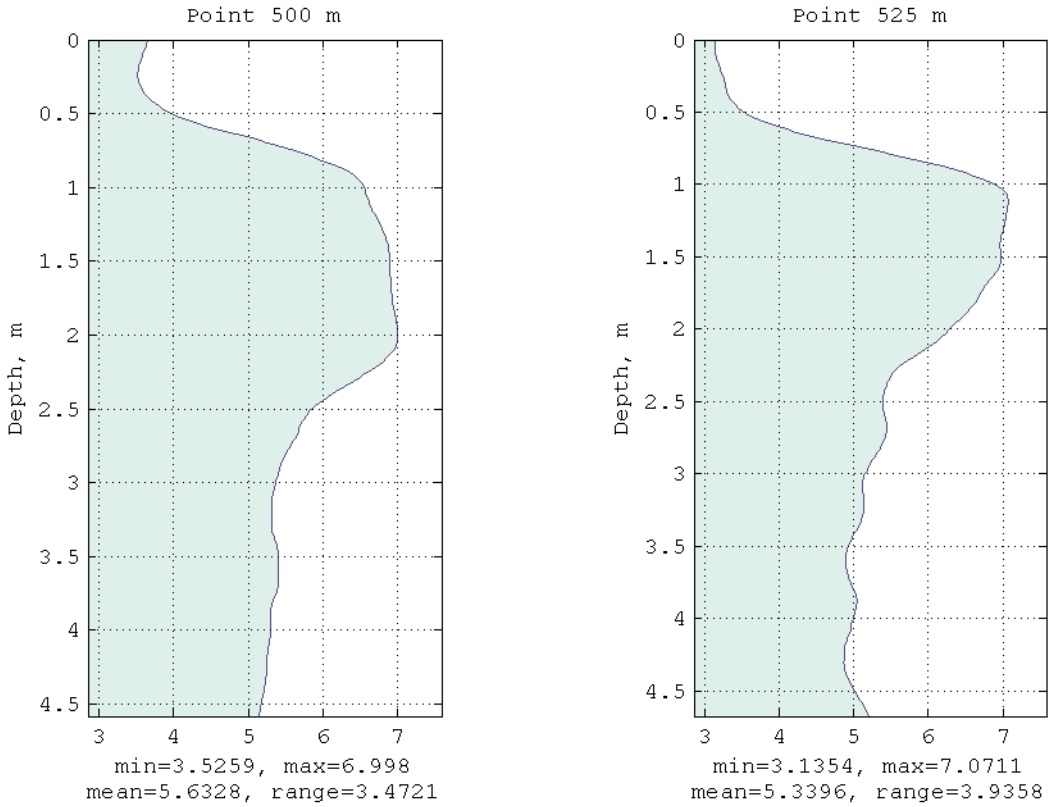


min=3.4674, max=7.3502
mean=5.8292, range=3.8829

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

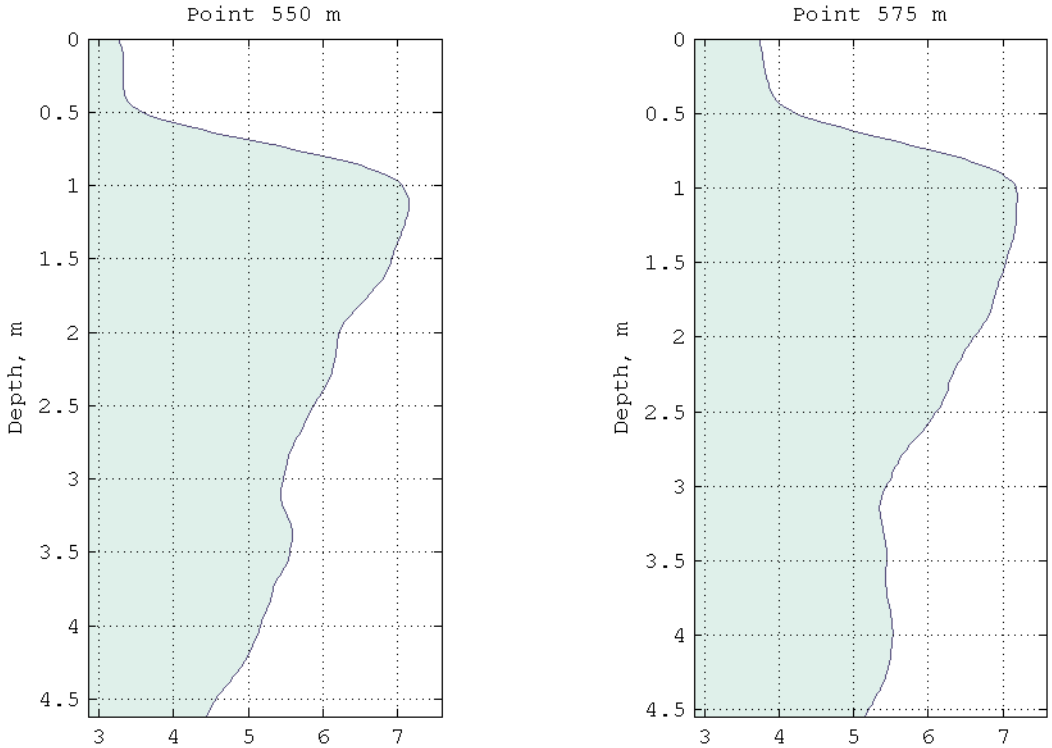
Logging sheet, part 5 of 8
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent

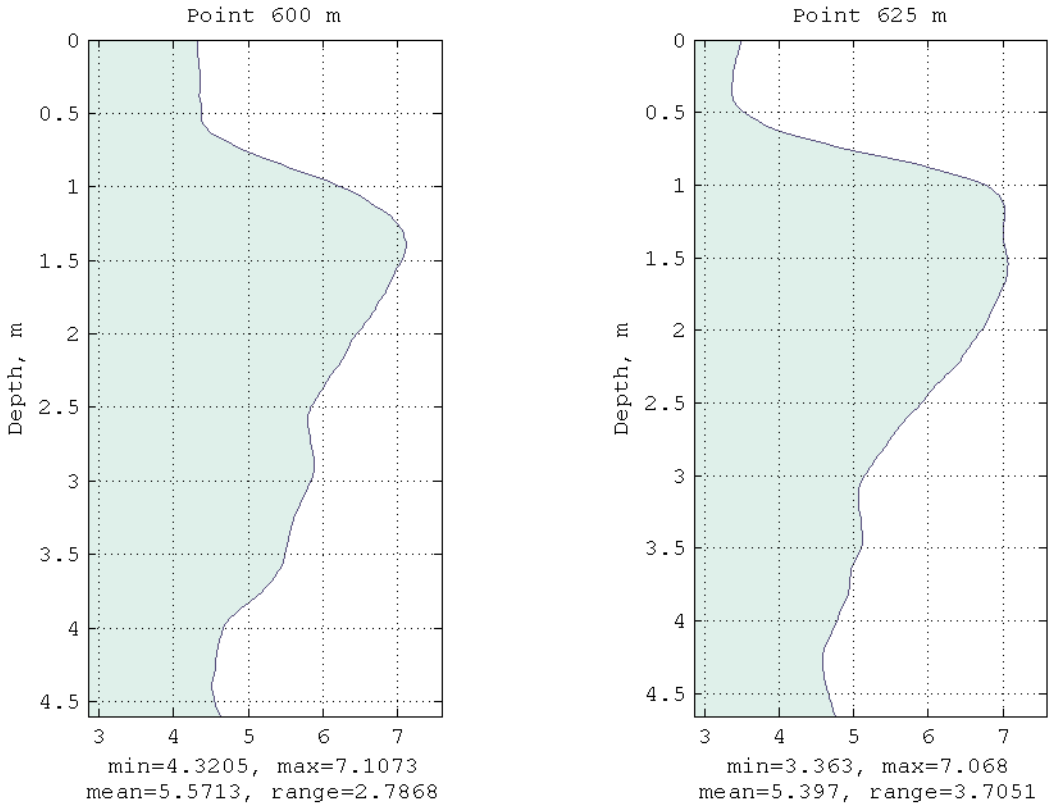




GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

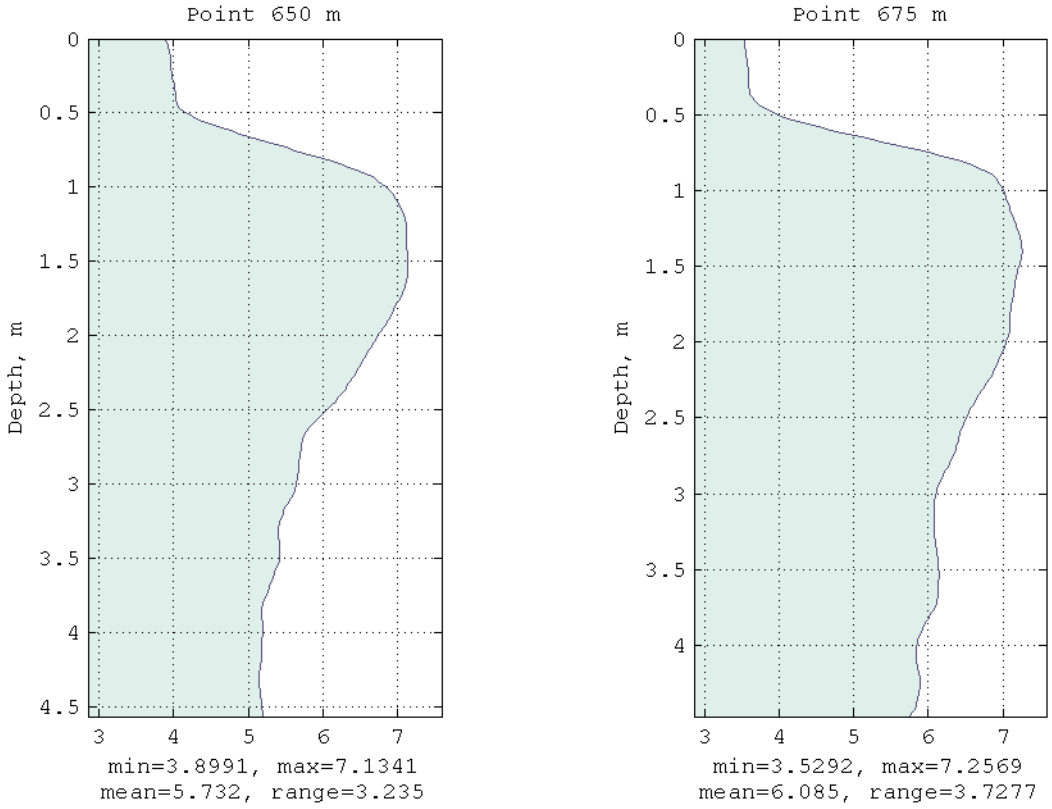
Logging sheet, part 6 of 8
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent

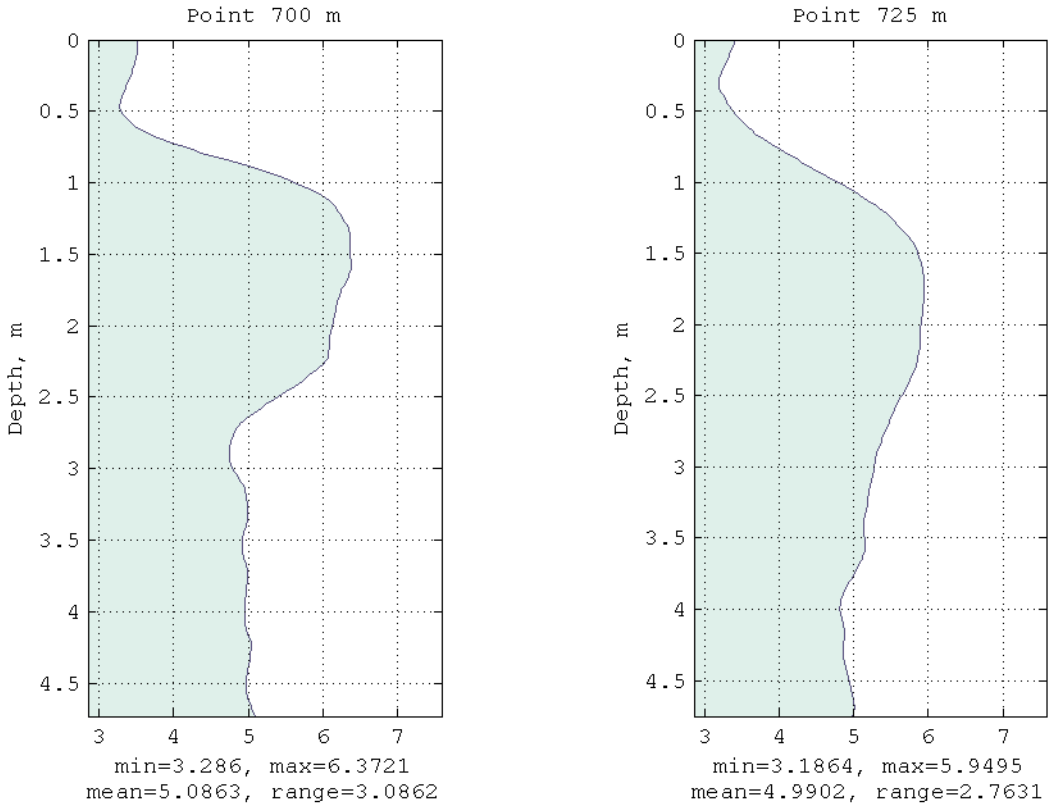




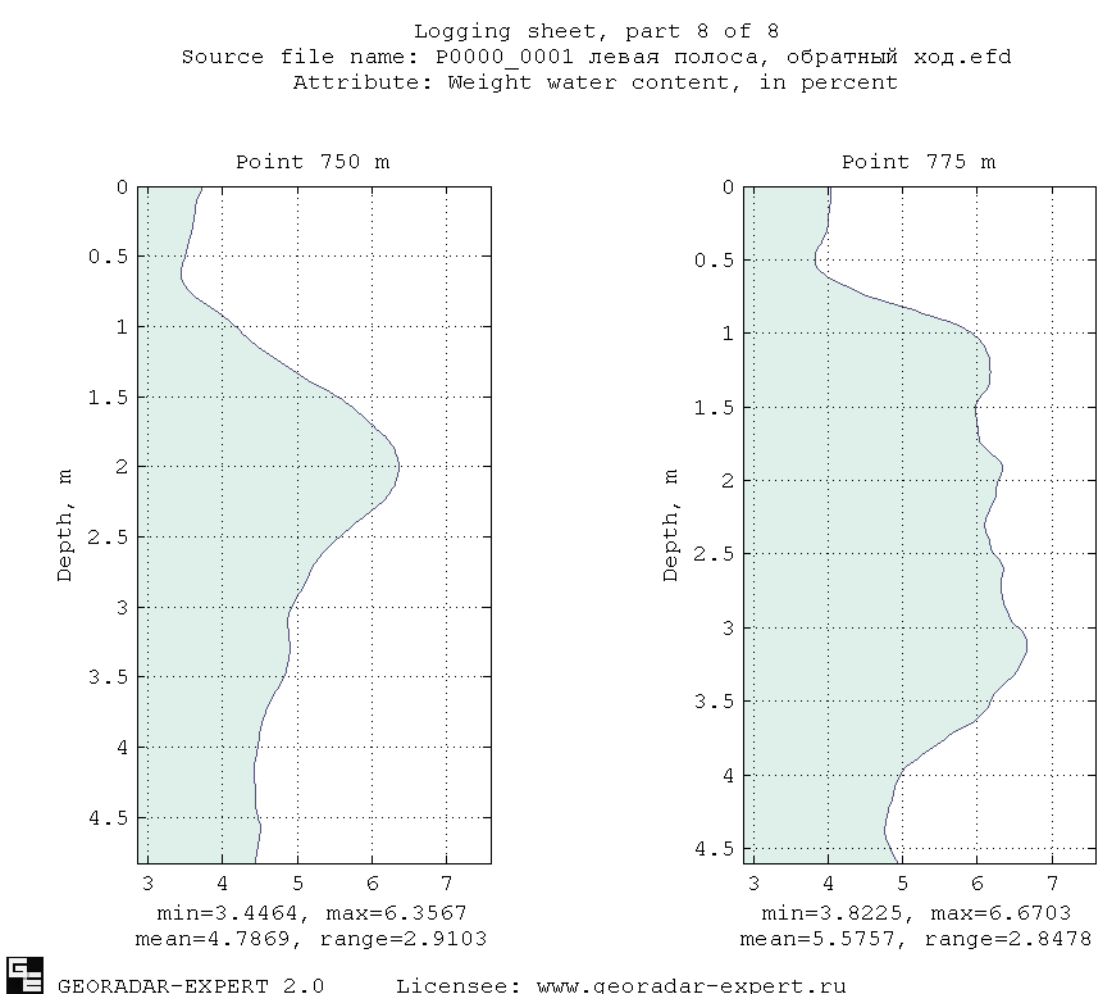
GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Logging sheet, part 7 of 8
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd
Attribute: Weight water content, in percent





GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru



6. Статистические таблицы

В таблицах указаны следующие данные описательной статистики для каждого профиля:
Minimum – минимальные значения атрибута;
Maximum - максимальные значения атрибута;
Mean – среднее арифметическое значений атрибута;
Range – размах значений атрибута;
Standard Deviation - оценка среднего квадратического отклонения значений атрибута;
Coefficient of Variation – коэффицент вариации;
Variance - оценка дисперсии;
Median – медиана значений атарибута;
Mode – наиболее часто повторяющееся значение атрибута;
MAD - среднее абсолютное отклонение от среднего значения атрибута;
IQR - интерквартильный размах значений атрибута. Представляет разницу между 75% и 25% процентилями выборки и является робастной оценкой разброса значений атрибута;
PAR – отношение пикового (максимального значения) к среднему значению атрибута;

GPR Signals - амплитуды сигналов

Statistics file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход GPR Signals.gestat												
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	0.000614344	22900.80664	209.0083771	22900.80664	806.930603	3.860757113	651137	2.649917126	1.15837729	335.9051514	25.94013977	109.5688477

Statistics file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход GPR Signals.gestat												
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	5.69763E-05	25377.3125	223.940979	25377.3125	841.6972656	3.758567333	708454.25	30.7452507	35.20850754	323.954834	50.42619324	113.321434

Statistics file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход GPR Signals.gestat												
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	4.21458E-06	19015.21289	220.5441437	19015.21289	781.4091187	3.543096304	610600.25	29.64826393	20.20622063	316.4186401	56.29846191	86.21953583

Statistics file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход GPR Signals.gestat												
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	9.23853E-05	18440.82813	214.9855957	18440.82813	758.3792725	3.527581692	575139.125	29.78848267	8.002454758	307.8268127	55.1921463	85.77703857

Re(permittivity)

Statistics file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход Re(permittivity).gestat												
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	5.095744137	8.316186276	6.692067143	3.220442139	0.479129214	0.071596594	0.229564804	6.460590892	5.095744137	0.402448573	0.689416006	1.242693192

Statistics file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход Re(permittivity).gestat												
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	6.025953172	9.557524097	8.219904488	3.531570925	0.621882855	0.075655728	0.386738285	8.118178976	6.025953172	0.530421904	1.019369372	1.162729337

Statistics file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход Re(permittivity).gestat												
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	6.031419787	9.29554765	8.295064402	3.264127862	0.567725042	0.068441306	0.322311723	8.311113509	6.031419787	0.474324341	0.899702985	1.120611872

Statistics file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход Re(permittivity).gestat												
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	5.9384678	9.565705706	8.303213951	3.627237907	0.627280088	0.075546661	0.393480309	8.247638233	5.9384678	0.527098999	1.001972529	1.152048564

Q-factor

Statistics file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход Q-factor.gestat												
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	1.815351919	6.214321796	4.183568242	4.398969876	0.735866591	0.175894487	0.54149964	4.436484479	1.815351919	0.640768656	1.256086453	1.485411839

Statistics file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход Q-factor.gestat												
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	0.986148841	6.392218249	3.158697251	5.406069407	0.796033219	0.252013142	0.633668885	3.212010712	0.986148841	0.683795167	1.341718274	2.023688167

Statistics file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход Q-factor.gestat												
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	1.146428725	6.220448276	2.994349385	5.074019551	0.772465644	0.257974453	0.596703172	2.978315466	1.146428725	0.646594068	1.228476411	2.077395613

Statistics file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход Q-factor.gestat												
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	0.5392921	5.535861787	2.864200449	4.996569687	0.744519909	0.259939876	0.554309895	2.87419685	0.5392921	0.633939803	1.227486351	1.932777362

Weight water content

Statistics file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход Weight water content.gestat												
Source file name: P0000_0002 правая полоса, прямой ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	1.723403761	4.651078433	3.185530045	2.927674672	0.442738872	0.138984365	0.196017709	2.972851203	1.723403761	0.374457116	0.65420912	1.460064218

Statistics file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход Weight water content.gestat												
Source file name: P0000_0003 правая полоса, обратный ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	2.611542627	5.779567361	4.590007235	3.168024734	0.558721901	0.121725712	0.312170163	4.506807976	2.611542627	0.481017916	0.940515952	1.259163018

Statistics file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход Weight water content.gestat												
Source file name: P0000_0000 левая полоса, прямой ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	2.575558055	5.541406954	4.655699733	2.965848899	0.501054205	0.107621675	0.251055316	4.671288134	2.575558055	0.422232751	0.810995905	1.190241483

Statistics file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход Weight water content.gestat												
Source file name: P0000_0001 левая полоса, обратный ход.efd												
Layer name	Minimum	Maximum	Mean	Range	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Variance	Median	Mode	MAD	IQR	PAR
Full area	2.957576701	7.517893562	5.972101285	4.560316862	0.811352773	0.135857169	0.658293322	5.904035111	2.957576701	0.693313331	1.351327082	1.258835576

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЁТ

О результатах обработки полевых измерений, полученных в ходе

георадиолокационного обследования на объекте:

«Автомобильная дорога А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио»

ЧАСТЬ 2

Обследование дорожной одежды антенной 900 МГц

Оглавление.

1. Обработка результатов георадиолокационного профилирования. 3

Методы обработки георадарных данных 3
Пикировка границ слоёв 6
Амплитуды отражений от границ слоёв 8
Разрезы и графики изменения значений атрибута Q-factor 9
2. Выводы по результатам георадиолокационного профилирования. 10

Дорожное покрытие 10
Основание 14
Атрибут Q-factor 18
3. Обработанные георадарные профили 26

4. Границы слоёв дорожного покрытия и основания 28

5. Амплитуды отражений на границе между дорожным покрытием и основанием 30

6. Амплитуды отражений на границе между основанием и подстилающим грунтом 32

7. Разрезы атрибута Q-factor 34

8. Максимальные значения атрибута Q-factor 36

1. Обработка результатов георадиолокационного профилирования.

Обработка результатов георадиолокационного профилирования георадаром с антенной 900 МГц проводилась в программном комплексе ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ двумя методами.

Методы обработки георадарных данных

Метод автоматизированного анализа поля обратного рассеяния (принципы которого кратко рассмотрены в 1 части отчёта) применялся для построения разрезов атрибута Q-factor (о данном атрибуте информация в 1 части отчёта) для выявления местоположения областей ослабления в слоях дорожной конструкции.

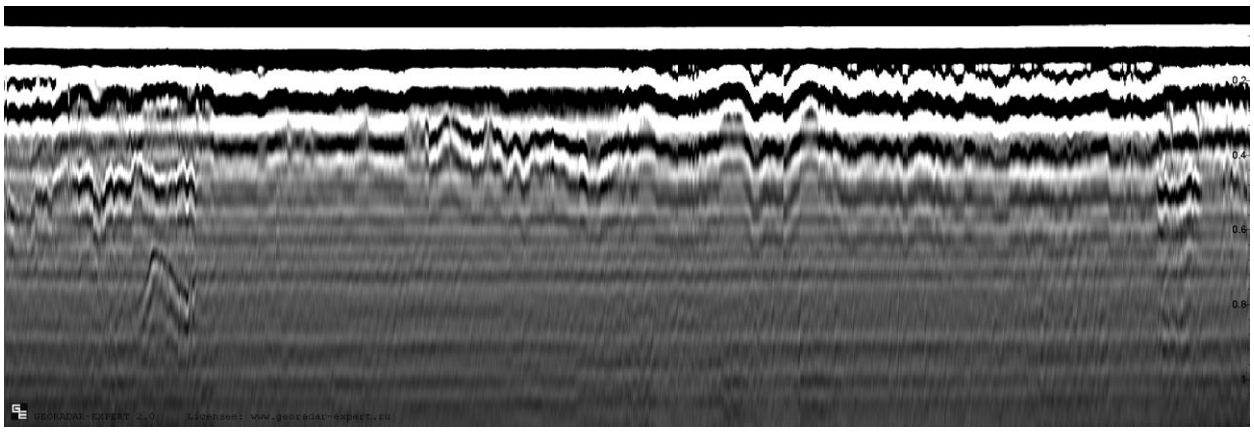
Метод B-detector (Boundaries detector) применялся для улучшения вертикального разрешения сигналов георадарного профиля и подавления помех с целью выделения границ конструктивных слоёв дорожной одежды. Выравнивание фаз сигналов в результате применения метода B-detector хорошо адаптирует георадарный профиль для автоматизированной пикировки границ слоёв. Метод B-Detector был специально разработан для программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ. Ниже представлены основные преимущества данного метода:

- Эффективно улучшает вертикальное разрешение сигналов радарограммы;
- Повышает точность позиционирования границ слоёв;
- Делает возможным применение низкочастотных антенных блоков георадара в областях, где использование высокочастотных антенн обусловлено требованиями повышенного разрешения данных. При выигрыше в разрешающей способности, ВЧ антенны проигрывают НЧ антеннам в глубинности. В результате же обработки данных от НЧ георадара методом B-Detector на выходе имеются данные с детализацией, как у данных от ВЧ георадара, но с глубинностью исследования, как у НЧ георадара.

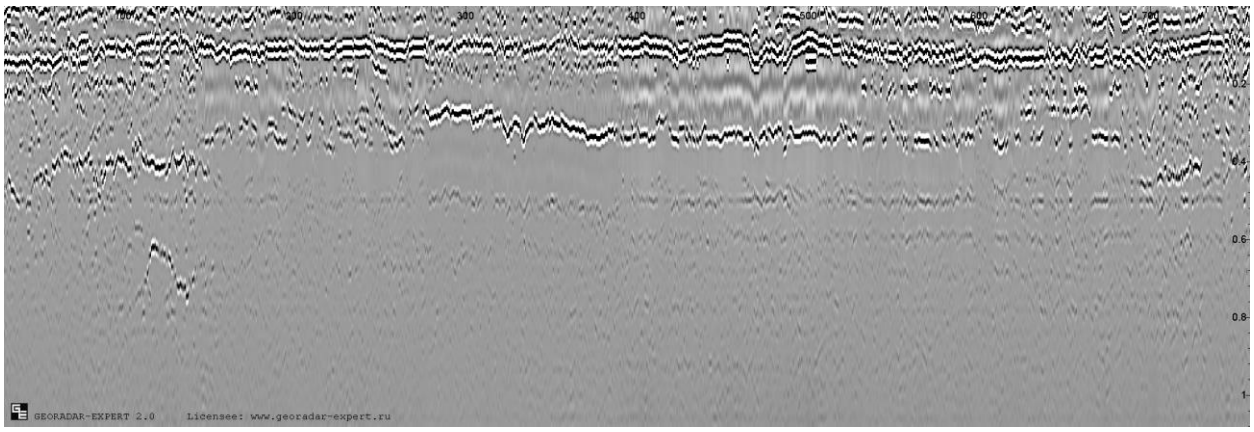
При помощи B-Detector можно решать широкий спектр исследовательских задач, требующих, при надлежащей глубине исследования, обеспечения высокого разрешения данных, точности позиционирования границ и скорости обработки полевого материала. Особенно эффективно применение метода B-Detector в дорожных и железнодорожных областях, где традиционно большой объём георадиолокационных работ.

Далее показан пример результата применения метода B-Detector.

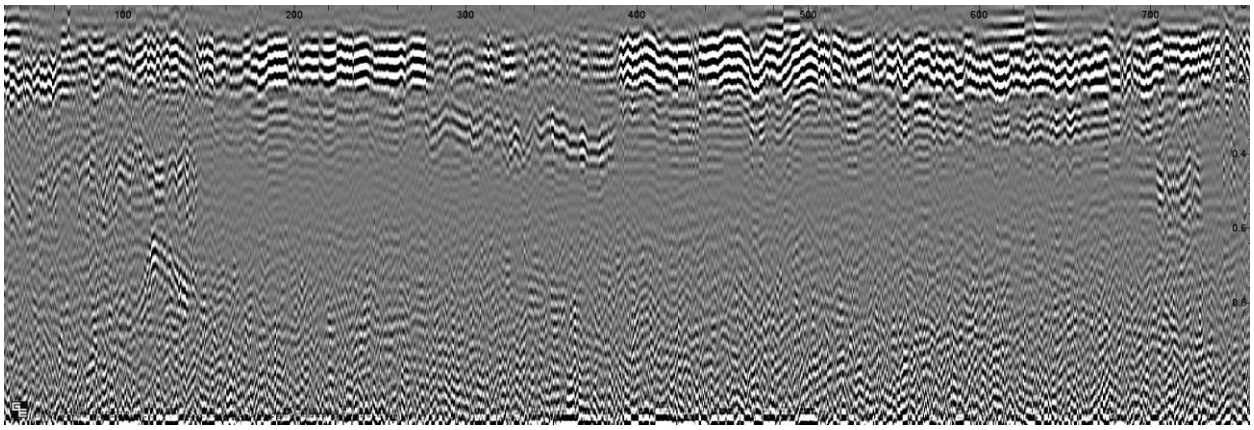
Георадарный профиль по правой полосе, прямой ход, до применения метода B-detector:



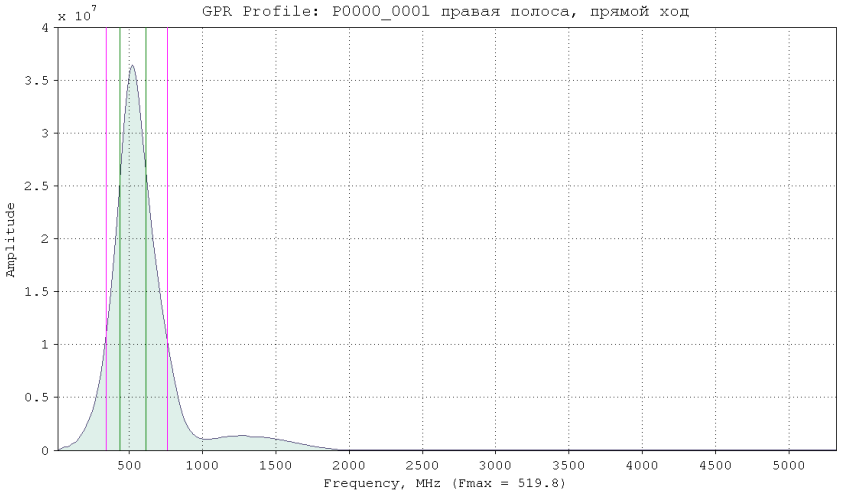
После применения метода B-detector:



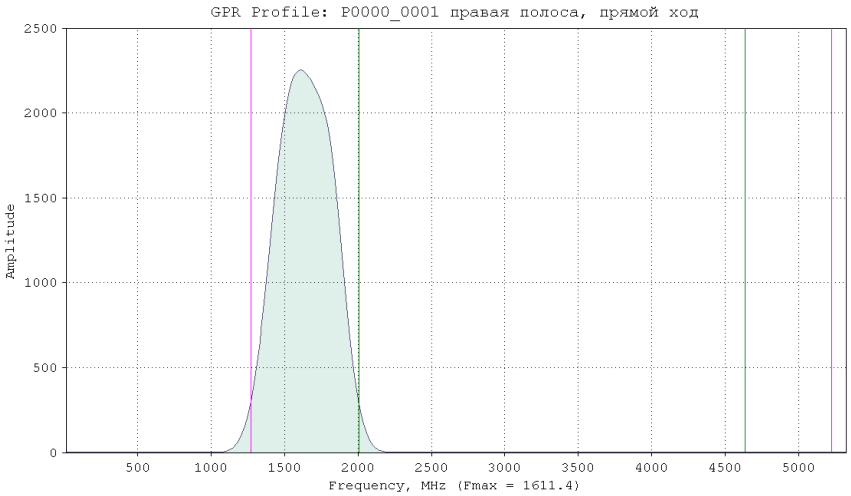
Может сложиться мнение, что если осуществить частотную фильтрацию при помощи быстрого преобразования Фурье (которое реализовано во всех программах для обработки георадарных данных) с целью подавления низкочастотной составляющей спектра сигналов георадарного профиля, то можно добиться улучшения вертикального разрешения вследствие сдвига центральной частоты сигналов в ВЧ область. Однако, вследствие проявления эффекта Гиббса и прочих артефактов цифровой обработки сигналов, результат будет неудовлетворительным – см. рисунок ниже:



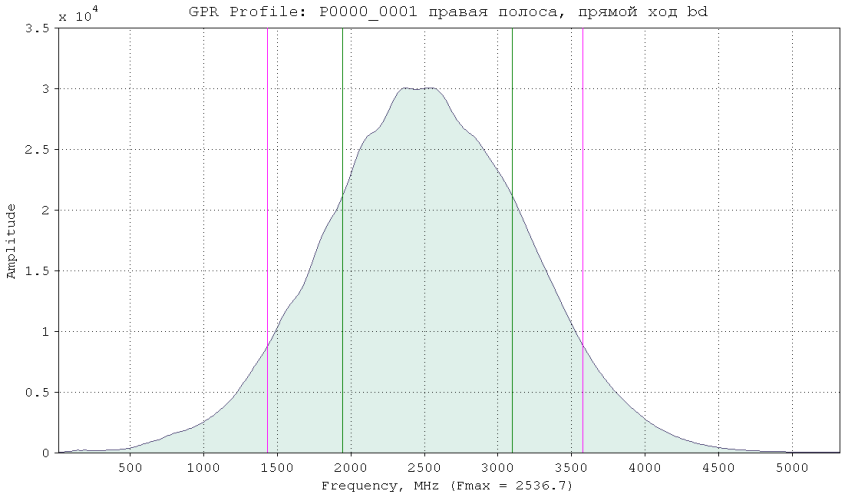
Спектр сигналов георадарного профиля до применения метода B-Detector:



Спектр сигналов георадарного профиля после применения частотной фильтрации при помощи быстрого преобразования Фурье:



И после применения метода B-Detector:



В результате применения частотной фильтрации при помощи быстрого преобразования Фурье центральная частота спектра сигналов увеличилась с 520 МГц до 1611 МГц – т.е. в три раза, однако ширина спектра увеличилась незначительно, а чем шире спектр, тем компактней сигнал на волновой картине георадарного профиля.

В результате применения метода B-Detector центральная частота спектра сигналов увеличилась с 520 МГц до 2537 МГц – т.е. почти в пять раз, и ширина спектра увеличилась более чем в пять раз – с 416 МГц до 2141 МГц. Повышение разрешения данных методом вейвлет-декомпозиции сигналов, где георадарные трассы раскладываются на составляющие, низкочастотных уровни отбрасываются, после чего этот сигнал восстанавливается, даёт результат лучше, чем частотная фильтрация Фурье, но значительно хуже, чем метод B-Detector.

Георадарные профили после применения метода B-Detector представлены в приложении к данной части отчёта, а файлы в графическом формате с профилями в горизонтальном масштабе 1:1000 передаются совместно с данным отчётом.

Пикировка границ слоёв

Границы слоёв дорожного покрытия и основания выделялись при помощи автоматизированной пикировки. Автопикировка в программном комплексе ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ производится следующим образом: пользователь несколькими щелчками мыши грубо задаёт на профиле область положения пикируемой границы, после чего программа строит эту границу по положению максимумов сигнала. Т.к. после применения метода B-Detector фазы сигналов выравниваются, то ошибки автоматизированной пикировки минимальны.

По результатам автоматизированной пикировки программный комплекс ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ генерирует таблицу положения границ слов в формате MS EXCEL. Данные по каждому слою расположены на отдельной вкладке таблицы. Вкладка носит имя слоя. В таблице слой с именем “Lay #1” соответствует слою дорожного покрытия, а слой с именем “Lay #2” – слою основания. Слой с именем “Lay #3” является слоем, ограниченным сверху самой нижней границей (т.е. нижней границей слоя основания) а снизу – нижней границей георадарного профиля.

Таблица имеет заголовок, в котором указана сторона дороги и название слоя и состоит из следующих столбцов:

- Distance, m - расстояние по профилю в метрах;
- Top, m – положение верхней границы слоя по глубине в метрах;

— Bottom, m – положение нижней границы слоя по глубине в метрах;

— Thickness, m – толщина слоя в метрах.

В нижней части таблицы размещается следующая информация:

— Min – минимальные значения по каждому столбцу таблицы;

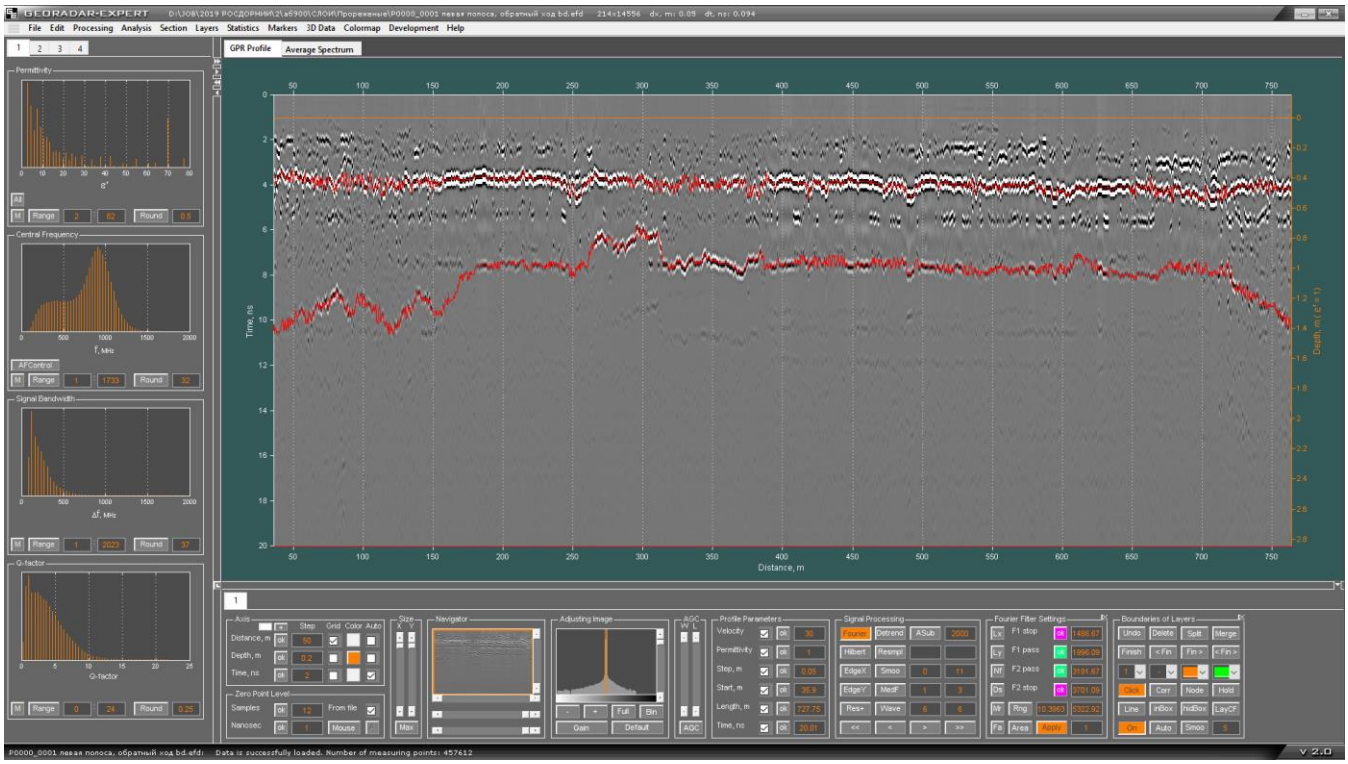
— Max - максимальные значения по каждому столбцу таблицы;

— Mean – средние арифметические значения по каждому столбцу таблицы;

— Std – среднеквадратичные отклонения значений по каждому столбцу таблицы;

— Sectional area of layer – площадь сечения слоя в квадратных метрах.

Изображения границ слоёв на профиле представлены в приложении к данной части отчёта, а таблицы с положением границ слоёв с шагом 1 метр по профилю и файлы в графическом формате с профилями в горизонтальном масштабе 1:1000 передаются совместно с данным отчётом. На рисунке ниже показано рабочее окно программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ в режиме пикировки границ:



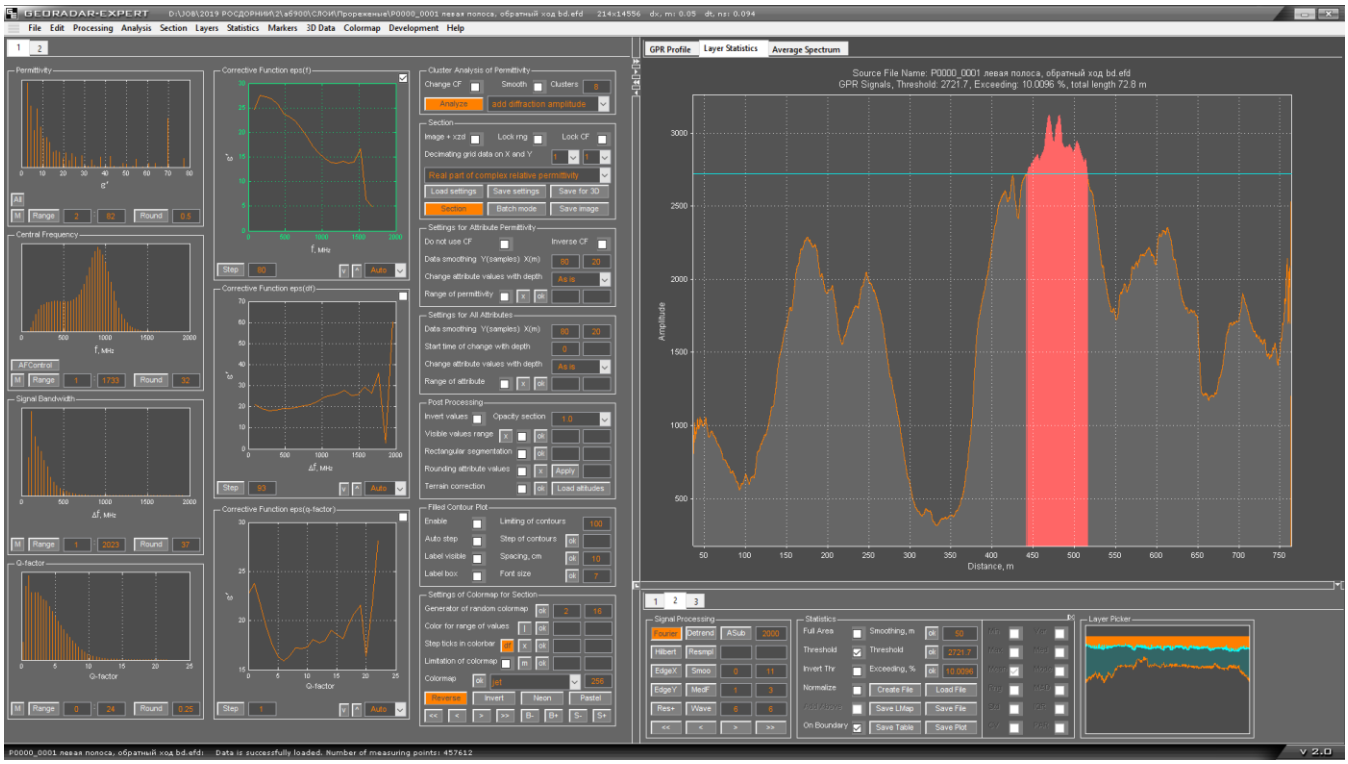
Амплитуды отражений от границ слоёв

Исследование амплитуд отражений от границ слоёв – необходимая составляющая анализа георадиолокационных данных для диагностики состояния дорожной одежды. Повышенные амплитуды могут быть индикатором локального увлажнения слоя, изменения состава слоя или наличия воздушных пустот в зоне контакта слоёв.

В приложении представлены графики амплитуд отражённых сигналов на границе слоя дорожного покрытия и основания и на границе слоя основания и подстилающих грунтов.

Графики амплитуд на границах слоёв в горизонтальном масштабе 1:1000 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. В правом нижнем углу графиков размещена следующая информация: имя профиля, наименование границы или слоя, минимальные, максимальные, средние значения и среднеквадратичное отклонение значений, размер скользящего окна сглаживания данных в метрах (Smoothing), информация о нормализации значений (Normalizing), а также схема разреза с указанием положения слоя в виде окрашенной области и, в случае если на графике данные не для слоя, а по нижней границе слоя, то эта граница показана красным цветом.

На рисунке ниже показано рабочее окно программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ с активной вкладкой модуля Statistics (Статистика), где отображается глаженные данные по амплитудам отражений от границы контакта слоёв, с включенным уровнем порога превышения:

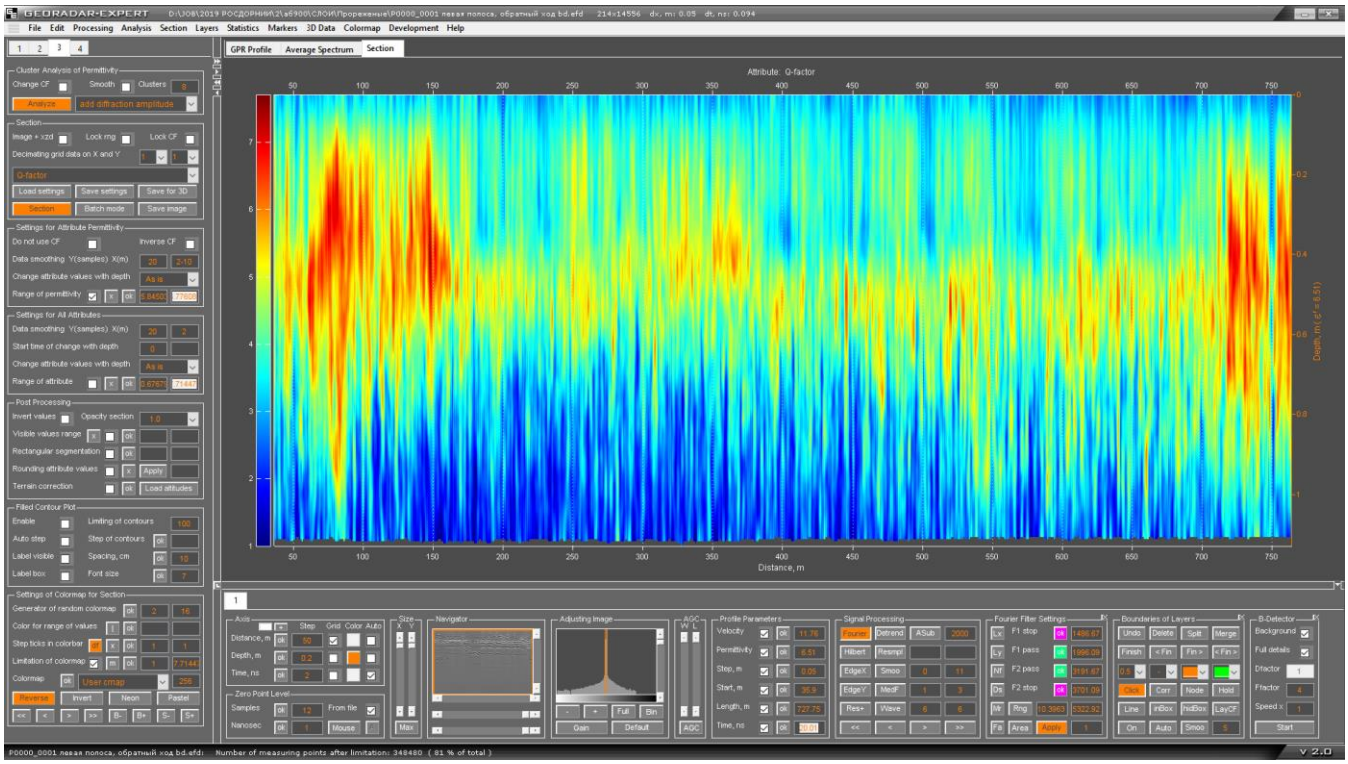


Разрезы и графики изменения значений атрибута Q-factor

Атрибут Q-factor рассчитывается как отношение центральной частоты спектра отражённых дифрагированных волн к его ширине. Отношение центральной частоты сигнала к ширине его спектра — один из способов оценки затухания в системе. Как показывает практика, этот атрибут позволяет довольно уверенно определять местоположение как контрастных, так и градиентных границ между объемами среды с разной диэлектрической проницаемостью, особенно при наличии увлажненных или разуплотненных зон в среде. Эффективность использования этого атрибута объясняется тем, что он позволяет анализировать одновременное изменение наиболее информативных спектральных атрибутов, так как частота колебаний в отраженном сигнале связана с влажностью грунтов, а в соотношении с шириной спектра она характеризует степень затухания электромагнитных волн в среде [Бадриева, Владов, 2013].

Разрезы атрибута Q-factor и графики изменения значений данного атрибута представлены в приложении к данному отчёту, а также в виде отдельных файлов в графическом формате, где разрезы представлены в горизонтальном масштабе 1:1000 и вертикальном масштабе 1:10, а графики изменения значений Q-factor - в горизонтальном масштабе 1:1000.

На рисунке ниже показано рабочее окно программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ с активной вкладкой Section разреза атрибута Q-factor:



2. Выводы по результатам георадиолокационного профилирования.

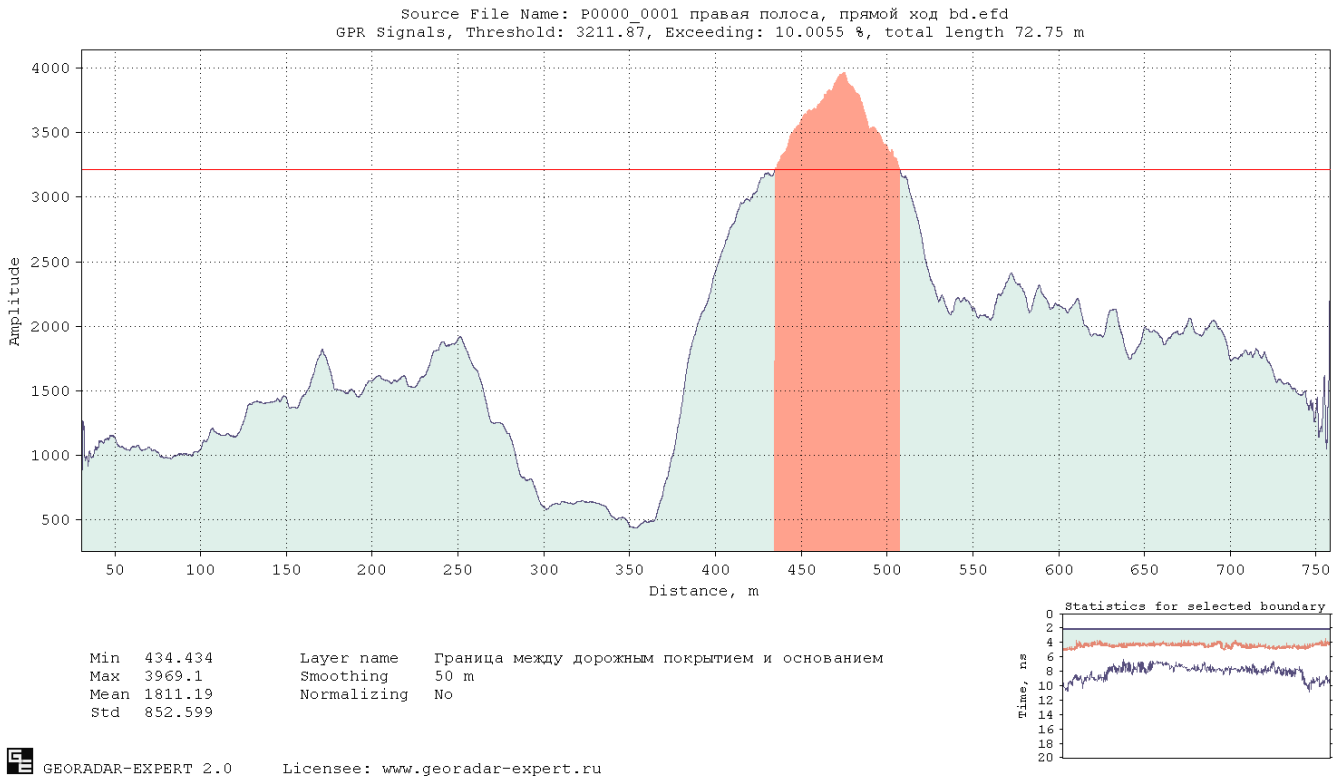
Дорожное покрытие

Средняя толщина дорожного покрытия составила:

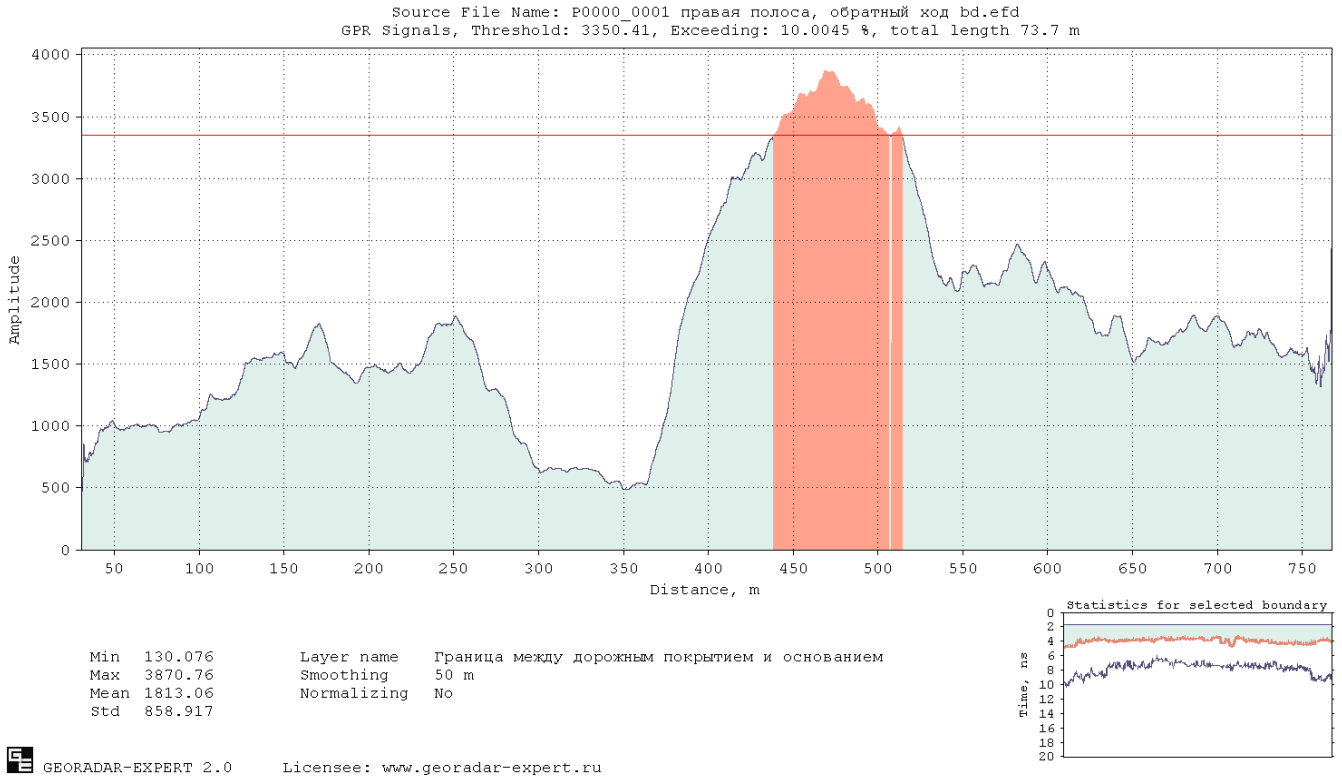
- По правой полосе, прямой ход – 0.117 м;
- По правой полосе, обратный ход – 0.122 м;
- По левой полосе, прямой ход – 0.113 м;
- По левой полосе, обратный ход – 0.112 м.

Далее представлены сглаженные графики амплитуд на границе между слоями дорожного покрытия и основания. Повышенные значения амплитуд могут проявляться вследствие наличия воздушных микропустот на данной границе или повышенного увлажнения одного из слоёв. Для локализации зон повышенных амплитуд, на всех графиках установлен порог таким образом, чтобы суммарная протяжённость зон превышения этого порога составляла 10% от длины профиля.

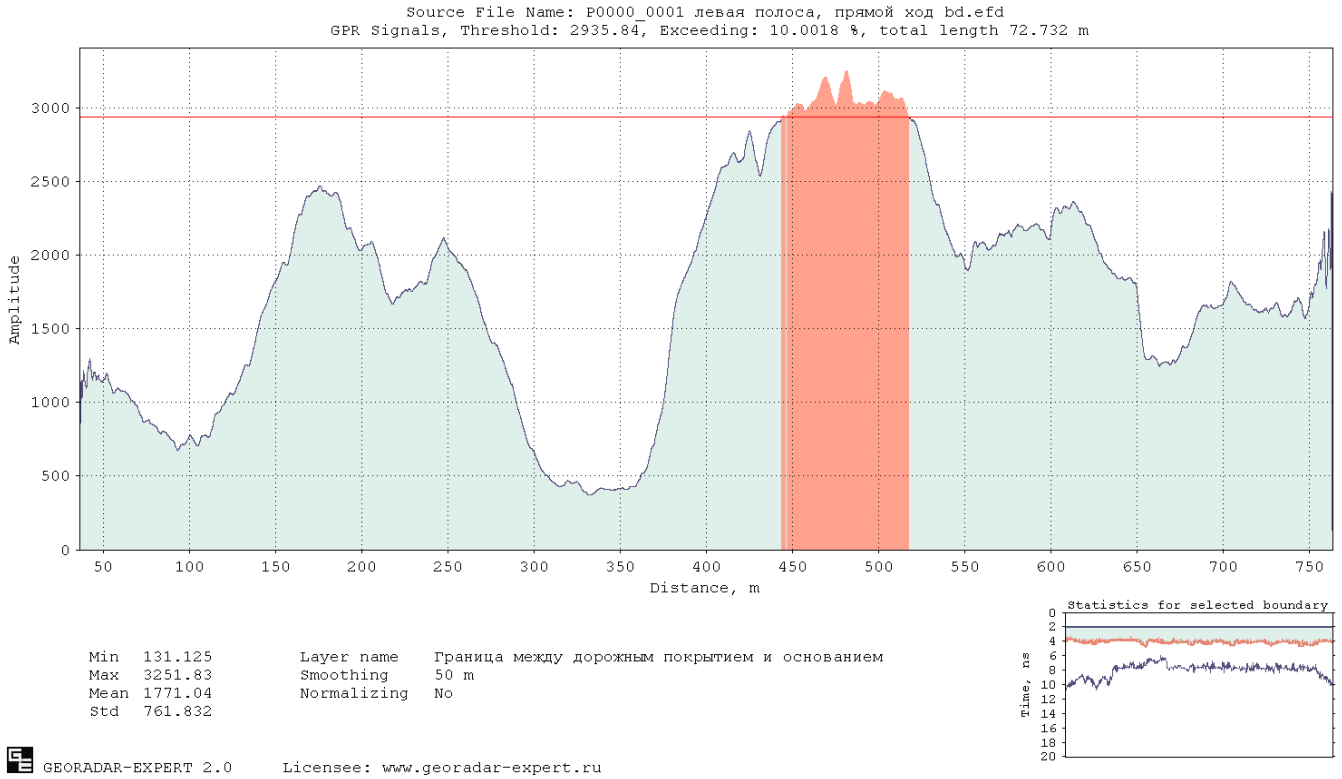
Правая полоса, прямой ход:



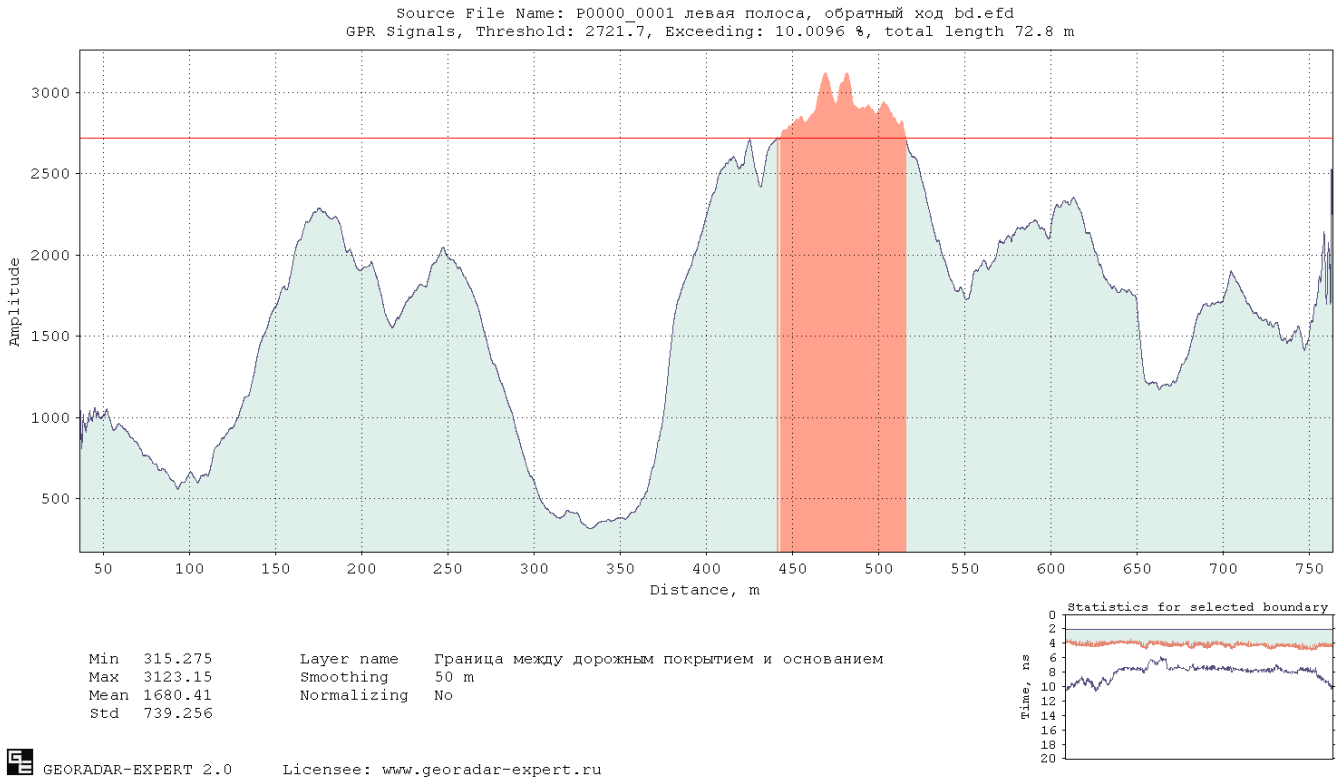
Правая полоса, обратный ход:



Левая полоса, прямой ход:



Левая полоса, обратный ход:



Далее представлены таблицы положения зон превышения амплитудного порога. Таблицы состоят из следующих столбцов:

№ - номер участка;

Start, m – положение начала участка по шкале расстояний;

End, m – положение конца участка по шкале расстояний;

Nunber of traces – для разреза это количество столбцов массива значений атрибута, который является изображением разреза;

Length, m – протяжённость участка. Если протяжённость участка равна 0, то это точечное превышение;

Extreme position, m – положение максимума превышения в пределах участка;

Extreme value – значение максимума превышения в пределах участка;

Exceeding threshold, % - доля участка от длины профиля.

Правая полоса, прямой ход:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	434.65	507.4	1456	72.75	475	3969.095215	23.57567215

Правая полоса, обратный ход:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	438.544	506.216	3077	67.672	468.838	3870.759033	15.53088394
2	508.152	514.158	274	6.006	512.574	3418.262695	2.025186103

Левая полоса, прямой ход:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	443.76	445.828	95	2.068	444.618	2946.256104	0.354804939
2	446.62	517.262	3212	70.642	481.292	3251.830322	10.76321481

Левая полоса, обратный ход:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	441.4	441.5	3	0.1	441.45	2721.957031	0.009409686
2	441.6	441.7	3	0.1	441.65	2723.042969	0.049308908
3	443.3	515.8	1451	72.5	469.25	3123.147217	14.74983107

По результатам амплитудного анализа можно сделать вывод, что превышение амплитудного порога на границе контакта слоёв дорожного покрытия и основания сосредоточено в одном месте – на участке 440 – 514 метров (даны средние значения). Максимальное превышение порога, в среднем, расположено на отметке 474 метра.

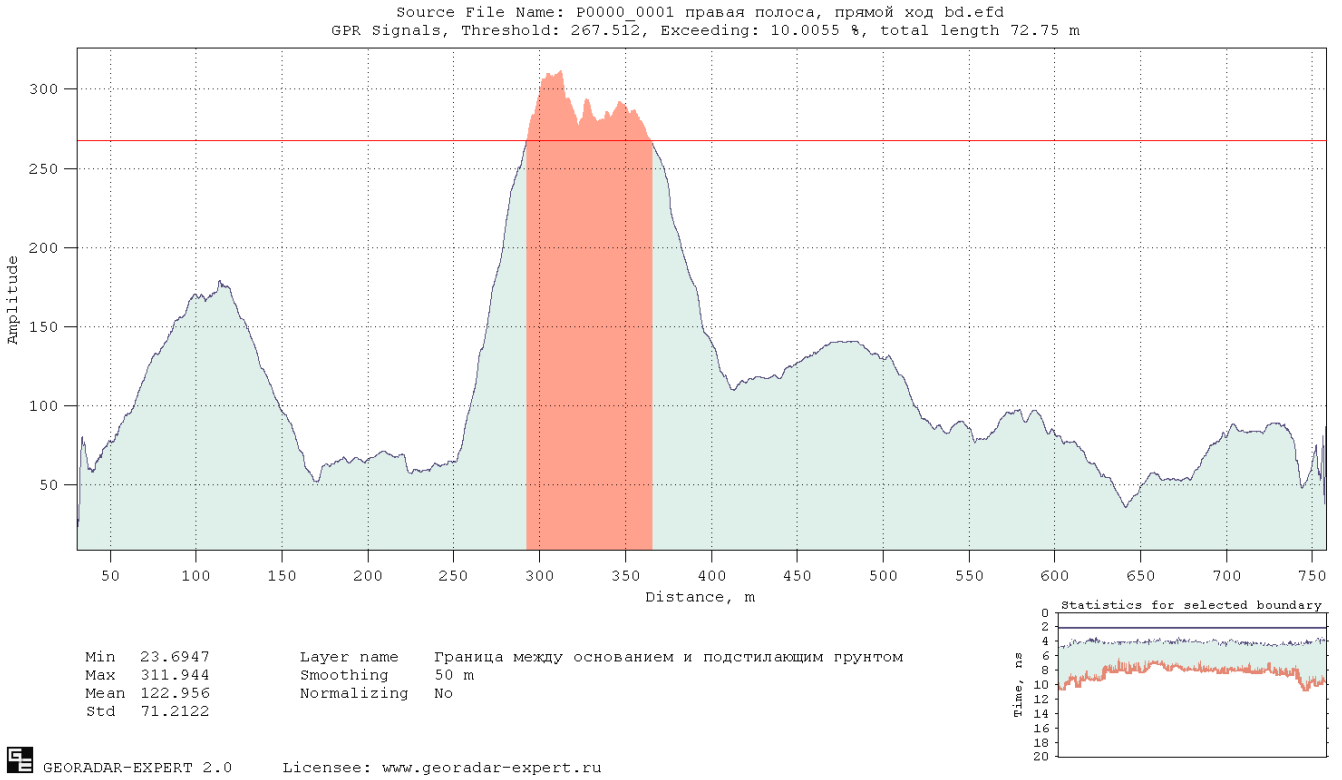
Основание

Средняя толщина основания составила:

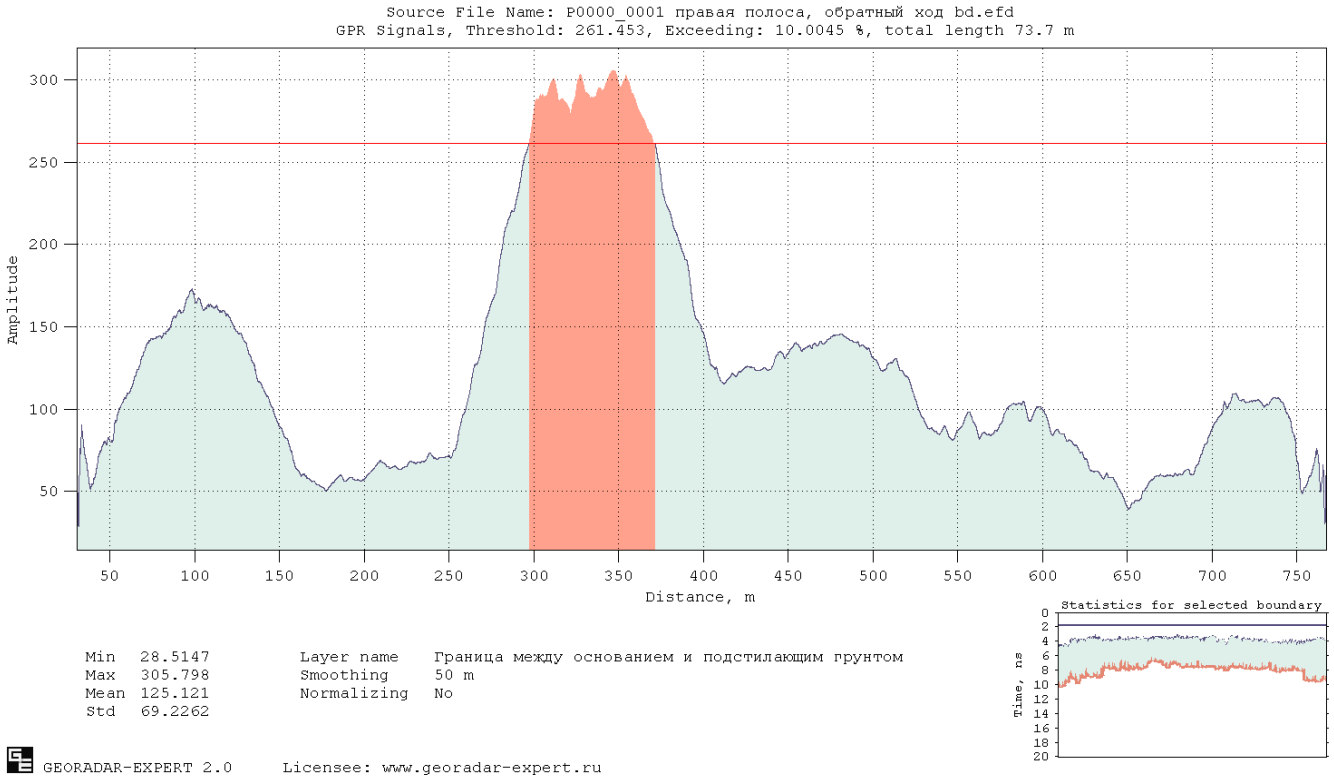
- По правой полосе, прямой ход – 0.233 м;
- По правой полосе, обратный ход – 0.24 м;
- По левой полосе, прямой ход – 0.244 м;
- По левой полосе, обратный ход – 0.241 м.

Далее представлены сглаженные графики амплитуд на границе между слоями основания и подстилающего грунта. Повышенные значения амплитуд могут проявляться вследствие наличия воздушных микропустот на данной границе или повышенного увлажнения. Для локализации зон повышенных амплитуд, на всех графиках установлен порог таким образом, чтобы суммарная протяжённость зон превышения этого порога составляла 10% от длины профиля.

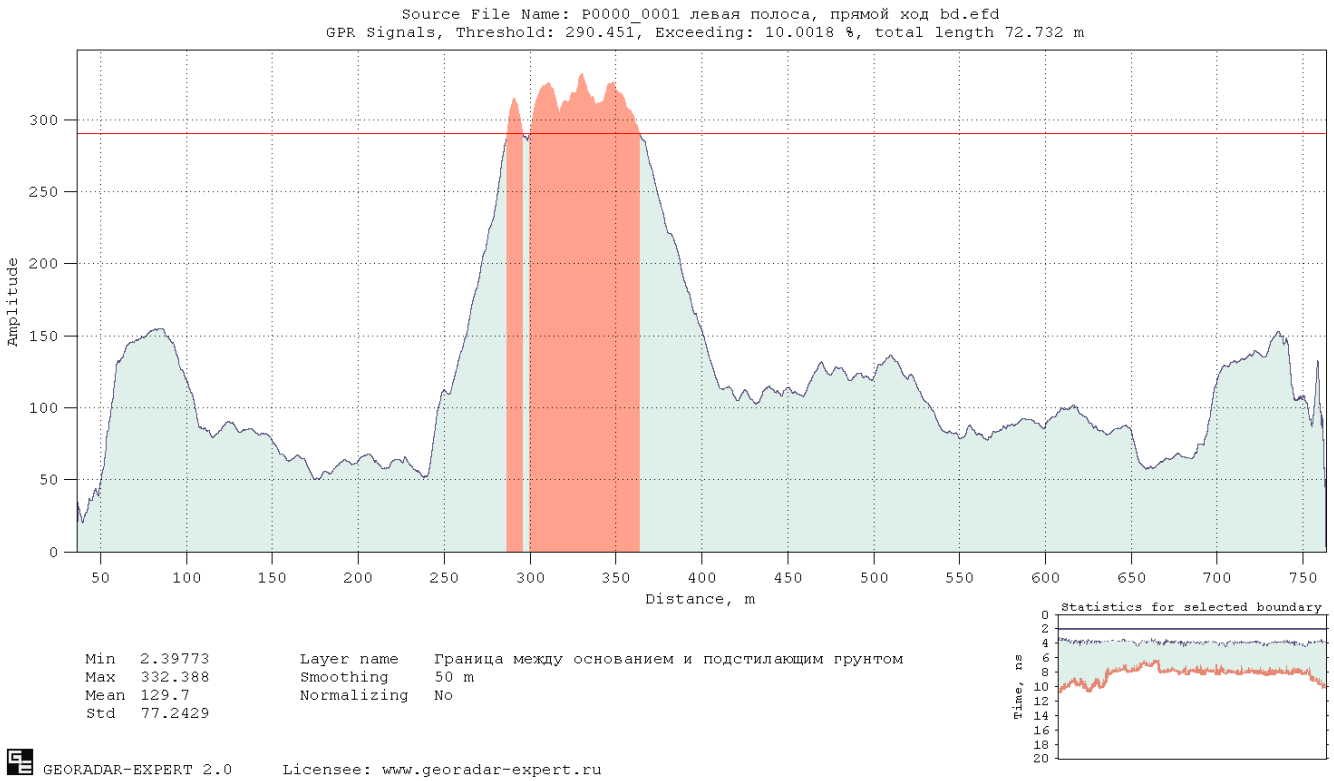
Правая полоса, прямой ход:



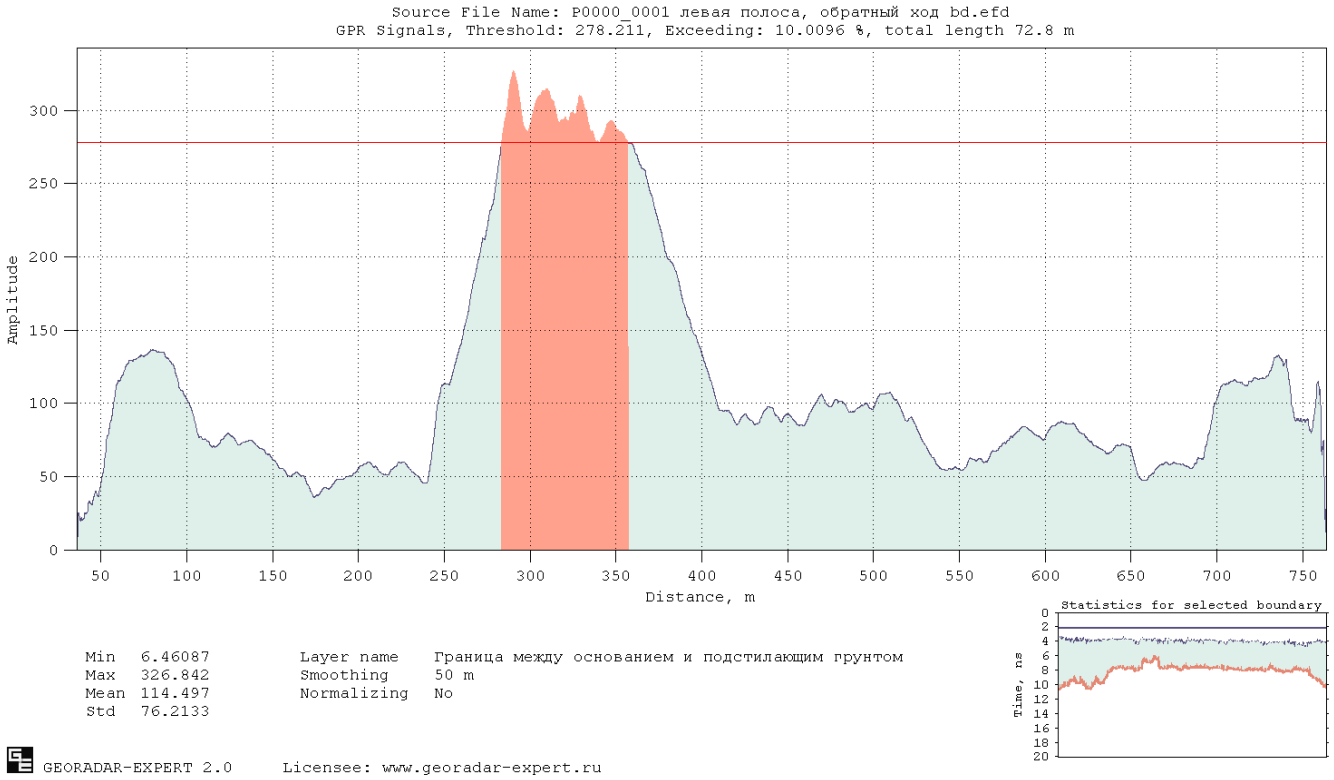
Правая полоса, обратный ход:



Левая полоса, прямой ход:



Левая полоса, обратный ход:



Далее представлены таблицы положения зон превышения амплитудного порога. Таблицы состоят из следующих столбцов:

№ - номер участка;

Start, m – положение начала участка по шкале расстояний;

End, m – положение конца участка по шкале расстояний;

Nunber of traces – для разреза это количество столбцов массива значений атрибута, который является изображением разреза;

Length, m – протяжённость участка. Если протяжённость участка равна 0, то это точечное превышение;

Extreme position, m – положение максимума превышения в пределах участка;

Extreme value – значение максимума превышения в пределах участка;

Exceeding threshold, % - доля участка от длины профиля.

Правая полоса, прямой ход:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	292.45	365.15	1455	72.7	312.35	311.943573	16.60932465
2	365.25	365.25	1	0	365.25	267.5116882	0

Правая полоса, обратный ход:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	297.304	370.608	3333	73.304	347.486	305.7975464	16.96089053
2	371.048	371.422	18	0.374	371.268	261.5906677	0.052723815

Левая полоса, прямой ход:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	286.658	295.656	410	8.998	290.442	314.9911194	8.449043088
2	299.858	363.57	2897	63.712	329.976	332.3877258	14.43856218

Левая полоса, обратный ход:

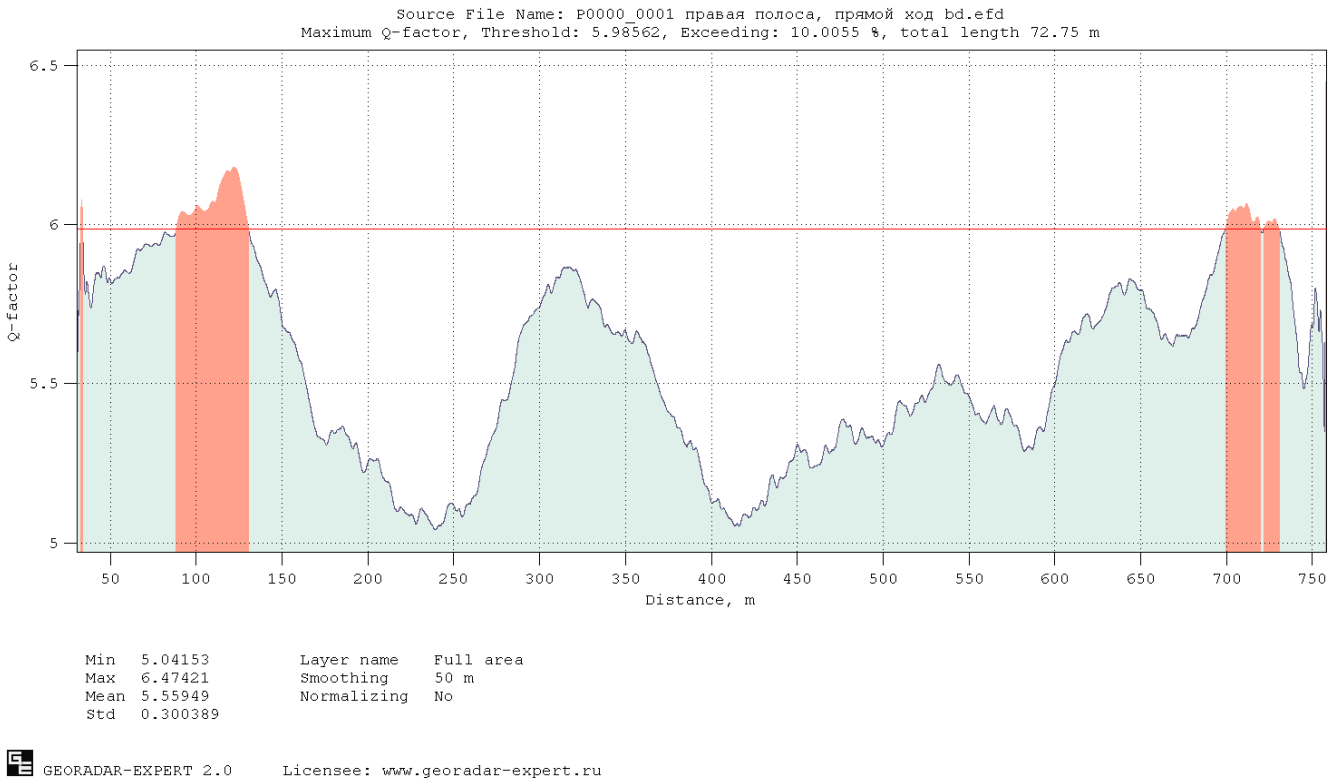
№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	283.5	339.65	1124	56.15	290.25	326.8419189	17.47979252
2	339.9	340.15	6	0.25	340.1	278.5489197	0.121396284
3	340.7	357	327	16.3	347.5	292.7686768	5.23253416

По результатам амплитудного анализа можно сделать вывод, что превышение амплитудного порога на границе контакта слоёв основания и подстилающего грунта сосредоточено в одном месте – на участке 290 – 364 метров (даны средние значения). Максимальное превышение порога, в среднем, расположено на отметке 320 метров.

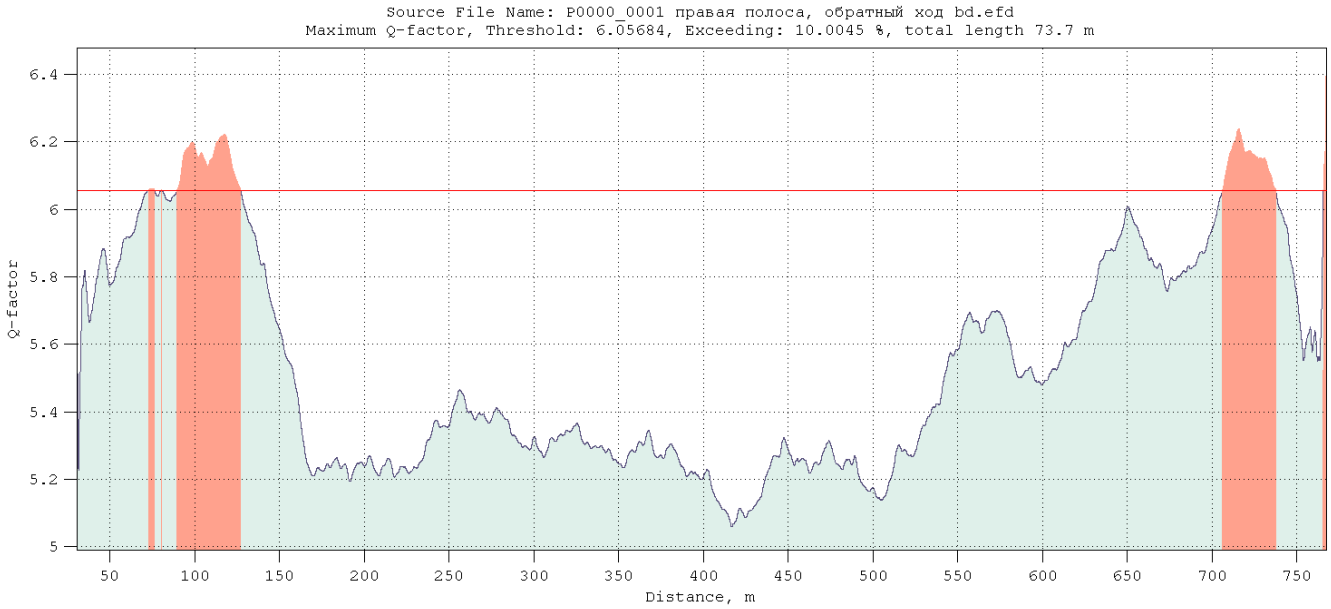
Атрибут Q-factor

Далее представлены сглаженные графики изменения максимальных значений атрибута Q-factor по профилю. Как показывает практика, в случае нахождения исследуемой среды в состоянии малой влажности, повышенные значения атрибута Q-factor свидетельствуют о наличии разуплотнений в грунте, а в монолитных слоях (асфальт, бетон) – зон повышенной трещинноватости и кавернозности (для сильновлажных слоёв картина обратная – поры вещества заполнены водой и о наличии разуплотнений свидетельствуют пониженные значения атрибута Q-factor – т.е. можно сказать, что данный атрибут выступает в качестве показателя сплошности исследуемой среды). Для локализации зон повышенных значений атрибута, на всех графиках установлен порог таким образом, чтобы суммарная протяжённость зон превышения этого порога составляла 10% от длины профиля.

Правая полоса, прямой ход:



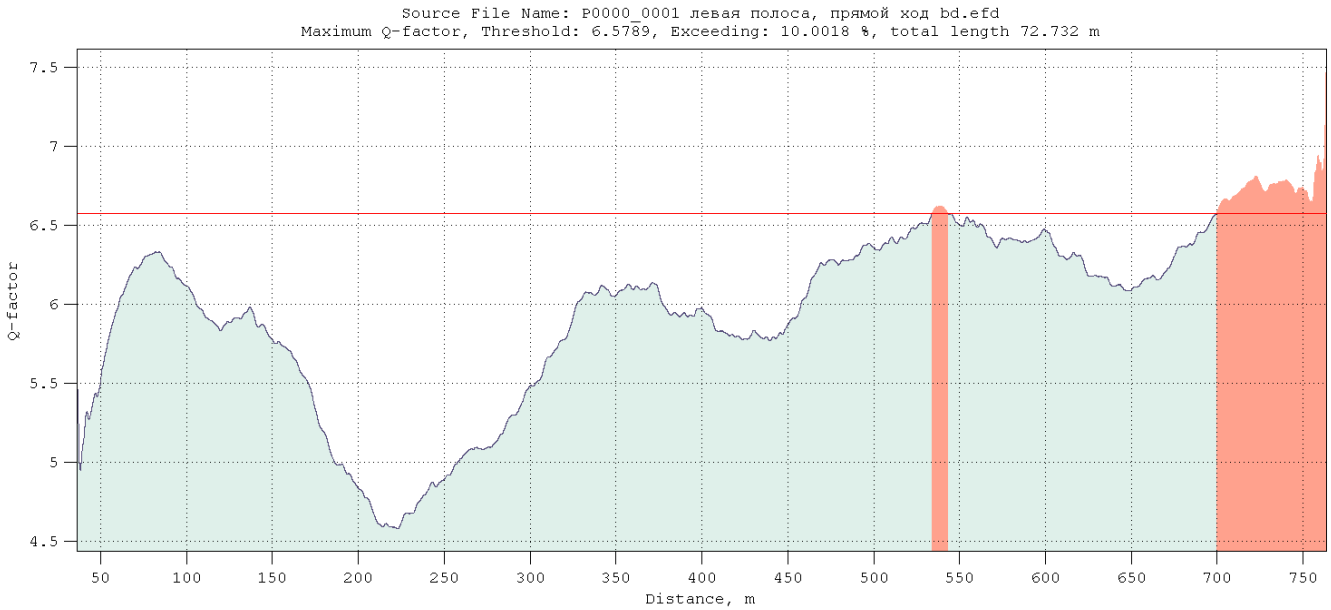
Правая полоса, обратный ход:



Min	5.05906	Layer name	Full area
Max	6.41169	Smoothing	50 m
Mean	5.54856	Normalizing	No
Std	0.330136		

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

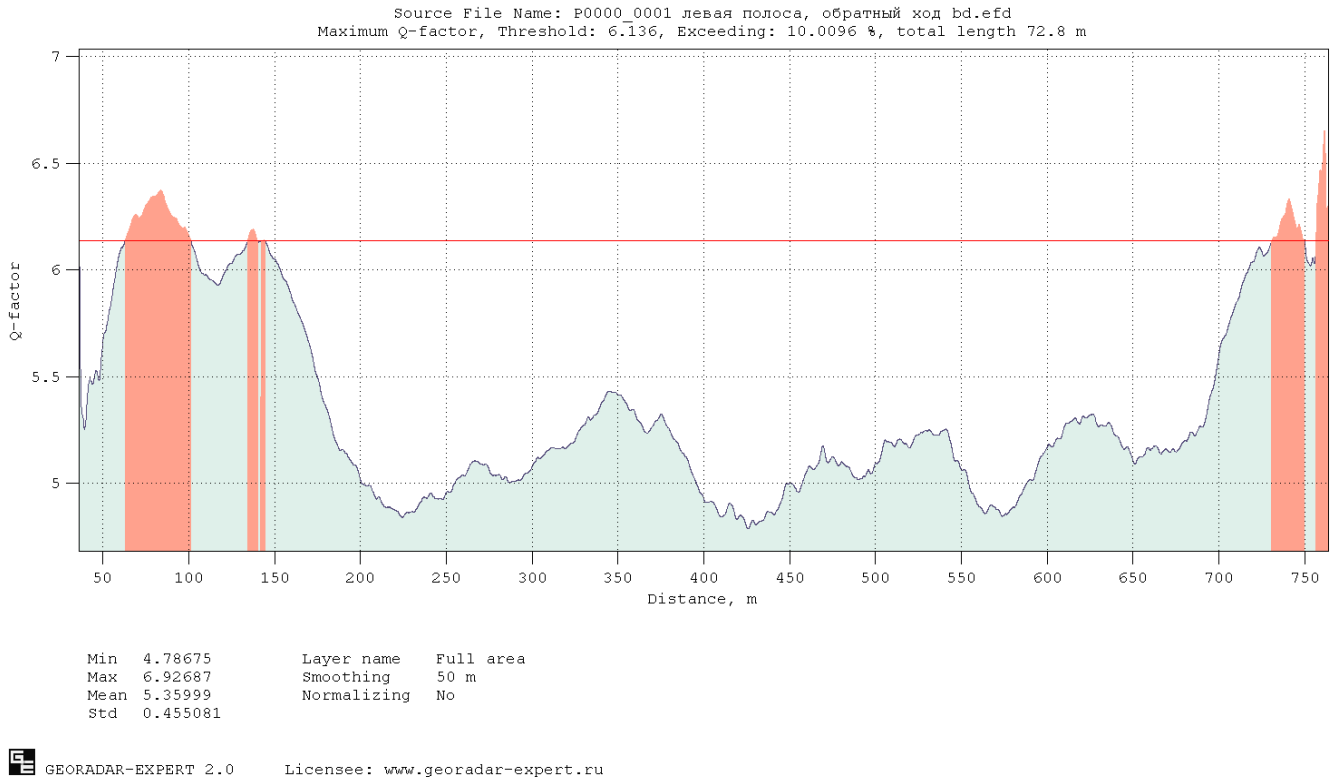
Левая полоса, прямой ход:



Min	4.57977	Layer name	Full area
Max	7.46989	Smoothing	50 m
Mean	5.95807	Normalizing	No
Std	0.565175		

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Левая полоса, обратный ход:



Далее представлены таблицы положения зон превышения порога. Таблицы состоят из следующих столбцов:

№ - номер участка;

Start, m – положение начала участка по шкале расстояний;

End, m – положение конца участка по шкале расстояний;

Nunber of traces – для разреза это количество столбцов массива значений атрибута, который является изображением разреза;

Length, m – протяжённость участка. Если протяжённость участка равна 0, то это точечное превышение;

Extreme position, m – положение максимума превышения в пределах участка;

Extreme value – значение максимума превышения в пределах участка;

Exceeding threshold, % - доля участка от длины профиля.

Правая полоса, прямой ход:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	32.8	33.95	24	1.15	33.3	6.077754805	1.539299427
2	88.5	130.5	841	42	122.5	6.17910939	3.232601302
3	699.45	719.7	406	20.25	711.7	6.065301621	1.331247676
4	721.7	730.55	178	8.85	728	6.01776922	0.537137533
5	757.7	758	7	0.3	758	6.474211303	8.162783983

Правая полоса, обратный ход:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	30.422	30.62	10	0.198	30.422	6.381352191	5.357770184
2	73.102	76.16	140	3.058	74.466	6.061852195	0.082742861
3	80.34	80.582	12	0.242	80.45	6.057151887	0.005139562
4	89.734	127.068	1698	37.334	117.652	6.221627798	2.720679267
5	706.306	737.48	1418	31.174	715.744	6.238973394	3.007059528
6	765.706	767.29	73	1.584	767.29	6.411687717	5.858617528

Левая полоса, прямой ход:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	534.158	543.068	406	8.91	538.822	6.624401233	0.691630939
2	699.598	763.398	2901	63.8	763.376	7.469886064	13.54309382

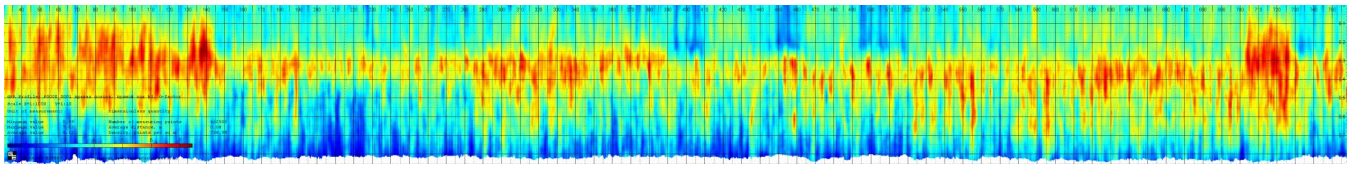
Левая полоса, обратный ход:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	35.95	36.35	9	0.4	35.95	6.926865039	12.88892336
2	63.05	101.3	766	38.25	83.8	6.374654257	3.889400432
3	134.4	140.15	116	5.75	137.45	6.191114331	0.898202475
4	142.15	144.45	47	2.3	143.8	6.140161109	0.067804542
5	730.9	749.7	377	18.8	740.95	6.3331136	3.212401539
6	756.65	763.7	142	7.05	761.55	6.653045775	8.426419507

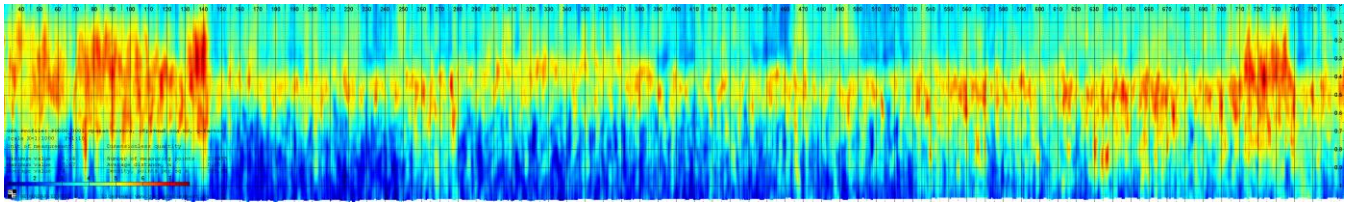
Из графиков видно, что для правой полосы в обоих направлениях и для левой полосы, обратный ход, зоны превышения порога расположены в начале и в конце профиля. Для левой полосы, прямой ход, зоны превышения расположены в конце профиля. На правой полосе, прямой ход повышение значений атрибута, которое приблизилось к порогу, но не превысило его, совпадает с зоной превышения амплитуд на границе между слоями основания и подстилающего грунта.

По разрезам атрибута Q-factor видно (более крупно разрезы представлены в приложении и в графических файлах, приложенных к данному отчёту), что для правой полосы область повышенных значений атрибута (оранжевые и красные цвета) на участке от начала профиля до отметки 140 метров захватывает диапазон глубин почти от поверхности до отметки 0.9 метра по глубине. На остальных участках профиля повышенные значения сосредоточены у границы между основанием и подстилающим грунтом:

Правая полоса, прямой ход:



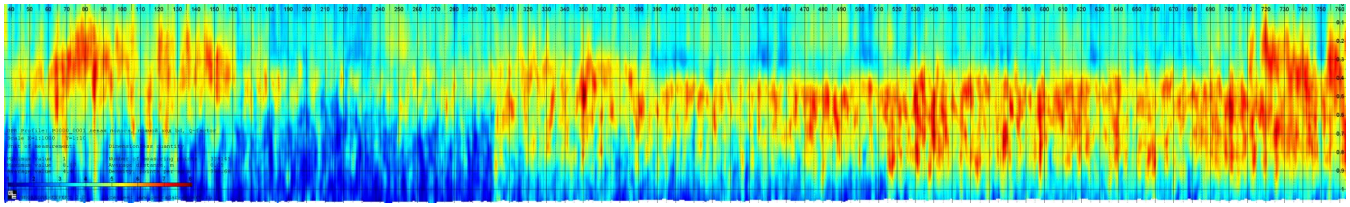
Правая полоса, обратный ход:



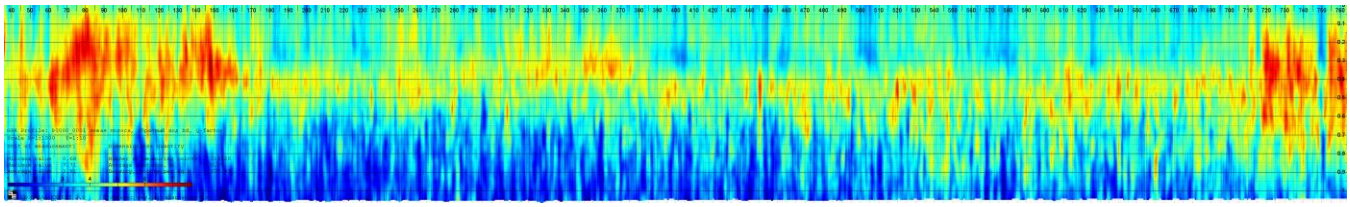
Подобная область повышенных значений атрибута Q-factor расположена и в конце профиля. Для прямого хода правой полосы область расположена на участке 710 – 740 метров, для обратного хода правой полосы область расположена на участке 700 – 730 метров.

По левой полосе подобные области также присутствуют:

Левая полоса, прямой ход:



Левая полоса, обратный ход:



В начале профилей эта область ярко выражена на участке 60 – 160 метров, а в конце профилей область расположена от отметки 710 метров до конца профилей.

На разрезе атрибута Q-factor по прямому ходу левой полосы выделяется интенсивная область проявления повышенных значений атрибута, которая начинается с отметки 300 метров по профилю и продолжается до конца профиля. По глубине эта область берёт начало от границы между слоем основания и подстилающим грунтом и простирается до отметки примерно 0.9 метров по глубине.

Выводы

Дорожное покрытие на участке 440 – 514 метров наиболее подвержено ослаблению в процессе эксплуатации автодороги из-за наличия неплотного контакта между слоем покрытия и основанием. Также, дорожное покрытие может быть подвержено ослаблению на участке 290 – 364 метров из-за наличия неплотного контакта между слоем основания и подстилающим грунтом.

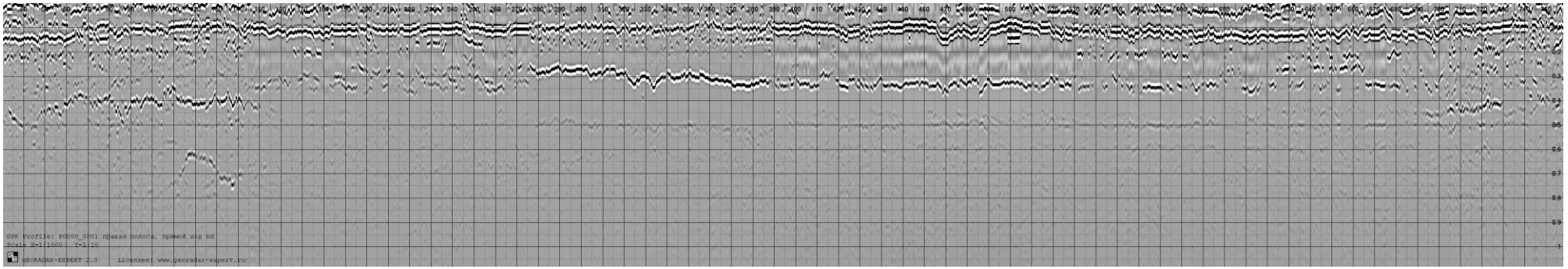
В начале и в конце тестового участка плотность конструкции автодороги понижена – об этом свидетельствуют повышенные значения атрибута Q-factor. В начале профиля область пониженной плотности простирается от начала участка до отметок 140 - 160 метров по профилю. В конце участка область пониженной плотности начинается с отметок 700 – 710 метров по профилю и простирается до конца профиля.

ПРИЛОЖЕНИЯ

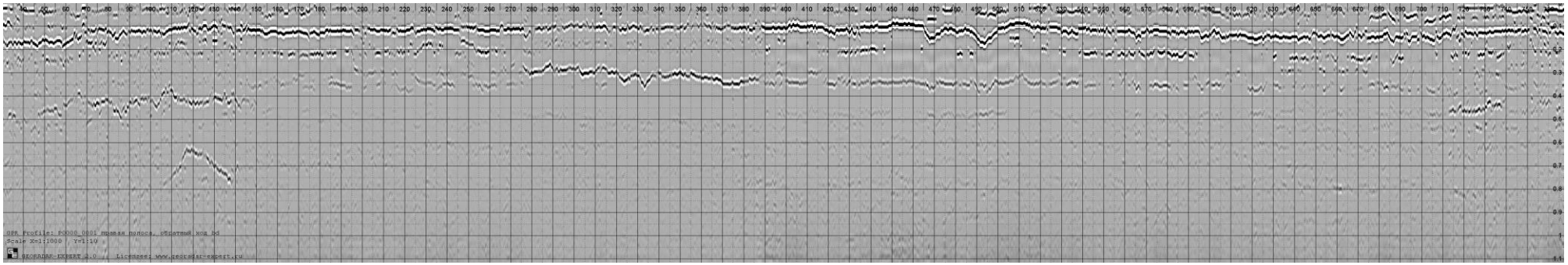
3. Обработанные георадарные профили

Профили после обработки методом B-detector. Профили в горизонтальном масштабе 1:1000 и вертикальном масштабе 1:50 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом.

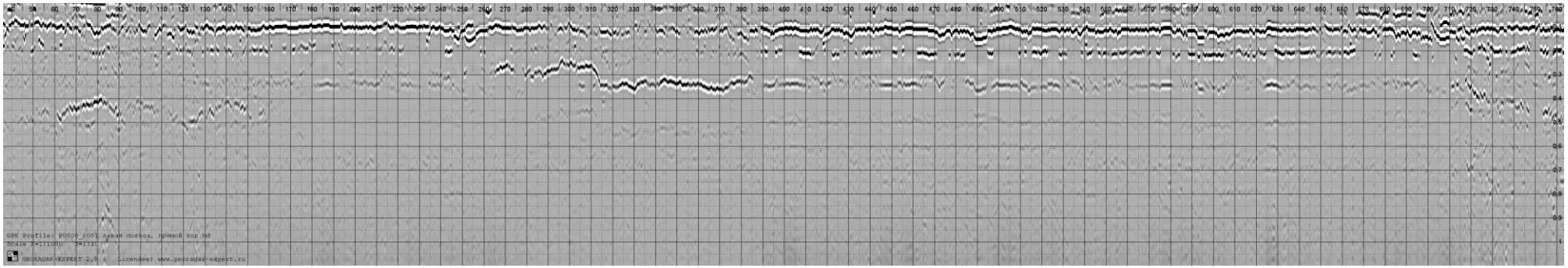
Правая полоса, прямой ход



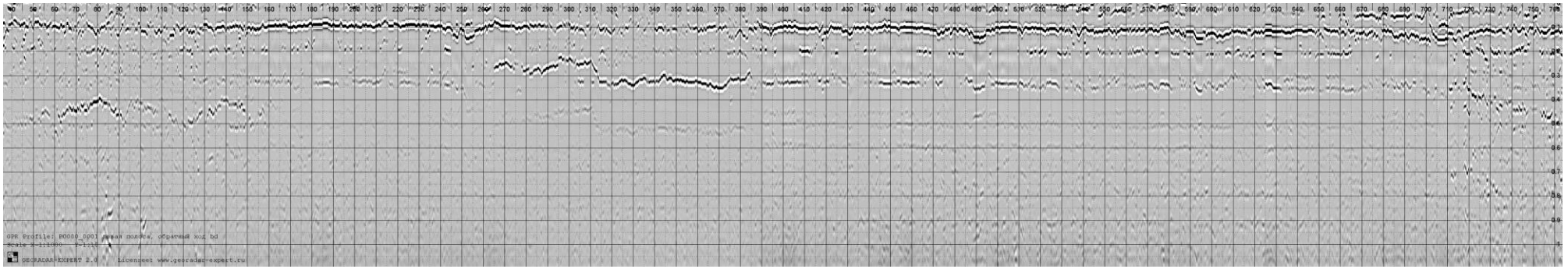
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход



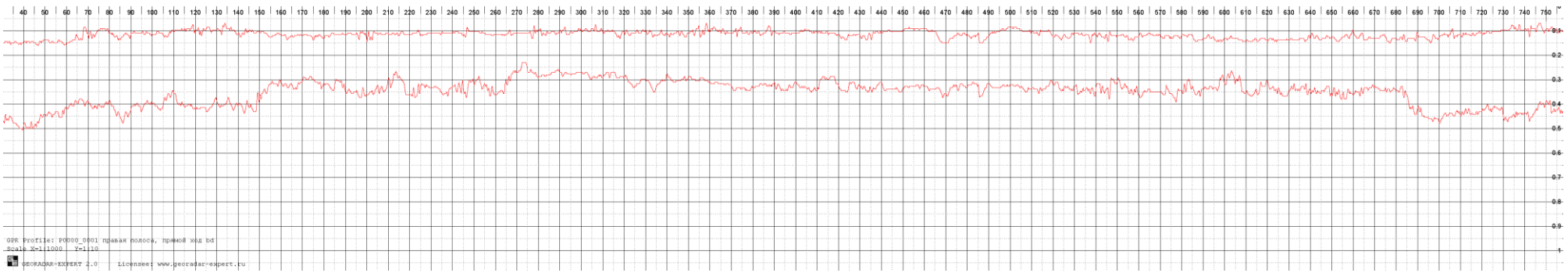
Левая полоса, обратный ход



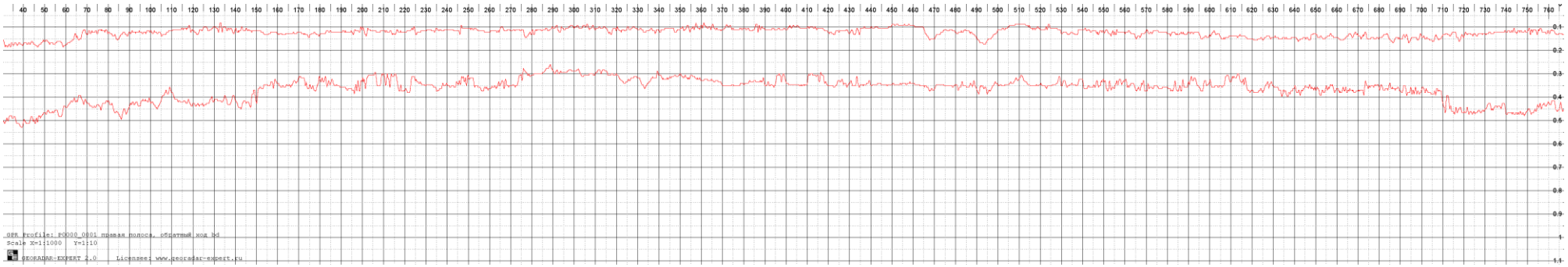
4. Границы слоёв дорожного покрытия и основания

Изображения границ слоёв на профиле в горизонтальном масштабе 1:1000 и вертикальном масштабе 1:50 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. На изображении верхняя граница – граница между слоем дорожного покрытия и слоем основания. Нижняя граница является нижней границей слоя основания.

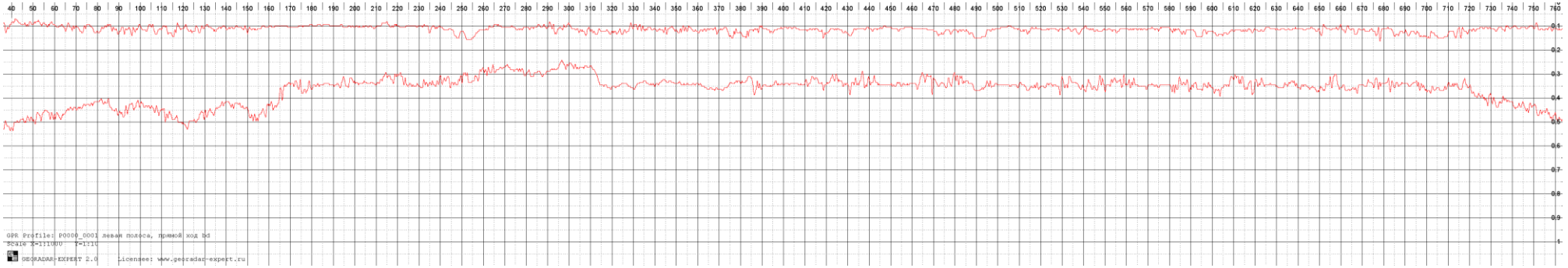
Правая полоса, прямой ход



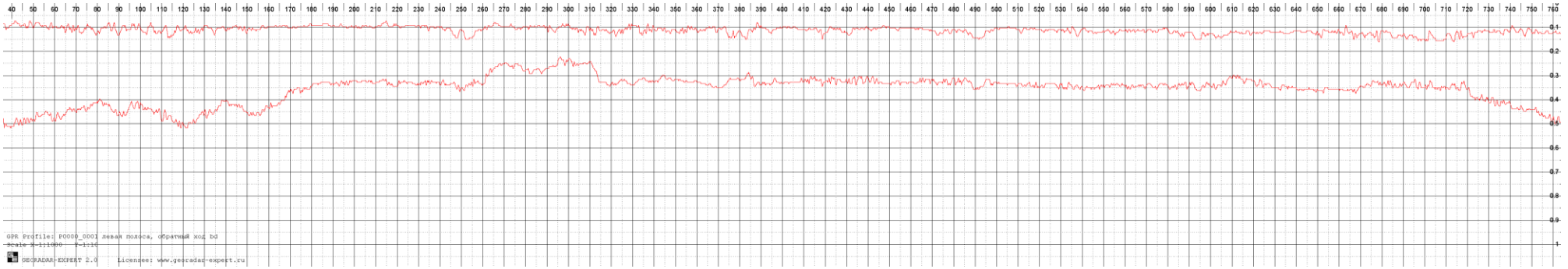
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход



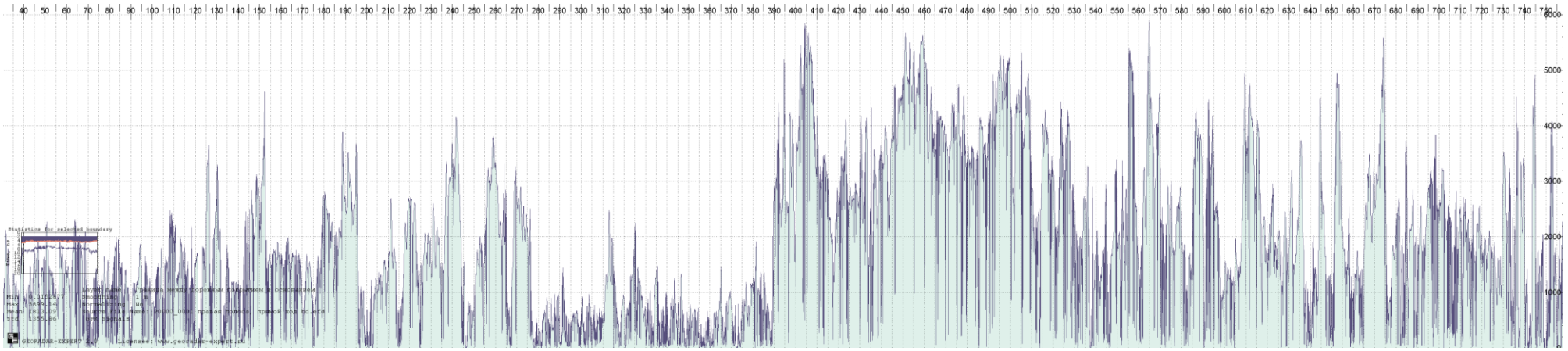
Левая полоса, обратный ход



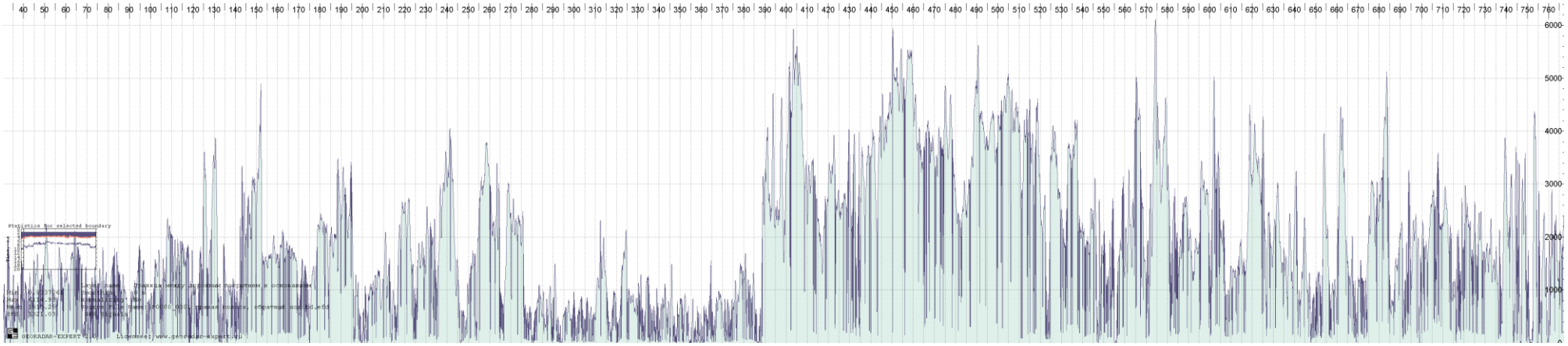
5. Амплитуды отражений на границе между дорожным покрытием и основанием

Графики в горизонтальном масштабе 1:1000 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. В правом нижнем углу графиков размещена краткая информация – имя профиля, наименование границы или слоя, минимальные, максимальные, средние значения и среднеквадратичное отклонение значений, размер скользящего окна сглаживания данных в метрах (Smoothing), информация о нормализации значений (Normalizing), а также схема разреза с указанием положения слоя в виде окрашенной области.

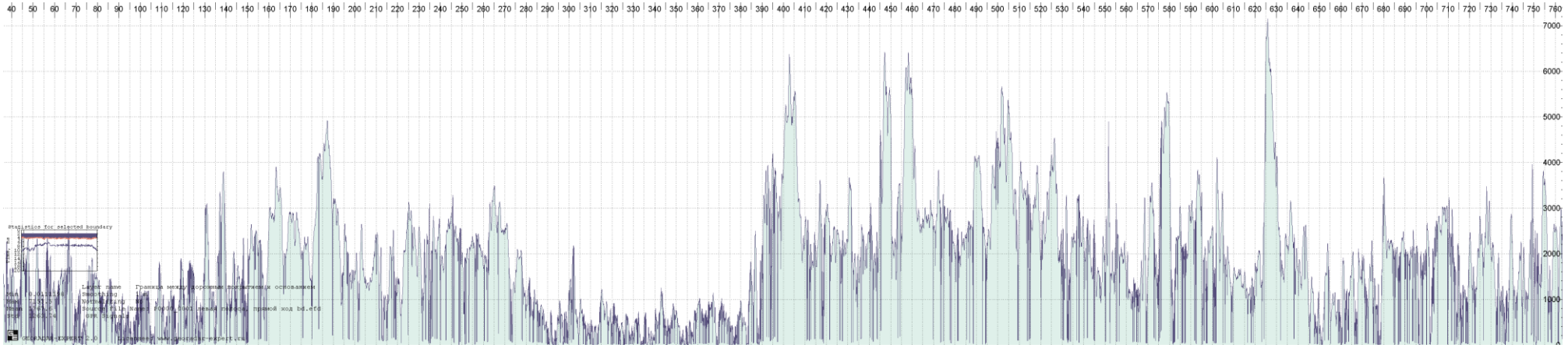
Правая полоса, прямой ход



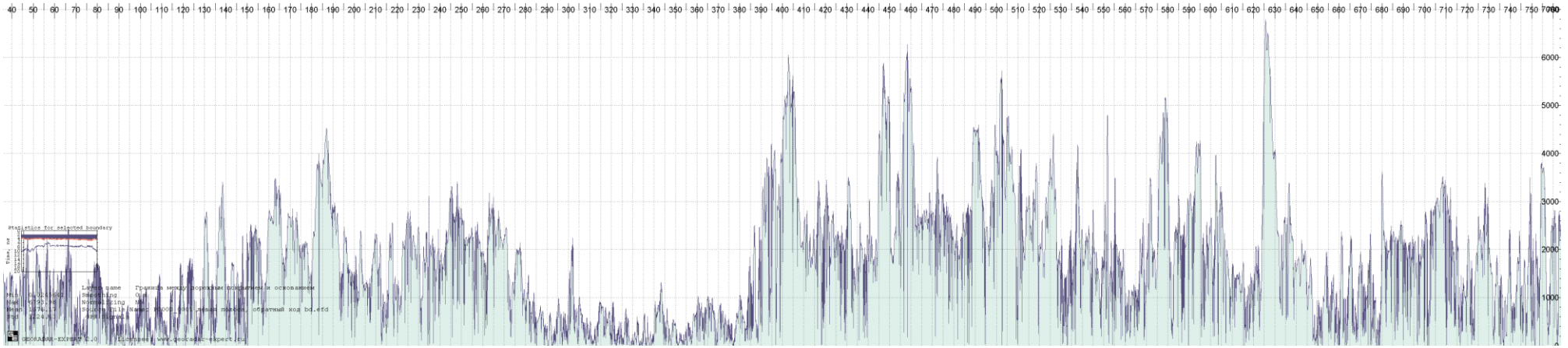
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход



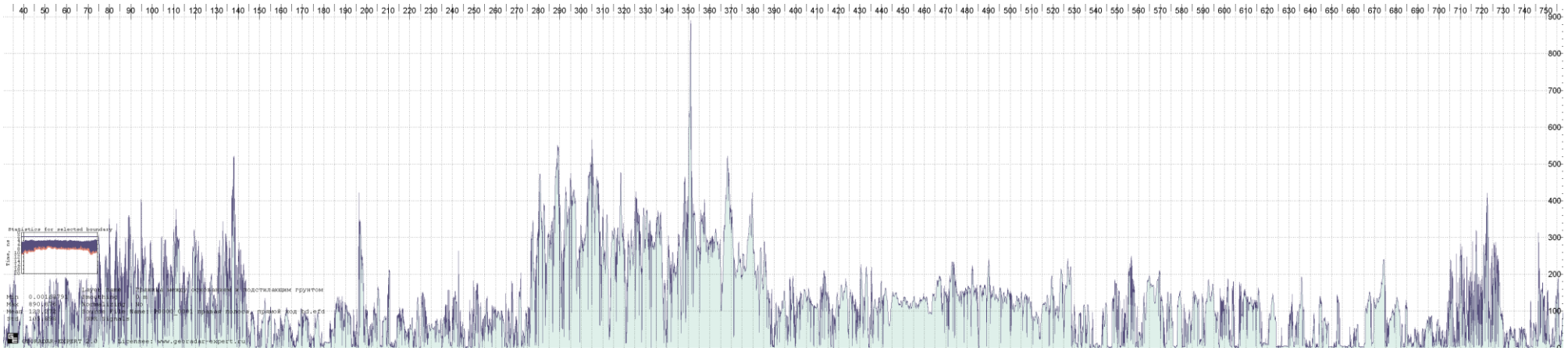
Левая полоса, обратный ход



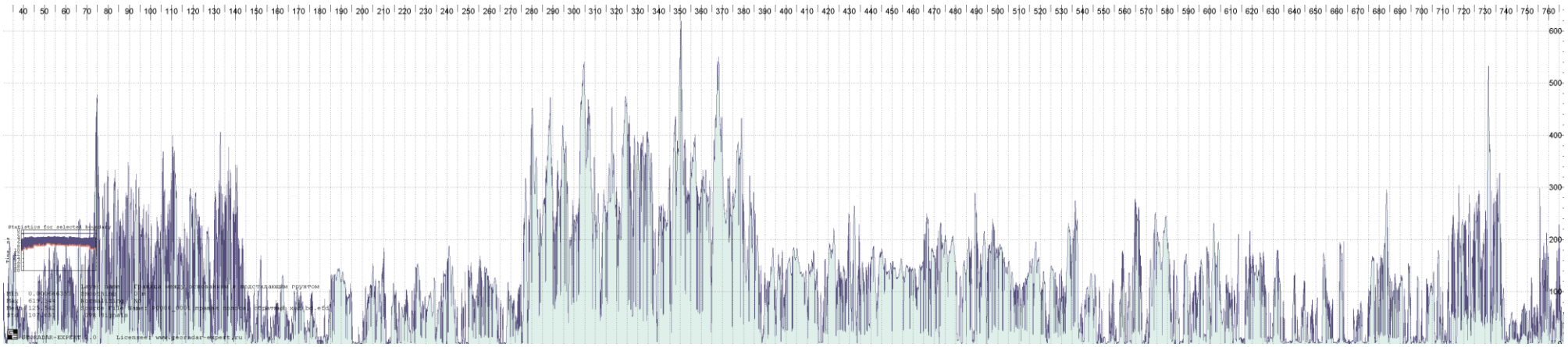
6. Амплитуды отражений на границе между основанием и подстилающим грунтом

Графики в горизонтальном масштабе 1:1000 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. В правом нижнем углу графиков размещена краткая информация – имя профиля, наименование границы или слоя, минимальные, максимальные, средние значения и среднеквадратичное отклонение значений, размер скользящего окна сглаживания данных в метрах (Smoothing), информация о нормализации значений (Normalizing), а также схема разреза с указанием положения слоя в виде окрашенной области.

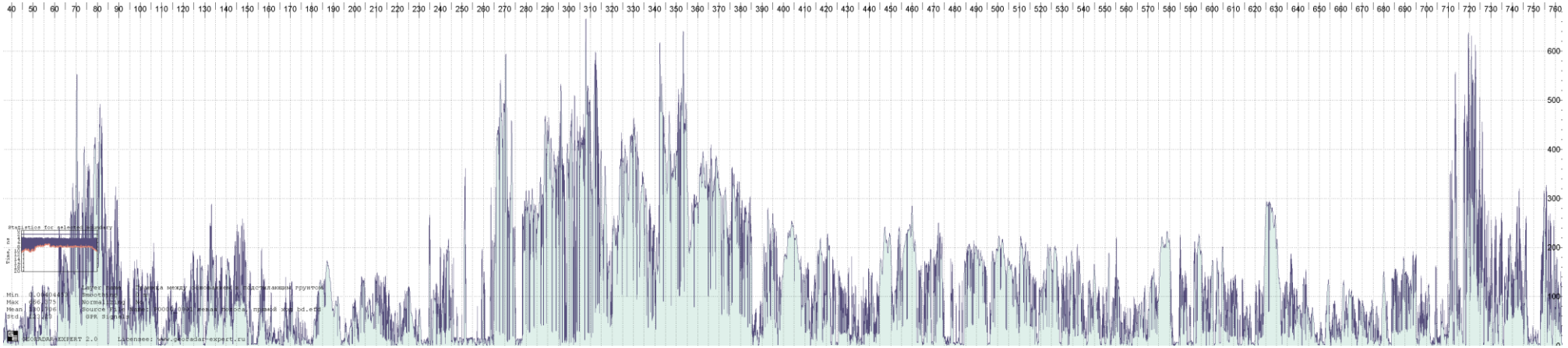
Правая полоса, прямой ход



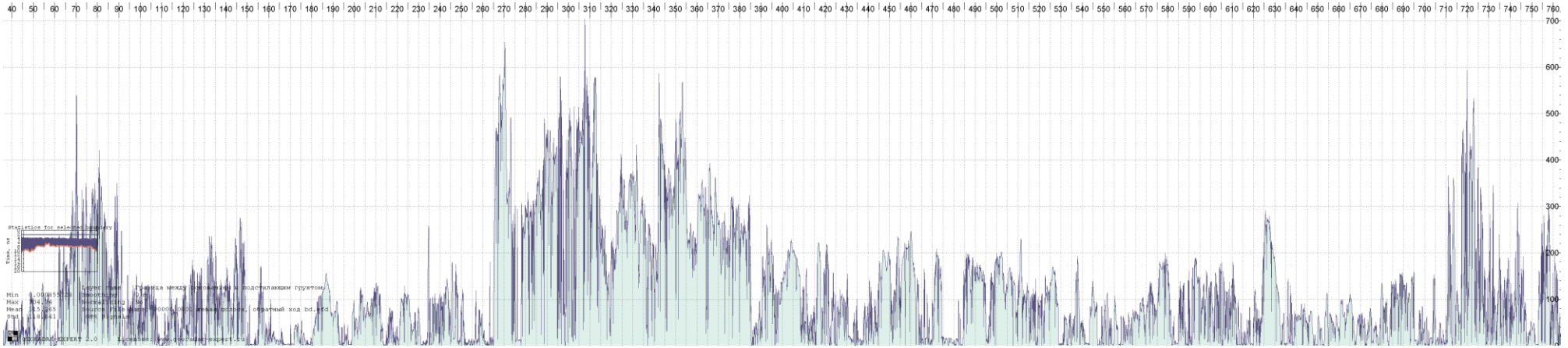
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход



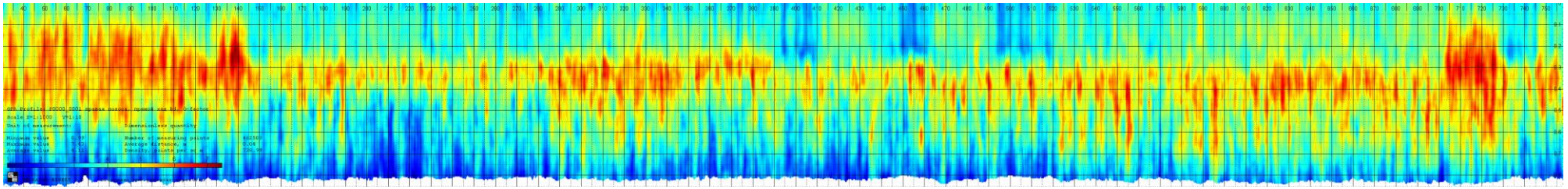
Левая полоса, обратный ход



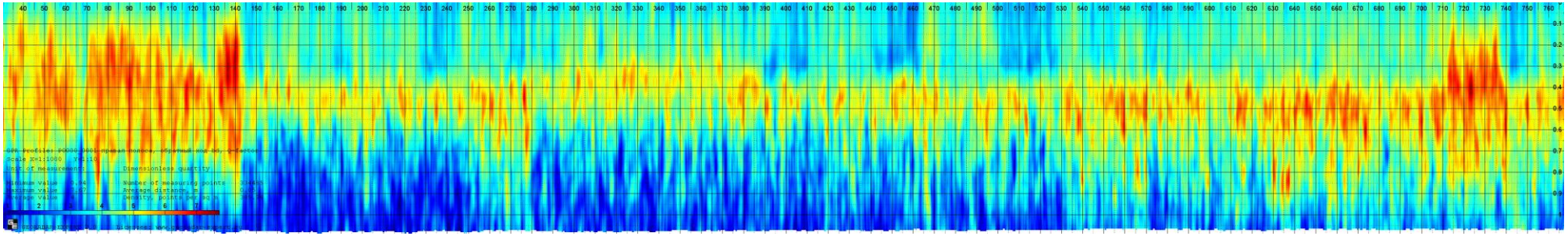
7. Разрезы атрибута Q-factor

Разрезы в горизонтальном масштабе 1:1000 и вертикальном масштабе 1:10 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. В правом нижнем углу изображения разрезов размещена цветовая шкала значений атрибута, а также краткая информация о разрезе – имя георадиолокационного профиля, минимальные, максимальные и средние значения атрибута, кол-во точек измерения характеристик поля обратного рассеяния по разрезу (number of measuring points), среднее расстояние между этими точками (average distance) и средняя плотность этих точек на кв метр разреза (density). Шакала расстояний в метрах расположена по верхней границе изображения, шкала глубин – по правой границе изображения.

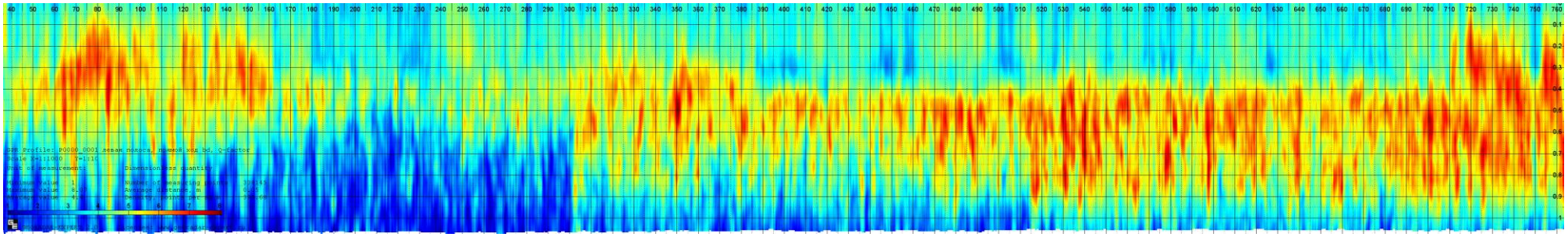
Правая полоса, прямой ход



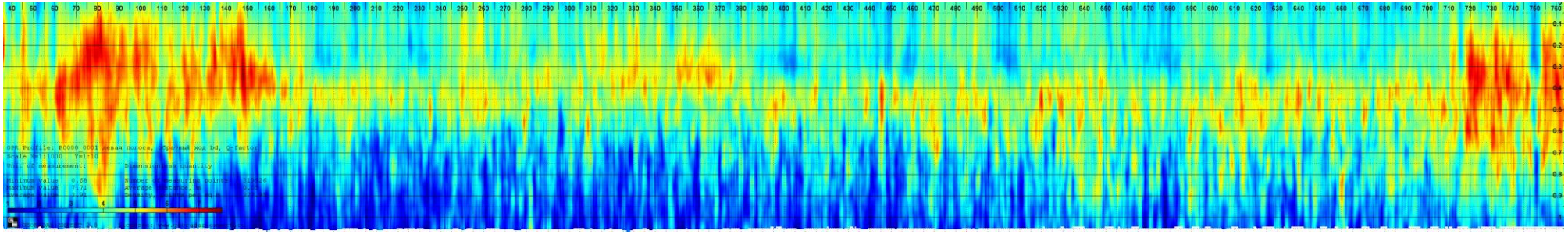
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход



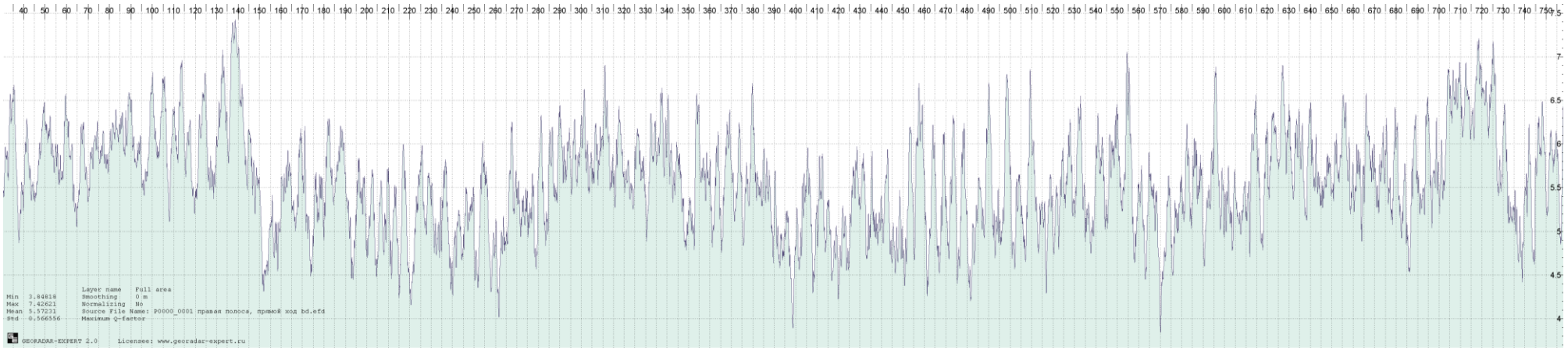
Левая полоса, обратный ход



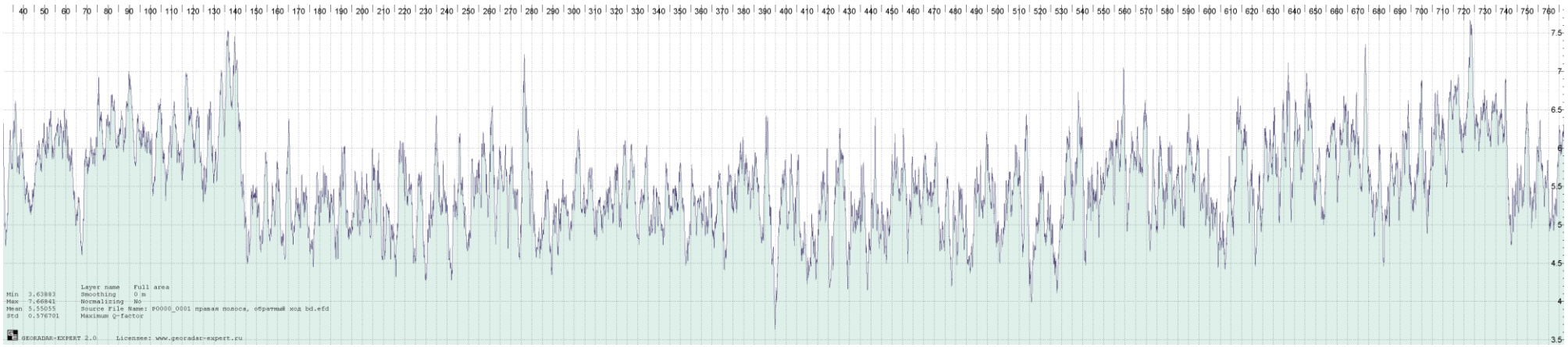
8. Максимальные значения атрибута Q-factor

Графики в горизонтальном масштабе 1:1000 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. В правом нижнем углу графиков размещена краткая информация – имя профиля, наименование границы или слоя, минимальные, максимальные, средние значения и среднеквадратичное отклонение значений, размер скользящего окна сглаживания данных в метрах (Smoothing), информация о нормализации значений (Normalizing), а также схема разреза с указанием положения слоя в виде окрашенной области.

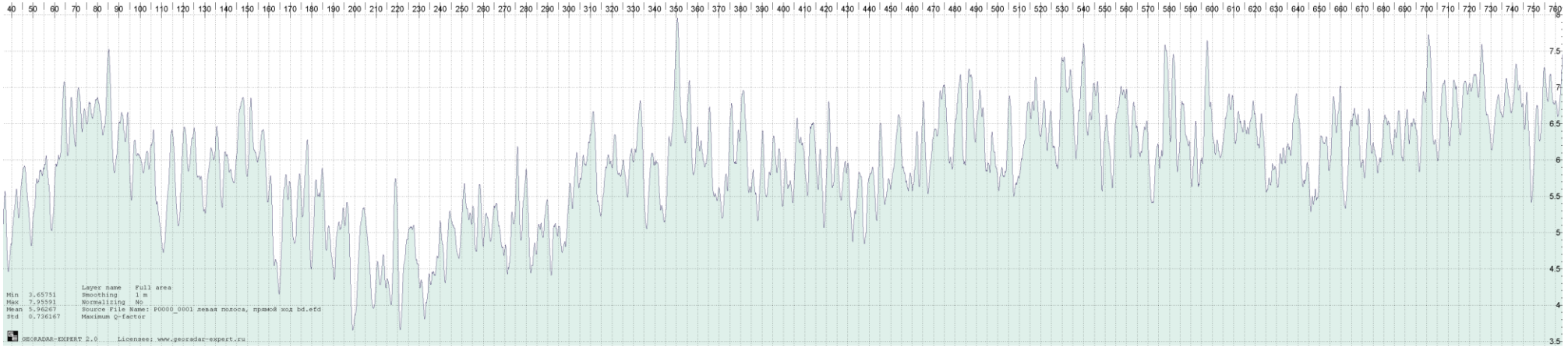
Правая полоса, прямой ход



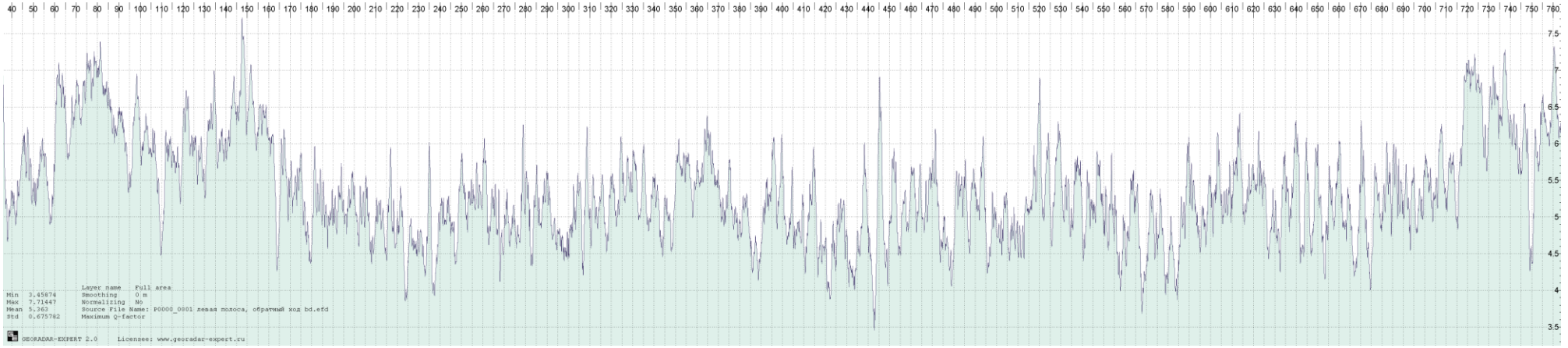
Правая полоса, обратный ход



Левая полоса, прямой ход



Левая полоса, обратный ход



ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЁТ

О результатах обработки полевых измерений, полученных в ходе

георадиолокационного обследования на объекте:

«Автомобильная дорога А-107 «Московское Малое Кольцо между Киевским и Минским шоссе, рядом с деревней Кобяково и пос. НИИ Радио»

ЧАСТЬ 3

Обследование дорожного покрытия антенной 2ГГц

Оглавление.

1. Обработка результатов георадиолокационного профилирования. 3

Пикировка границ слоёв 5
Амплитуды отражений от границ слоёв.....6
Амплитуды отражений от поверхности дорожного покрытия.....6
2. Выводы по результатам георадиолокационного профилирования. 7

3. Обработанные георадарные профили 16

4. Границы слоёв дорожного покрытия и основания.....17

5. Амплитуды отражений на границе между слоями дорожного покрытия 18

6. Амплитуды отражений на границе между дорожным покрытием и основанием ...19

7. Амплитуды отражений от поверхности дорожного покрытия.....20

1. Обработка результатов георадиолокационного профилирования.

Обработка результатов георадиолокационного профилирования георадаром с антенной 2ГГц проводилась в программном комплексе ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ методом B-detector. Обработка георадарных данных методом анализа поля обратного рассеяния не проводилась, т.к. рупорная антенна 2ГГц обладает узкой диаграммой направленности, вследствие чего возможность формирования дифрагированных волн от подповерхностных объектов и неоднородностей на волновой картине георадарного профиля ограничена.

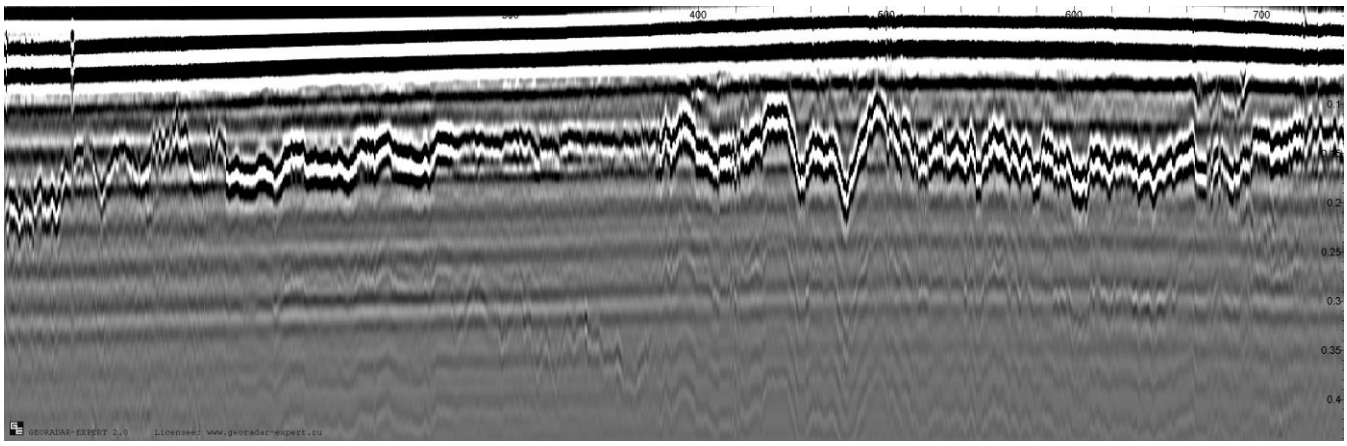
Метод B-detector (Boundaries detector) применялся для улучшения вертикального разрешения сигналов георадарного профиля и подавления помех с целью выделения границ конструктивных слоёв дорожного покрытия. Выравнивание фаз сигналов в результате применения метода B-detector хорошо адаптирует георадарный профиль для автоматизированной пикировки границ слоёв. Метод B-Detector был специально разработан для программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ. Ниже представлены основные преимущества данного метода:

- Эффективно улучшает вертикальное разрешение сигналов радарограммы;
- Повышает точность позиционирования границ слоёв;
- Делает возможным применение низкочастотных антенных блоков георадара в областях, где использование высокочастотных антенн обусловлено требованиями повышенного разрешения данных. При выигрыше в разрешающей способности, ВЧ антенны проигрывают НЧ антеннам в глубинности. В результате же обработки данных от НЧ георадара методом B-Detector на выходе имеются данные с детализацией, как у данных от ВЧ георадара, но с глубинностью исследования, как у НЧ георадара.

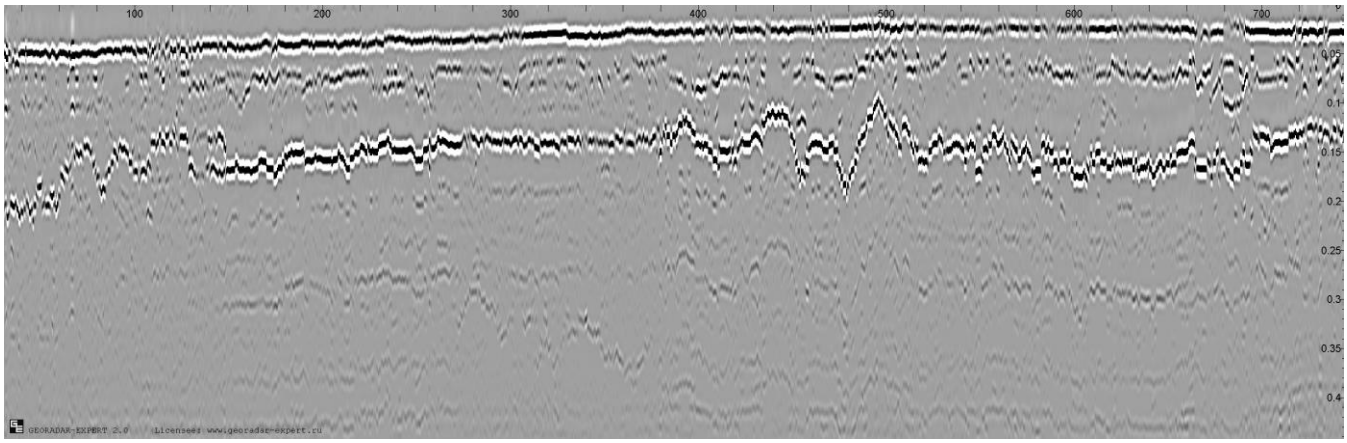
При помощи B-Detector можно решать широкий спектр исследовательских задач, требующих, при надлежащей глубине исследования, обеспечения высокого разрешения данных, точности позиционирования границ и скорости обработки полевого материала. Особенно эффективно применение метода B-Detector в дорожных и железнодорожных областях, где традиционно большой объём георадиолокационных работ.

Далее показан пример результата применения метода B-Detector (для оптимизации времени, затраченного на обработку, верхняя часть георадиолокационного профиля, содержащая сигнал прямого прохождения, отрезана).

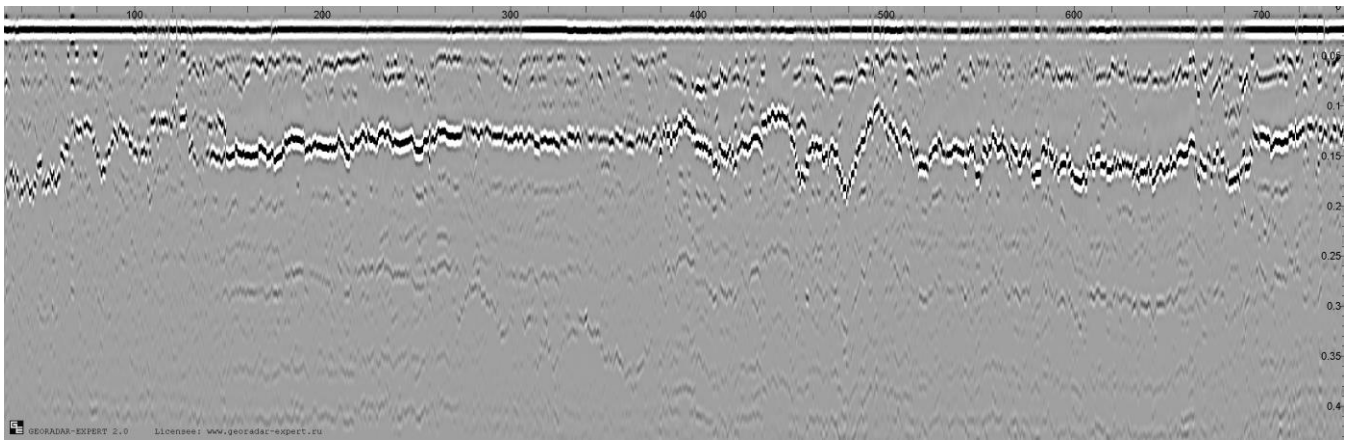
Георадарный профиль по правой полосе до применения метода B-detector:



После применения метода B-detector:



Далее было произведено выравнивание сигналов георадарного профиля относительно границы между воздушным слоем и дорожным покрытием. В результате выравнивания компенсируется неравномерность вертикального положения отражений от поверхности дорожного покрытия, вызванная колебаниями подвески антенны и возможным наличием аппаратного тренда георадара. Ниже показан результат выравнивания:



Обработанные георадарные профили представлены в приложении к данной части отчёта, а файлы в графическом формате с профилями в горизонтальном масштабе 1:1000 передаются совместно с данным отчётом.

Пикировка границ слоёв

Границы слоёв дорожного покрытия и основания выделялись при помощи автоматизированной пикировки. Автопикировка в программном комплексе ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ производится следующим образом: пользователь несколькими щелчками мыши грубо задаёт на профиле область положения пикируемой границы, после чего программа строит эту границу по положению максимумов сигнала. Т.к. после применения метода B-Detector фазы сигналов выравниваются, то ошибки автоматизированной пикировки минимальны.

По результатам автоматизированной пикировки программный комплекс ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ генерирует таблицу положения границ слов в формате MS EXCEL. Данные по каждому слою расположены на отдельной вкладке таблицы. Вкладка носит имя слоя. В таблице слой с именем “Lay #1” соответствует верхнему слою дорожного покрытия, а слой с именем “Lay #2” – нижнему слою дорожного покрытия. Слой с именем “Lay #3” является слоем, ограниченным сверху самой нижней границей (т.е. нижней границей дорожного покрытия) а снизу – нижней границей георадарного профиля.

Таблица имеет заголовок, в котором указана сторона дороги и название слоя и состоит из следующих столбцов:

- Distance, m - расстояние по профилю в метрах;
- Top, m – положение верхней границы слоя по глубине в метрах;
- Bottom, m – положение нижней границы слоя по глубине в метрах;
- Thickness, m – толщина слоя в метрах.

В нижней части таблицы размещается следующая информация:

- Min – минимальные значения по каждому столбцу таблицы;
- Max - максимальные значения по каждому столбцу таблицы;
- Mean – средние арифметические значения по каждому столбцу таблицы;
- Std – среднеквадратичные отклонения значений по каждому столбцу таблицы;
- Sectional area of layer – площадь сечения слоя в квадратных метрах.

Изображения границ слоёв на профиле представлены в приложении к данной части отчёта, а таблицы с положением границ слоёв с шагом 1 метр по профилю и файлы в графическом формате с профилями в горизонтальном масштабе 1:1000 передаются совместно с данным отчётом.

Амплитуды отражений от границ слоёв

Исследование амплитуд отражений от границ слоёв – необходимая составляющая анализа георадиолокационных данных для диагностики состояния дорожной одежды. Повышенные амплитуды могут быть индикатором локального увлажнения слоя, изменения состава слоя или наличия воздушных пустот в зоне контакта слоёв.

В приложении представлены графики амплитуд отражённых сигналов на границе слоёв дорожного покрытия и между дорожным покрытием и основанием.

Графики амплитуд на границах слоёв в горизонтальном масштабе 1:1000 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. В правом нижнем углу графиков размещена следующая информация: имя профиля, наименование границы или слоя, минимальные, максимальные, средние значения и среднеквадратичное отклонение значений, размер скользящего окна сглаживания данных в метрах (Smoothing), информация о нормализации значений (Normalizing), а также схема разреза с указанием положения слоя в виде окрашенной области и, в случае если на графике данные не для слоя, а по нижней границе слоя, то эта граница показана красным цветом.

Амплитуды отражений от поверхности дорожного покрытия

Исследование амплитуд отражений от поверхности дорожного покрытия может дать информацию о степени шероховатости поверхности, материале покрытия, о наличии трещин на поверхности покрытия, влаги или льда. Также, в случае исследования жёстких дорожных одежд, по амплитудам можно судить о состоянии герметизации швов между плитами покрытия, к примеру.

Зависимость амплитуд отражений от состояния поверхности дорожного покрытия – тема дальнейших исследований.

2. Выводы по результатам георадиолокационного профилирования.

По результатам исследования рупорной антенной 2 ГГц, дорожное покрытие состоит из двух слоёв.

Средняя толщина слоёв дорожного покрытия по правой полосе составила:

- Верхний слой – 0.042м;
- Нижний слой – 0.119 м;

Средняя толщина слоёв дорожного покрытия по плевой полосе составила:

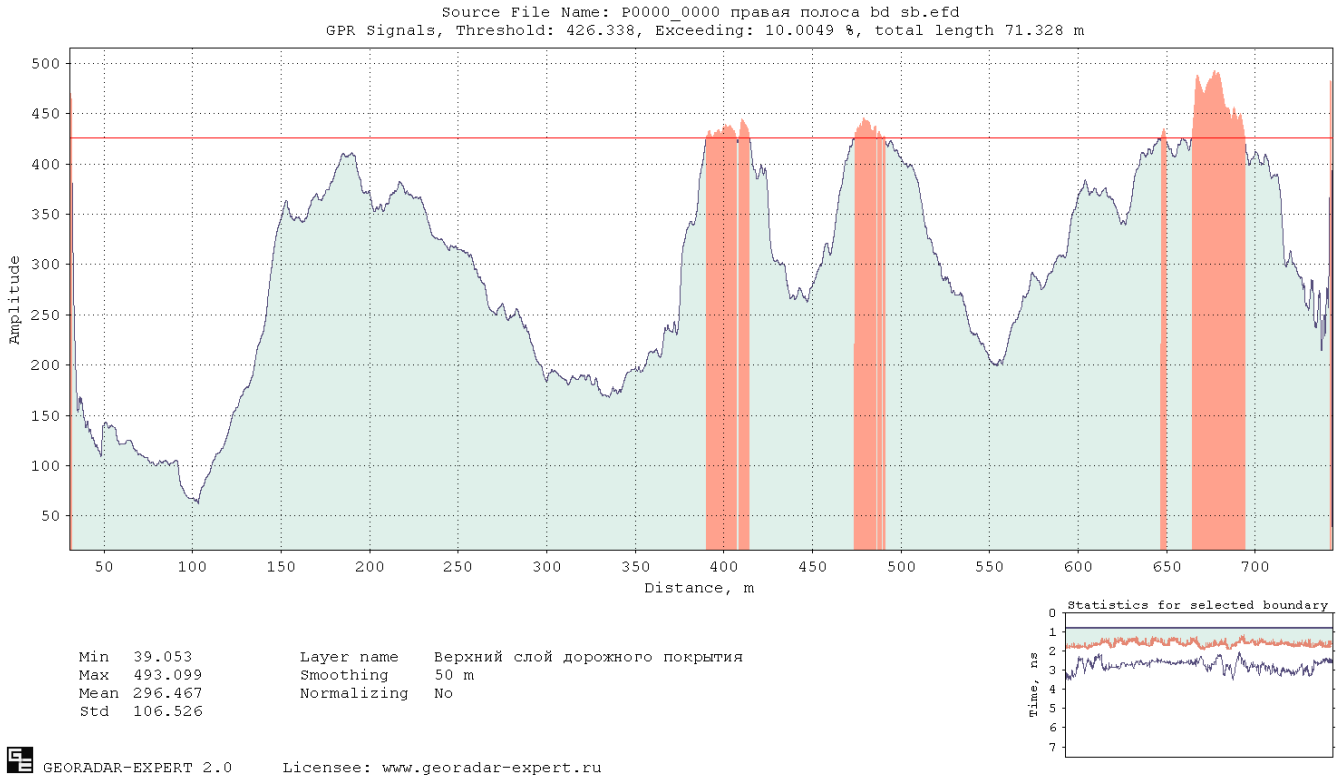
- Верхний слой – 0.042 м;
- Нижний слой – 0.113 м;

Далее представлены сглаженные графики амплитуд на границе между слоями дорожного покрытия и по границе между нижним слоем дорожного покрытия и основанием.

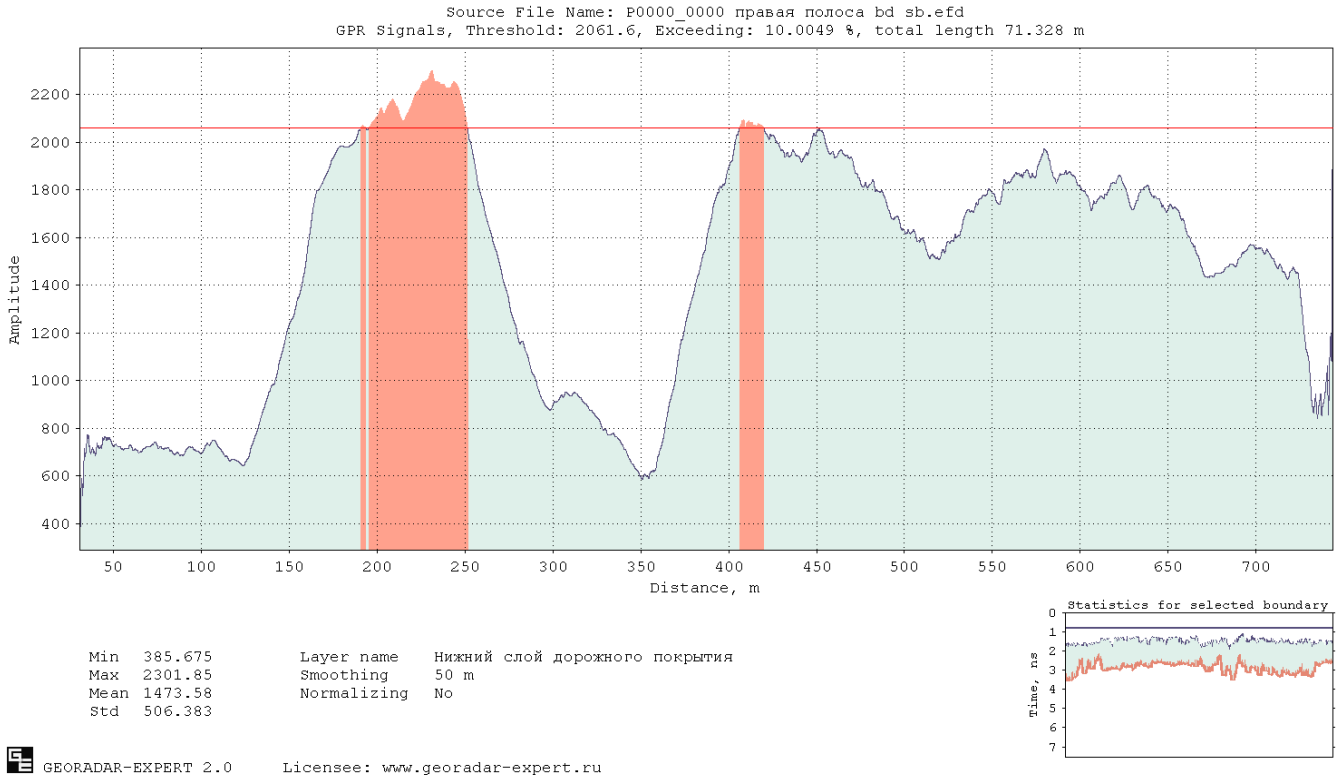
Повышенные значения амплитуд могут проявляться вследствие пониженной адгезии слоёв дорожного покрытия и/или разницы в увлажнении слоёв.

Для локализации зон повышенных амплитуд, на всех графиках установлен порог таким образом, чтобы суммарная протяжённость зон превышения этого порога составляла 10% от длины профиля.

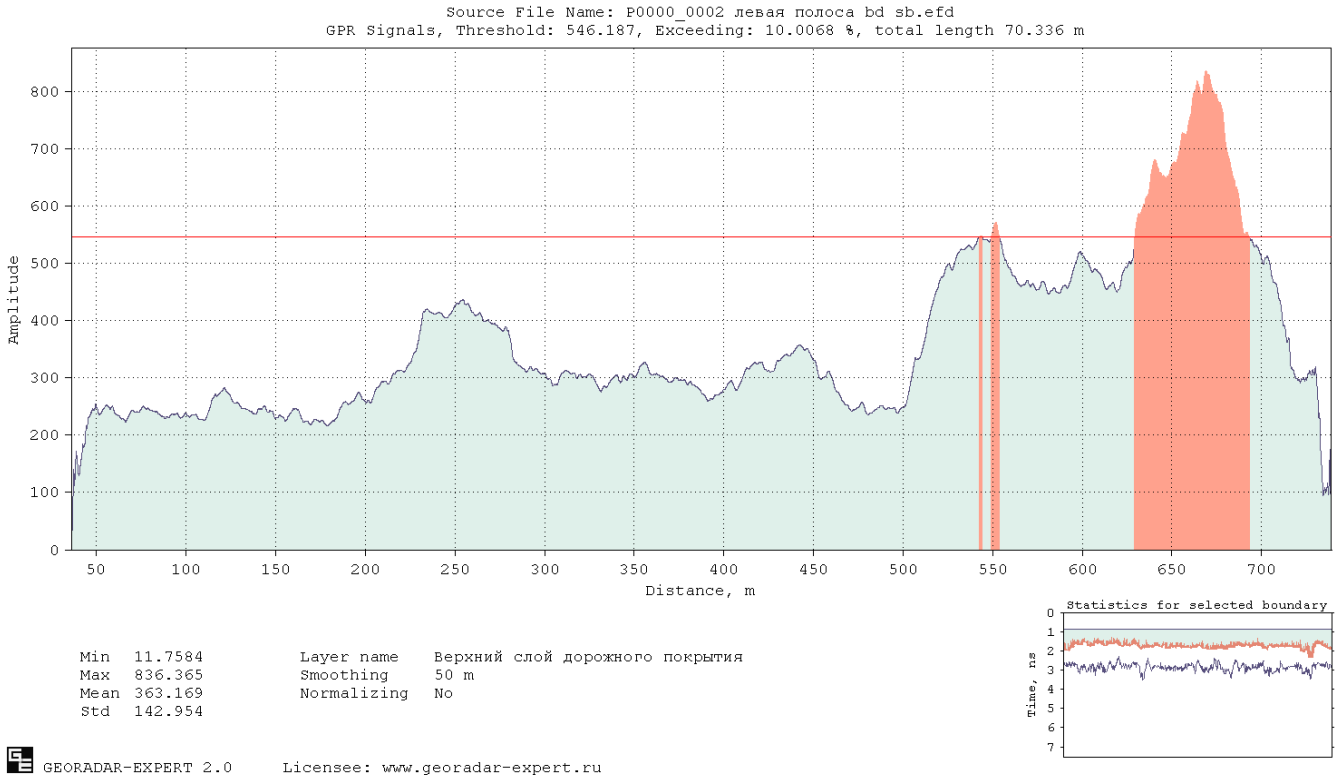
Правая полоса, граница между слоями дорожного покрытия:



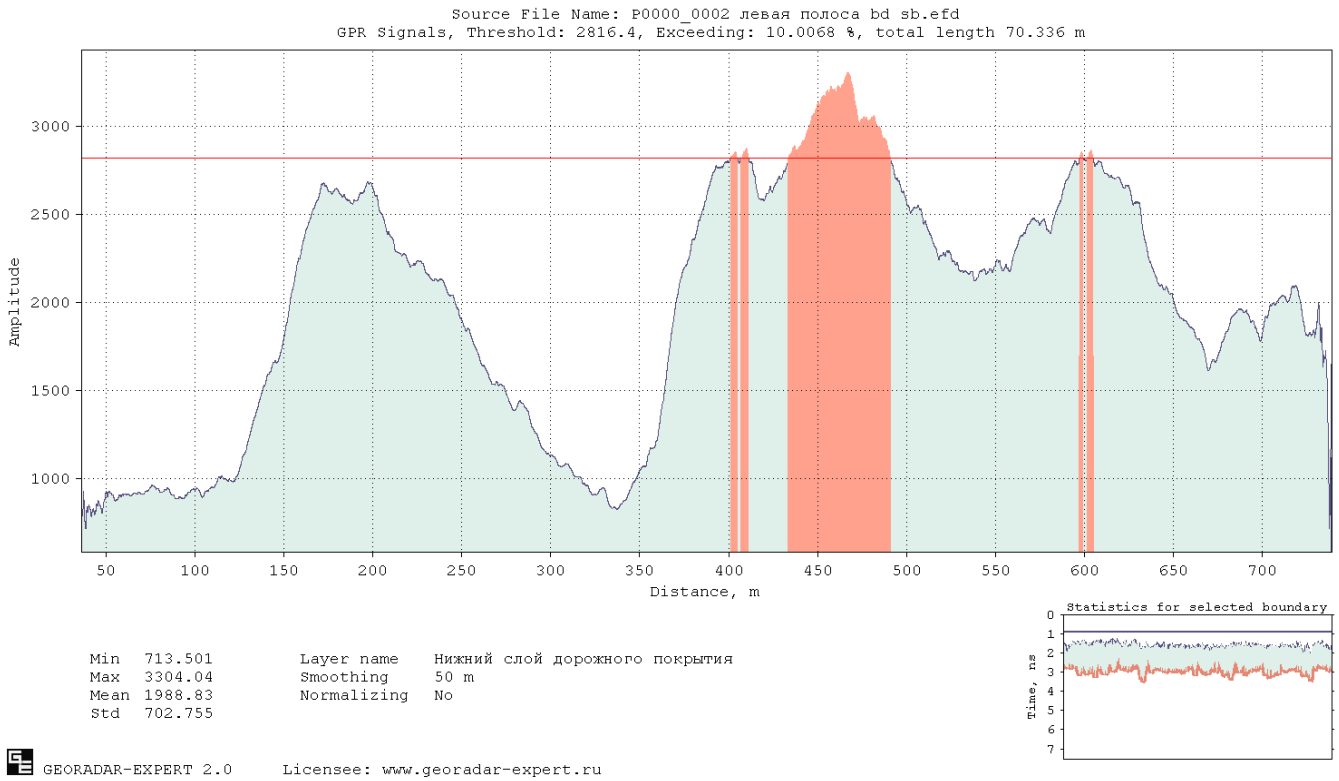
Правая полоса, граница между дорожным покрытием и основанием:



Левая полоса, граница между слоями дорожного покрытия:



Левая полоса, граница между дорожным покрытием и основанием:



Далее представлены таблицы положения зон превышения амплитудного порога. Таблицы состоят из следующих столбцов:

№ - номер участка;

Start, m – положение начала участка по шкале расстояний;

End, m – положение конца участка по шкале расстояний;

Nunber of traces – для разреза это количество столбцов массива значений атрибута, который является изображением разреза;

Length, m – протяжённость участка. Если протяжённость участка равна 0, то это точечное превышение;

Extreme position, m – положение максимума превышения в пределах участка;

Extreme value – значение максимума превышения в пределах участка;

Exceeding threshold, % - доля участка от длины профиля.

Правая полоса, граница между слоями дорожного покрытия:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	31.296	31.616	11	0.32	31.392	470.4351196	10.34322993
2	390.048	406.752	523	16.704	400.96	439.1538391	3.006027873
3	408.608	414.4	182	5.792	410.272	444.5354614	4.26831796
4	473.824	486.048	383	12.224	478.88	445.589325	4.515507637
5	486.688	488.896	70	2.208	487.552	432.5387268	1.4544157
6	489.824	489.856	2	0.032	489.856	426.3869324	0.011477366
7	490.144	490.816	22	0.672	490.688	427.3208313	0.230528665
8	646.88	649.504	83	2.624	648.288	435.4042664	2.126544281
9	664.32	694.08	931	29.76	676.896	493.098877	15.65914297
10	742.336	743.04	23	0.704	742.528	482.6065674	13.19811215

Правая полоса, граница между дорожным покрытием и основанием:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	190.848	193.216	75	2.368	191.616	2070.442139	0.428868365
2	195.456	251.296	1746	55.84	230.944	2301.854004	11.65373252
3	406.4	409.28	91	2.88	408.448	2095.912842	1.664350316
4	409.632	419.776	318	10.144	411.488	2089.537354	1.355100875

Левая полоса, граница между слоями дорожного покрытия:

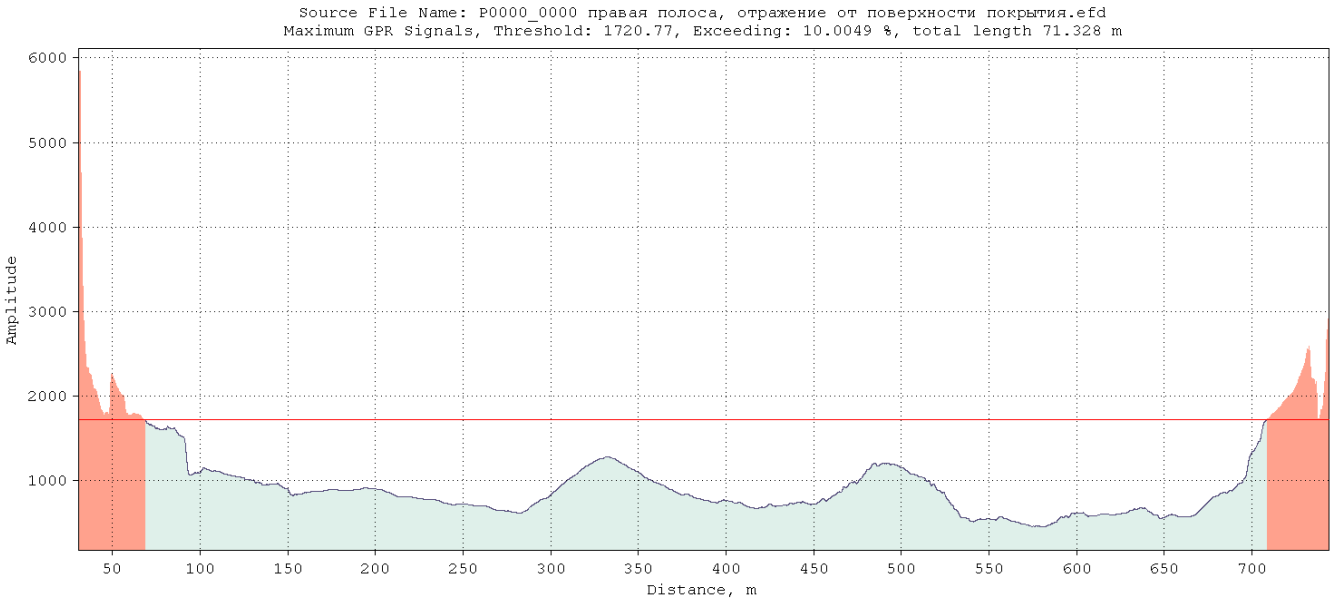
№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	542.428	544.252	58	1.824	543.484	548.7770996	0.474223876
2	549.244	553.756	142	4.512	551.9	572.5644531	4.829390817
3	629.308	693.244	1999	63.936	668.988	836.3652344	53.12801474

Левая полоса, граница между дорожным покрытием и основанием:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	401.148	404.7	112	3.552	403.804	2856.297852	1.416796442
2	406.684	407.292	20	0.608	406.908	2824.900391	0.301986268
3	407.58	411.132	112	3.552	410.044	2874.145752	2.050510773
4	433.66	490.876	1789	57.216	466.78	3304.03833	17.31443994
5	597.372	599.26	60	1.888	598.556	2853.325684	1.311265517
6	601.628	604.988	106	3.36	603.836	2862.623291	1.641389898

Далее представлены сглаженные графики максимальных амплитуд отражений от поверхности дорожного покрытия. Взаимосвязь амплитуд отражений от характеристик поверхности дорожного покрытия – тема дальнейших исследований.

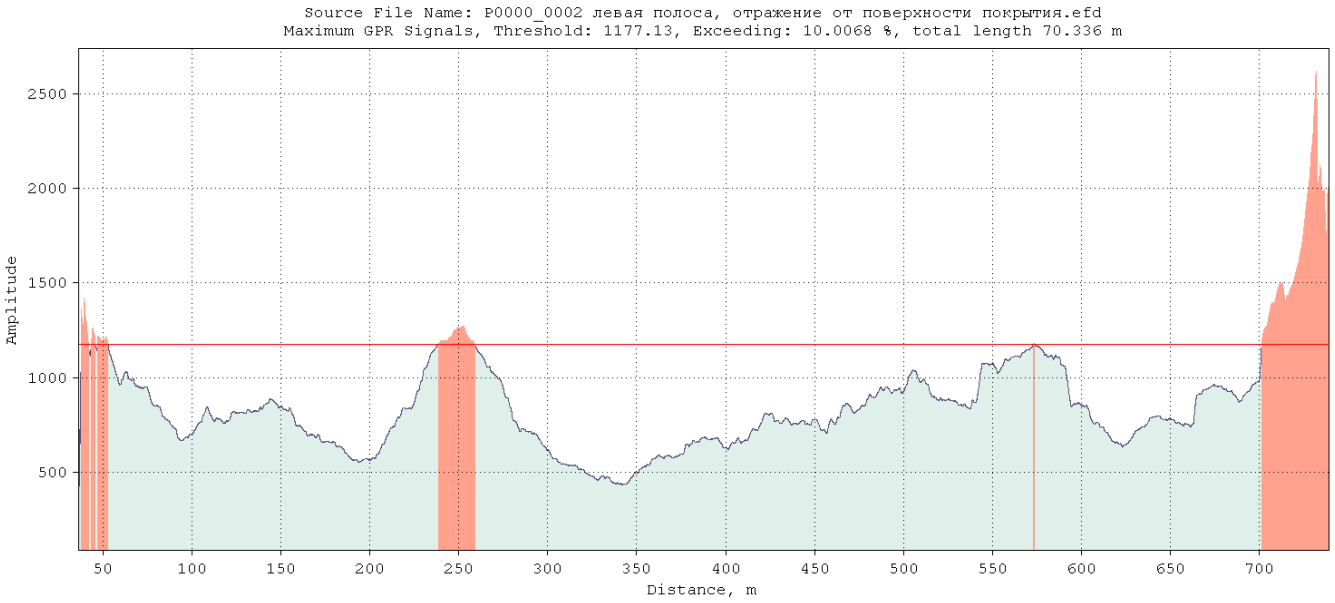
Правая полоса:



Min	449.54	Layer name	Full area
Max	5848.15	Smoothing	50 m
Mean	983.849	Normalizing	No
Std	473.352		

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Левая полоса:



Min	210.914	Layer name	Full area
Max	2620.43	Smoothing	50 m
Mean	866.01	Normalizing	No
Std	281.155		

GEORADAR-EXPERT 2.0 Licensee: www.georadar-expert.ru

Далее представлены таблицы положения зон превышения амплитудного порога. Таблицы состоят из следующих столбцов:

№ - номер участка;

Start, m – положение начала участка по шкале расстояний;

End, m – положение конца участка по шкале расстояний;

Nunber of traces – для разреза это количество столбцов массива значений атрибута, который является изображением разреза;

Length, m – протяжённость участка. Если протяжённость участка равна 0, то это точечное превышение;

Extreme position, m – положение максимума превышения в пределах участка;

Extreme value – значение максимума превышения в пределах участка;

Exceeding threshold, % - доля участка от длины профиля.

Правая полоса:

№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	30.88	68.256	1169	37.376	31.488	5848.149414	239.8558629
2	708.8	737.472	897	28.672	732.576	2586.841553	50.33016528
3	738.432	743.648	164	5.216	743.648	2939.62085	70.83137068

Левая полоса:

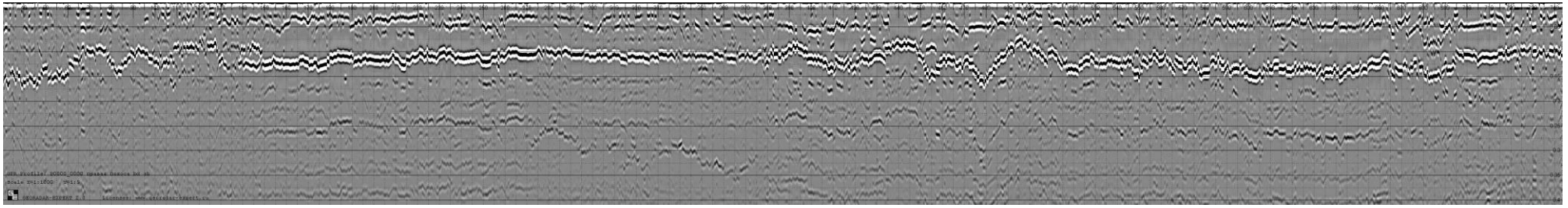
№	Start, m	End, m	Nunber of traces	Length, m	Extreme position, m	Extreme value	Exceeding threshold, %
1	37.564	41.692	130	4.128	39.356	1419.13269	20.5584925
2	43.42	45.532	67	2.112	44.22	1260.878174	7.114417759
3	46.812	50.748	124	3.936	47.164	1220.590942	3.691927443
4	51.004	52.636	52	1.632	51.484	1218.798218	3.539631482
5	238.748	258.78	627	20.032	252.636	1273.748291	8.207762967
6	573.084	573.756	22	0.672	573.436	1182.387573	0.446465885
7	701.468	739.1	1177	37.632	732.06	2620.426514	122.6110866

ПРИЛОЖЕНИЯ

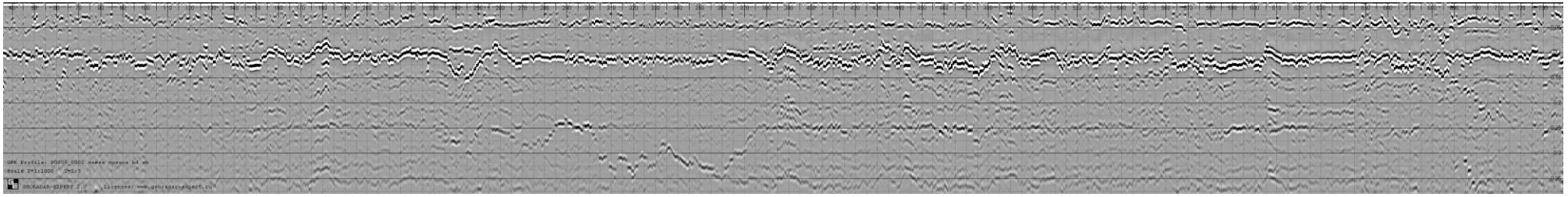
3. Обработанные георадарные профили

Профили в горизонтальном масштабе 1:1000 и вертикальном масштабе 1:5 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом.

Правая полоса



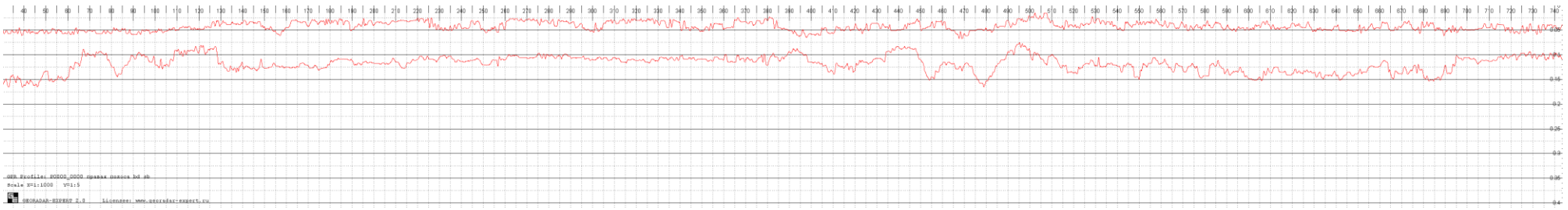
Левая полоса



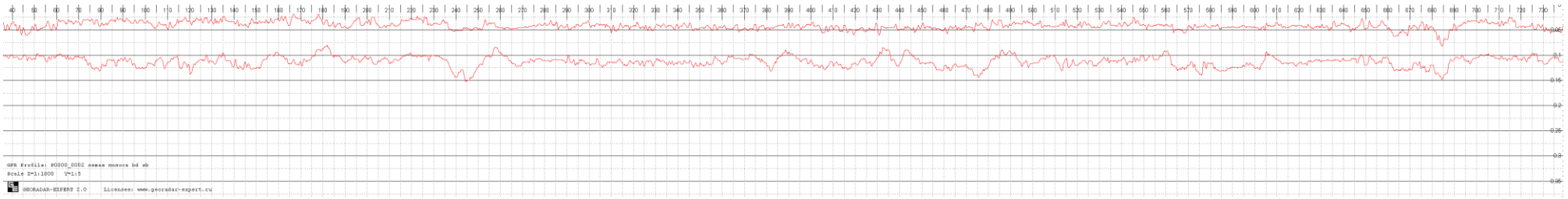
4. Границы слоёв дорожного покрытия и основания

Изображения границ слоёв на профиле в горизонтальном масштабе 1:1000 и вертикальном масштабе 1:5 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. На изображении верхняя граница – граница между верхним и нижним слоями дорожного покрытия. Нижняя граница – граница между нижней границей дорожного покрытия и основанием.

Правая полоса



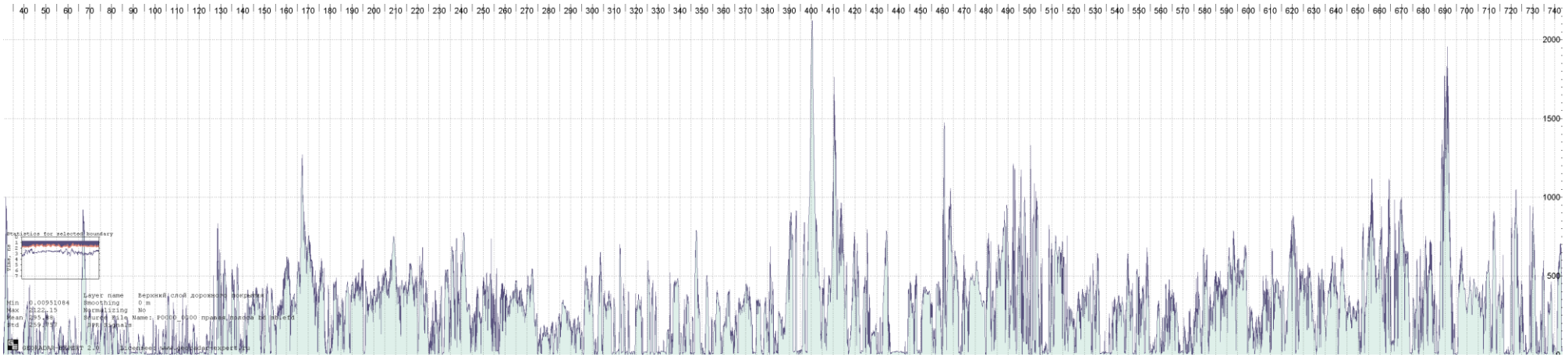
Левая полоса



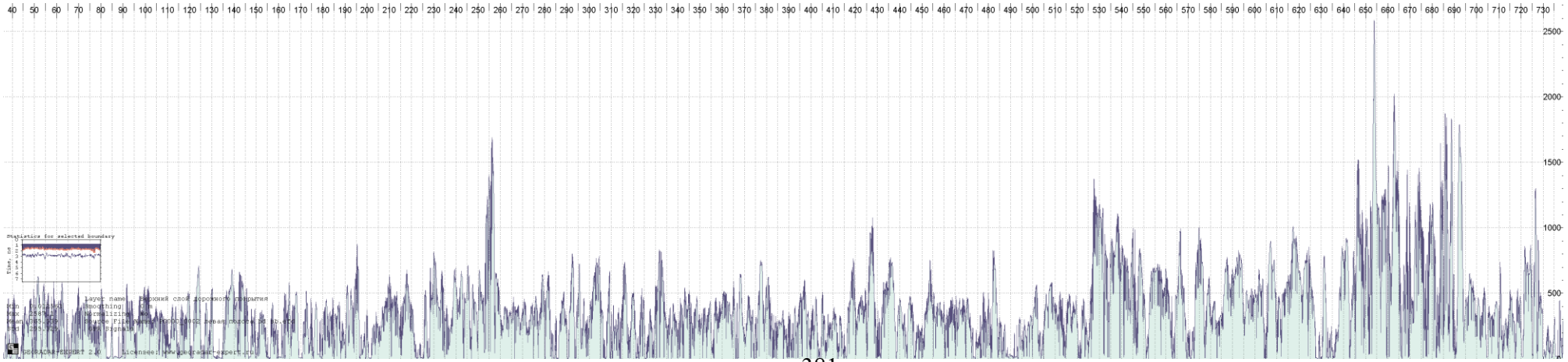
5. Амплитуды отражений на границе между слоями дорожного покрытия

Графики в горизонтальном масштабе 1:1000 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. В правом нижнем углу графиков размещена краткая информация – имя профиля, наименование границы или слоя, минимальные, максимальные, средние значения и среднеквадратичное отклонение значений, размер скользящего окна сглаживания данных в метрах (Smoothing), информация о нормализации значений (Normalizing), а также схема разреза с указанием положения слоя в виде окрашенной области.

Правая полоса



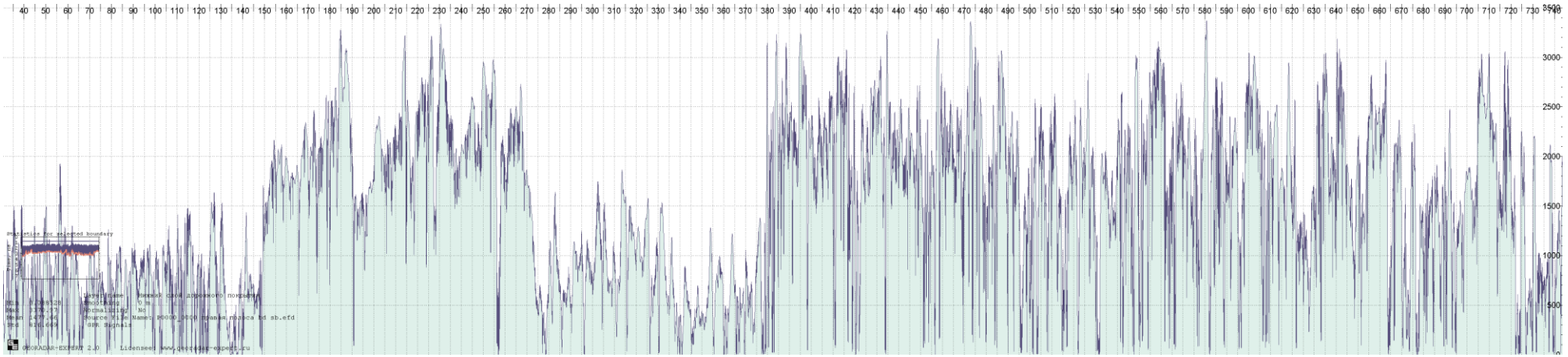
Левая полоса



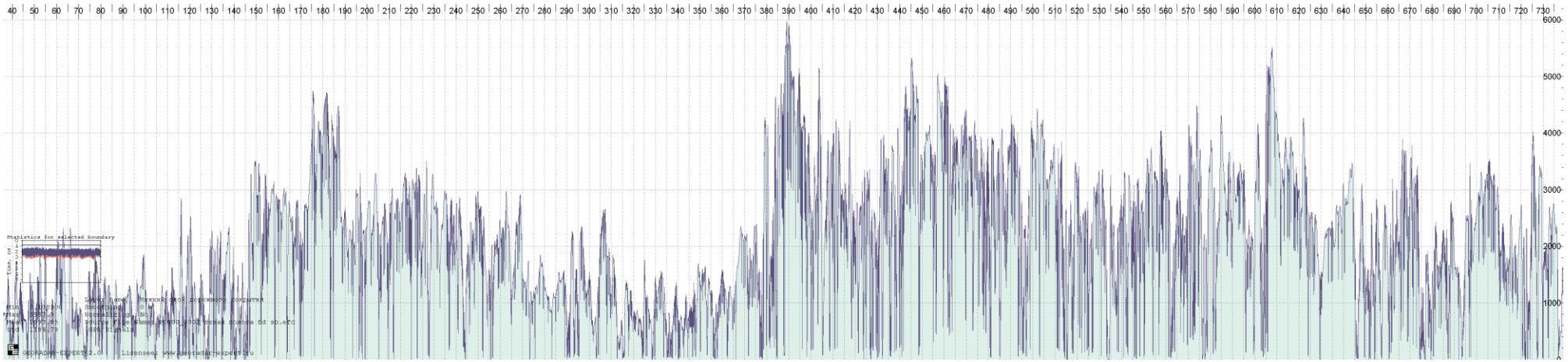
6. Амплитуды отражений на границе между дорожным покрытием и основанием

Графики в горизонтальном масштабе 1:1000 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. В правом нижнем углу графиков размещена краткая информация – имя профиля, наименование границы или слоя, минимальные, максимальные, средние значения и среднеквадратичное отклонение значений, размер скользящего окна сглаживания данных в метрах (Smoothing), информация о нормализации значений (Normalizing), а также схема разреза с указанием положения слоя в виде окрашенной области.

Правая полоса



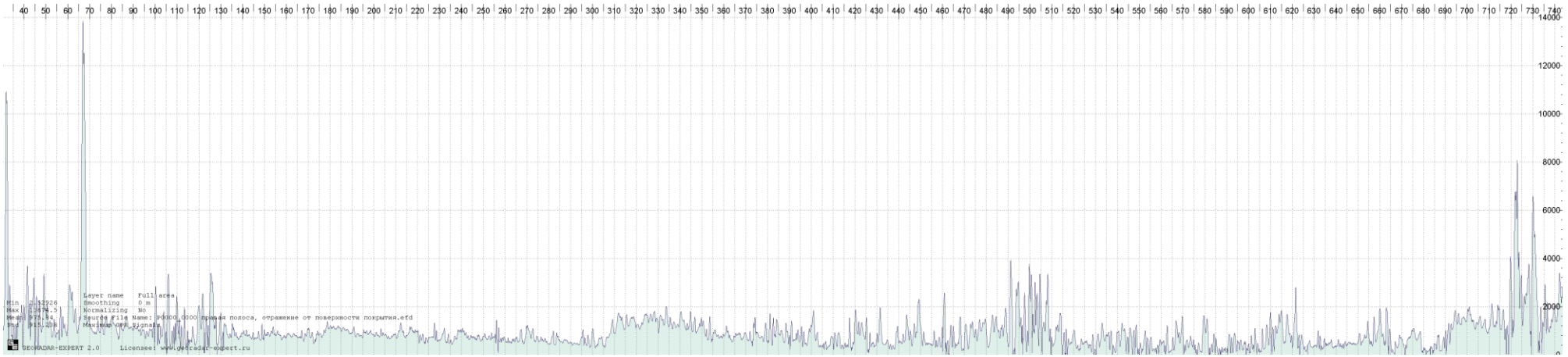
Левая полоса



7. Амплитуды отражений от поверхности дорожного покрытия

Графики в горизонтальном масштабе 1:1000 предоставлены в отдельных файлах графического формата совместно с данным отчётом. В правом нижнем углу графиков размещена краткая информация – имя профиля, наименование границы или слоя, минимальные, максимальные, средние значения и среднеквадратичное отклонение значений, размер скользящего окна сглаживания данных в метрах (Smoothing), информация о нормализации значений (Normalizing), а также схема разреза с указанием положения слоя в виде окрашенной области.

Правая полоса



Левая полоса

