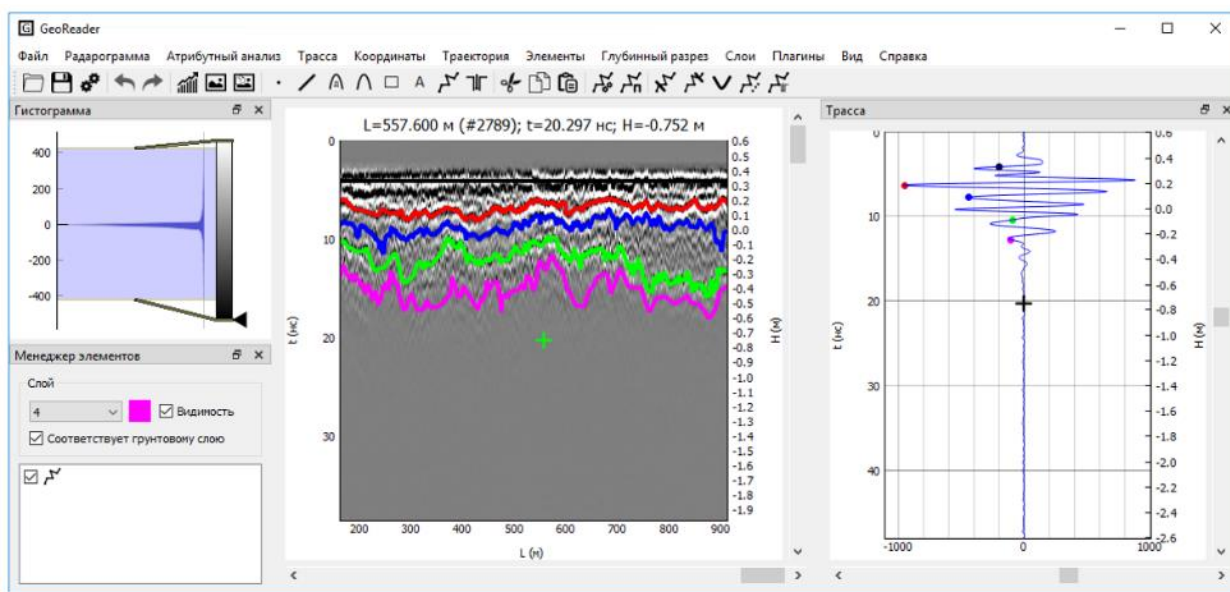


GeoReader

Версия 2.11



Руководство по использованию программы

©ООО «ТИМ», 2013-2023

post@geotim.ru

Оглавление

Раздел 1. Общее описание программного комплекса GeoReader	4
1.1. Основные функции программы	4
1.2. Минимальные системные требования.....	6
1.3. Установка программы.....	6
1.4. Ограничения trial-версии.....	9
1.5. Контакты	9
Раздел 2. Введение в георадиолокацию	10
2.1. Георадарное профилирование на постоянной базе.....	10
2.2. Поиск локальных неоднородностей на радарограмме	12
2.3. Преобразование временного георадарного разреза в глубинный разрез.....	12
2.4. Топографическая коррекция.....	14
2.5. Георадарное зондирование на переменной базе	15
2.6. Определение скоростей распространения радиоволн с помощью амплитудного анализа	16
2.7. Амплитудные карты.....	18
Раздел 3. Структурно-функциональное описание.....	19
3.1. GeoReader	19
3.1.1. Интерфейс программы	19
3.1.2. Файловые операции	21
3.1.3. Обработка радарограмм	27
3.1.4. Атрибутный анализ	42
3.1.5. Работа с трассой	57
3.1.6. Работа с координатами трасс.....	59
3.1.7. Работа с траекторией	63
3.1.8. Работа с элементами.....	67
3.1.9. Преобразование временного разреза в глубинный	84
3.1.10. Работа со слоями	90
3.1.11. Плагины к модулю обработки радарограмм	92
3.1.12. Настройки модуля обработки радарограмм	105
3.1.13. Настройки памяти.....	110
3.1.14 Горячие клавиши	111
3.2. GeoReaderProject	113
3.2.1. Меню проекта	113
3.2.2. Операции по пакетной обработке радарограмм	120
3.2.3. Атрибутный анализ в GeoReader Project.....	122
3.2.4. Работа с координатами георадарных профилей	123
3.2.5. Работа с ГЛОНАСС/GPS-траекторией.....	131

3.2.6. Работа с элементами	132
3.2.7. Расчет глубинного разреза	134
3.2.8. Работа со слоями	135
3.2.9. Работа с многоканальными данными георадиотомографа ГРТ-ХХ (Терразонд)	137
3.2.10. Прикладные задачи	139
3.2.11. TIM-Cloud – поиск границ	140
3.2.12. Окно плана	141
3.2.13. Настройки менеджера проекта	142
3.3. GeoReaderAmplitudeMap	145
3.3.1. Настройки амплитудных карт	149
Раздел 4. Приложения.	152
Лицензионное соглашение	152
Обзор нормативной литературы.....	154
Библиографический список	158

Раздел 1. Общее описание программного комплекса GeoReader

Программный комплекс **GeoReader** предназначен для расшифровки и интерпретации данных, полученных с помощью метода георадиолокации.

Отличительные особенности программного комплекса **GeoReader**:

- Один программный комплекс для решения широкого спектра задач с помощью георадара, а также при его использовании в комплексных исследованиях.
- Высокий уровень поддержки автоматизации процессов обработки данных в том числе с помощью искусственного интеллекта.
- Мультиформатность входных и выходных данных.
- Функциональная гибкость для решения нестандартных и исследовательских задач.

В состав программного комплекса GeoReader входят:

- **GeoReader** (Приложение для обработки одной радарограммы). Предназначен для обработки результатов георадарного обследования (отдельной радарограммы).
- **GeoReaderProject** (Приложение для обработки пакета радарограмм – менеджер проекта). Предназначен для пакетной обработки серии файлов, используя известные достижения в области геофизики, геодезии и пространственного анализа, а также для обмена данными в открытых форматах со сторонними приложениями.
- **GeoReaderAmplitudeMap** (Приложение амплитудных карт). Предназначен для построения амплитудных карт по результатам площадных съемок (горизонтальные срезы в различных диапазонах глубин).

1.1. Основные функции программы

- поиск границ поверхности сканирования и подповерхностных слоев;
- расчет толщины подповерхностных слоев;
- количественная оценка свойств подповерхностной среды с помощью алгоритмов атрибутивного анализа;
- поиск структурных неоднородностей и ослабленных зон подповерхностной среды;
- совмещение результатов георадарного обследования с результатами других инженерных методов исследования (штамповые испытания, буровые работы, лазерное сканирование, спутниковая и тахеометрическая геодезическая съемка);
- калибровка георадиолокационных профилей по данным бурения, а также специализированных неразрушающих методик определения электрических свойств разреза (метод общей точки, амплитудный анализ, анализ дифрагированных волн);
- планово-высотная привязка георадарного профиля;
- изучение теоретических основ метода георадиолокации;
- предварительная обработка радарограмм с получением контрастного разреза по всей его протяженности, усиление, фильтрация;
- добавление элементов (точек, отрезков, полилиний, гипербол, меток, прямоугольников);
- преобразование исходного временного разреза в глубинный;
- экспорт результатов обработки в файлы формата PNG, программы AutoCAD, Excel, ГИС-системы;
- пакетная обработка радарограмм;
- работа с ГЛОНАСС/GPS-траекторией;
- пространственный анализ радарограмм (построение амплитудных карт), и пр.

Приложение GeoReader выполняет функции математического ядра программного комплекса GeoReader. С помощью приложения GeoReader возможна автоматизация в решении следующих задач:

- импорт и экспорт данных, объединение радарограмм;
- модификация радарограмм (изменение размера и направления, фильтрация сигнала и устранение помех, улучшение сигнала, восстановление исходного сигнала и др.);
- расчетов атрибутов сигнала и изображения;
- навигация по отдельному георадарному профилю;
- ручной ввод, смещение, отображение и удаление координат начала и конца радарограммы, настройка линейной привязки (метраж, километраж, пикетаж);
- автоматический импорт, смещение, отображение и удаление криволинейных траекторий движения георадара, записанных спутниковым оборудованием;
- векторизация радарограмм, расчет глубинной слоистой модели и работа со слоями;
- вызов специализированных плагинов.

Менеджер проекта является приложением, выполняющим функции оболочки программного комплекса GeoReader, и служит для:

- добавления данных в георадарный проект;
- хранения информации о местоположении файлов георадарного проекта;
- пакетной обработки файлов георадарного проекта;
- пакетной линейной или координатной привязки данных;
- пакетного экспорта результатов георадарного обследования, в рамках реализуемого проекта, в сторонние программные продукты;
- вызова других приложений программного комплекса GeoReader (приложения для работы с георадарными профилями и амплитудными картами).

С помощью менеджера проекта возможна автоматизация в решении следующих задач:

- Объединение данных георадиолокационных обследований в один проект;
- Экспорт данных проекта в форматы САПР и ГИС приложений с открытой спецификацией;
- Пакетная обработка сигнала на радарограммах;
- Пакетный атрибутивный анализ;
- Установка и корректировка пространственных координат в плане и высотных отметок георадарных трасс радарограммы, линейная привязка георадарных профилей в метрах, километраже, пикетаже;
- Добавление, смещение и удаление траектории;
- Пакетная работа со слоями;
- Пакетное преобразование временного разреза в глубинный;
- Пакетная работа с радарограммами георадиотомографа (3D-георадара) от компании «Терразонд»;
- Синхронизированный переход в другие приложения программного комплекса GeoReader;
- Выполнение прикладных дорожной отрасли задач;
- Просмотр справочных данных.

В версии 2.11 реализована поддержка следующих форматов георадарных данных:

- TXT программы Крот (для георадаров серии ЛОЗА),
- GPR и GPR2 (для георадаров серии ОКО-2),
- DZT (для георадаров GSSI),
- RD3 (для георадаров MALA),
- DT1 (для георадаров Sensors & Software),
- TRZ (для георадаров TerraZond),
- IPRB (для георадаров ImpulseRadar),
- SGY (универсальный открытый формат, в т.ч. для георадаров Zond),
- CSV (для импорта набора сигналов установленного текстового формата).

1.2. Минимальные системные требования

- Операционная система Microsoft Windows 7, Microsoft Windows 10 (64 бит)
- Процессор частотой не менее 1 ГГц
- ОЗУ – не менее 8 Гб
- Видеокарта – не менее 256 Мб с поддержкой OpenGL
- Не менее 10 Гб свободного дискового пространства

Примечание!

При использовании операционной системы, отличной от Microsoft Windows, возможно использование программного комплекса с помощью легальных эмуляторов ОС Windows.

1.3. Установка программы

Установка trial-версии:

1. Запустите установочный файл **GeoReaderSetup.exe**
2. В появившемся окне пройдите стандартный путь установки программного обеспечения
3. После установки запустите файл **GeoReader.exe** или **GeoReaderProject.exe**
4. В появившемся окне (рис.1) введите серийный номер (он находится в файле serial.txt) и нажмите на кнопку «Далее»:

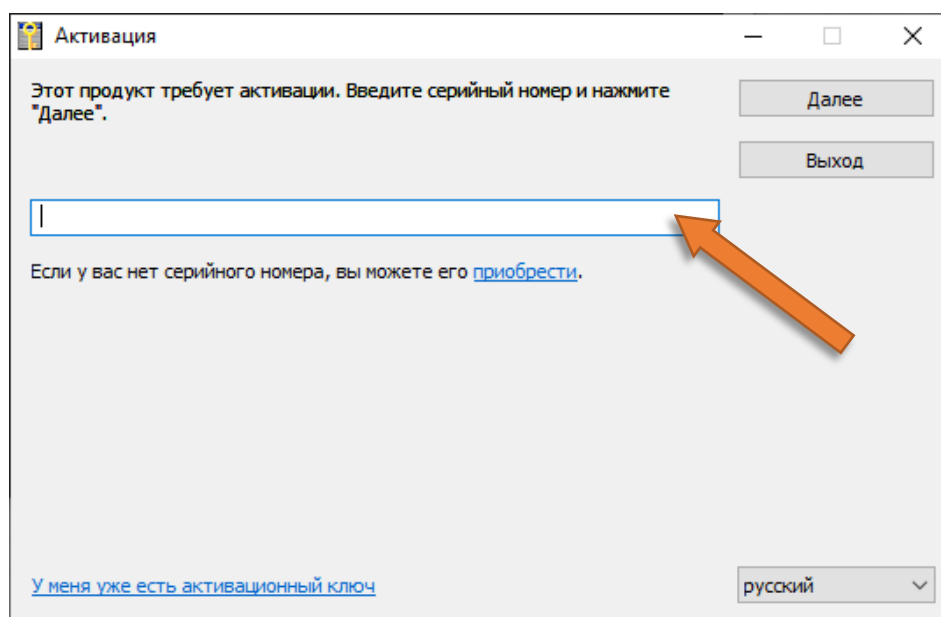


Рисунок 1. Окно активации trial-версии ПО GeoReader

5. Скопируйте код оборудования из поля (рис.2), указанного стрелкой, и передайте его в отдел продаж ООО «ТИМ» по адресу post@geotim.ru

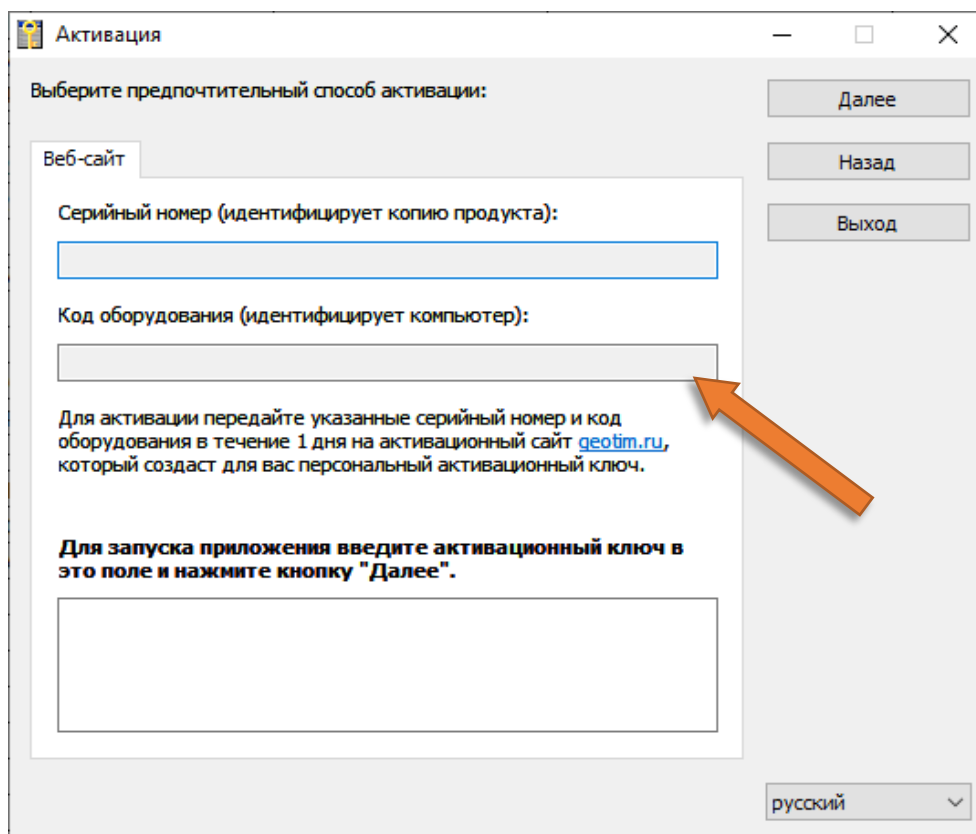


Рисунок 2. Поле кода оборудования при активации trial-версии

6. В ответ от менеджера отдела продаж ООО «ТИМ» придет активационный ключ. Скопируйте его в поле, указанное стрелкой (рис.3), и нажмите на кнопку «Далее»:

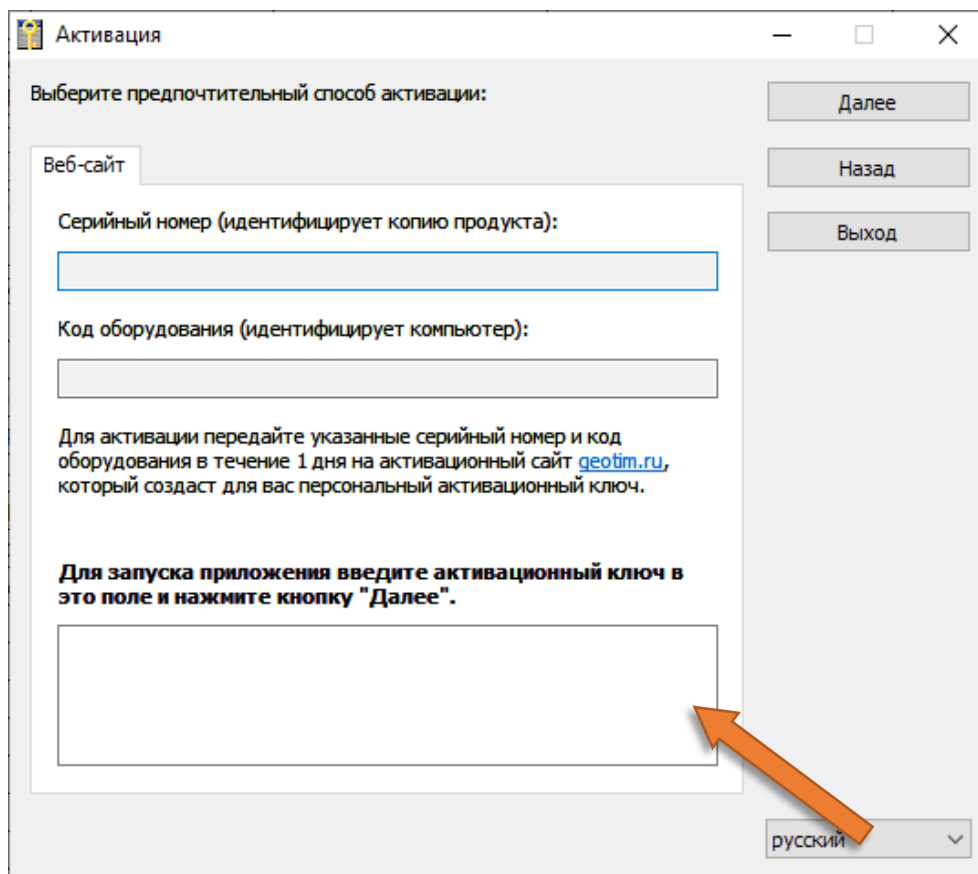


Рисунок 3. Поле ввода ключа активации для trial-версии

Программа должна запуститься.

Установка reliz-версии:

1. Запустите установочный файл GeoReaderSetup.exe
2. В появившемся окне пройдите стандартный путь установки программного обеспечения
3. После установки запустите файл GeoReader.exe
4. В появившемся окне введите серийный номер (он находится в Сертификате, полученном при покупке ПО GeoReader) и нажмите на кнопку «Далее».

Программа должна запуститься. Обратите внимание, первый запуск может быть продолжительным (до 60 сек). Время зависит от параметров компьютера и имеющихся на персональном компьютере систем защиты от вирусов и прочих угроз.

Примечание!

Для правильного отображения карты местности в окне плана GeoReader Project, необходимо наличие на используемом персональном компьютере SSL-сертификатов поставщика OpenStreetMap.

Если на Вашем компьютере не используются иные SSL-сертификаты, которые могут вызвать конфликт версий ПО, то рекомендуем скачать и установить данный сертификат по ссылке - https://slproweb.com/download/Win64OpenSSL_Light-1_1_1g.exe.

1.4. Ограничения trial-версии

- Доступен полный перечень функционала;
- Активация программного комплекса ограничена по времени использования.

1.5. Контакты

Официальный дистрибьютер ПО GeoReader – ООО «ТИМ» (geotim.ru)

E-mail: post@geotim.ru, Web: <https://geotim.ru>

Раздел 2. Введение в георадиолокацию

Георадиолокация (англ. ground-penetrating radar, GPR) – это геофизический метод обследования подземной среды, основанный на излучении импульсов электромагнитных волн и регистрации сигналов, отраженных от различных объектов зондируемой среды. Сигнал испускается передающей антенной георадара (рис.4), отклик принимается приемной антенной георадара.

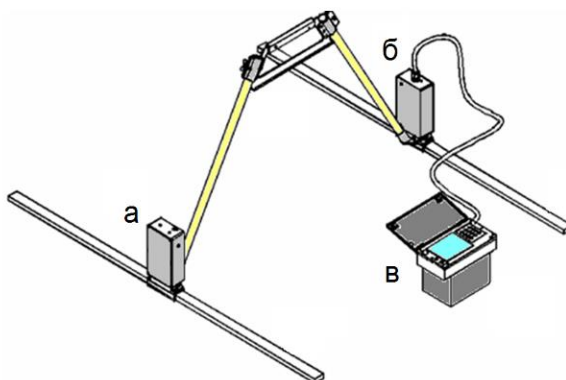


Рис. 4. Общий вид георадара серии «ЛОЗА»: а – передатчик; б – приёмник; в – блок управления и индикации

Георадиолокационное обследование может проводиться в двух модификациях: *георадарном профилировании* на постоянной базе и *георадарном зондировании* на переменной базе.

2.1. Георадарное профилирование на постоянной базе

Стандартным методом обследования является *георадарное профилирование* (англ. common offset profiling). Намечается профиль, по которому затем проходит оператор с георадаром, у которого антенна приемника и передатчика находятся на постоянном расстоянии друг от друга.

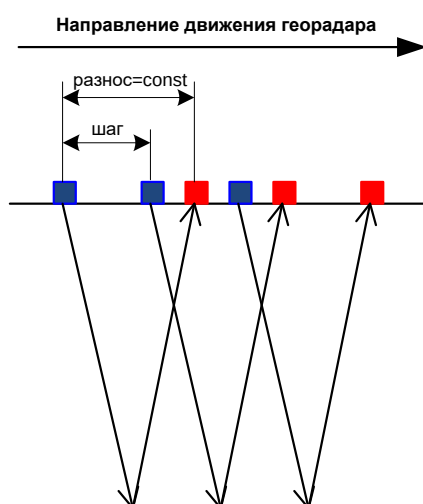


Рис. 5. Схема георадарного профилирования: синие квадраты – передающая антенна, красные квадраты – приемная антенна



В заданной точке передающая антенна георадара излучает в толщу среды электромагнитный сигнал (рис.5). Этот сигнал распространяется в грунтовой среде и в воздухе, где испытывает различные волновые процессы. Сигнал, дошедший обратно до поверхности земли к приёмной

антенне, принимается и сохраняется в памяти георадара. Это **трасса** – функция амплитуды пришедшего сигнала от времени его прихода к приемной антенне (рис.6).

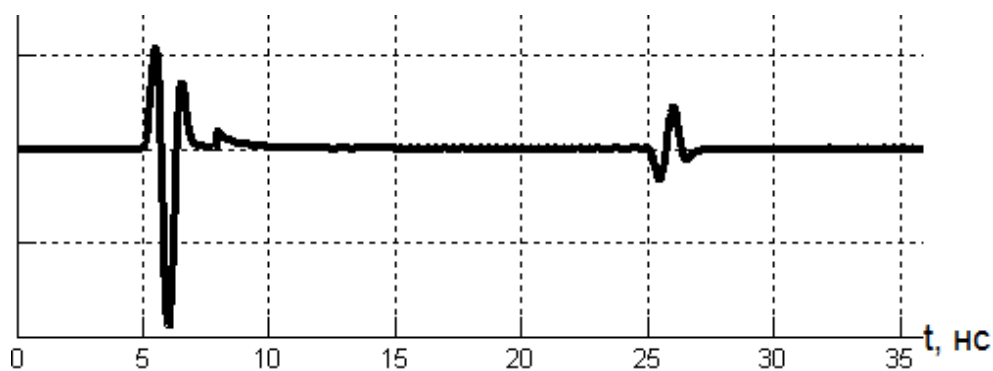


Рис. 6. Пример идеальной трассы при обследовании двухслойной среды. Первый всплеск амплитуд ($t = 5$ нс) связан с приходом прямой воздушной волны. Второй всплеск амплитуд ($t = 25$ нс) связан с приходом волны, отраженной от границы раздела слоев.

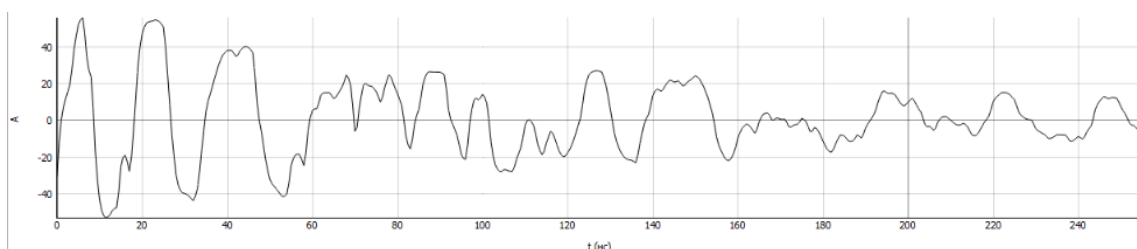


Рис. 7. Пример реальной трассы

С заданным шагом (обычно от 0.1 до 2 м) георадар перемещается вдоль профиля. На каждой стоянке записывается трасса (рис.7). Полученный набор трасс называется **радарограммой** (рис.8). Для удобства работы радарограмма представляется в виде изображения, горизонтальная ось которого соответствует расстоянию от начала профиля, вертикальная ось – время прихода сигнала, а цвет – амплитуду сигнала.

Каждому вертикальному сечению радарограммы соответствует трасса – зависимость амплитуды сигнала от времени.

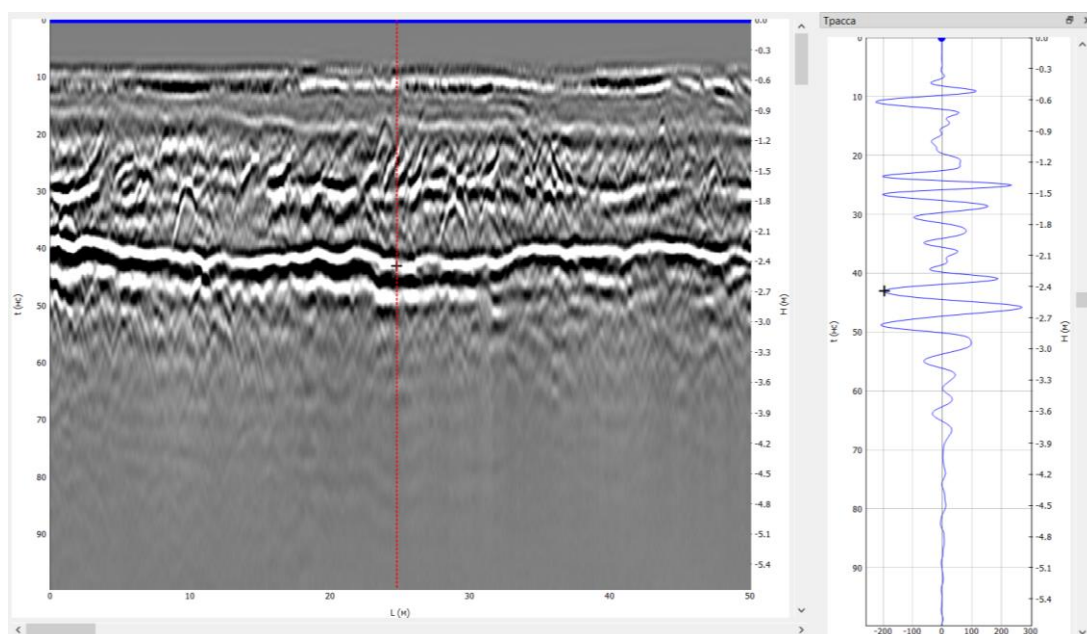


Рис. 8. Пример радарограммы. Вертикальной линии соответствует трасса (справа)

2.2. Поиск локальных неоднородностей на радарограмме

В случае, когда в зондируемой среде находится небольшой локальный объект (труба, кабель), возникает явление дифракции. Это означает, что если в зоне профиля находятся локальные объекты, то на полученной радарограмме каждому такому объекту будет соответствовать гиперболический контур (рис.9).

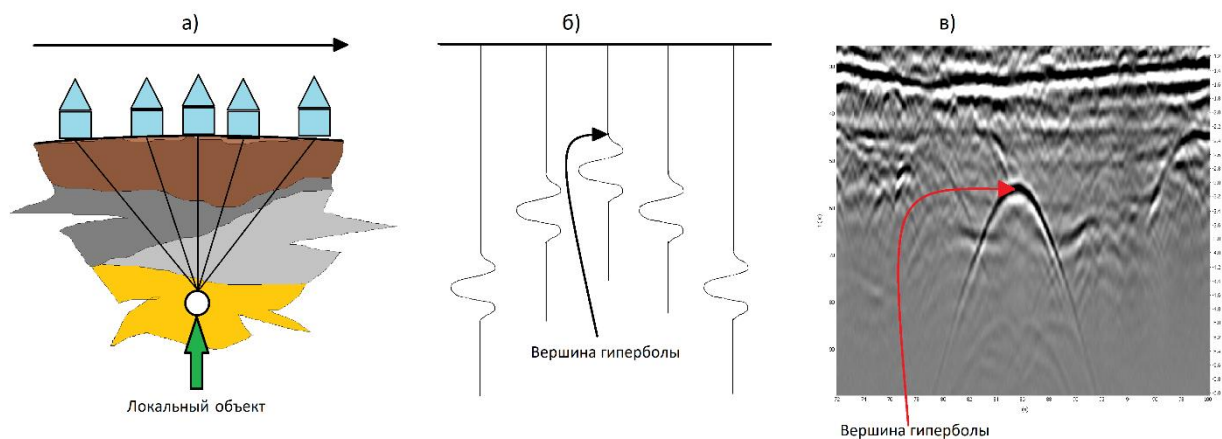


Рис. 9. Схема возникновения явления дифракции: а – процесс георадарного профилирования над локальным объектом; б – схема полученной радарограммы; в – пример реальной радарограммы с дифракционной гиперболой

По выделенной гиперболе можно определить местоположение локального объекта (горизонтальное расстояние и глубину), а также среднюю скорость распространения радиоволн выше объекта.

2.3. Преобразование временного георадарного разреза в глубинный разрез

Исходная радарограмма представляет собой временной разрез (вертикальная ось – ось времени прихода сигнала, в наносекундах). Для решения инженерных задач требуется отыскать положение границ раздела различных сред и затем определить, на какой глубине расположены границы, т.е. преобразовать временной разрез в глубинный (рис.10-11).

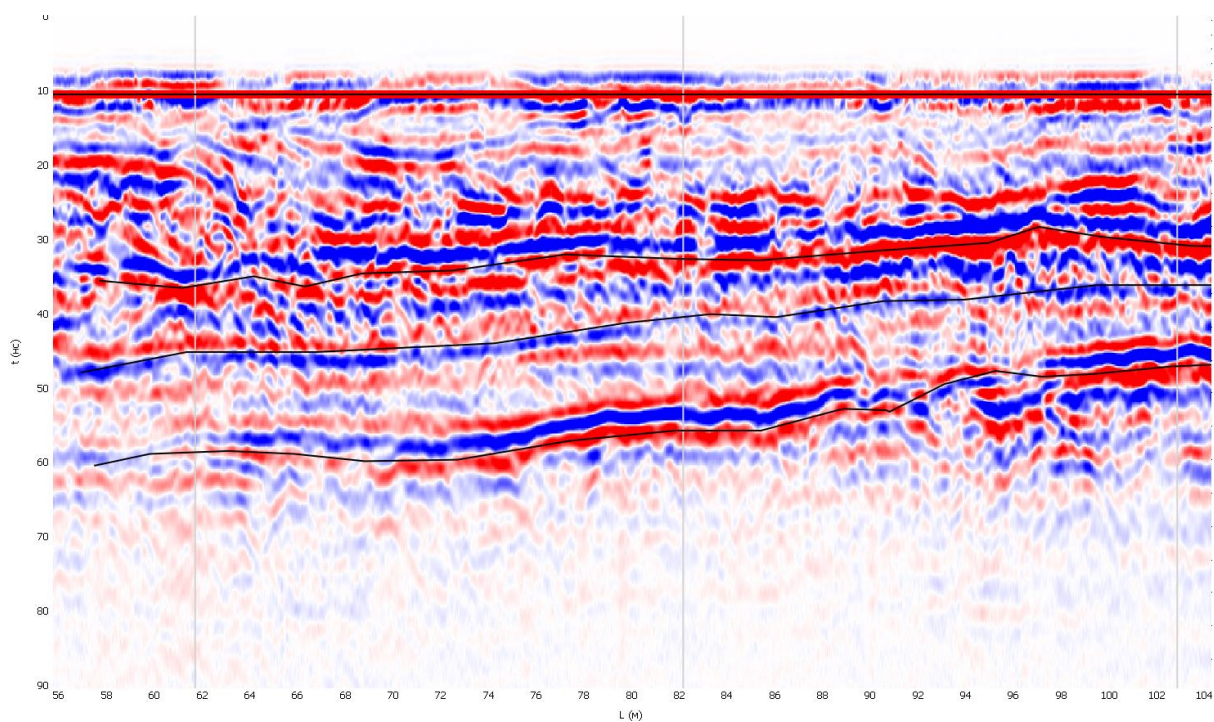


Рис. 10. Временной разрез: по вертикальной оси – время, мс

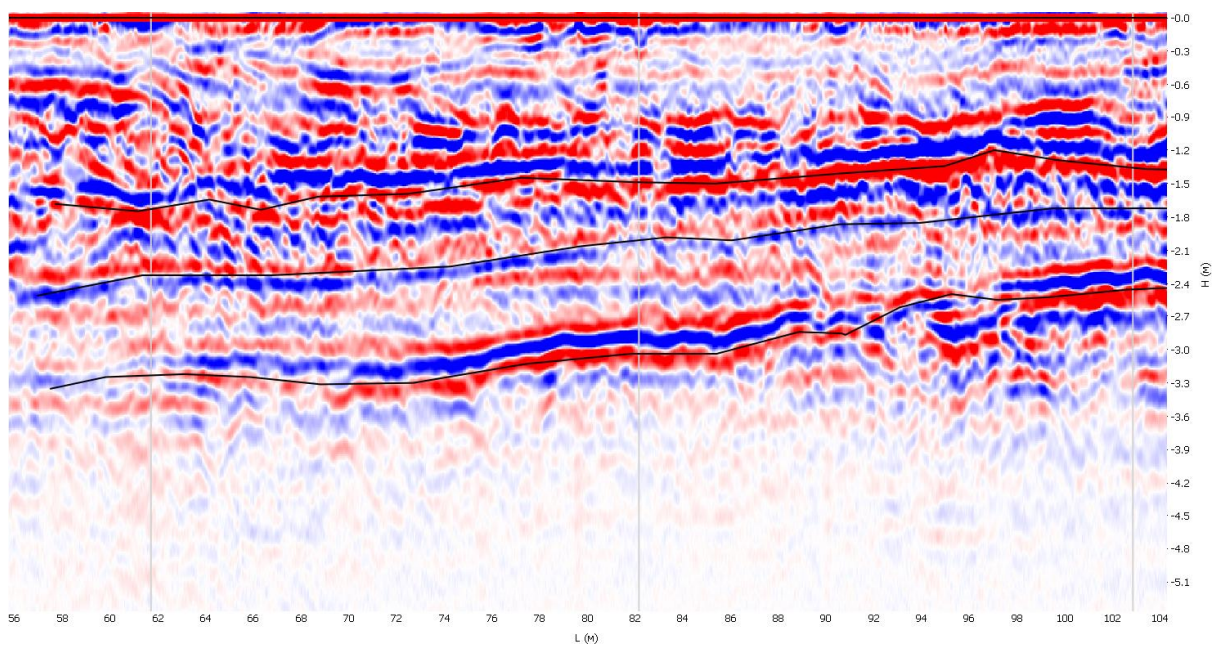


Рис. 11. Глубинный разрез: по вертикальной оси – глубина, м

Для преобразования временного разреза в глубинный нужно определить скорость распространения сигнала в среде (рис.12). В программу заложено три основных способа определения скорости: по [дифракционным гиперболам](#), по [гиперболическим годографам отраженных волн](#) и с помощью [амплитудного анализа](#).

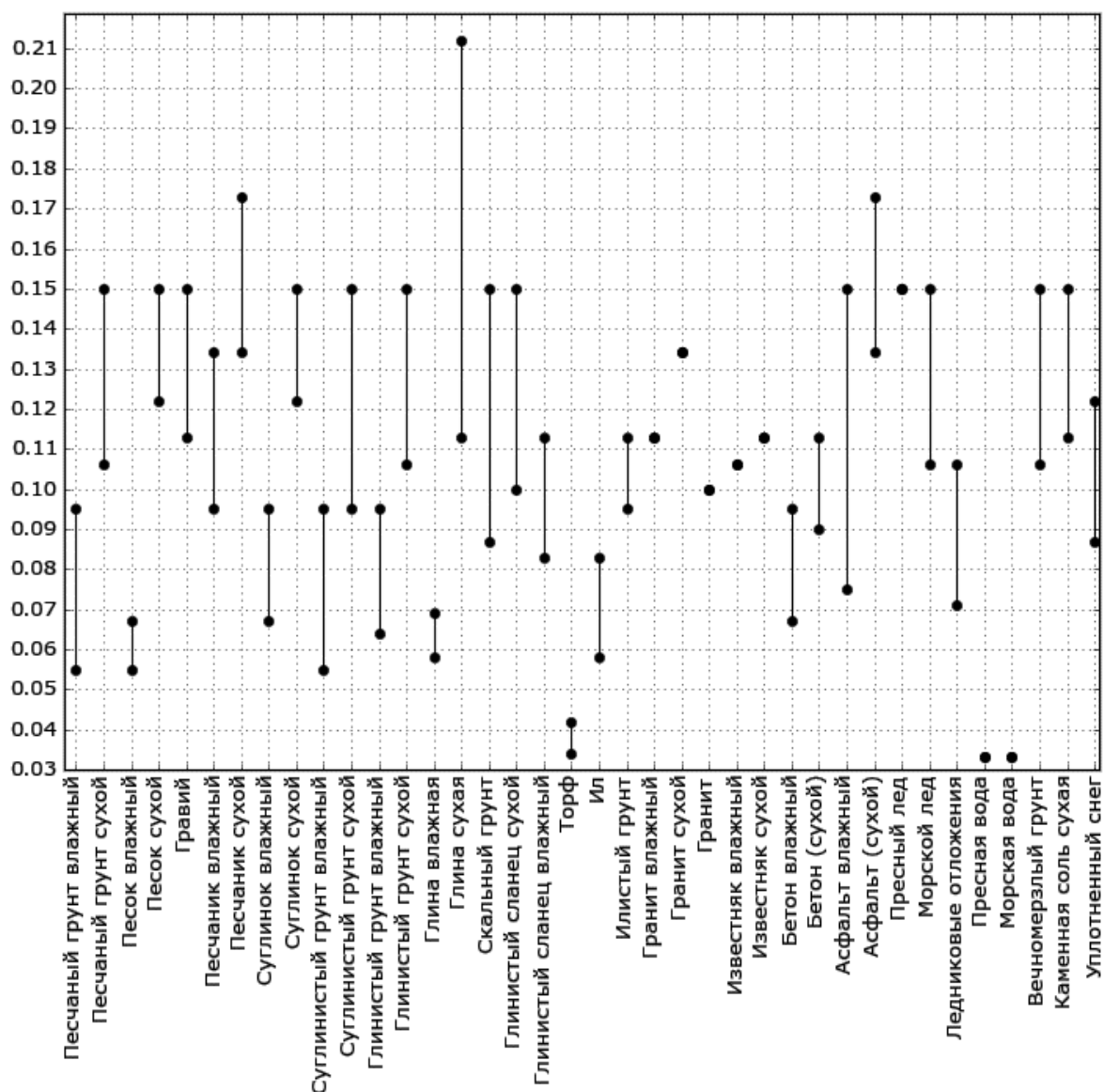


Рис. 12. Скорости распространения электромагнитных волн в различных грунтовых средах, м/нс

2.4. Топографическая коррекция

В случае, если поверхность, по которой производится георадарное профилирование, негоризонтальна (например, поперечное сечение дорожной насыпи), требуется привязка радарограммы к этой поверхности (топографическая коррекция) (рис.13).

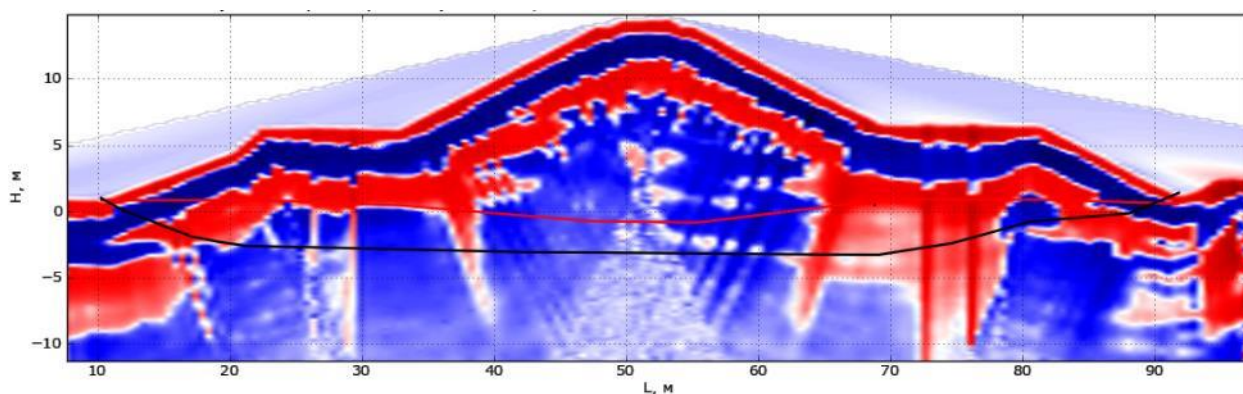


Рис. 13. Результат топографической коррекции

2.5. Георадарное зондирование на переменной базе

При георадарном зондировании расстояние между антеннами георадара постепенно увеличивается. При этом оставаться неизменным может либо положение оси георадара при одновременном разносе обеих антенн в разные стороны (по-английски это называется CMP – common midpoint survey), либо положение одной из антенн (WARR – wide-angle reflection and refraction method) (рис.14). Сечение, при котором расстояние между приемником и передатчиком равно нулю, называется *осью годографа*.

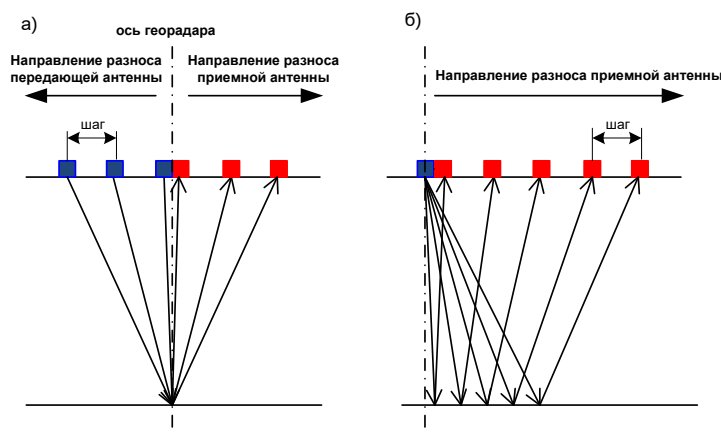


Рис. 14. Схема георадарного зондирования: а – ОГТ (CMP); б – WARR; синие квадраты – положение передатчика, красные квадраты – положение приемника

Данное испытание проводится для того, чтобы построить грунтовую модель в заданной точке, т.е. определить глубину и скорость распространения радиоволн для каждого слоя. На радарограмме можно выделить набор годографов различных электромагнитных волн: прямой воздушной, прямой грунтовой, отраженных, преломленных.

Для построения грунтовой модели, как правило, используются только годографы отраженных волн (рис.15), которые имеют гиперболическую форму. В программу заложена уникальная методика анализа годографов отраженных волн [4], с помощью которой рассчитывается грунтовая модель.

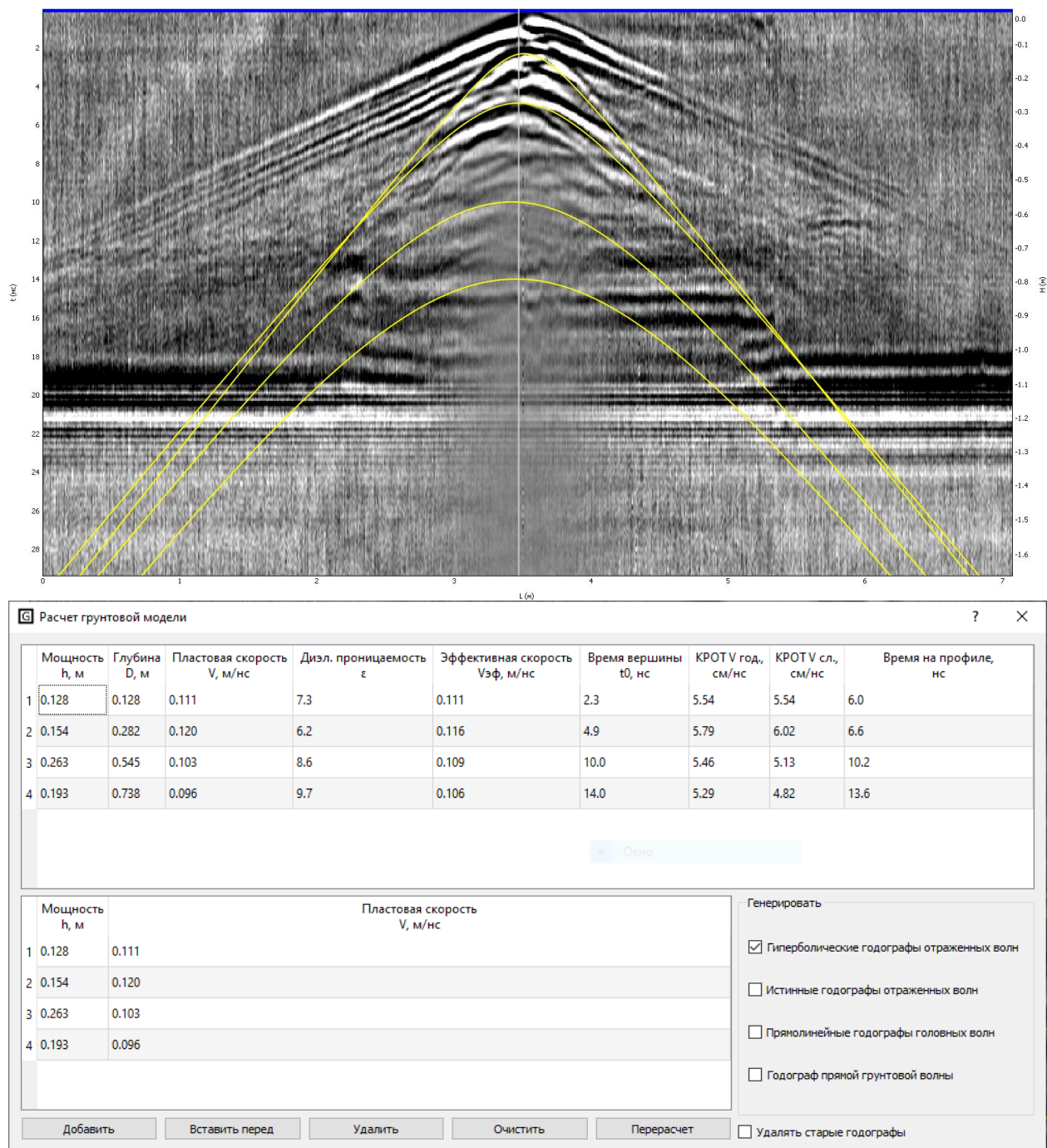


Рис. 15. а – радарограмма, полученная после георадарного зондирования в контрольном сечении (выделены гиперболические годографы волн, отраженных от границ между слоями); б – грунтовая модель, построенная в программе.

2.6. Определение скоростей распространения радиоволн с помощью амплитудного анализа

Метод заключается в том, что перед непосредственным георадарным обследованием на участке проводится георадарное испытание на металлической пластине, от которой электромагнитная волна отразится полностью (рис.16):



Рис. 16. Проведение испытания на металлической пластине

На полученной радарограмме выделяют отражение от поверхности, определяется его амплитуда A_m для разных временных отсчетов (рис.17):

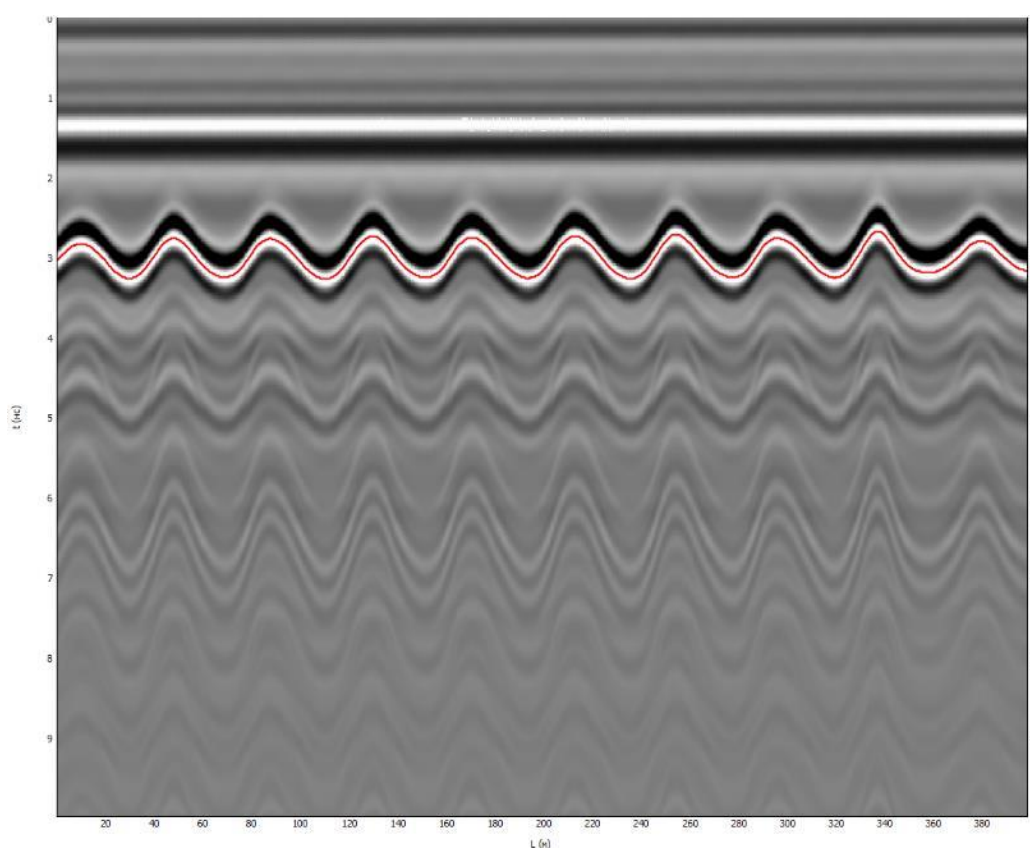


Рис. 17. Радарограмма, полученная после испытания на металлической пластине

Зная амплитуду A_m , относительную диэлектрическую проницаемость в первом слое ϵ_1 можно определить по формуле:

$$\varepsilon_1 = \left(\frac{1 + \frac{A_1}{A_m}}{1 - \frac{A_1}{A_m}} \right)^2,$$

где A_1 – амплитуда волны, отраженной от поверхности земли.

2.7. Амплитудные карты

В случае использования трехмерных георадаров, либо при георадарном обследовании сеткой из продольных и поперечных профилей (рис.18) встает задача трехмерного анализа результатов георадарного обследования.

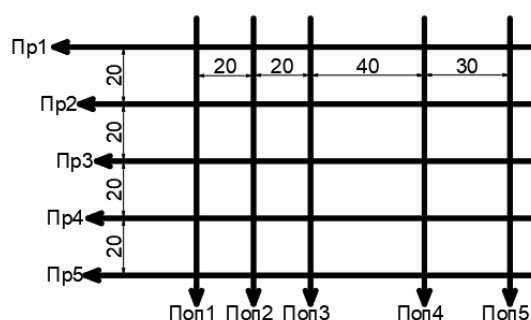


Рис. 18. Пример выполнения площадной георадарной съемки в виде сетки продольных и поперечных георадарных профилей

При обработке таких радарограмм часто имеет смысл посмотреть данные всех радарограмм в некотором сечении (на определенной глубине). Для этого строится амплитудная карта (рис.19):

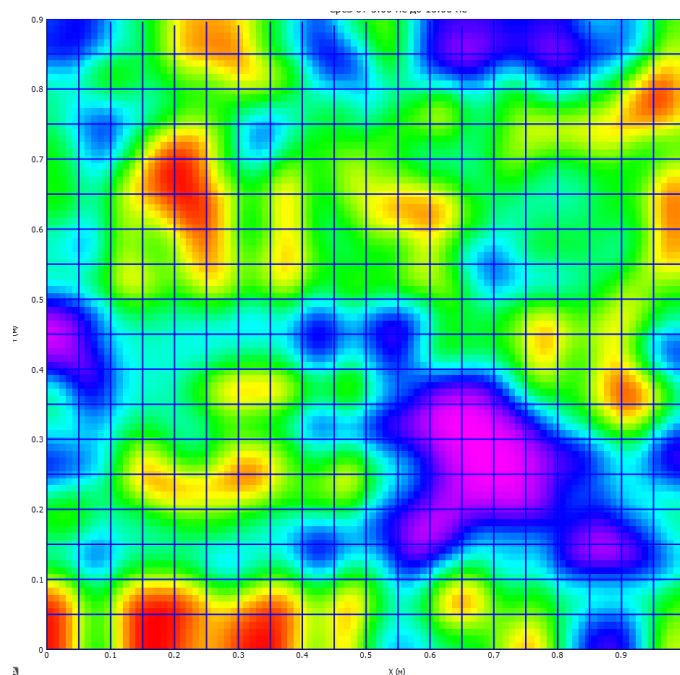


Рис. 19. Пример амплитудной карты

Раздел 3. Структурно-функциональное описание

3.1. GeoReader

3.1.1. Интерфейс программы

Рабочая область (рис.20) состоит из четырех основных областей: гистограммы (1), менеджера элементов (2), радарограммы (3) и трассы (4). Если какой-то из области нет, ее можно подключить, выбрав необходимый пункт в меню Вид.

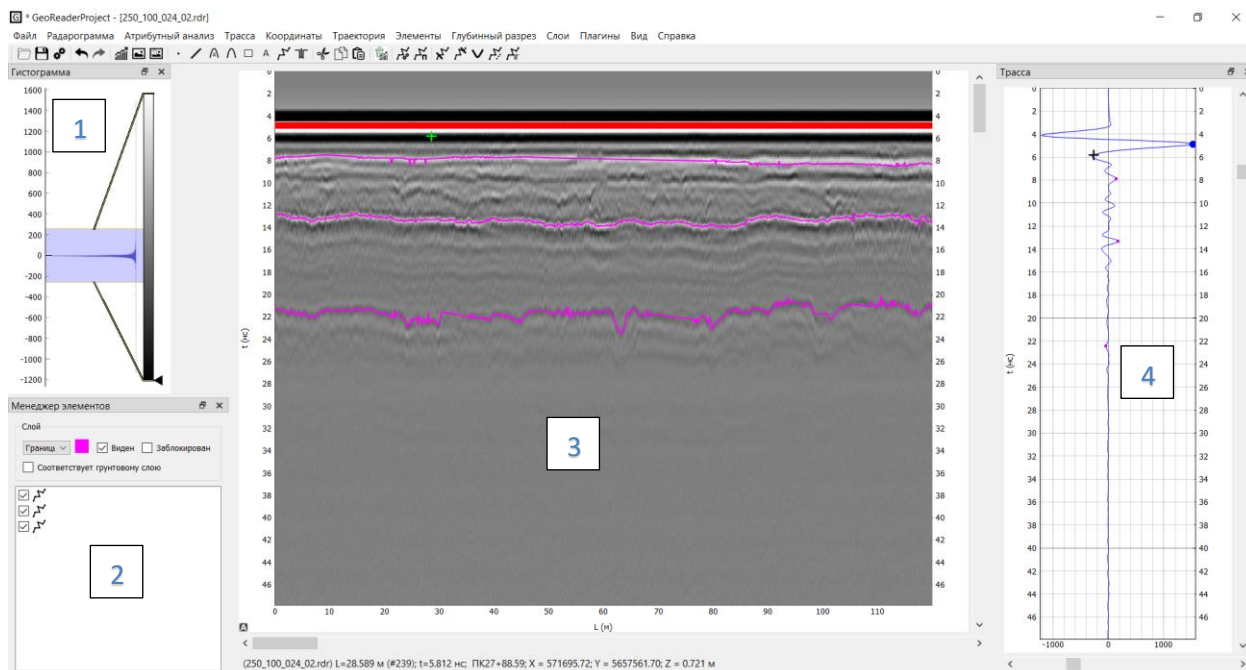


Рис. 20. Рабочая область GeoReader

Увеличение/уменьшение радарограммы производится с помощью колесика мыши (вверх-вниз) или с помощью протягивания правой кнопкой мыши. Текущая трасса меняется либо с помощью клавиатуры (стрелками), либо по щелчку мышью на радарограмме, либо с помощью ползунков окна трассы. При этом и на радарограмме, и на трассе появляется клавиатурный курсор (перекрестие), показывающий на текущую точку. Координаты текущей точки указаны под радарограммой (в т.ч. расстояние от начала трассы по горизонтали, м; номер трассы; время, нс; глубина, м) (рис.21):

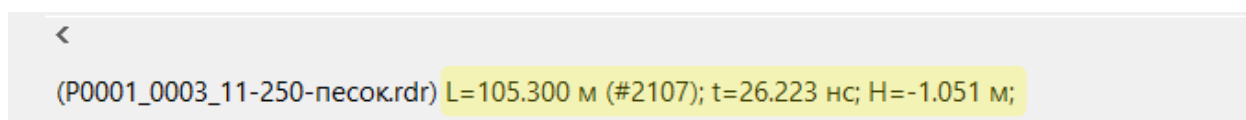


Рис. 21. Строка информации о положении курсора

Если включена настройка «[Показывать координаты в заголовке радарограммы](#)» (меню Файл – Настройка), то, кроме этого, отображаются координаты (в т.ч. высоты) и пикет текущей трассы (рис.22):

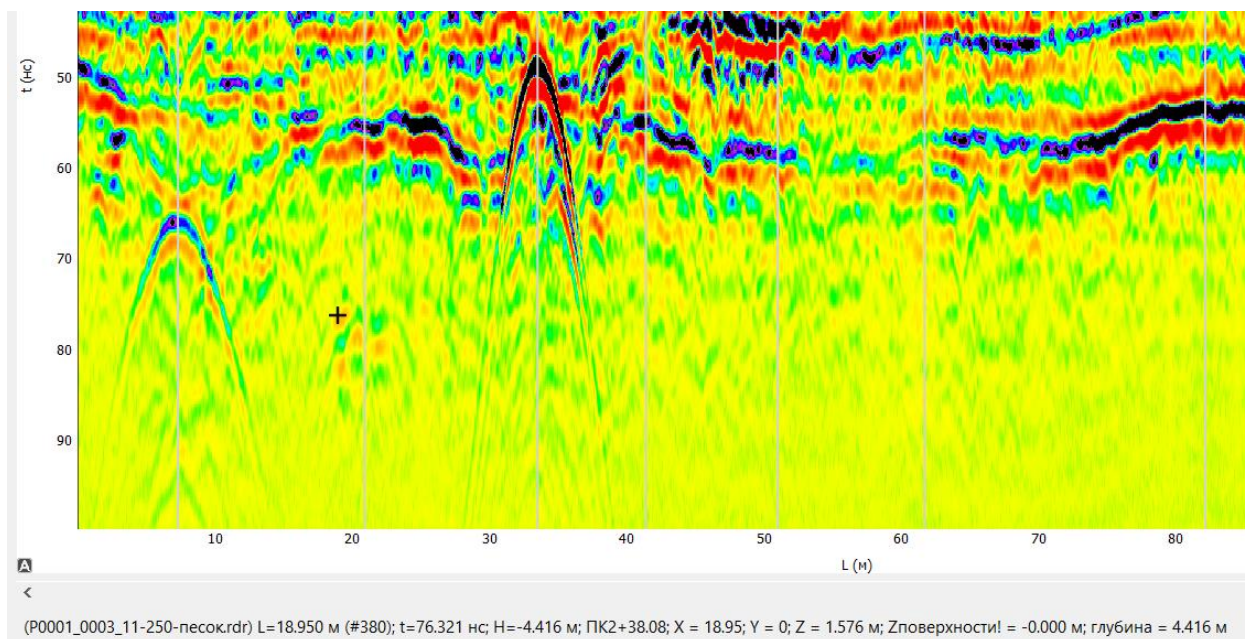


Рис.22. Строка информации в окне радарограммы

Положение поверхности сканирования обозначается синей линией. Чтобы задать поверхность сканирования необходимо выбрать границу нажатием левой кнопки мыши, а затем выполнить функцию **Элементы – Работа с ломанными – Задать поверхность по границе**, или комбинацией клавиш **Ctrl+Shift+B**. При заданной поверхности сканирования скорость распространения электромагнитных волн над ней будет соответствовать воздушной среде. На радарограммах зачастую поверхность сканирования не соответствует нулевому отсчету по вертикальной шкале времени пробега сигнала георадара. Для преобразования временной шкалы в глубинную применяется процедура **Глубинный разрез – Расчет**, или **Ctrl+P**. Для смещения 0 шкалы глубин на поверхность сканирования применяется процедура **Координаты – Задать единую отметку**, а в выпадающем меню необходимо активировать функцию **Сместить Z на поверхность**.

Для настройки яркости и контрастности отображения радарограммы используется гистограмма (рис.23) (**Меню Вид – Гистограмма**, или **F3**):

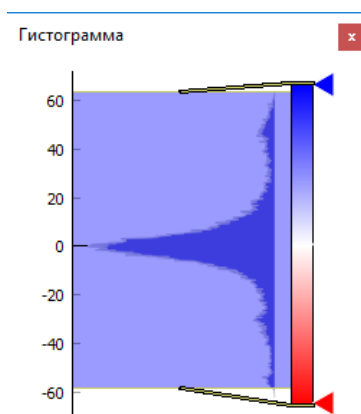


Рис.23. Гистограмма

Последние пять действий можно отменить. Для этого необходимо выбрать пункт меню **Радарограмма – Отменить** (↶) (**Ctrl+Z**). Для возврата следует выбрать пункт меню **Радарограмма – Повторить** (↷) (**Ctrl+Shift+Z**).

Есть возможность запустить несколько копий программы. Для этого следует выбрать пункт меню Файл – Новое окно.

Каждые 15 минут выполняется автоматическое сохранение текущего файла. Он сохраняется в папку C:\Users\текущий пользователь\AppData\Roaming\geoReader\текущая версия geoReader\autosave.rdr

В случае отказа программы GeoReader (внезапного завершения работы, зависания, вывода ошибки с текстом "Пожалуйста, обратитесь к разработчикам по адресу post@geotim.ru") необходимо выполнить следующее:

1. Сохранить файл протокола (лог) с помощью пункта меню Справка - Сохранить лог;
2. Закрыть программу и снова запустить ее;
3. Отправить письмо с подробным описанием проблемы по адресу post@geotim.ru. Приложить к письму файл протокола (лог-файл, п.1), а также радарограммы, с которыми велась работа во время появления ошибки.

3.1.2. Файловые операции

GeoReader позволяет импортировать данные различных отечественных и зарубежных георадаров.

При этом, импорт в GeoReader возможен в том случае, если программа запущена отдельно от GeoReader Project. В противном случае, команды импорта в меню Файл будут неактивны (рис.24).

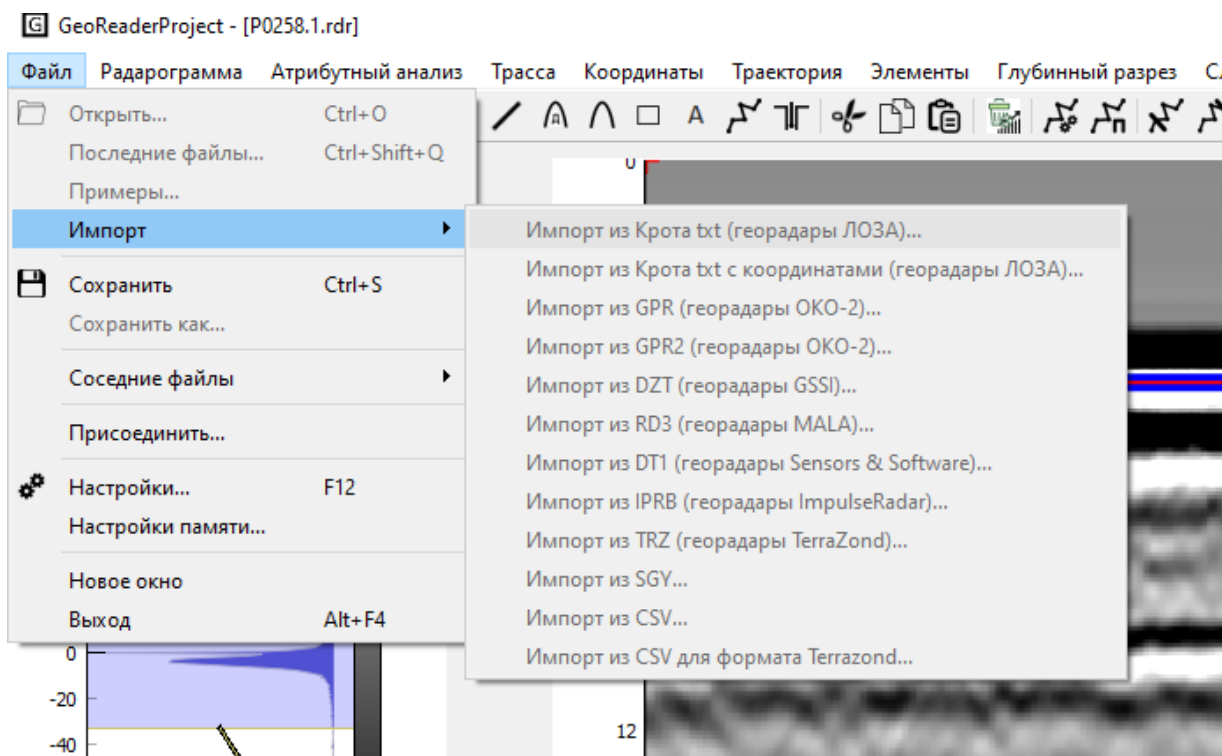


Рис.24. Активность меню GeoReader при запуске приложения через GeoReader Project (менеджер проекта)

В версии 2.11 реализована поддержка следующих форматов производителей георадаров:

- из формата TXT (для георадаров серии ЛОЗА),
- GPR и GPR2 (для георадаров серии ОКО),
- DZT (для георадаров GSSI),

- RD3 (для георадаров MALA),
- DT1 (для георадаров Sensors & Software),
- IPRB (для георадаров ImpulseRadar)
- TRZ (для георадаров TerraZond);
- SGY, или SEG Y (общий формат, используется производителем георадара ZOND)
- CSV (обменный формат)

3.1.2.1. Импорт данных из программы Крот (формат txt)

Меню: Файл – Импорт – Импорт из Крота txt (георадары ЛОЗА) ...

Меню: Файл – Импорт – Импорт из Крота txt с координатами (георадары ЛОЗА) ...

Исходные данные, полученные от георадара серии ЛОЗА, должны быть подготовлены в программе Крот в текстовом формате (с расширением txt). Задаются основные настройки обследования (рис.25): шаг обследования (в метрах), временная развертка (в наносекундах), расстояние между антеннами (в метрах) и скорость распространения радиоволн по умолчанию (в м/нс).

Рис.25. Настройка импорта радарограмм георадара серии Лоза

3.1.2.2. Импорт данных из формата GPR (GPR2)

Меню: Файл – Импорт – Импорт из GPR (георадары ОКО-2)...

Меню: Файл – Импорт – Импорт из GPR2 (георадары ОКО-2)... (Ctrl+I)

Отдельно импортируются метки.

3.1.2.3. Импорт данных из формата DZT

Меню: Файл – Импорт – Импорт из DZT (георадары GSSI)...

3.1.2.4. Импорт данных из формата RD3

Меню: Файл – Импорт – Импорт из RD3 (георадары MALA)...

3.1.2.5. Импорт данных из формата DT1

Меню: Файл – Импорт – Импорт из DT1 (георадары Sensors & Software)...

3.1.2.6. Импорт данных из формата IPRB

Меню: Файл – Импорт – Импорт из IPRB (георадары ImpulseRadar)...

3.1.2.7. Импорт данных из формата TRZ

Меню: Файл – Импорт – Импорт из TRZ (георадары TerraZond)...

Исходные параметры радарограмм необходимо фиксировать на основании технической документации к модели используемого георадарного оборудования, при этом шаг сканирования задается вручную перед каждой съемкой. В случае ошибки задания исходных параметров радарограммы, все характеристики можно изменить в процессе постобработки (рис.26).

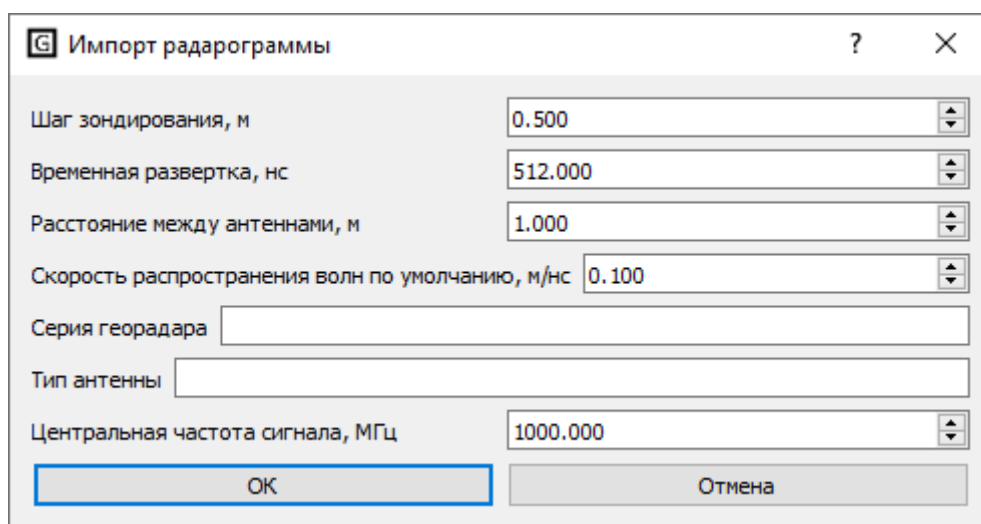


Рис.26. Настройка импорта радарограмм серии ГРТ (Терразонд)

Поколение 11 собственного программного обеспечения к георадарам серии ГРТ поддерживает экспорт данных в формате ПО GeoReader (*.rdr).

3.1.2.8. Импорт данных из формата SGY

Меню: Файл – Импорт – Импорт из SGY...

Необходимо выбрать порядок байтов: Big Endian – порядок от старшего к младшему, Little Endian – порядок от младшего к старшему, Native – как в операционной системе

3.1.2.9. Импорт данных из формата CSV

Меню: Файл – Импорт – Импорт из CSV...

Исходные данные должны быть представлены в CSV-файле (разделитель – точка запятой) в следующем формате (см. рис.27):

- Первые две строки – справочная информация
- Третья строка – Список расстояний

- Начиная с четвертой строки, представлены данные. При этом первое значение в каждой строке соответствует временному отсчету.

```

1 dL = 1.000 m
2 dT = 1.000 ns
3 T/L;0.000;1.000;2.000;3.000;4.000;5.000;6.000;7.000
4 0;58.999;58.472;56.814;53.175;52.7;52.693;52.667;52
5 1;58.949;58.48;56.887;53.537;52.912;52.774;52.646;5
6 2;58.93;58.462;56.915;53.481;52.914;52.787;52.673;5
7 3;58.933;58.47;56.921;53.572;52.981;52.805;52.664;5
8 4;58.932;58.439;56.882;53.539;52.898;52.743;52.627;
9 5;58.913;58.412;56.841;53.466;52.898;52.75;52.619;5
10 6;58.92;58.401;56.833;53.46;52.906;52.782;52.651;52
11 7;58.913;58.404;56.844;53.483;52.902;52.748;52.615;
12 8;58.902;58.399;56.825;53.379;52.863;52.749;52.623;

```

Рис.27 Фрагмент исходного CSV-файла

Задаются основные настройки обследования (рис.28): шаг обследования (в метрах), временная развертка (в наносекундах), расстояние между антеннами (в метрах) и скорость распространения радиоволн по умолчанию (в м/нс).

Рис.28 Настройка импорта радарограмм из формата CSV

3.1.2.10. Импорт данных из CSV для формата Terrazond

Меню: Файл – Импорт – Импорт из CSV для формата Terrazond...

Исходные данные должны быть представлены в CSV-файле (разделитель – точка запятой) в следующем формате (рис.29):

- Первая строка – временные отсчеты
- Начиная со второй строки, представлены данные, где каждая новая строка – это последующая георадарная трасса. При этом первые два столбца – это координаты трасс.

ns/GPS	0	0.0625	0.125	0.1875	0.25	0.3125	0.375	0.4375
51.53941	58.42719	25	7.9847	-4.9994	-12.0852	-14.6952	-14.3392	-14.5305
51.53941	58.42719	25	7.9883	-4.9995	-12.3936	-14.7306	-14.2687	-14.3882
51.53941	58.42719	25	7.991	-4.9996	-12.4929	-14.8086	-14.2026	-14.3062
51.53941	58.42719	25	7.9931	-4.9997	-12.6288	-14.8464	-14.1571	-14.2315
51.53941	58.42719	25	7.9947	-4.9998	-12.7072	-14.885	-14.1199	-14.1792
51.53941	58.42719	25	7.6626	-4.9998	-12.7787	-14.9105	-14.0923	-14.1369
51.53941	58.42719	25	7.5524	-4.9999	-12.8286	-14.9318	-14.0708	-14.1054
51.53941	58.42719	25	7.405	-4.9999	-12.8691	-14.9474	-14.0544	-14.0808
51.53941	58.42719	25	7.6525	-4.9999	-12.8993	-14.9598	-14.375	-14.3954
51.53941	58.42719	25	7.3525	-4.9999	-12.5895	-14.6357	-14.1431	-14.1587
51.53941	58.42719	24.6667	7.335	-5	-12.4962	-14.8652	-14.1727	-14.518
51.53941	58.42719	24.8889	7.5625	-5	-12.6952	-14.8336	-14.4386	-14.2256
51.53941	58.42719	24.8519	7.6325	-5	-12.3972	-14.8996	-14.5371	-14.5812
51.53941	58.42719	24.9136	7.7317	-5	-12.6975	-14.9111	-14.6586	-14.6023
51.53941	58.42719	24.9218	7.4547	-5	-12.6982	-14.9369	-14.3986	-14.3945

Рис.29. Фрагмент исходного CSV-файла для формата Terrazond

3.1.2.10. Загрузка радарограммы

Меню: Файл – Открыть...  (Ctrl+O)

Радарограмма загружается из файла с расширением rdr.

Данная функция работает только при запуске отдельного приложения GeoReader.exe. При запуске радарограммы из менеджера проекта функция **Файл – Открыть...**  (Ctrl+O) не активна.

Быстро открыть нужную радарограмму, не входящую в проект, можно запуском функции **Новое окно** которая выполнит запуск приложения GeoReader.exe в новом окне.

3.1.2.11. Сохранение радарограммы

Меню: Файл – Сохранить  (Ctrl + S)

Меню: Файл – Сохранить как...

Радарограмма сохраняется в файл с расширением rdr.

При запуске радарограммы из менеджера проекта функция **Меню: Файл – Сохранить как...** не активна.

3.1.2.12. Тестовые примеры

Меню: Файл – Примеры...

Представлены следующие тестовые примеры:

Название примера	Описание
Автодорога_Терразонд	Георадиотомограф ГРТ-2Х
Автодорога1	Георадар ОКО-2 (антенный блок АБ-1000Р)
Автодорога2	Георадар ОКО-2 (антенный блок АБ-1000Р)
Амплитудный расчет	Данные для расчета скоростей по методу анализа амплитуд. Георадар ОКО-2 (антенный блок АБ-2000)
Амплитудный расчет_калибровка	
Аводорога_поп_ЛОЗА	Поперечный профиль автомобильной дороги. Георадар ЛОЗА

Автодорога_прод_ОКО	Продольный профиль автомобильной дороги Чита-Хабаровск. Георадар ОКО
Амур_поп_ЛОЗА	Профиль дна р. Амур у г. Хабаровска. Георадар ЛОЗА
Годограф_автодорога_ЛОЗА	Зондирование на переменной базе на автомобильной дороге. Георадар ЛОЗА
Годограф_Амур_ЛОЗА	Зондирование на переменной базе на акватории р. Амур (зимой). Георадар ЛОЗА

Данная функция работает только при запуске отдельного приложения GeoReader.exe. При запуске радарограммы из менеджера проекта функция *Примеры...* не активна.

3.1.2.13. Последние файлы

Меню: Файл – Последние файлы...

Открывается список последних файлов, с которыми работал пользователь. Можно открыть любой из них.

Данная функция работает только при запуске отдельного приложения GeoReader.exe. При запуске радарограммы из менеджера проекта функция *Меню: Файл – Последние файлы...* не активна.

3.1.2.14. Присоединение других радарограмм

Меню: Файл – Присоединить...

К текущей радарограмме присоединяется другая – слева или справа. Операция выполняется успешно, если шаг георадара и шаг между временными отсчетами совпадают.

3.1.2.15. Работа с соседними радарограммами

Меню: Файл – Соседние файлы

К радарограмме можно подключить соседний участок – справа или слева. В случае, если радарограмма состоит из нескольких участков, сверху радарограммы появится панель со схематическим изображением каждого участка (рис.30):

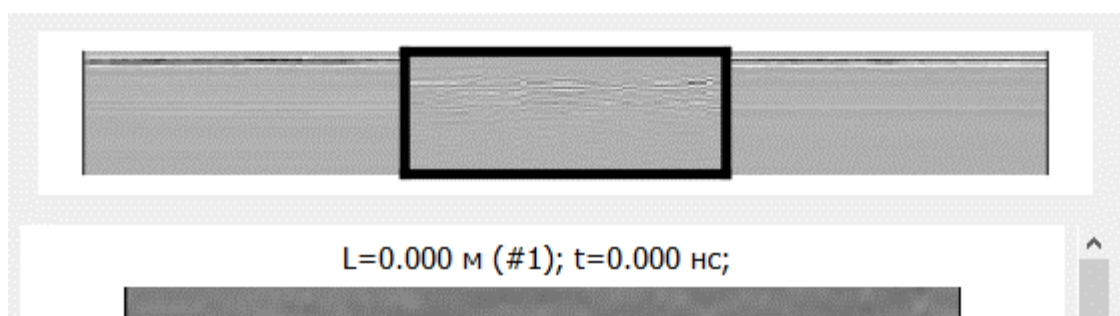


Рис.30. Панель со схематическим изображением каждого участка при загрузке соседних радарограмм

По двойному щелчку можно переходить на нужный участок.

При разделении радарограммы на части средствами менеджера проекта соседние файлы задаются автоматически.

Данная функция работает только при запуске отдельного приложения GeoReader.exe.

3.1.3. Обработка радарограмм

Меню: Радарограмма

3.1.3.1. Отражение радарограммы

Меню: Радарограмма – Отобразить

Меняет направление георадарного профиля на противоположное.

3.1.3.2. Обрезка радарограммы

Меню: Радарограмма – Обрезать

Обрезает радарограмму сверху, снизу, справа или слева.

Кроме того, есть возможность обрезки радарограммы выше некоторой границы (Радарограмма – Обрезать – Обрезать выше границы). Это может, в частности, использоваться для выравнивания отражающей границы поверхности (при работе с бесконтактными антеннами).

3.1.3.3. Удаление трассы

Меню: Радарограмма – Удалить трассу...

В зависимости от [режима удаления](#) либо полностью удаляет трассу, либо меняет текущую трассу на осредненные соседние трассы. Эта команда нужна для очистки радарограммы от сбойных трасс.

3.1.3.4. Очистка участка радарограммы

Меню: Радарограмма – Очистить участок радарограммы...

Удаляет сбойный участок радарограммы. Амплитуды на заданном участке заменяются нулями.

3.1.3.5. Вставка пустых трасс

Меню: Радарограмма – Вставить пустые трассы...

Вставляет нулевые трассы на заданном участке. Эта команда может применяться для заполнения трассами участка, который по каким-то причинам не был отснят.

3.1.3.6. Вычитание средней трассы

Меню: Радарограмма – Вычесть среднюю трассу...

Вычитает среднюю трассу из каждой трассы. Участок осреднения трассы определяется параметром Длина окна осреднения (в процентах). Эта операция обычно используется для вычитания сигнала прямого прохождения при использовании бесконтактных антенн.

3.1.3.7. Приведение трасс к нулю

Меню: Радарограмма – Привести трассы к нулю (Ctrl+0)

Изменяет значения амплитуд так, чтобы для каждой трассы средняя амплитуда соответствовала нулевому значению.

Трасса до преобразования (рис.31):

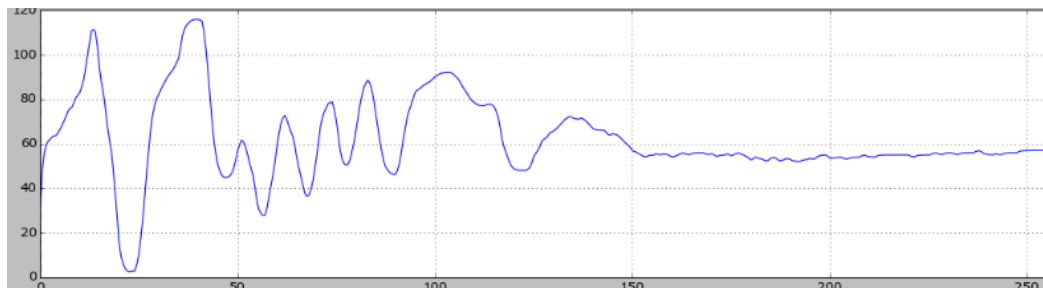


Рис.31 Георадарная трасса до приведения трасс к нулю

Трасса после преобразования (рис.32):

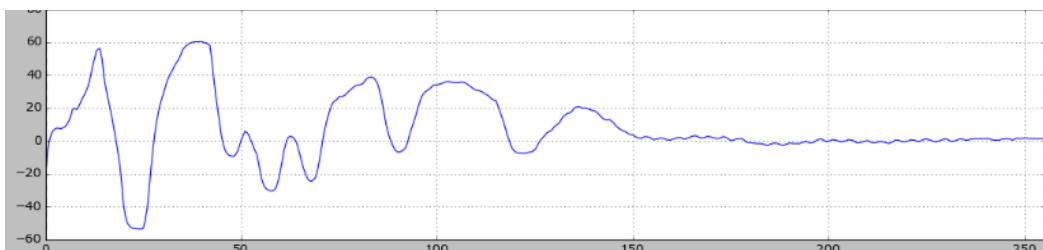


Рис.32 Георадарная трасса после приведения трасс к нулю

3.1.3.8. Взятие амплитуд по модулю

Меню: Радарограмма – Взять амплитуды по модулю

Амплитуды на всех трассах берутся по модулю. После выполнения преобразования положительные и отрицательные фазы выглядят одинаково.

3.1.3.9. Сглаживание

Меню: Радарограмма – Сглаживание

Осредняет все трассы, что позволяет избавиться от мелких шумов. Задается количество отсчетов, по которым выполняется осреднение (чем оно больше, тем сильнее сглаживание).

Трасса до преобразования (рис.33):

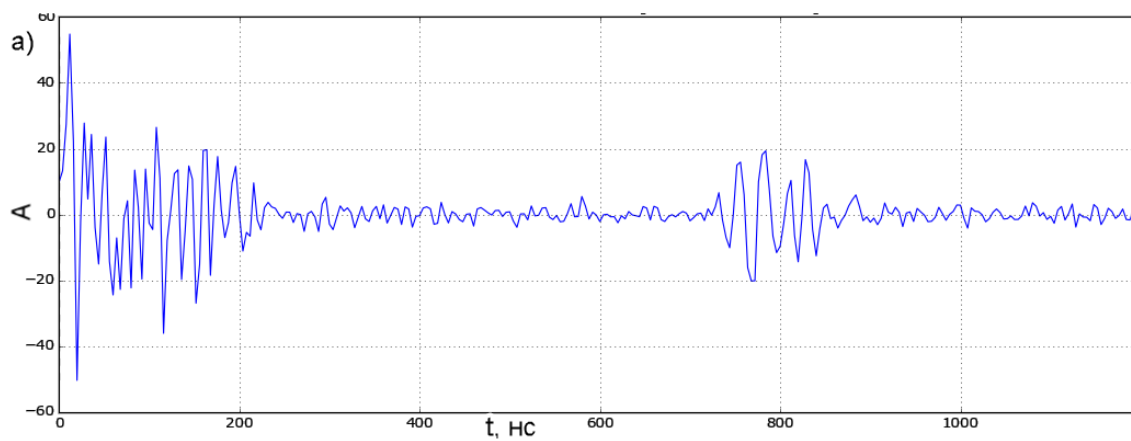


Рис.33. Георадарная трасса до сглаживания

Трасса после преобразования (рис.34):

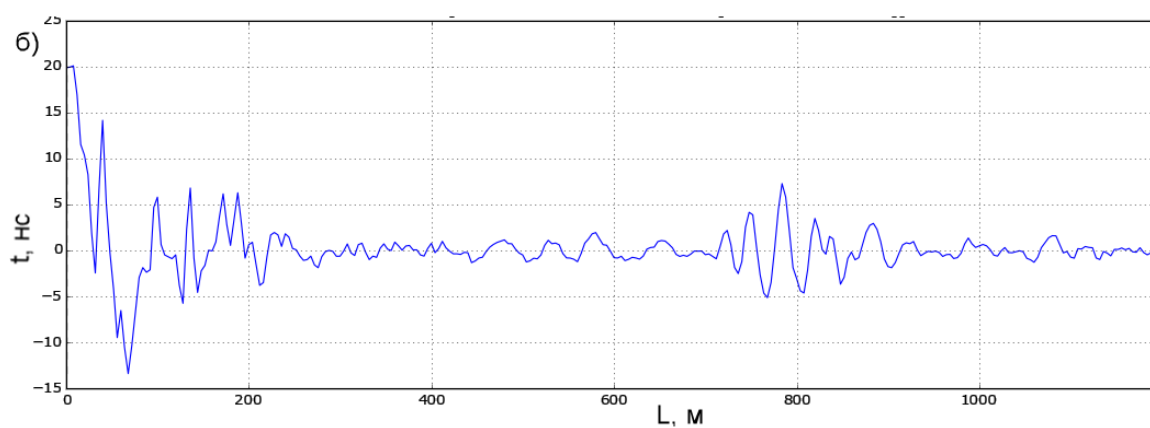


Рис.34. Георадарная трасса после сглаживания

3.1.3.10. Пиксельное осреднение

Меню: Радарограмма – Пиксельное осреднение

Выполняет сглаживание всей радарограммы в целом с использованием попиксельного осреднения.

Радарограмма до преобразования (рис.35):

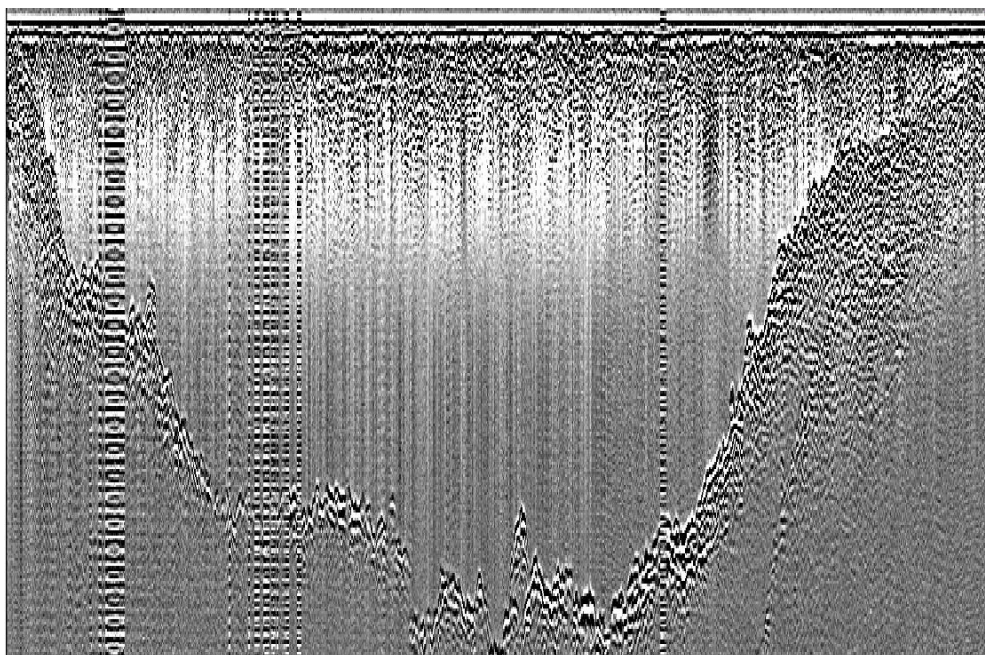


Рис.35. Радарограмма до выполнения пиксельного осреднения

Радарограмма после преобразования (рис.36):

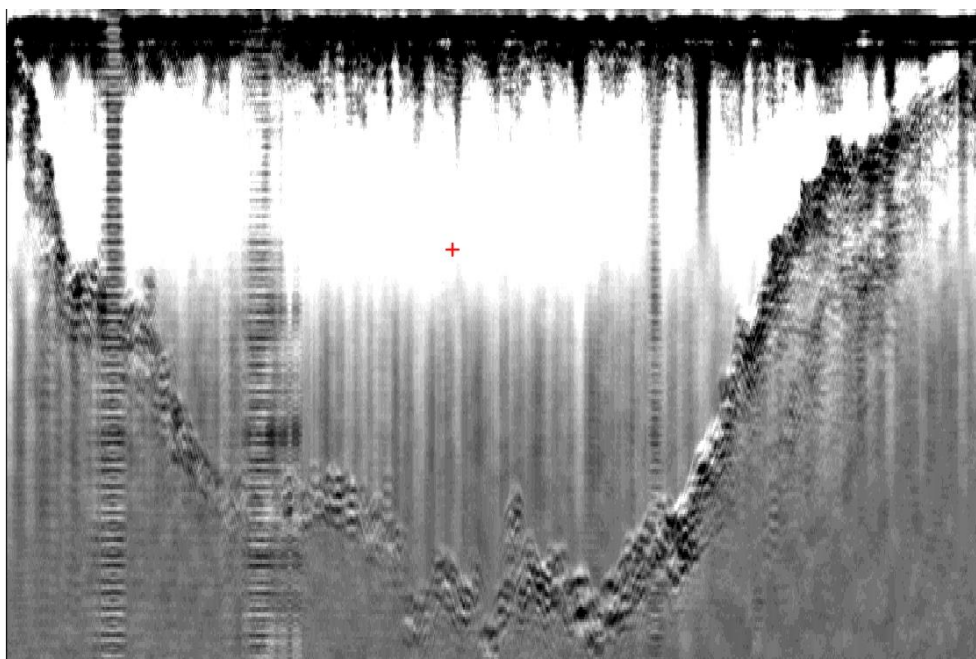


Рис.36. Радарограмма после выполнения пиксельного осреднения

3.1.3.11. Коррекция дрейфа нуля

Меню: Радарограмма – Коррекция дрейфа нуля

Исправляет колебания нуля. Задается количество отсчетов, по которым выполняется коррекция.

Трасса до преобразования (рис.37):

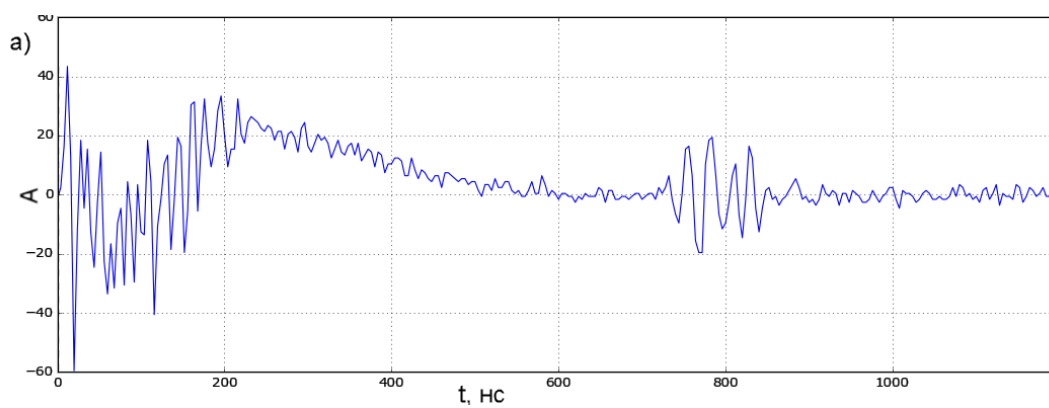


Рис.37. Георадарная трасса до выполнения коррекции дрейфа нуля

Трасса после преобразования (рис.38):

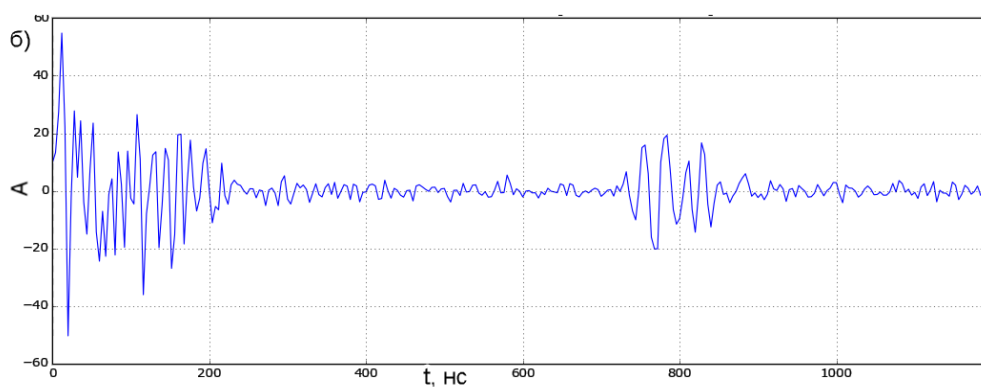


Рис.38. Георадарная трасса после выполнения коррекции дрейфа нуля

Радарограмма до преобразования (рис.39):

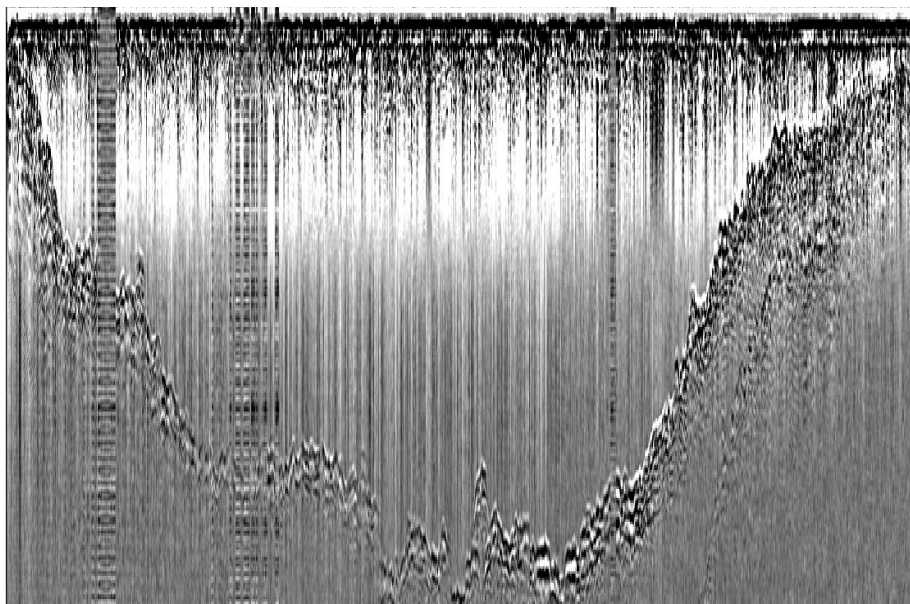


Рис.39. Радарограмма до выполнения коррекции дрейфа нуля

Радарограмма после преобразования (рис.40):

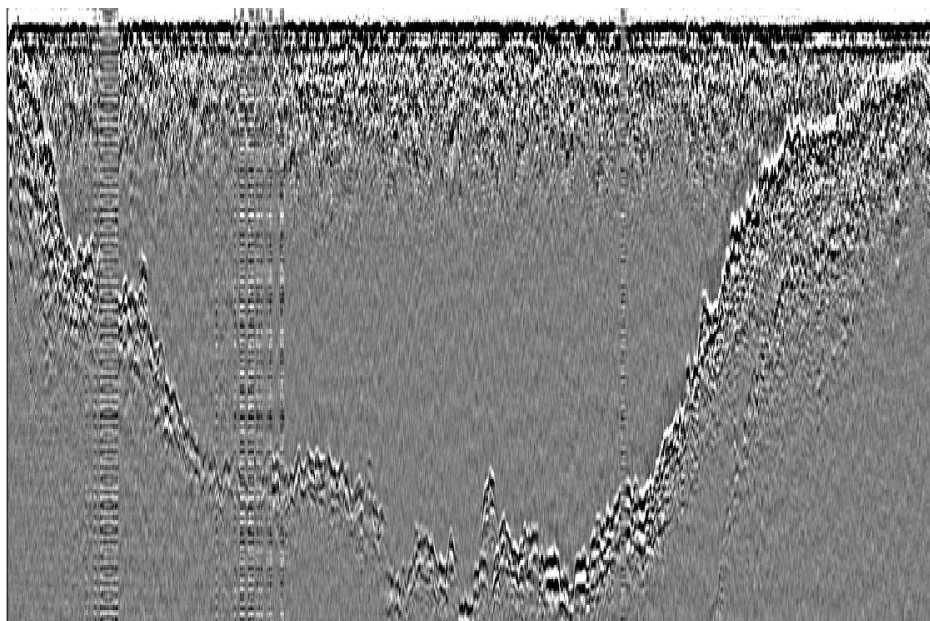


Рис.40. Радарограмма после выполнения коррекции дрейфа нуля

3.1.3.12. Очистка гистограммы

Меню: Радарограмма – Очистить гистограмму

Возвращает настройки гистограммы в первоначальный вид.

3.1.3.13. Настройка усиления

Меню: Радарограмма – Усиление

Настройка усиления (ослабления) сигнала. Позволяет усилить слабые отражения и, наоборот, ослабить сильные. Может выполняться по текущей трассе, по средней трассе и автоматически.

3.1.3.13.1. Настройка усиления по текущей или средней трассе

Меню: Радарограмма – Усиление – Настройка усиления по текущей трассе...



Меню: Радарограмма – Усиление – Настройка усиления по средней трассе...

При выборе данных пунктов меню открывается окно настроек усиления (рис.41):

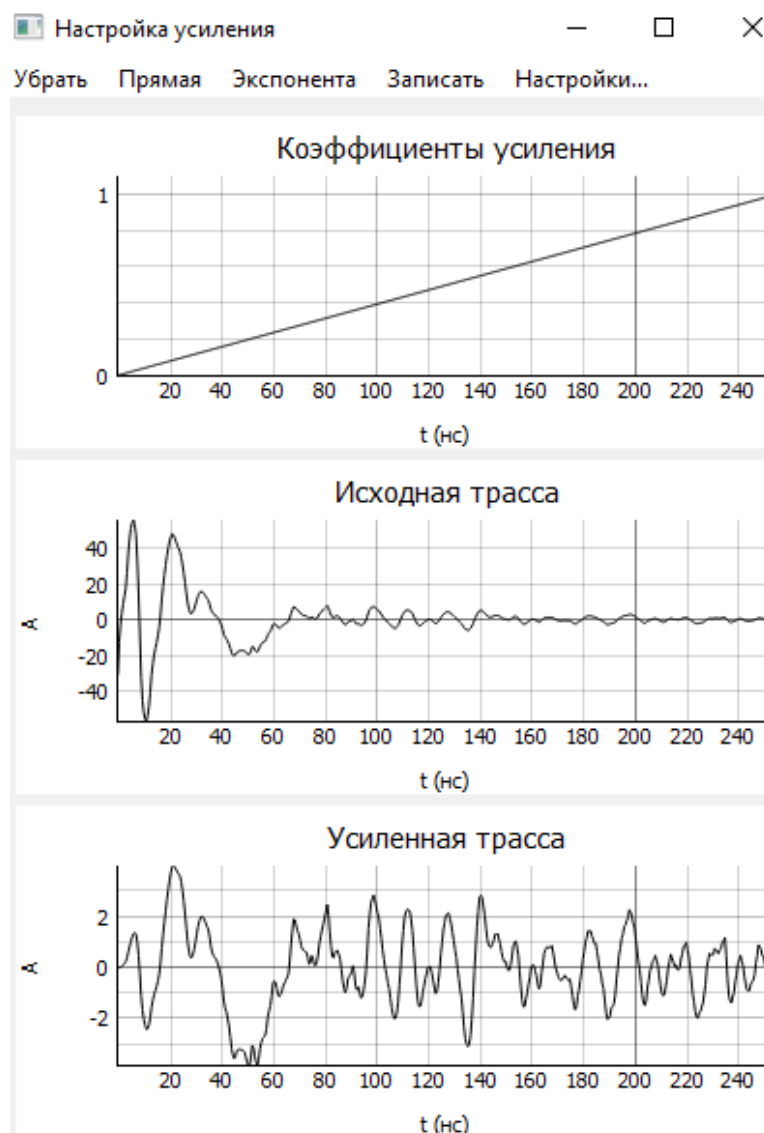


Рис.41. Настройка усиления

В верхней части окна отображается график коэффициентов усиления (от 0 до 1). В средней части отображается исходная (текущая или средняя) трасса, в нижней – усиленная трасса. Усиленная трасса рассчитывается путем умножения исходной трассы на соответствующий коэффициент усиления.

При выборе пункта меню **Убрать**, все коэффициенты усиления становятся равными 1, то есть трасса не изменяется.

При выборе пункта меню **Прямая**, коэффициенты усиления линейно изменяются от 0 до 1.

При выборе пункта меню **Экспонента**, коэффициенты усиления экспоненциально изменяются от 0 до 1. Форма экспоненты зависит от коэффициента усиления (от 1 до 100), который можно изменить, выбрав пункт меню **Настройки...**

Кроме того, график коэффициентов усиления можно менять вручную путем нажатия мышью на соответствующую область графика. Величину временного интервала при изменении вручную можно изменить, выбрав пункт меню **Настройки...**

При выборе пункта меню **Записать**, коэффициенты усиления записываются и радарограмма изменяется (рис.42).

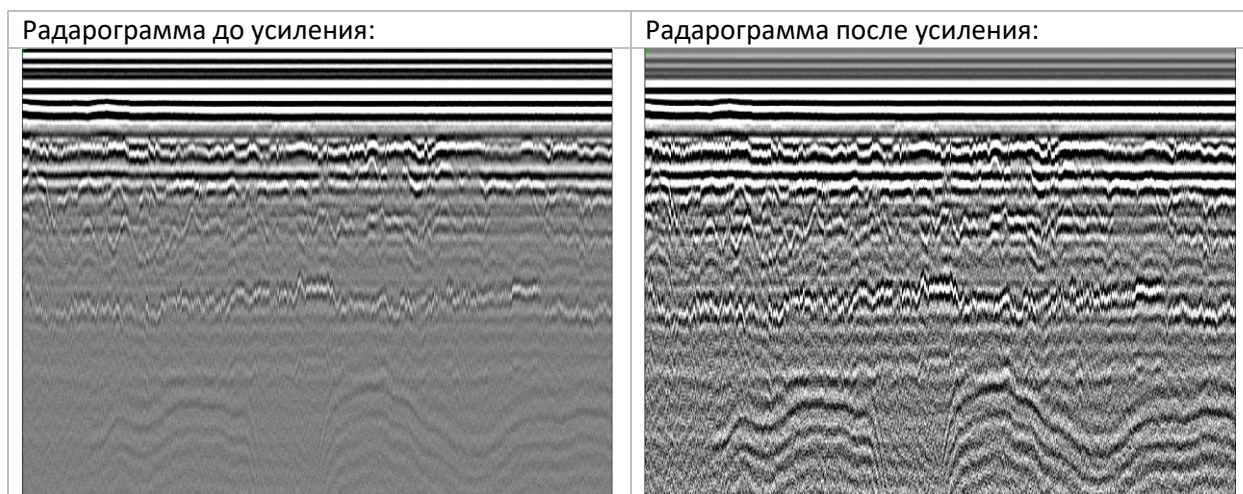


Рис.42. Результаты усиления на радарограмме

3.1.3.13.2 Нормировка амплитуд по вертикали

Меню: Радарограмма – Усиление – Нормировка амплитуд по вертикали

Выполняет динамическое выравнивание амплитуд трасс к одному диапазону для того, чтобы более низкие амплитуды привести к более высоким. Задается количество отсчетов, по которым выполняется приведение амплитуд. Нормировка амплитуд по вертикали – это один из способов автоматической настройки усиления сигнала (рис.43-45).

Трасса до преобразования (рис.43):

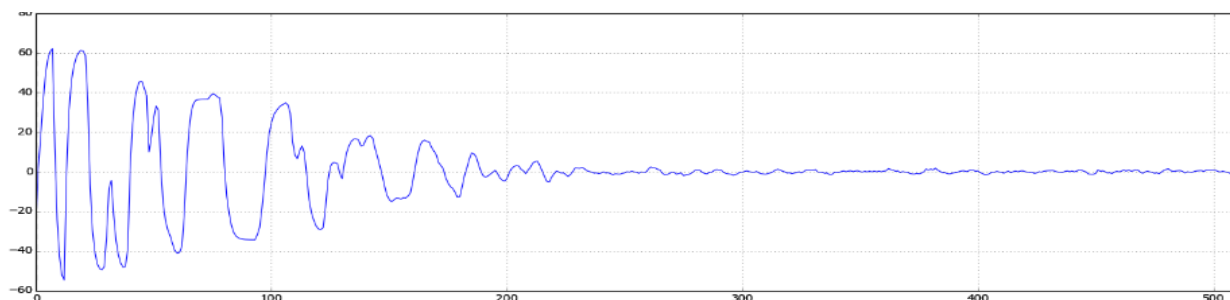


Рис.43. Георадарная трасса до нормировки амплитуд

Трасса после преобразования (рис.44):

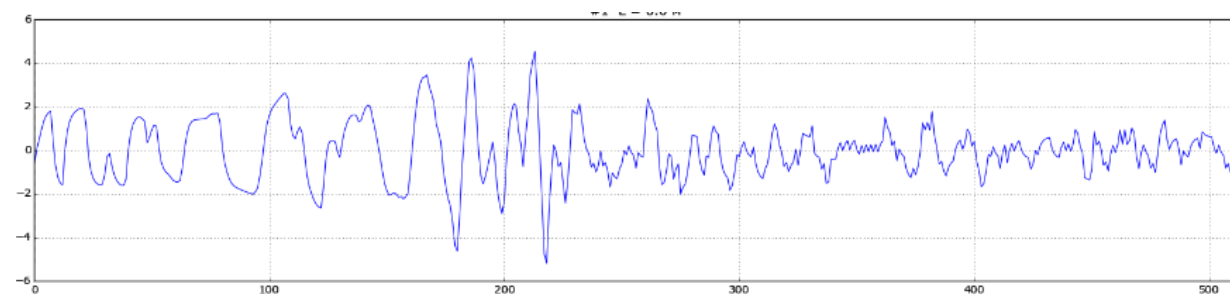


Рис.44. Георадарная трасса после нормировки амплитуд

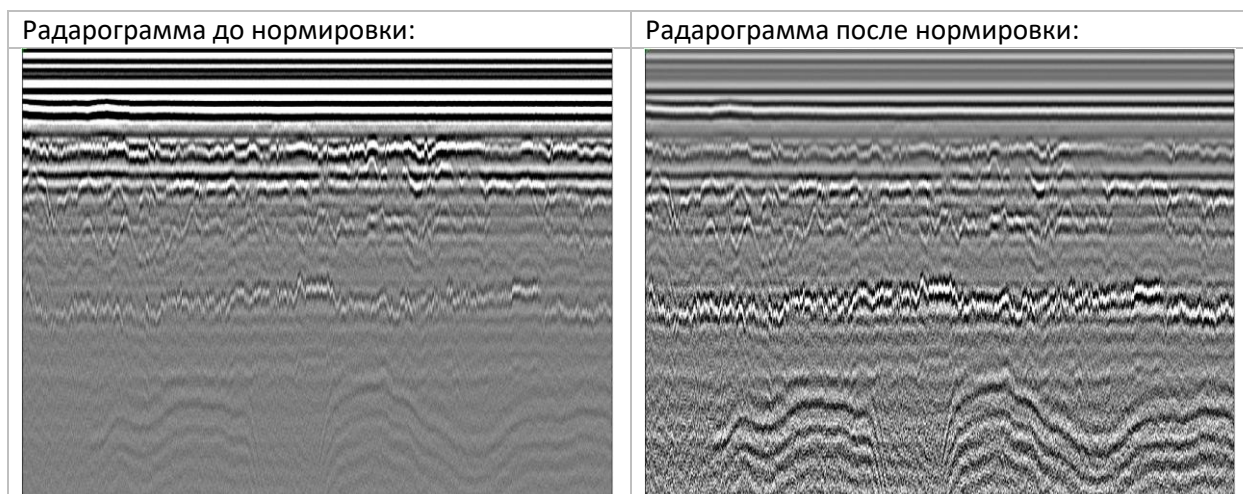


Рис.45. Изображения радарограмм после выполнения нормировки амплитуд

3.1.3.13.3 Нормировка амплитуд по горизонтали

Меню: Радарограмма – Усиление – Нормировка амплитуд по горизонтали

Выполняет динамическое выравнивание амплитуд всех трасс радарограммы к одному диапазону. Обычно необходимо либо при присоединении другой радарограммы, либо при обработке радарограмм, полученных при выполнении георадарного зондирования на переменной базе (методом ОГТ). Также функция будет полезной при наличии на радарограмме участка высокоамплитудных отражений от локальных объектов: металлический кабель, металлическая труба, решетка ливневой канализации и т.д. Не рекомендуется применять функцию до выполнения расчетов с помощью функции **Меню:** Прикладные задачи... в менеджере проекта, т.к. она вносит искажения в результаты.

3.1.3.13.4 Пиксельная нормировка амплитуд

Меню: Радарограмма – Усиление – Пиксельная нормировка амплитуд

Выполняет попиксельное динамическое выравнивание амплитуд всех трасс радарограммы к одному диапазону (рис.46). После выполнения преобразования все амплитуды будут находиться в диапазоне от -1 до +1.

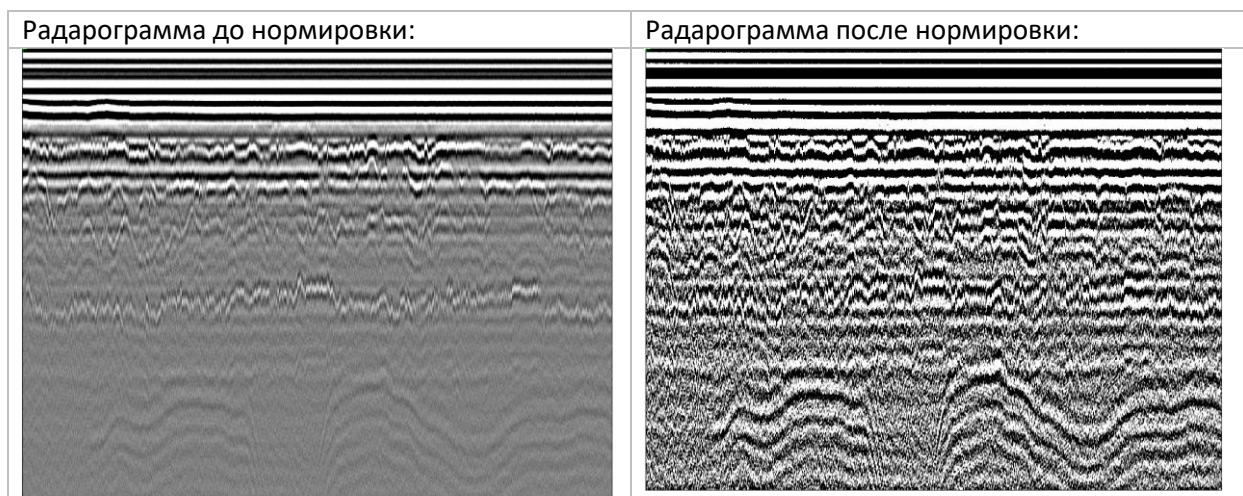


Рис.46. Изображения радарограмм после выполнения пиксельной нормировки амплитуд

3.1.3.14. Частотная фильтрация

Меню: Радарограмма – Частотная фильтрация по средней трассе

Меню: Радарограмма – Частотная фильтрация по текущей трассе

По средней или текущей трассе выполняется прямое преобразование Фурье и строится спектр (амплитудно-частотная характеристика сигнала) (рис.47):

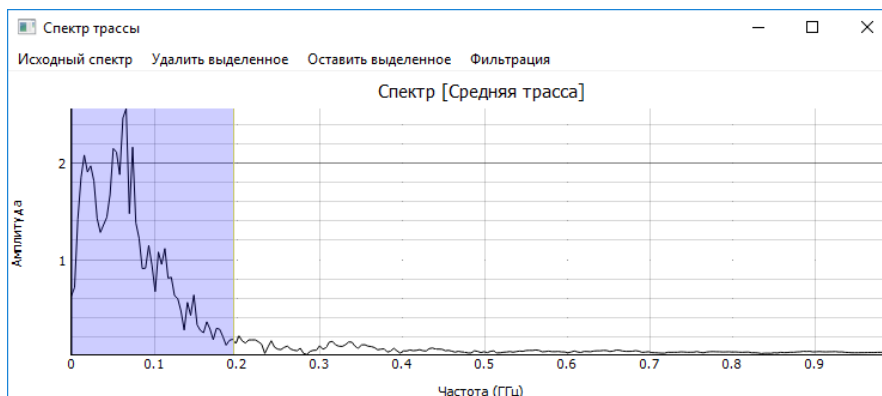


Рис.47 Спектр трассы

Кнопка **Удалить выделенное** обнуляет амплитуды частот, соответствующие голубой прямоугольной области.

Кнопка **Оставить выделенное**, наоборот, обнуляет все амплитуды вне голубой прямоугольной области.

Кнопка **Исходный спектр** возвращает спектр в исходное состояние.

По нажатию на кнопку **Фильтрация** выполняется обратное преобразование Фурье для каждой трассы, выполняется фильтрация радарограммы.

3.1.3.15. Фильтр dewow

Меню: Радарограмма – Фильтрация – Фильтр dewow

Применяет фильтр dewow, подавляющий частоты ниже 2% от частотного поля спектра. Применяется для очистки от шумов, обусловленных характеристиками антенн.

3.1.3.16. Экспорт радарограммы в CSV

Меню: Радарограмма – Экспорт – Экспорт в CSV...

Сохраняет данные радарограммы в текстовом файле в формате CSV.

3.1.3.17. Экспорт радарограммы в SGY

Меню: Радарограмма – Экспорт – Экспорт в SGY...

Сохраняет данные радарограммы в универсальный формат SGY.

3.1.3.18. Сохранение радарограммы в виде изображения

Меню: Радарограмма – Экспорт – Сохранить изображение...  (Ctrl+E)

Сохраняет радарограмму в формате PNG. Можно настроить высоту и ширину файла изображения в пикселях.

3.1.3.19. Копирование радарограммы в виде изображения в буфер обмена

Меню: Радарограмма – Экспорт – Скопировать изображение в буфер обмена  (Ctrl+Shift+E)

Копирует радарограмму в буфер обмена.

3.1.3.20. Сохранение радарограммы в виде подложки

Меню: Радарограмма – Сохранить подложку...

Сохраняет данные радарограммы в виде подложки (файл с расширением ul). Подложку можно представить как одну из промежуточных версий радарограммы. В дальнейшем к любой подложке (т.е. к любой версии радарограммы) можно быстро вернуться.

3.1.3.21. Загрузка подложки

Меню: Радарограмма – Загрузить подложку...

Загружает ранее сохраненную подложку вместо текущей радарограммы. Необходимо, чтобы совпадало количество трасс и количество временных отсчетов на текущей радарограмме и подложке.

3.1.3.22. Изменение параметров радарограммы

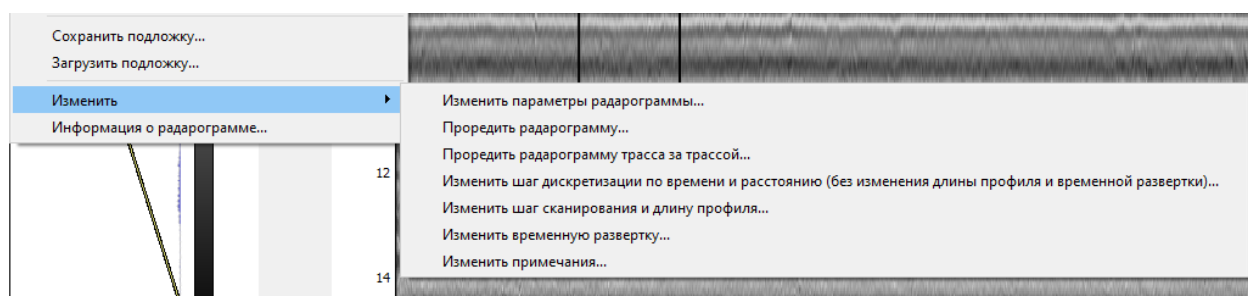


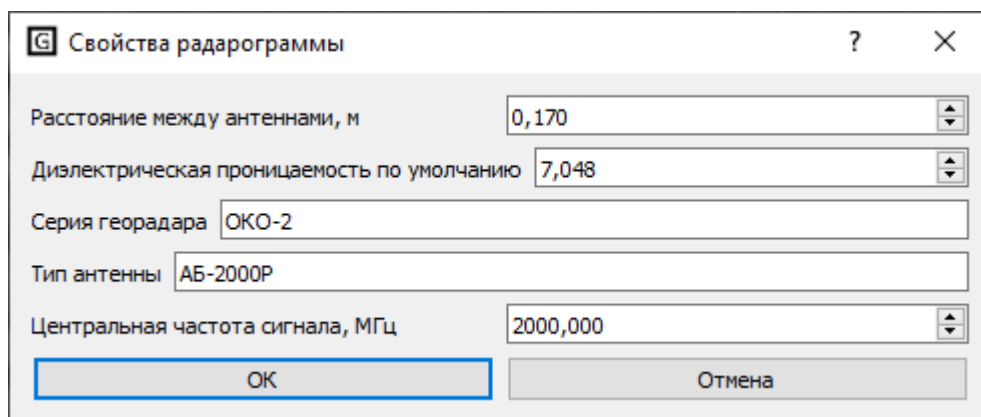
Рис.48. Меню операций по изменению данных радарограммы

Выполнение операций по изменению информации о радарограмме, а также по преобразованию физических параметров радарограммы (рис.48) – количества трасс, шагу дискретизации по времени и расстоянию, шагу сканирования, длины профиля, временной развертки и пр.

3.1.3.22.1. Изменение параметров радарограммы

Меню: Радарограмма – Изменить – Изменить параметры радарограммы...

Открывает окно, в котором можно изменить информацию о радарограмме: расстояние между антеннами, диэлектрическую проницаемость/скорость распространения радиоволн по умолчанию, серию георадара, а также тип антенны и её центральную частоту (рис.49).



The dialog box titled 'Свойства радарограммы' (Properties of radarogram) contains the following fields and controls:

- Расстояние между антеннами, м (Distance between antennas, m): 0,170
- Диэлектрическая проницаемость по умолчанию (Dielectric permeability by default): 7,048
- Серия георадара (Georadar series): ОКО-2
- Тип антенны (Antenna type): АБ-2000Р
- Центральная частота сигнала, МГц (Central signal frequency, MHz): 2000,000
- Buttons: OK, Отмена (Cancel)

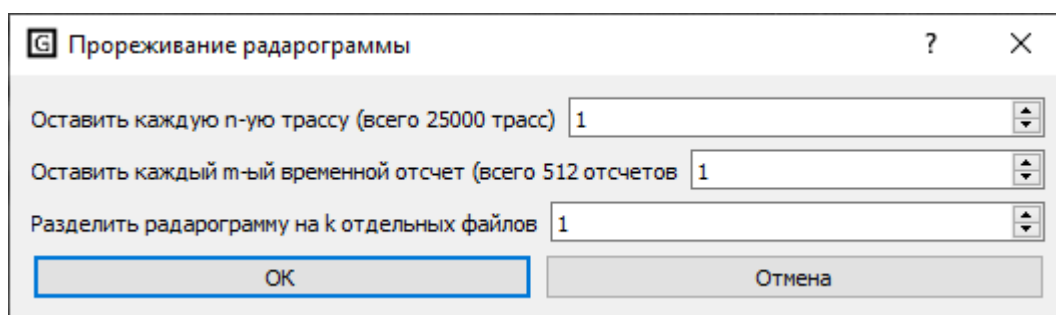
Рис.49 Меню информации о радарограмме

При этом, на дальнейшие результаты обработки по глубине влияет только значение диэлектрической проницаемости/скорости распространения радиоволн по умолчанию.

3.1.3.22.2 Прореживание радарограммы

Меню: Радарограмма – Изменить – Проредить радарограмму...

Позволяет проредить радарограмму по горизонтали (оставить каждую n-ую трассу), либо по вертикали (оставить каждый m-ый временной отсчет). Также можно разделить радарограмму на k отдельных файлов. Данная операция применяется при работе с чрезмерно большими радарограммами с целью уменьшить их размер (рис.50).



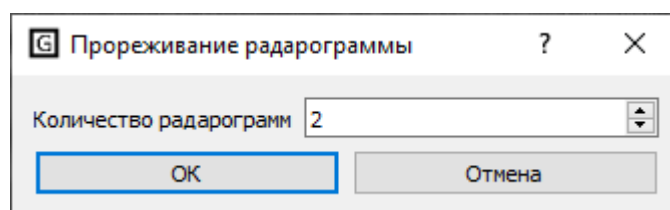
The dialog box titled 'Прореживание радарограммы' (Radarogram thinning) contains the following fields and controls:

- Оставить каждую n-ую трассу (всего 25000 трасс) (Leave every n-th track (total 25000 tracks)): 1
- Оставить каждый m-ый временной отсчет (всего 512 отсчетов) (Leave every m-th time count (total 512 counts)): 1
- Разделить радарограмму на k отдельных файлов (Divide radarogram into k separate files): 1
- Buttons: OK, Отмена (Cancel)

Рис.50 Настройка прореживания радарограммы

3.1.3.22.3 Прореживание радарограммы трасса за трассой

Меню: Радарограмма – Изменить – Проредить радарограмму трасса за трассой...



The dialog box titled 'Прореживание радарограммы' (Radarogram thinning) contains the following fields and controls:

- Количество радарограмм (Number of radarograms): 2
- Buttons: OK, Отмена (Cancel)

Рис.51 Настройка количества радарограмм для прореживания

Применение данной функции актуально при работе с данными георадара, записанными многоканальными антеннами, когда трасса за трассой на радарограмме идут данные разных антенных блоков и только их разделение (рис.51) позволяет работать с каждым каналом отдельно (рис.52-53).

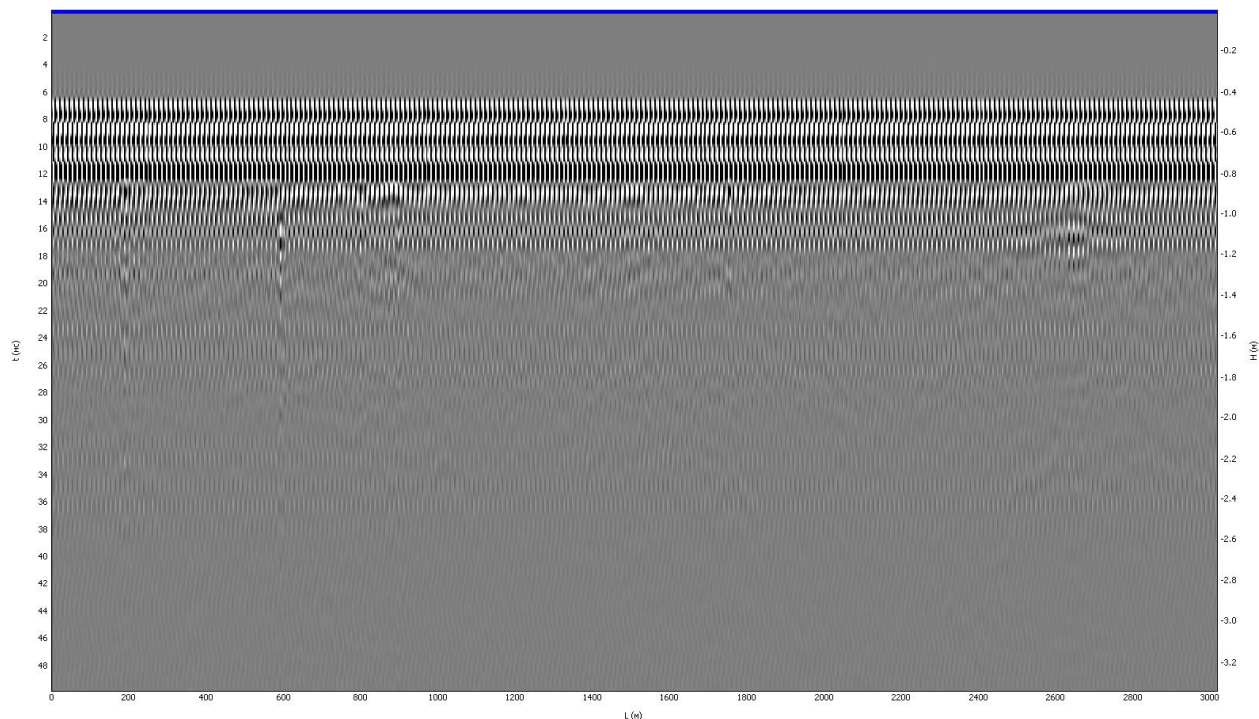


Рис.52 Радарограмма до прореживания (разделения)

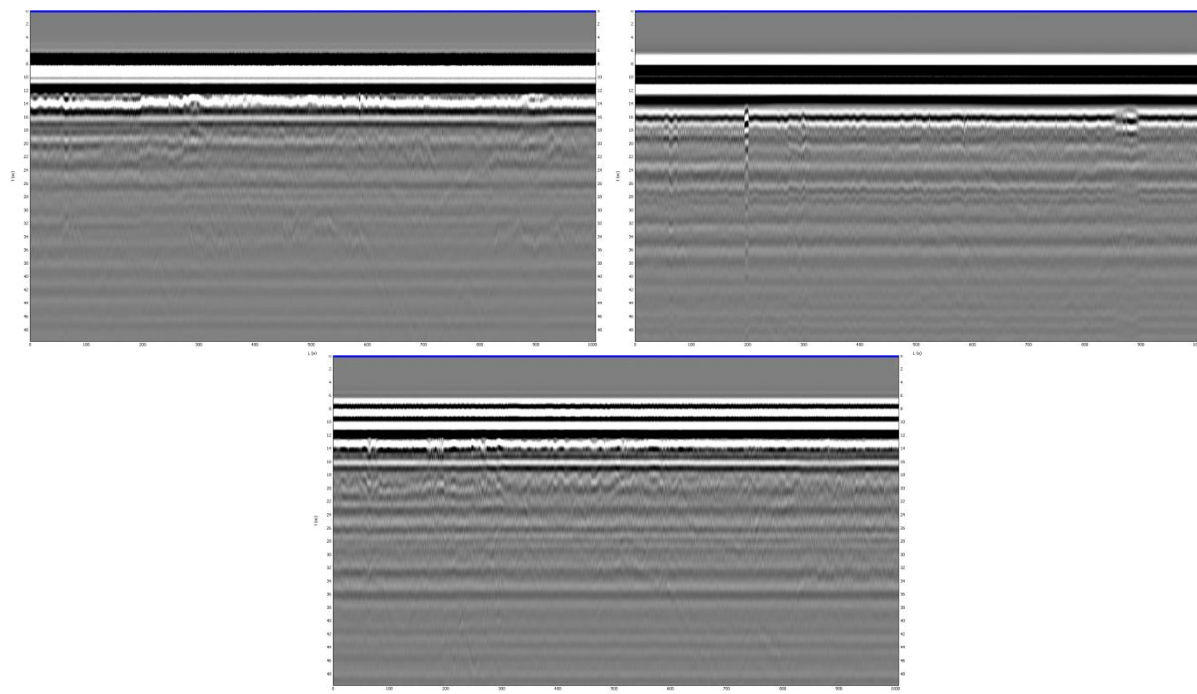


Рис.53 Результат разделения радарограмм (без обработки), изначально записанных в один файл

3.1.3.22.4 Изменение шага дискретизации по времени и расстоянию

Меню: Радарограмма – Изменить – Изменить шаг дискретизации по времени и расстоянию (без изменения длины профиля и временной развертки) ...

Изменение шага дискретизации по времени и расстоянию с использованием данной функции осуществляется без изменения длины профиля и временной развертки.

3.1.3.22.5 Изменение шага сканирования и длины профиля

Меню: Радарограмма – Изменить – Изменить шаг сканирования и длину профиля...

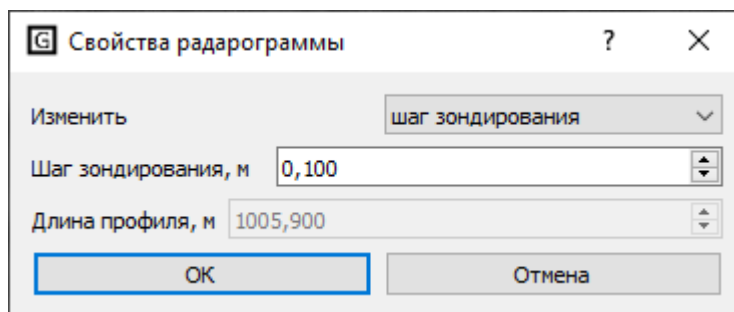


Рис.54 Настройка шага сканирования и длины профиля

Открывает окно (рис.54), в котором можно задать параметры изменения – изменить шаг зондирования или длину профиля, задать новый шаг, или длину профиля. При этом шаг сканирования и длина профиля будут пересчитываться соответственно. Количество трасс при этом не изменяется. Данная операция используется, если при импорте исходных данных шаг сканирования был указан некорректно.

3.1.3.22.6 Изменение временной развертки

Меню: Радарограмма – Изменить – Изменить временную развертку...

Функция позволяет изменить значение временной развертки (рис.55). При этом удаляются все элементы, добавленные ранее на радарограмму, появляется соответствующее предупреждение.

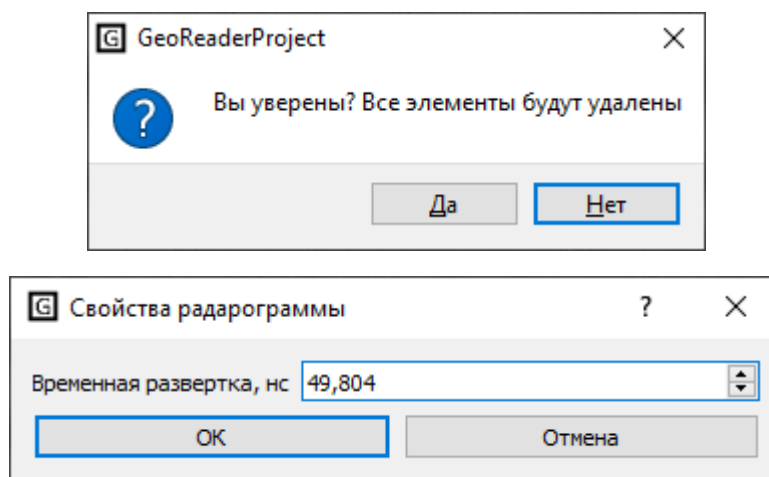


Рис.55 Настройка временной развертки

При этом, количество отсчетов по глубине не изменится, а изменится только шаг дискретизации по времени – пересчитается исходя из общей величины развертки.

3.1.3.22.7. Добавление и изменение примечаний

Меню: Радарограмма – Изменить примечания...

Позволяет добавить текстовые примечания к радарограмме, по которым в менеджере проекта можно быстро идентифицировать особенности радарограммы.

3.1.3.23. Информация о радарограмме

Меню: Радарограмма – Информация о радарограмме...

Открывает окно с информацией о радарограмме (рис.56): количестве трасс, шаге зондирования, длине профиля, количестве отсчетов на трассе, временной развертке, шаге дискретизации, расстоянии между антеннами, скорости распространения волн по умолчанию и пр.

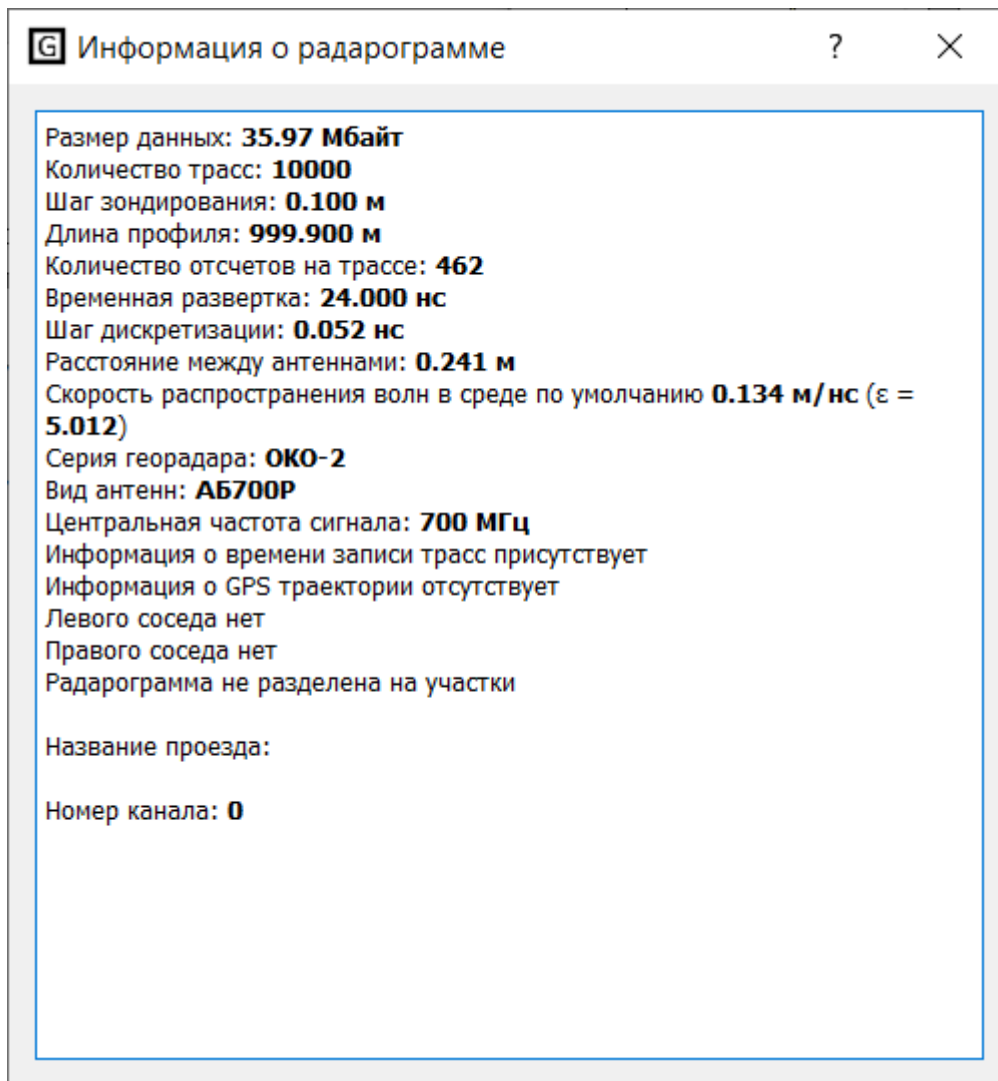


Рис.56. Окно информации о радарограмме

3.1.4. Атрибутный анализ

Меню: Атрибутный анализ

Атрибутный анализ – это определение динамических параметров волновой картины, нацеленное на получение дополнительной информации о строении разреза. Результаты атрибутного анализа не связываются с трассами и отображаются поверх радарограммы. По изменению атрибутов в некоторых местах по сравнению с общей картиной можно делать вывод о наличии зон локальных неоднородностей. Однако, однозначных рекомендаций по применению различных алгоритмов атрибутного анализа не существует, т.к. этот инструмент используется и настраивается пользователем с учетом личных предпочтений и опыта. Далее будут описаны смысл и прикладное значение (при наличии) каждого из рассчитываемых атрибутов.

Цветовая схема, с помощью которой будут выведены результаты атрибутного анализа, задается настройкой «[Цветовая схема для атрибутного анализа](#)». Прозрачность результатов атрибутного анализа задается настройкой «[Прозрачность радарограммы при наличии результатов атрибутного анализа](#)».

Для настройки яркости и контрастности отображения результатов атрибутного анализа используется гистограмма (Меню Атрибутный анализ – Гистограмма для атрибутного анализа (F4)).

Чтобы очистить результаты амплитудного анализа, следует выбрать пункт меню Атрибутный анализ – Очистить атрибуты.

Чтобы записать результаты атрибутного анализа в радарограмму (вместо исходных трасс), следует выбрать пункт меню Атрибутный анализ – Записать атрибуты в основную радарограмму. Этой командой нужно пользоваться с осторожностью, так как она полностью затирает исходные трассы.

Результаты атрибутного анализа можно сохранить в виде отдельной подложки (файл с расширением .ul). Для сохранения следует выбрать пункт меню Атрибутный анализ – Сохранить подложку... Для загрузки подложки – пункт меню Атрибутный анализ – Загрузить подложку...

3.1.4.1. Преобразование Гильберта

Меню: Атрибутный анализ – Преобразование Гильберта...

Преобразует каждую трассу в одну из трех функций: мгновенную амплитуду, мгновенную фазу или мгновенную частоту [9].

Мгновенная амплитуда соответствует огибающей исходного сигнала. Такое представление используется для выделения участков радарограммы, отличающихся от соседних областей более высокой или более низкой энергией сигнала. Мгновенная частота указывает на участки записи с различным частотным составом. Мгновенная фаза указывает на участки трасс, имеющих существенные сдвиги по сравнению с окружающими эти участки трассами.

3.1.4.2. Преобразование cosine phase

Меню: Атрибутный анализ – Преобразование cosine phase...

Выполняет преобразование cosine phase (рис.57), основанное на преобразовании Гильберта [10]. Необходимо для того, чтобы привести все экстремальные значения амплитуд к единому значению (с сохранением частотных характеристик).

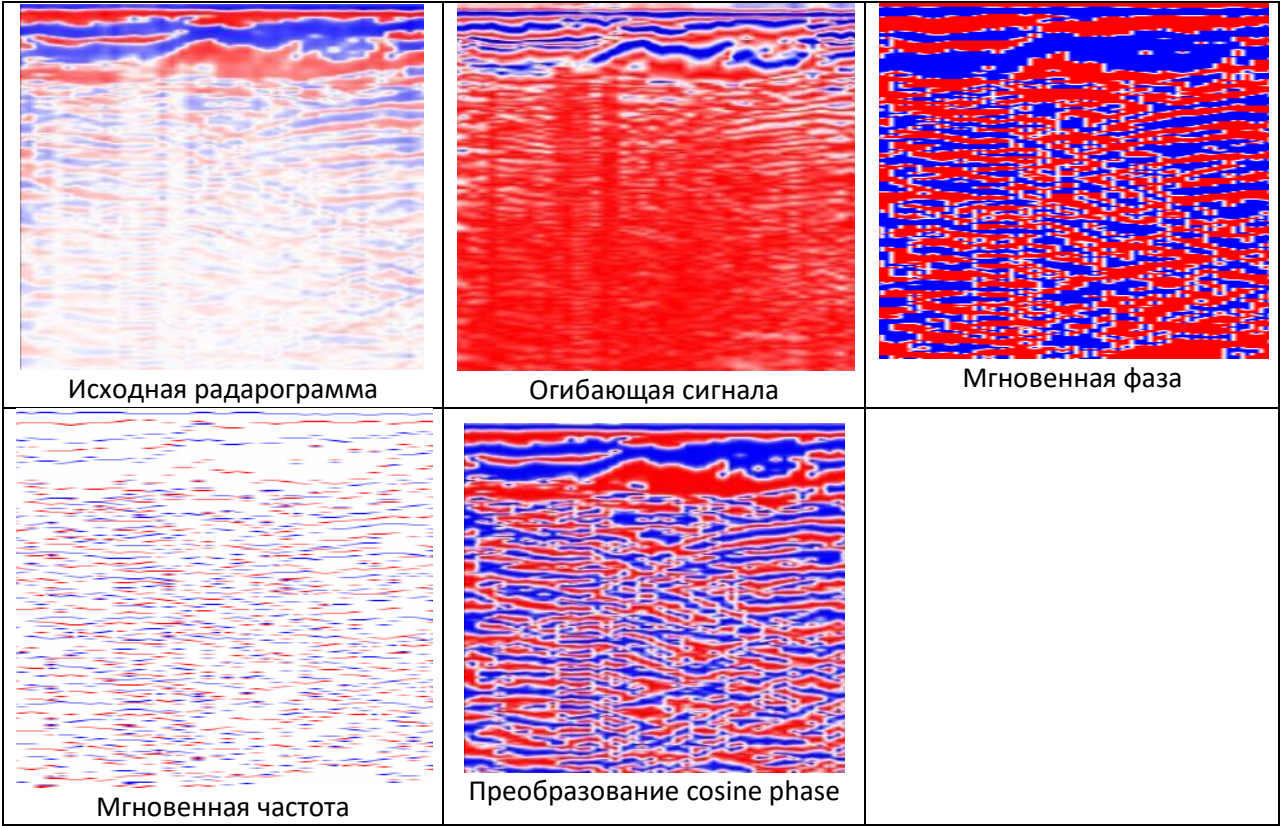


Рис.57 Изображения атрибутов преобразований Гильберта и cosine phase

3.1.4.3. Экстремумы

Меню: Атрибутный анализ – Экстремумы

Поиск максимальных и минимальных значений (а также нулевых) на каждой трассе (рис.58).

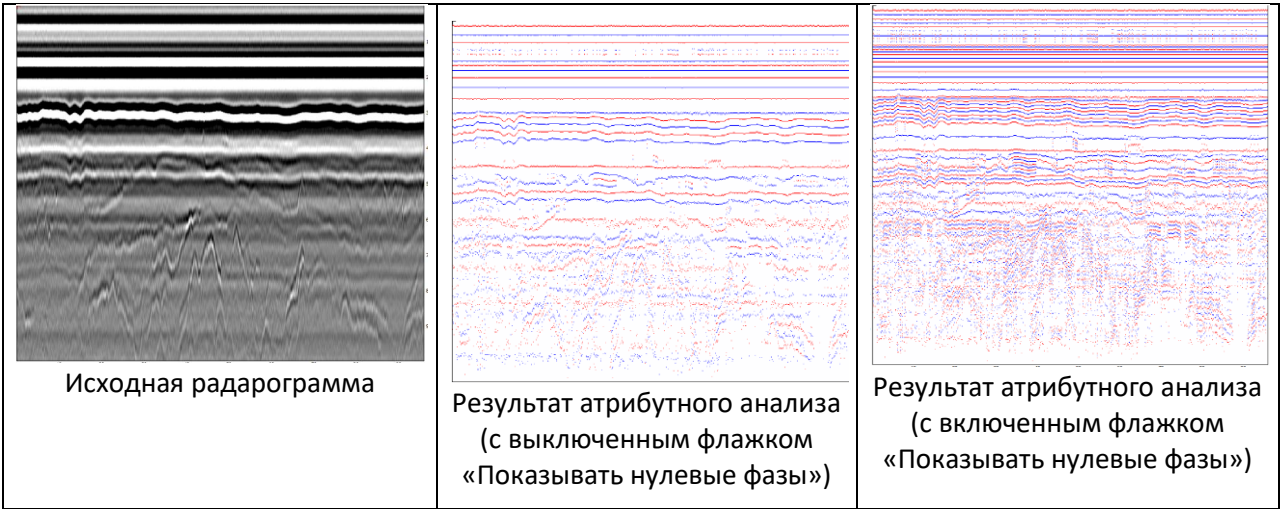


Рис.58 Изображения атрибутов экстремумов

3.1.4.4. Максимум по скользящему окну

Меню: Атрибутный анализ – Максимум по скользящему окну...

В результат атрибутного анализа в данной точке записывается максимальная амплитуда в пределах положения скользящего окна. Данный атрибут хорошо коррелирует с физическими свойствами среды, чем выше амплитуда, тем выше вероятность локального ослабления грунтов в этом месте (рис.59).

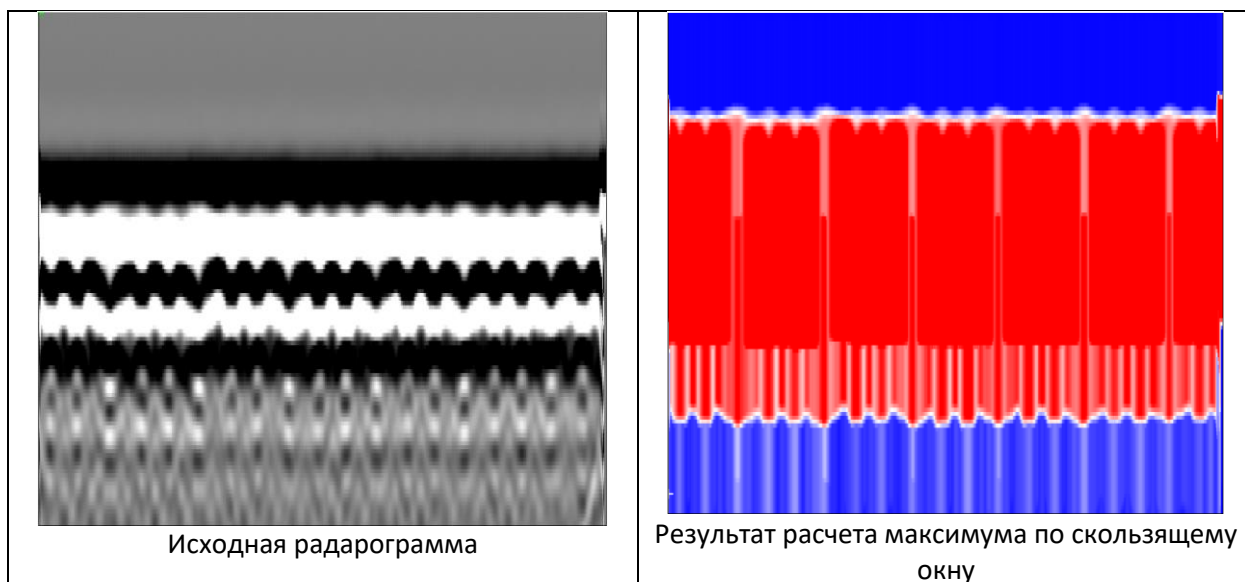


Рис.59 Изображения атрибута максимум по скользящему окну

3.1.4.5. Размах экстремумов

Меню: Атрибутный анализ – Размах экстремумов

Визуально показывает расстояния между экстремумами (максимальными и минимальными амплитудами) (рис.60).

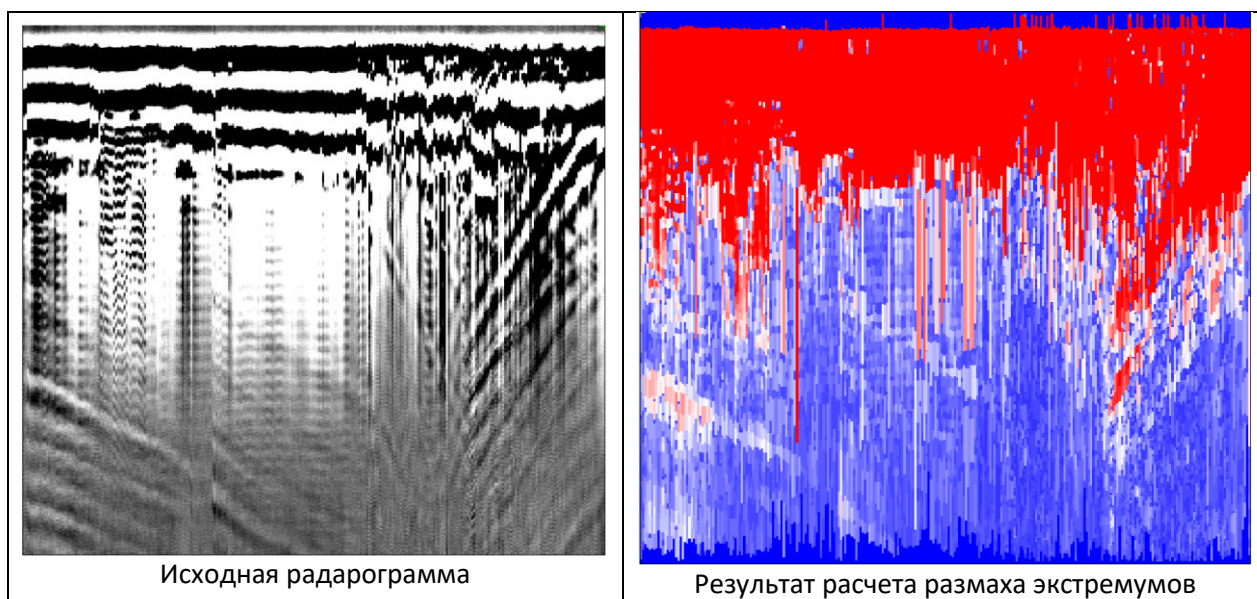


Рис.60 Изображения атрибута размах экстремумов

3.1.4.6. Поле затухания

Меню: Атрибутный анализ – Поле затухания

[К оглавлению](#)

Визуально показывает уровень затухания для каждого участка каждой трассы. Затухание сигнала напрямую связано со свойствами среды – влажные, глинистые грунты быстрее поглощают сигнал, чем сухие несвязные. Поэтому по затуханию можно судить о виде и свойствах материале среды (рис.61).

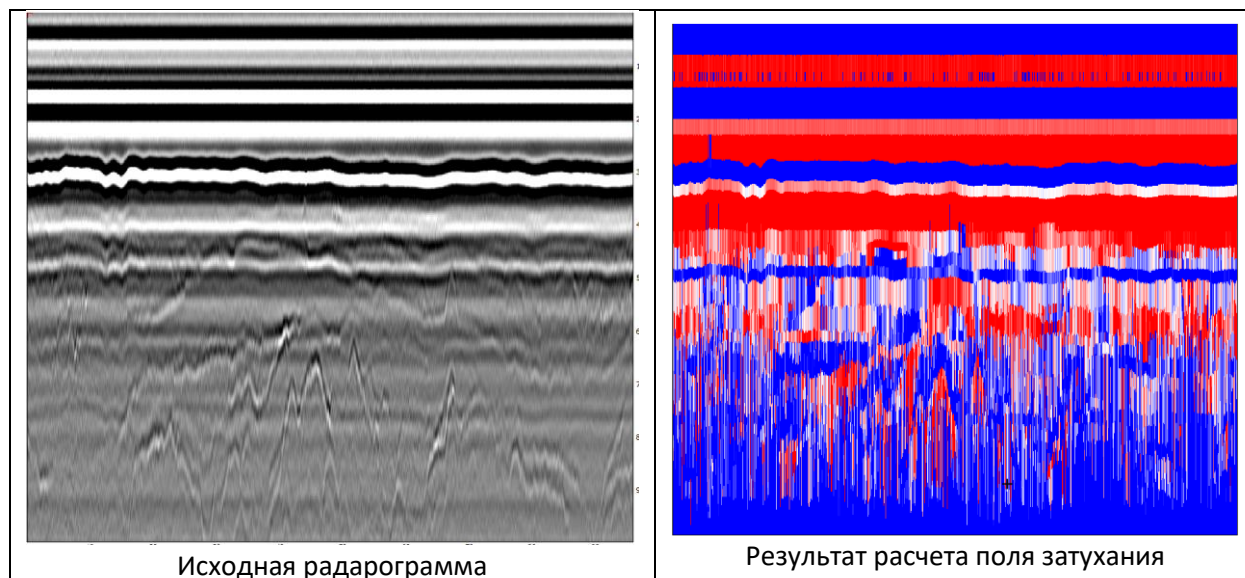


Рис.61 Изображения атрибута Поле затухания

3.1.4.7. Энергия

Меню: Атрибутный анализ – Энергия

Поиск суммарной энергии по скользящему окну.

Энергия считается как сумма квадратов амплитуд. То есть, если в среде большие амплитуды и мало переходов «через ноль», то будет большое значение энергии. Повышенная энергия обычно указывает местоположение структурных аномалий в грунтах и искусственных конструкциях (рис.62).

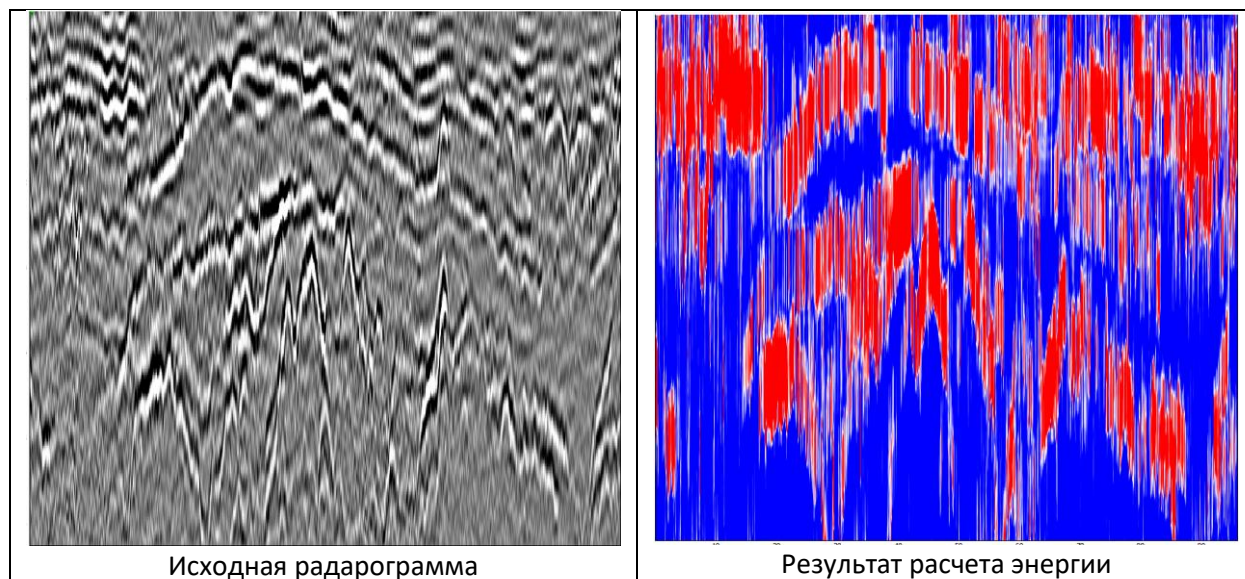


Рис.62 Изображения атрибута Энергия

3.1.4.8. Дифференцирование

Меню: Атрибутный анализ – Дифференцирование

[К оглавлению](#)

Расчет производной по каждой трассе. Операция эффективна при обработке данных георадаров серии ЛОЗА (рис.63).

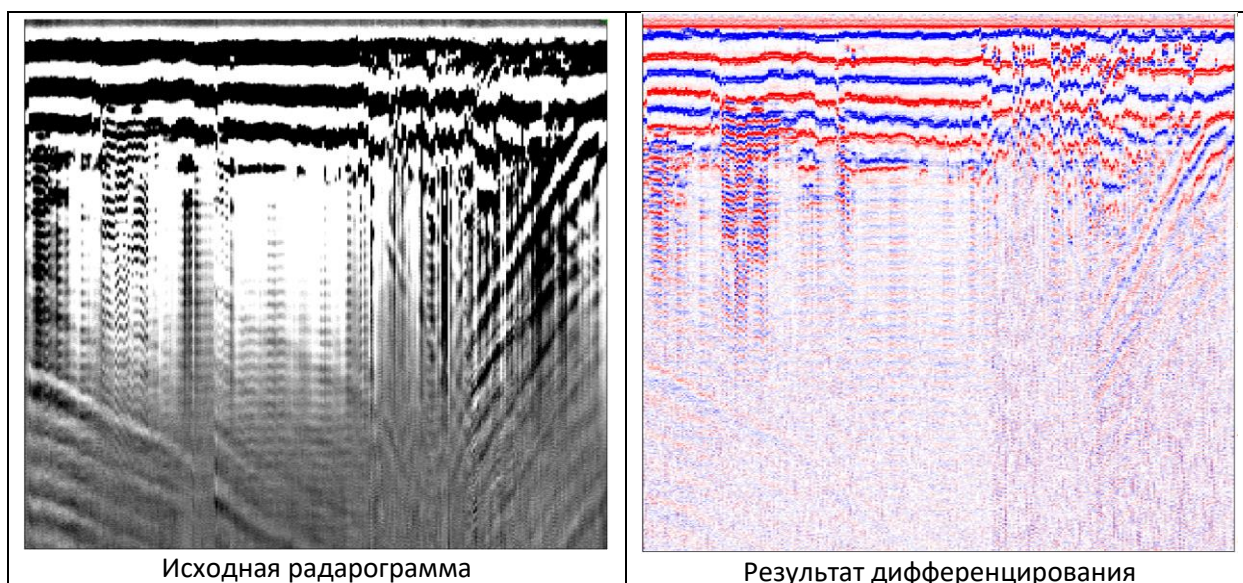


Рис.63 Изображения атрибута Дифференцирование

3.1.4.9. Переломы

Меню: Атрибутный анализ – Переломы..

Поиск переломов по каждой трассе. Операция эффективна при обработке данных георадаров серии ЛОЗА (рис.64).

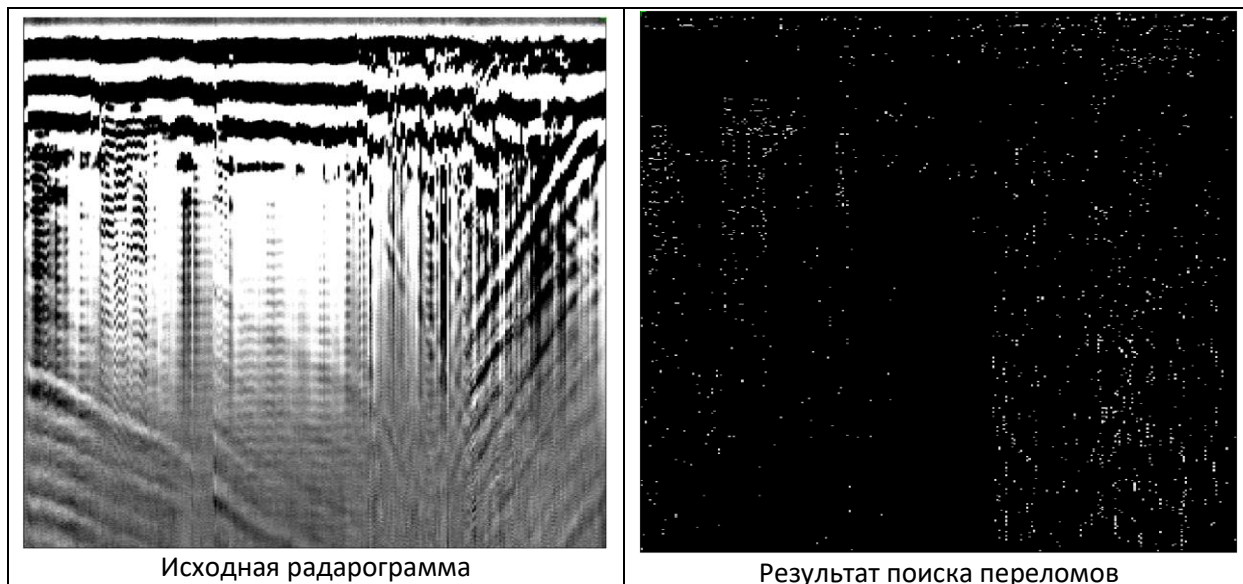


Рис.64 Изображения атрибута Переломы

3.1.4.10. Преобразование в спектральный вид

Меню: Атрибутный анализ – Преобразование в спектральный вид..

Выполняется оконное преобразование Фурье по каждой трассе. Затем для каждого значения времени определяется значение частоты максимальной по амплитуде гармоники. Совокупность таких амплитуд формирует преобразованную радарограмму. Задается количество отсчетов для оконного преобразования Фурье и фиксированная частота. Атрибут предназначен для выявления областей повышенной влажности, по сути, показывает средневзвешенную частоту отраженного

сигнала. Смещение максимума спектра сигнала в более низкочастотную область, например ниже 70 МГц для низкочастотной антенны 250 МГц, говорит о локальном повышении влажности в среде (рис.65).

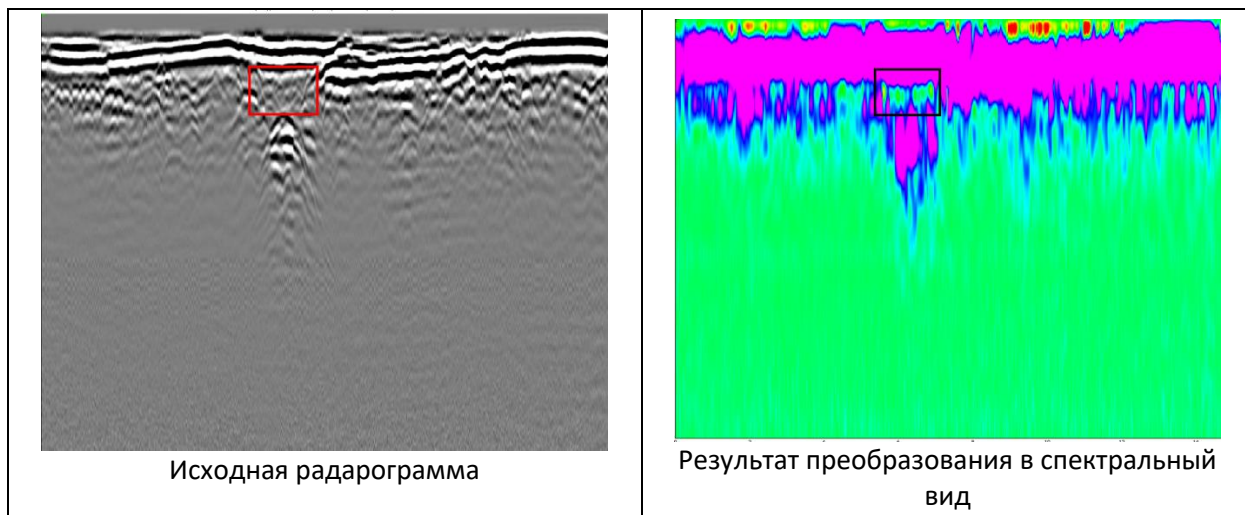


Рис.65 Изображения атрибута Преобразование в спектральный вид

3.1.4.11. Q-фактор

Меню: Атрибутный анализ – Q-фактор...

Расчет Q-фактора – отношения ширины спектра к частоте максимальной по амплитуде гармоники. На выходе выдается результат атрибутного анализа и график с отдельным значением Q-фактора для каждой трассы (рис.66).

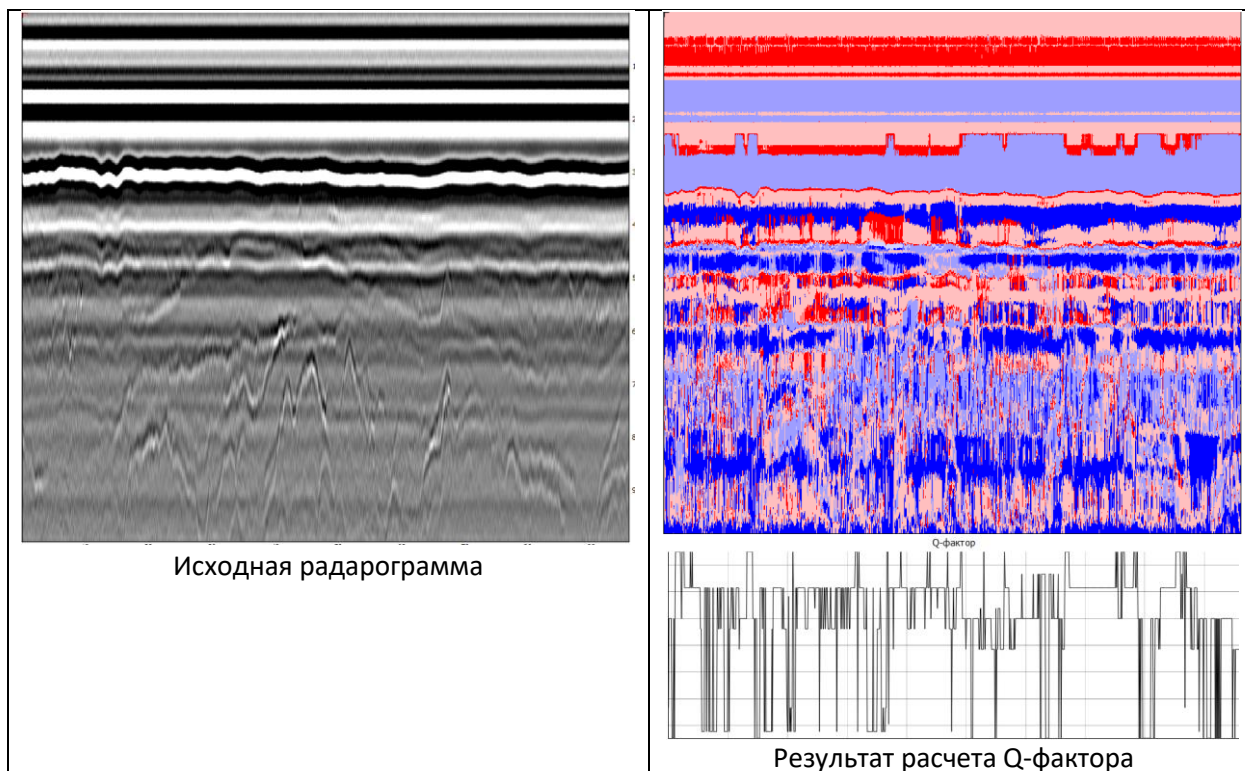


Рис.66 Изображения атрибута Q-фактор

3.1.4.12. Взаимная корреляция

Меню: Атрибутный анализ – Взаимная корреляция...

[К оглавлению](#)

Расчет взаимно-корреляционной функции между каждой парой соседней трасс. На выходе выдается результат атрибутного анализа и график с отдельным значением взаимно-корреляционной функции для каждой пары соседних трасс. Позволяет обнаружить локальные неоднородности в среде, например, на рисунке продемонстрирован пример определения воздушных полостей в стене (рис.67).

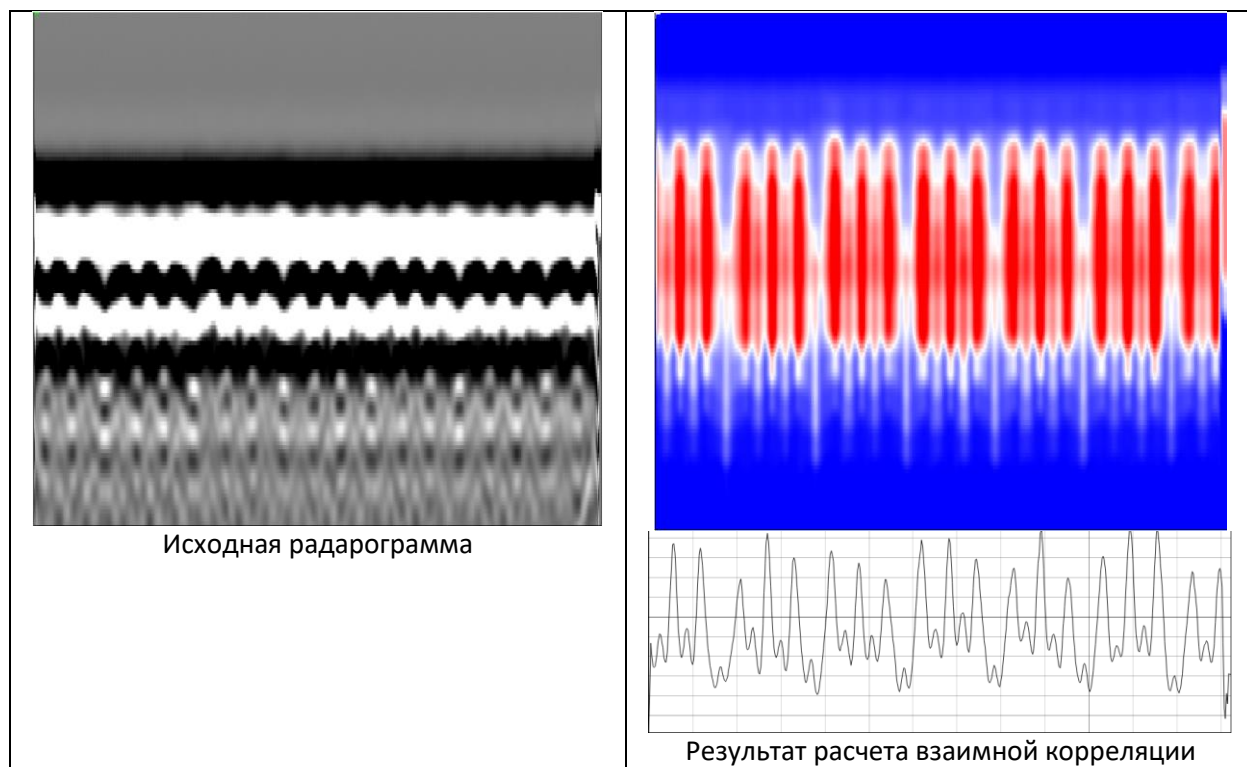


Рис.67 Изображения атрибута Взаимная корреляция

3.1.4.13. Похожесть

Меню: Атрибутный анализ – Похожесть...

Похожесть оценивает степень одинаковости соседних трасс. Чем она больше, тем более похожи соседние трассы друг на друга (рис.68).

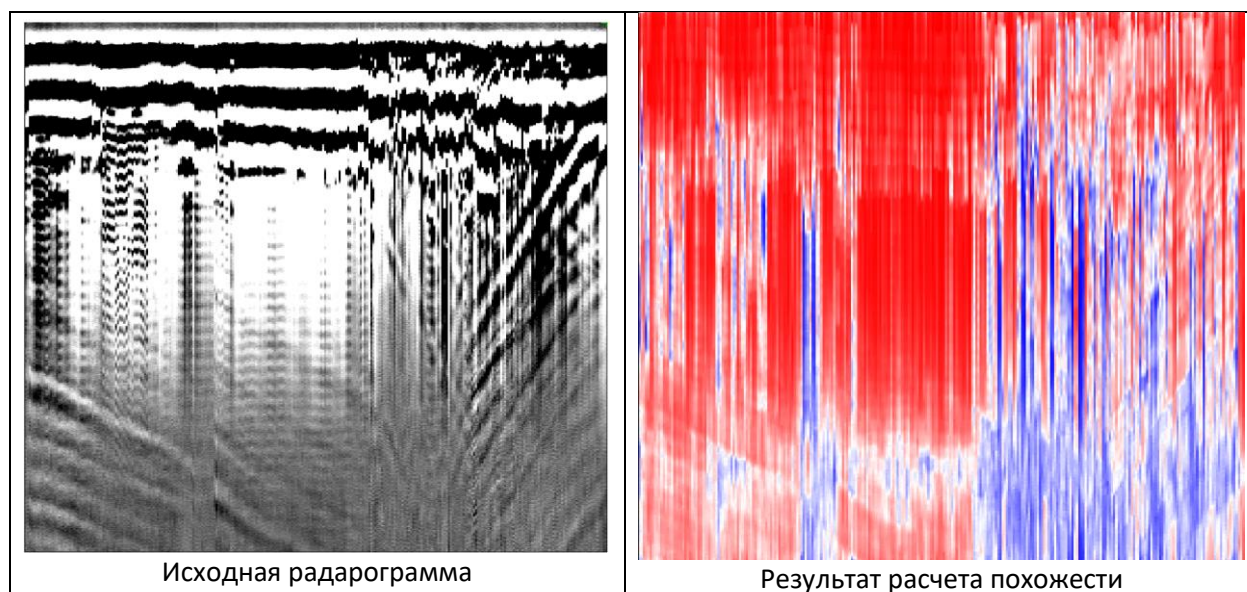


Рис.68 Изображения атрибута Похожесть

3.1.4.14. Текстурный анализ (GLCM)

Меню: Атрибутный анализ – Текстурный анализ (GLCM)...

Текстурный анализ вычленяет текстуры, которые можно использовать для идентификации интересующих областей изображения. Алгоритмы текстурного анализа основаны на генерации полутоновой матрицы смежности (GLCM). Матрица яркостной зависимости содержит уникальную для каждой текстуры информацию.

Для того, чтобы разные текстуры можно было сравнивать между собой, по матрице яркостной зависимости рассчитываются текстурные признаки. В программе есть возможность расчета по пяти текстурным признакам: контраст, энергия, расхождение, однородность, корреляция (рис.70).

Текстурный признак «энергия» отражает однородность распределения уровней серого на изображении и грубость текстуры. Чем более однородна структура, тем выше значение энергии.

Контраст представляет собой меры расхождения в интенсивности между соседними пикселями текстуры. Контраст отражает резкость текстуры и глубину борозд на ней. Более глубокие борозды на текстуре будут связаны с высокой контрастностью и большей резкостью; напротив, низкая контрастность связана с менее глубокими бороздами и размытостью текстуры.

Расхождение отражает неравномерность (хаотичность) и сложность текстуры изображения. Неоднородные текстуры будут иметь низкое значение признака энтропии, в то время как однородные текстуры – высокое. Низкие значения атрибута также могут использоваться для определения мест переувлажнения.

Высокое значение признака «Однородность» означает отсутствие локальных изменений текстур и говорит об однородном распределении уровней серого.

При запуске команды открывается окно с настройками расчета (рис.69).

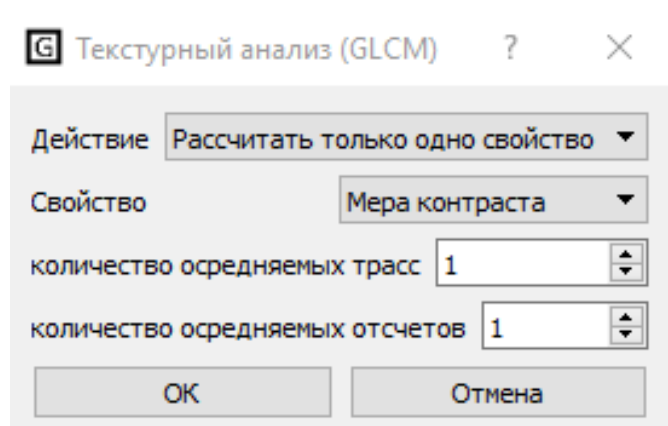


Рис.69. Окно настроек текстурного атрибутного анализа

Если в поле «Действие» выбран пункт «Рассчитать только одно свойство», то будет рассчитано свойство, указанное в следующем поле. При этом, (ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!) для расчета одного свойства потребуется столько же времени, сколько необходимо для расчета ВСЕХ свойств текстурного анализа. Если в поле «Действие» выбран пункт «Сохранить результаты в файл», то будет выполнен расчет по всем пяти свойствам, и результаты расчета запишутся в файл. Если в поле «Действие» выбран пункт «Загрузить результаты из файла», то можно загрузить результаты из ранее рассчитанного файла.

Также для ускорения расчета предварительно можно осреднить результат расчета. Осреднение настраивается параметрами «количество осредняемых трасс» и «количество осредняемых

отсчетов». Зачастую не высокие параметры усреднения не значительно снижают качество расчета маски атрибута, но значительно повышают скорость обработки.

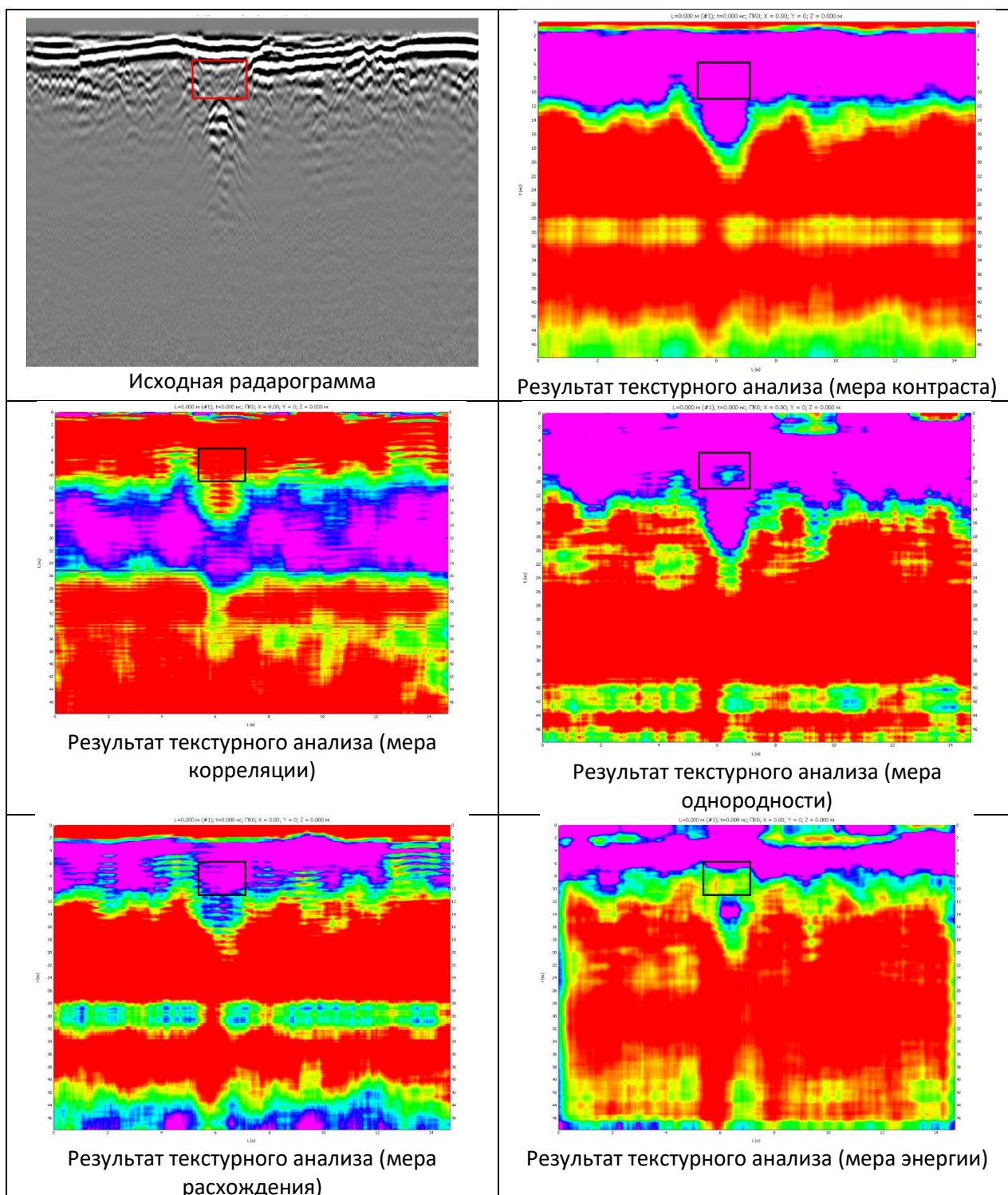


Рис.70. Результаты обработки радарограммы текстурным атрибутивным анализом

3.1.4.15. Энтропия

Меню: Атрибутный анализ – Энтропия

Энтропия характеризует изменчивость яркости изображения. Она равна 0 для области с постоянной яркостью и максимальна в случае возрастания флуктуации яркости изображения (рис.71).

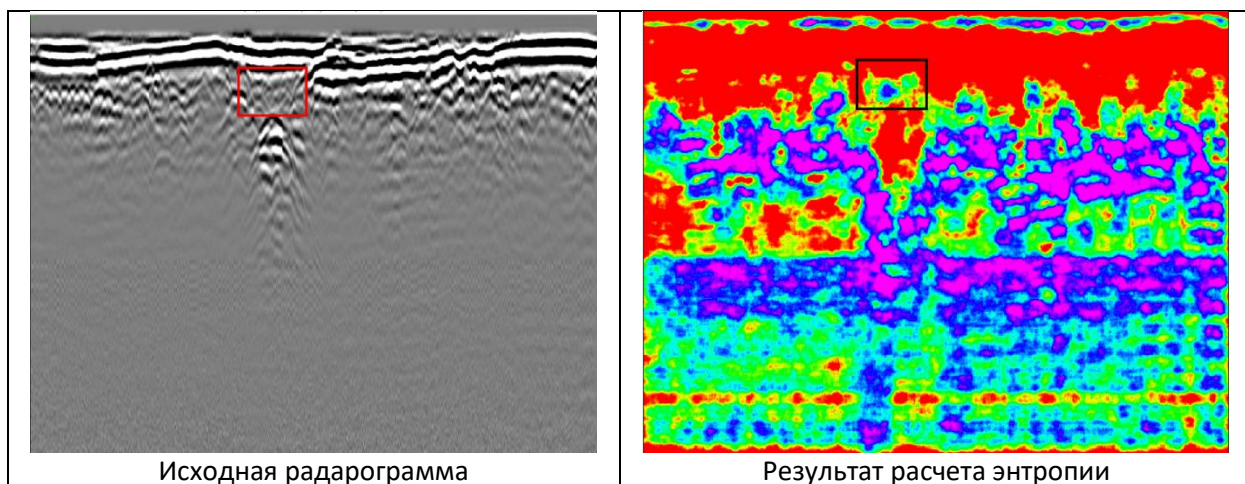


Рис.71 Изображения атрибута Энтропия

3.1.4.16. Оператор Кэнни

Меню: Атрибутный анализ – Оператор Кэнни

Отображение контуров и границ на изображении с использованием оператора Кэнни (рис.72).

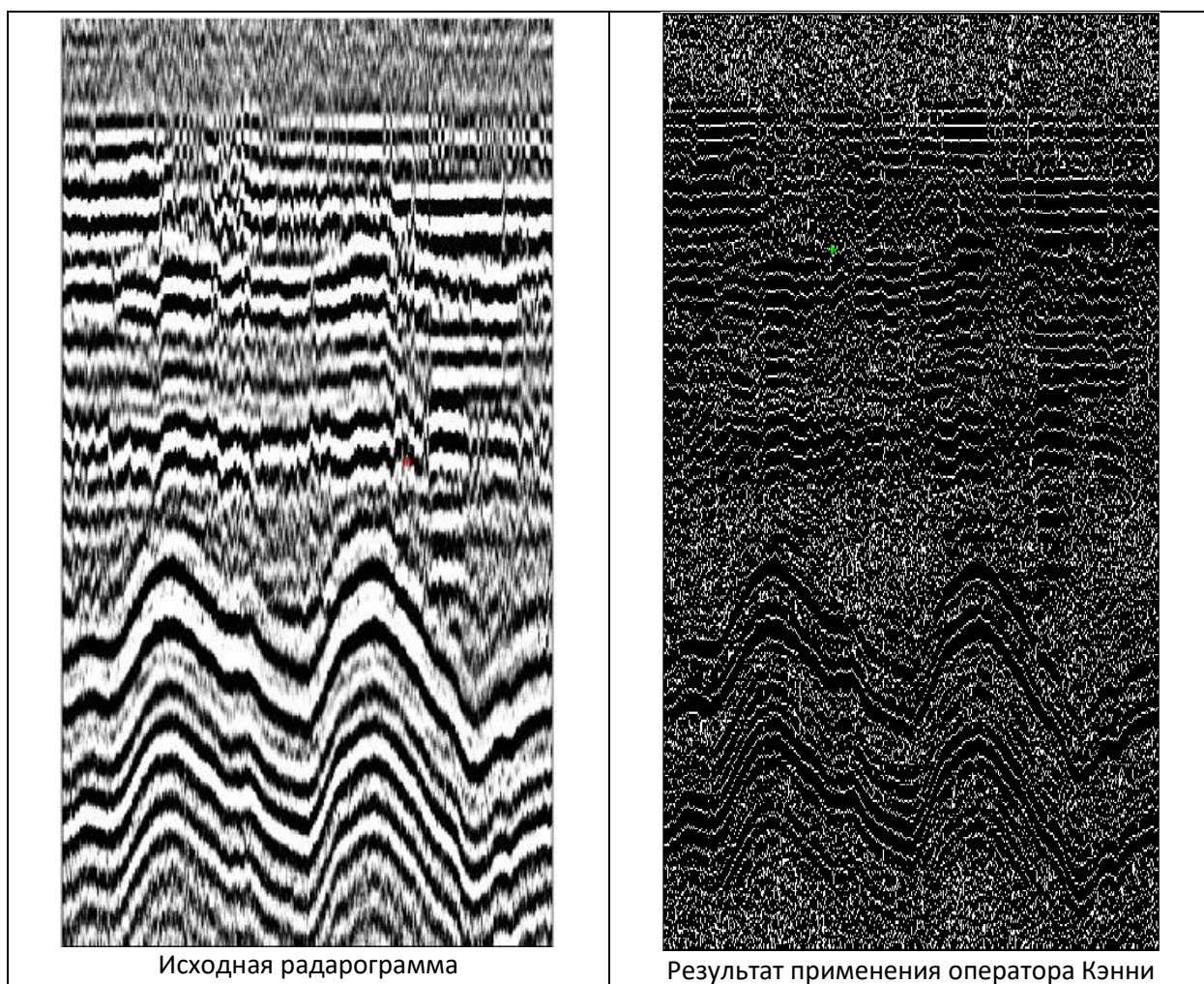


Рис.72 Изображения атрибута Оператор Кэнни

3.1.4.17. Оператор Собеля

Меню: Атрибутный анализ – Оператор Собеля

Отображение контуров и границ на изображении с использованием оператора Собеля (рис.73).

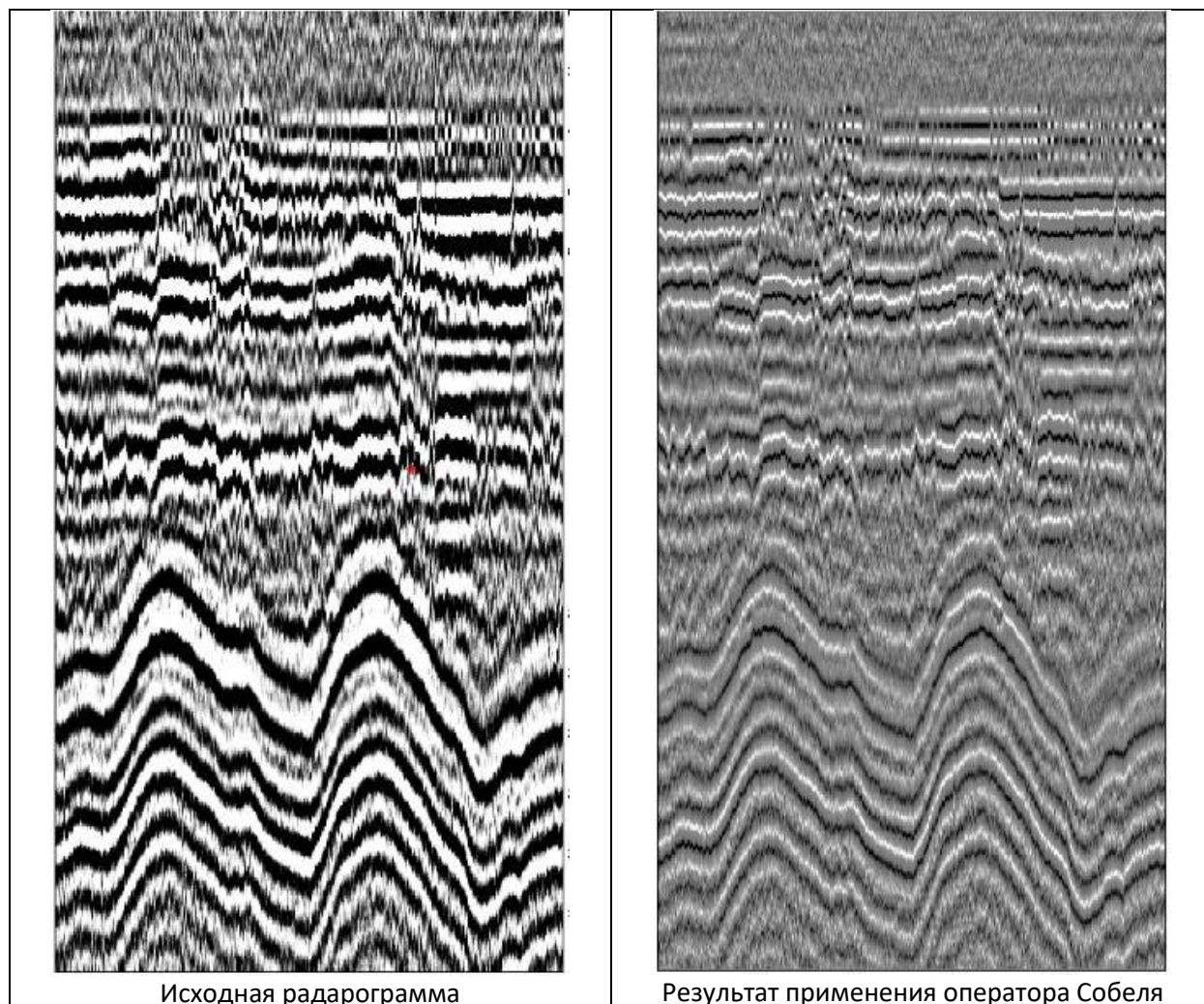


Рис.73 Изображения атрибута Оператор Собеля

3.1.4.18. Деконволюция

Меню: Атрибутный анализ – Предсказывающая деконволюция...

Меню: Атрибутный анализ – Разреженная деконволюция...

Деконволюция служит для уменьшения длительности зондирующего импульса и, следовательно, для повышения возможности выделения на радарограмме отраженных волн от близких границ или объектов. В программе реализовано два вида деконволюции: пространственная и разреженная (рис.74).

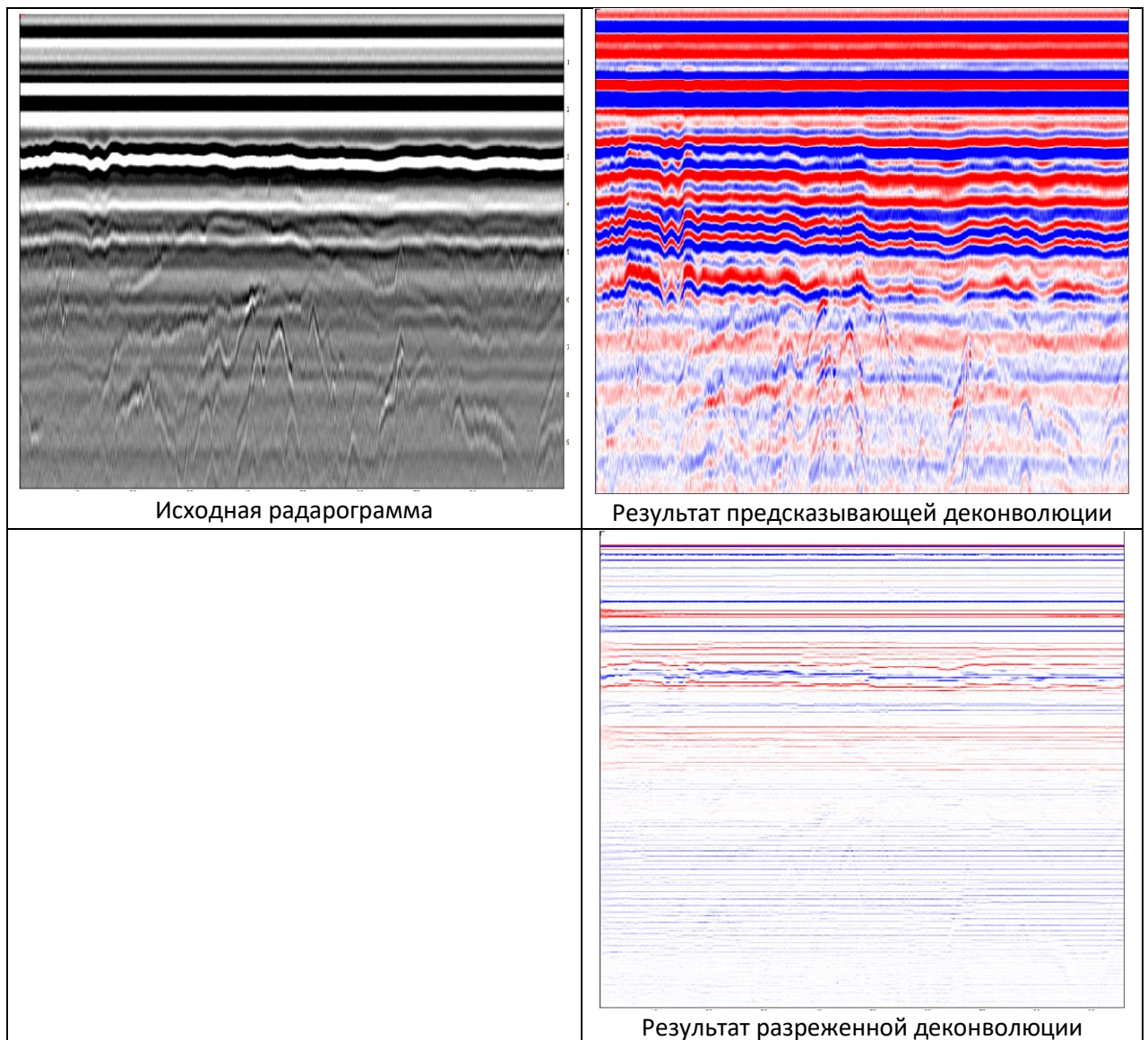


Рис.74 Изображения атрибута деконволюция

3.1.4.19. Разделение амплитуд по уровням

Меню: Атрибутный анализ – Разбить по уровням...

Отображает амплитуды сигналов в прерывистом виде. Количество ступеней определяется количеством уровней. Разделение амплитуд по уровням не отображается в окне трасс, но оно предусматривает разделение всего спектра амплитуд в трассе на заданное количество уровней. Таким образом цвет фрагмента радарограммы указывает к какому уровню амплитуд этот фрагмент относится (рис.75).

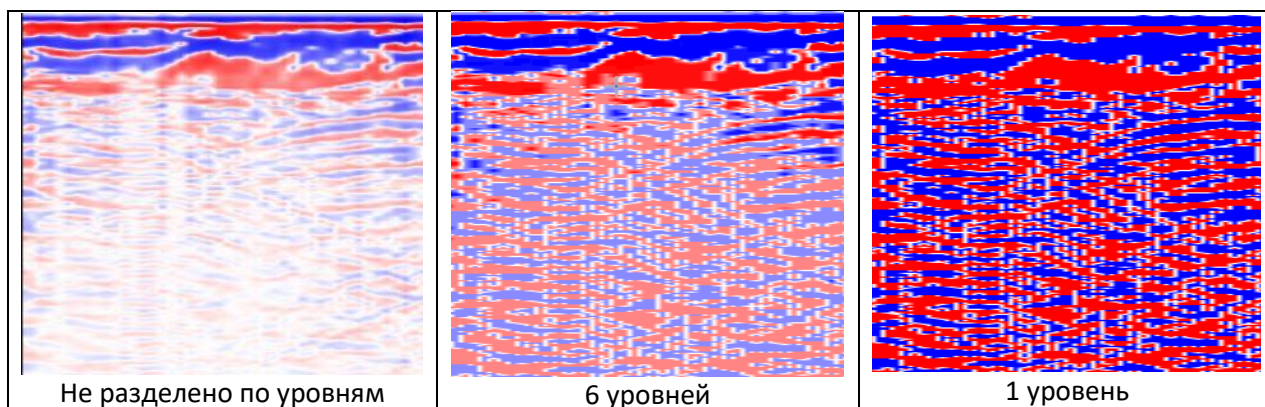


Рис.75 Изображения атрибута Разбить по уровням

3.1.4.20. Пакетный атрибутный анализ

Меню: Атрибутный анализ – Пакетный атрибутный анализ...

Выполняется расчет сразу по нескольким алгоритмам (выбираются оператором в отдельном окне) (рис.76)

Пакетный атрибутный анализ ? X

Ширина окна (количество отсчетов) 51

Преобразование Гильберта (оггибающая сигнала) ☐

Преобразование Гильберта (мгновенная фаза) ☐

Преобразование Гильберта (мгновенная частота) ☐

Преобразование cosine phase ☐

Поиск экстремумов ☐

Поиск максимумов в пределах скользящего окна ☐

Размах экстремумов ☐

Поле затухания ☒

Энергия ☒

Дифференцирование ☐

Преобразование в спектральный вид ☐

Взаимная корреляция ☐

Похожесть ☒

Текстурный анализ ☐

Количество осредняемых трасс 1

Количество осредняемых отсчетов 1

Энтропия ☐

Оператор Кэнни ☐

Оператор Собеля ☐

Предсказывающая деконволюция ☐

Разреженная деконволюция ☐

Разбиение по уровням ☐

Количество уровней 1

Ширина изображения, пикс 1578

Высота изображения, пикс 899

OK Отмена

Рис.76 Окно настроек пакетного атрибутного анализа

Здесь, кроме выбора алгоритмов для расчета, есть возможность задать ширины скользящего окна по горизонтальной шкале, принимаемой к расчету (задается количество отсчетов), величины осреднения радарограммы по вертикальной и горизонтальной шкале, параметры изображения для расчета.

3.1.4.21. Запись атрибутов в основную радарограмму

Меню: Атрибутный анализ – Записать атрибуты в основную радарограмму...

Выполняется сохранение атрибутивной информации в радарограмму (до выполнения этого действия есть возможность применить функцию «Очистить атрибуты»). После выполнения записи атрибутов вернуть исходное изображение радарограммы возможно загрузкой ранее сохраненной подложки (при условии, что не менялись физические параметры радарограммы: количество трасс и отсчетов по глубине).

3.1.4.22. Очистка атрибутов

Меню: Атрибутный анализ – Очистить атрибуты...

Позволяет убрать рассчитанные атрибуты с изображения радарограммы.

3.1.4.23. Работа с подложками

Меню: Атрибутный анализ – Сохранить подложку...

Меню: Атрибутный анализ – Загрузить подложку...

Сохранение и последующая загрузка атрибутов возможна из окна Подложки (меню Вид – Подложки, или F9), Подложки атрибутного анализа, где они сохраняются (рис.77).

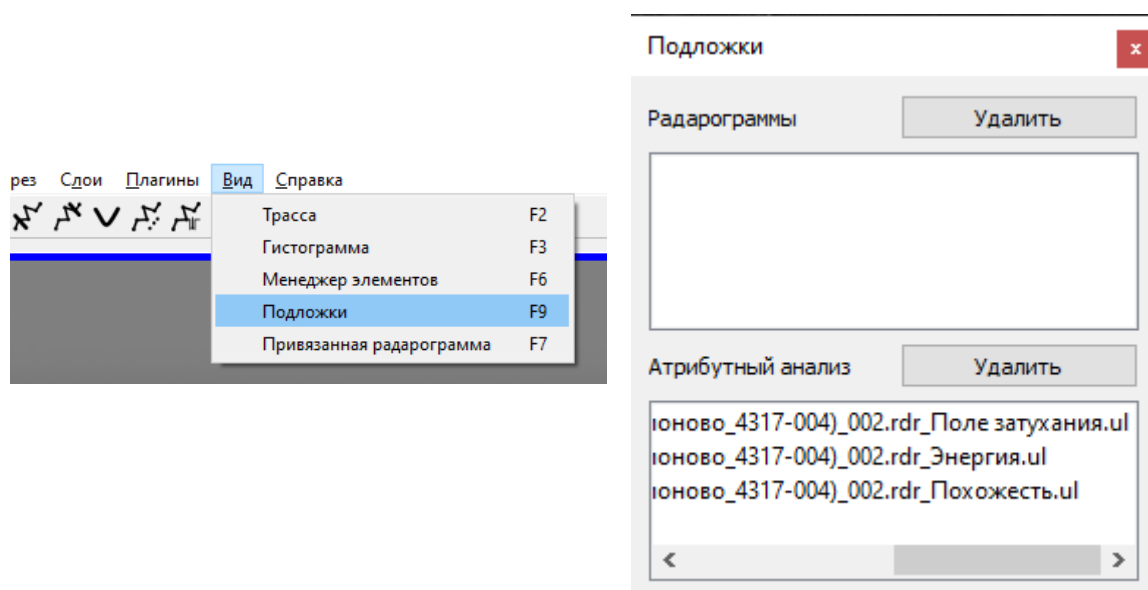


Рис.77. Меню и окно подложек

3.1.4.24. Гистограмма для атрибутного анализа

Меню: Атрибутный анализ – Гистограмма для атрибутного анализа...

Настройка изображений, полученных алгоритмами Атрибутного анализа возможна специальной гистограммой для атрибутного анализа (рис.78). Принцип действия тот же, что и при работе с гистограммой радарограммы (Меню Вид – Гистограмма, или F3) – изменение верхних и нижних полей (путем растягивания левой кнопкой мыши) приводит к изменению контрастности и яркости изображения путем изменения спектра между белыми и черными цветами. При этом гистограмма атрибутного анализа содержит в своем спектре цветовую палитру из 16 цветов

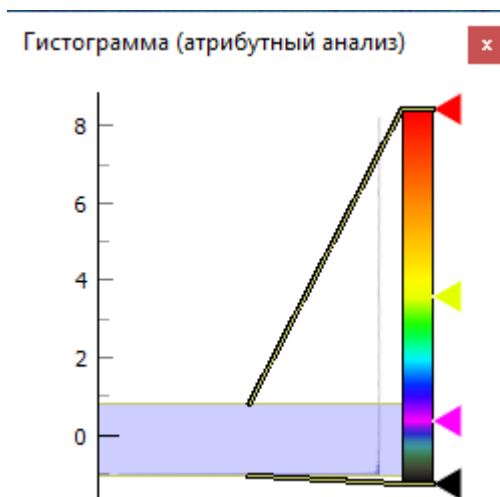


Рис.78 Гистограмма атрибутного анализа

Соответственно, изменение параметров гистограммы атрибутного анализа осуществляется настройкой четырех основных цветов – черного, розового, желтого, красного.

3.1.5. Работа с трассой

Меню: Трасса

Трасса по любому вертикальному сечению отображается в отдельном окне (3) (рис.79):

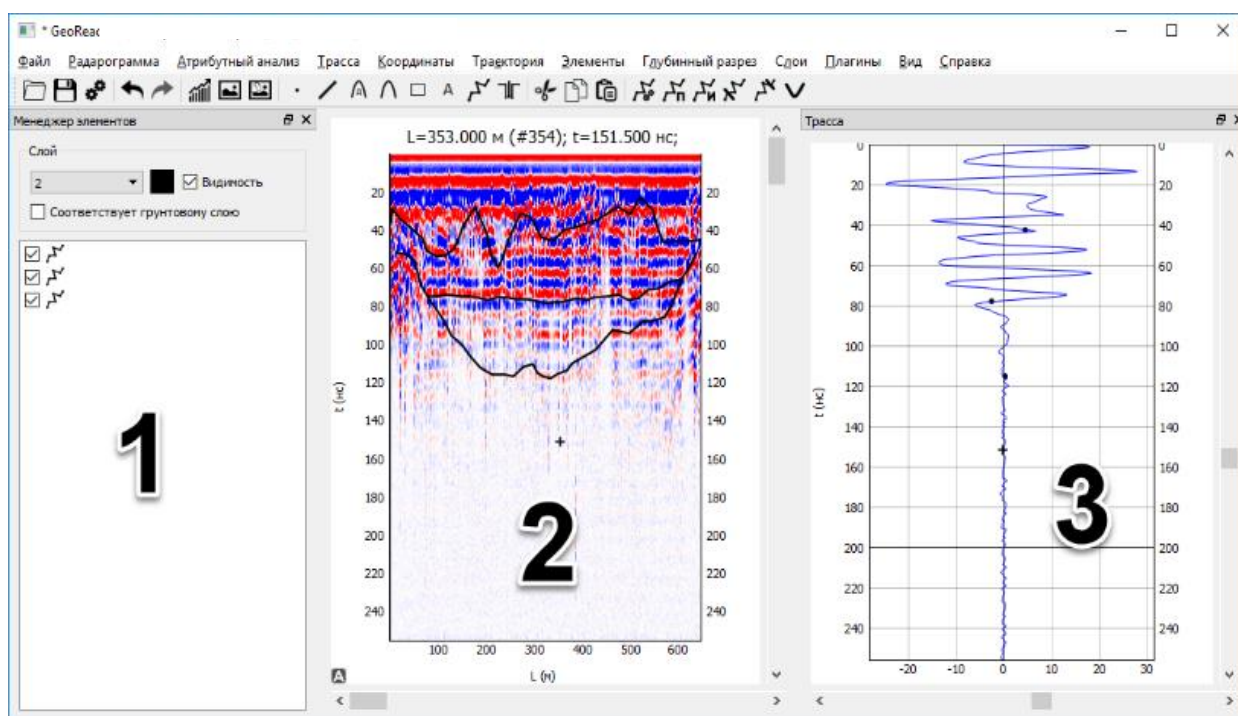


Рис.79 Поле трассы в окне GeoReader

Если окна трассы нет, его можно вывести, выбрав пункт меню Вид – Трасса.

Точками разных цветов на трассе показывается положение элементов на текущей трассе. Трассу можно масштабировать правой кнопкой мыши и колесиком. Перемещаться по трассе можно с помощью левой кнопки мыши.

3.1.5.1. Переход на нужную трассу

Меню: Трасса – Переход к точке по координатам (L,T) (Ctrl++)

Меню: Трасса – Переход к трассе по номеру

Меню: Трасса – Переход к трассе по координатам (x, y, z)

Меню: Трасса – Переход к трассе по пикету

Можно перейти на нужную точку

- по локальным координатам вертикального профиля: расстоянию и времени;
- по номеру;
- по пикету;
- по координатам (x, y, z). Координату z задавать не обязательно.

3.1.5.2. Зафиксировать трассу

Меню: Трасса – Зафиксировать трассу

Открывает отдельное окно с текущей трассой. Трасса в этом окне не меняется при перемещении курсора.

3.1.5.3. Информация о трассе

Меню: Трасса – Информация о трассе...

Открывает окно с информацией о текущей трассе: номере, горизонтальном расстоянии, времени снятия трассы (при наличии), координатах трассы (X, Y, Z).

3.1.6. Работа с координатами трасс

Меню: Координаты

Каждая георадарная трасса задается тремя координатами: X, Y, Z. По умолчанию для всех трасс координаты Y и Z равные нулю, координата X соответствует расстоянию от начала профиля.

Как правило, координаты задаются каждой георадарной трассе в момент сбора данных. В том случае, если к георадару не подключен GPS-приемник в момент сбора данных, то координаты возможно задать импортом траектории, полученной из внешних устройств (см.раздел [3.1.7 Работа с траекторией](#))

3.1.6.1. Задание координат начальной и конечной трасс

Меню: Координаты – Задать координаты начальной и конечной трасс...

Позволяет задать координаты X и Y для начальной и конечной трассы (рис.80). Координаты промежуточных трасс рассчитываются пропорционально (с одинаковым шагом).

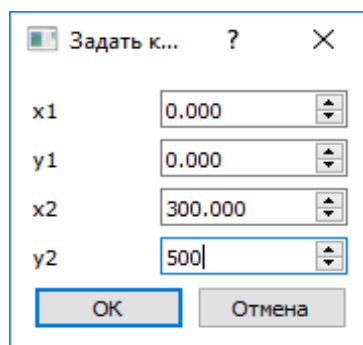


Рис.80 Меню задачи координат начальной и конечной трасс радарограммы

В случае если суммарная длина профиля не соответствует длине, рассчитанной по координатам, будет выведено специальное окно. В нем можно согласиться на изменение координат конечной трассы (рис.81):

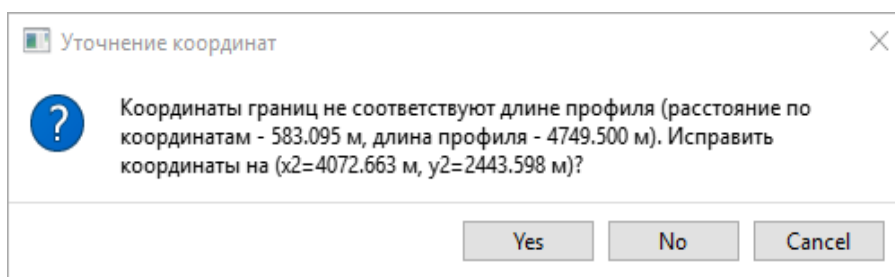


Рис.81 Всплывающее окно-уточнение

3.1.6.2. Сдвигка координат

Меню: Координаты – Сместить координаты...

Сдвигает координаты X, Y и Z, соответственно, на dx, dy и dz метров (рис.82).

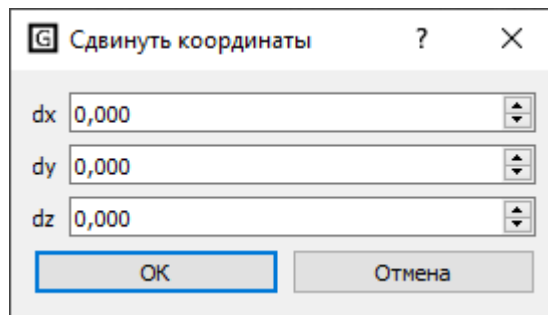


Рис.82 Меню настройки сдвижки координат

3.1.6.3. Задание отметки поверхности земли

Меню: Координаты – Задать единую отметку...

Задаёт одинаковую координату Z для всех трасс (рис.83). Если включить флажок «Сместить Z на поверхность», то заданная отметка будет присвоена поверхности сканирования (актуально в случае использования бесконтактных антенн). При этом, граница поверхности должна быть предварительно нарисована полилинией и активирована нажатием на неё левой кнопкой мыши.

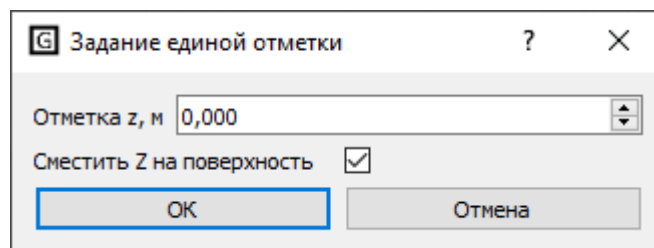


Рис.83 Меню задачи единой отметки Z

3.1.6.4. Очистка координат

Меню: Координаты – Очистить координаты...

Очищает информацию о координатах. Координата X становится равным горизонтальному расстоянию, Y и Z – нулю.

3.1.6.5. Экспорт координат в CSV...

Меню: Координаты – Экспорт координат в CSV...

Экспортирует информацию о координатах трасс и времени записи трасс в CSV файл.

3.1.6.7. Задание начального километра

Меню: Координаты – Задать начальный километр

Позволяет показать на горизонтальной оси радарограммы значение километража (для автомобильных дорог) (рис.84).

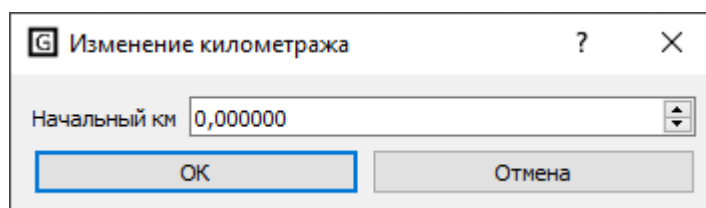


Рис.84. Меню настройки километража радарограммы

3.1.6.8. Отображение на горизонтальной оси радарограммы различных значений

Меню: Координаты – Отобразить на радарограмме (Ось X)

Позволяет показать на горизонтальной оси радарограммы различные значения: расстояния, координаты, километража, номера трасс.

3.1.6.7.1. Отображение расстояния

Меню: Координаты – Отобразить на радарограмме (Ось X) – Отобразить расстояние

Показывает на горизонтальной оси расстояние от начала радарограммы L в метрах (значение по умолчанию).

3.1.6.7.2. Отображение координаты

Меню: Координаты – Отобразить на радарограмме (Ось X) – Отобразить координату...

Показывает на горизонтальной оси одну из координат: X, Y или Z. В диалоговом окне нужно задать начальную координату, конечную координату и шаг между делениями на оси.

3.1.6.7.4. Отображение километража

Меню: Координаты – Отобразить на радарограмме (Ось X) – Отобразить километраж...

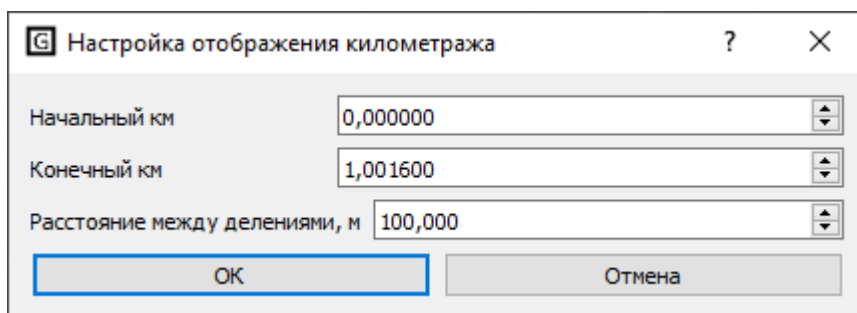


Рис.85 Меню настройки отображения километража

Показывает на горизонтальной оси километраж (для автомобильных дорог). В диалоговом окне нужно задать начальный километр, конечный километр и шаг между делениями в метрах (рис.85).

3.1.6.7.5. Отображение номера трассы

Меню: Координаты – Отобразить на радарограмме (Ось X) – Отобразить номер трассы...

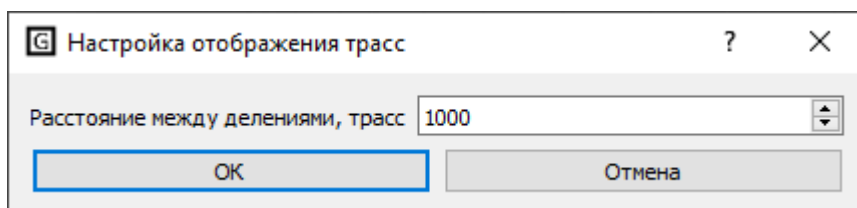


Рис.86 Настройка отображения номеров трасс на радарограмме

Показывает на горизонтальной оси номер трассы. В диалоговом окне нужно задать количество трасс между делениями (рис.86).

3.1.6.8. Информация

Меню: Координаты – Информация

Показывает информацию о времени записи трасс, координатах (X, Y, Z), пикетаже.

3.1.6.8. Показать координаты

Меню: Координаты – Показать координаты

Вызов функции Показать координаты позволяет представить траекторию на плане (рис.87).

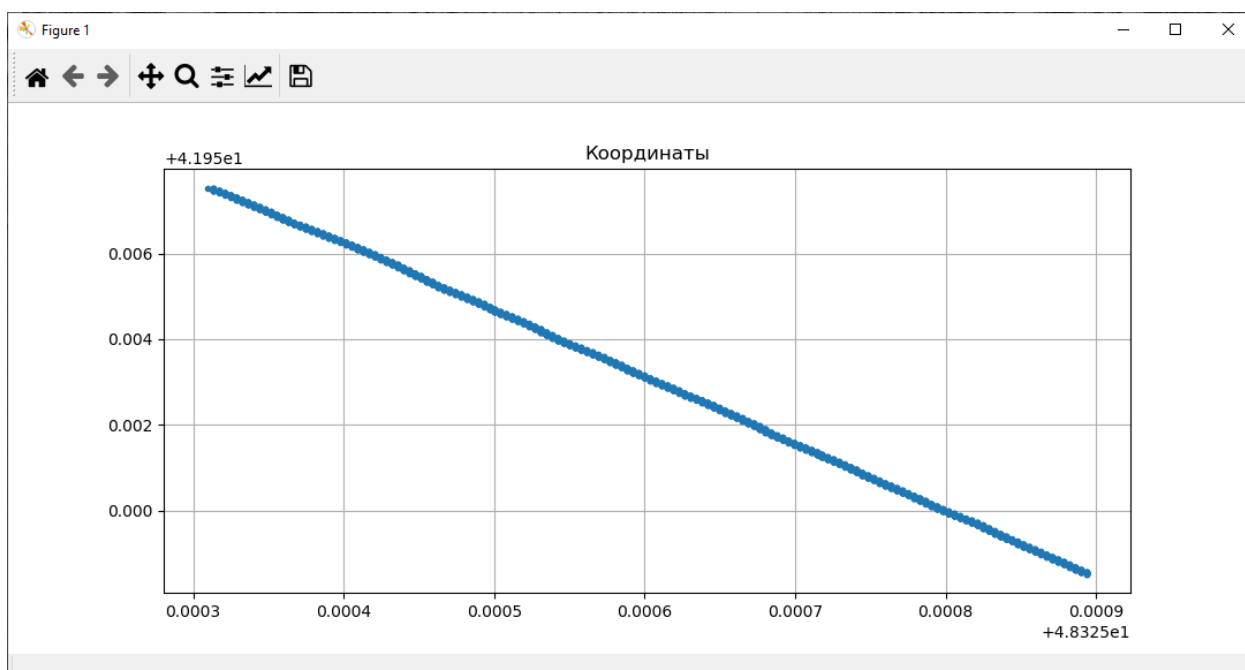


Рис.87. Изображение траектории в плане

3.1.7. Работа с траекторией

Меню: Траектория

Работа с подгружаемой отдельно ГЛОНАСС/GPS-траекторией.

3.1.7.1. Импорт траектории в формате Картскан

Меню: Траектория – Импорт траектории в формате Картскан...

Импортирует ГЛОНАСС/GPS траекторию, записанную в формате .GPS (ПО картскан)

3.1.7.2. Импорт траектории в формате log (GeoScan)

Меню: Траектория – Импорт траектории в формате log (GeoScan)...

Импортирует ГЛОНАСС/GPS траекторию, записанную в формате .log (ПО GeoScan)

3.1.7.3. Импорт траектории в произвольном формате

Меню: Траектория – Импорт траектории в произвольном формате...

Импортирует ГЛОНАСС/GPS траекторию, записанную в текстовом файле (с разделителями) в произвольном формате. Здесь указываются:

- а) разделитель между значениями;
- б) разделитель между целой и дробной частью в числах (точка или запятая);
- в) используемая в данных привязка – по номеру трассы (актуально для данных георадара ЛОЗА, где координаты каждой трассы записываются вручную), по времени (актуально для георадаров с рупорными антеннами, когда запись координат выполняется в привязке ко времени записи георадарных трасс), также привязка по расстоянию;
- г) кодировка данных– utf8, или utf8-bom;
- д) вид координат (географические или плоские);
- е) если время и дата записаны в один столбец, то необходимо установить галочку напротив поля «Дата и время в одном столбце»;
- ж) также указывается наличие заголовка в файле с данными GPS – необходимо ответить галочкой напротив соответствующего поля.

В графах «Формат даты и времени», «Формат даты», «Формат времени» задаются шаблоны даты и/или времени. В нем можно использовать следующие ключевые обозначения:

%a	Сокращенное название дня недели
%A	Полное название дня недели
%b	Сокращенное название месяца
%B	Полное название месяца
%c	Дата и время
%d	День месяца [01,31]
%H	Час (24-часовой формат) [00,23]
%I	Час (12-часовой формат) [01,12]
%j	День года [001,366]
%m	Номер месяца [01,12]
%M	Число минут [00,59]

%p	До полудня или после (при 12-часовом формате)
%S	Число секунд [00,61]
%f	Десятичные доли секунд
%U	Номер недели в году (нулевая неделя начинается с воскресенья) [00,53]
%w	Номер дня недели [0(воскресенье),6]
%W	Номер недели в году (нулевая неделя начинается с понедельника) [00,53]
%x	Дата
%X	Время
%y	Год без века [00,99]
%Y	Год с веком
%Z	Временная зона
%%	Знак '%'

Например, шаблону «%H:%M:%S» соответствует строка «2:4:53», а шаблону «%m/%d/%Y %H:%M:%S.%f» соответствует строка «4/12/2018 15:41:42.256».

Для каждого столбца следует выбрать, каким именно данным он соответствует (рис.88).

Импорт траектории

Разделитель: [dropdown]

Разделитель между целой и дробной частью: [dropdown]

Привязка: [dropdown]

Кодировка: [dropdown]

Вид координат: [dropdown]

Дата и время в одном столбце: ☐

Формат даты: [%d. %m. %Y]

Формат времени: [%H: %M: %S. %f]

Формат даты и времени: [%Y/ %m/ %d/ %H/ %M/ %S. %f]

В первой строке заголовки: ☐

1	2	3	4	5
Нет данных [dropdown]	Нет данных [dropdown]	Нет данных [dropdown]	Нет данных [dropdown]	Нет данных [dropdown]
30.05.2017	7:49:44.064	404015.4884	6161789.341	218.734587
30.05.2017	7:49:44.069	404015.4847	6161789.331	218.735049
30.05.2017	7:49:44.079	404015.4786	6161789.314	218.734899
30.05.2017	7:49:44.089	404015.4726	6161789.297	218.734751

OK Отмена

Рис.88 Меню настройки импорта траектории в произвольном формате

3.1.7.4. Смещение ГЛОНАСС/GPS траектории

Меню: Траектория – Сместить траекторию...

Смещает ГЛОНАСС/GPS траекторию в продольном и поперечном направлении с целью привести положение ГЛОНАСС/GPS-приемника к положению антенны георадара (рис.89). Смещение работает только если траектория представлена в плоских координатах в метрах. Чтобы

[К оглавлению](#)

преобразовать географические координаты в плоские используйте функцию **Траектория** – **Поменять вид траектории**. . . в приложении GeoReaderProject. Если географические координаты не преобразованы в плоские при попытке смещения появится сообщение об ошибке.

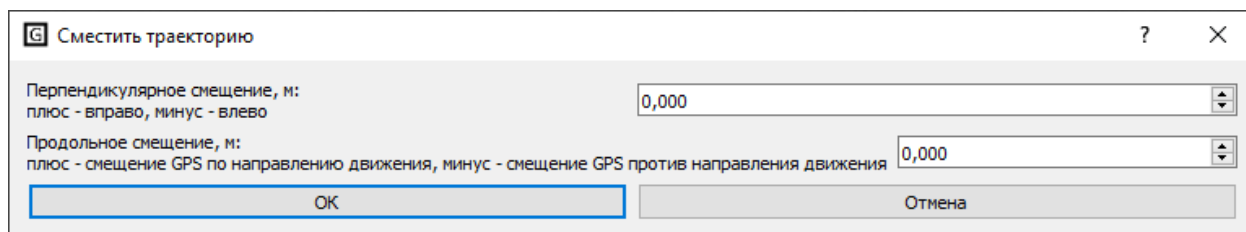


Рис.89 Настройка смещения траектории

3.1.7.5. Удаление ГЛОНАСС/GPS траектории

Меню: Траектория – Удалить траекторию

Удаляет ГЛОНАСС/GPS траекторию, если она была ранее загружена

3.1.7.6. Информация о ГЛОНАСС/GPS траектории

Меню: Траектория – Информация о траектории...

Показывает окно с информацией о координатах ГЛОНАСС/GPS траектории (рис.90)

	X	Y	Z	date_time
0	48.326595	41.938797	0.0	2018-11-23 16:07:49.727
1	48.326588	41.938801	0.0	2018-11-23 16:07:50.002
2	48.326580	41.938808	0.0	2018-11-23 16:07:51.062
3	48.326565	41.938824	0.0	2018-11-23 16:07:51.971
4	48.326550	41.938839	0.0	2018-11-23 16:07:52.955
5	48.326538	41.938862	0.0	2018-11-23 16:07:54.057
6	48.326527	41.938885	0.0	2018-11-23 16:07:55.002

Рис.90 Окно информации о траектории

3.1.7.7. Визуализация траектории

Меню: Траектория – Показать траекторию...

Показывает окно с траекторией, привязанной к текущей радарограмме (рис.91).

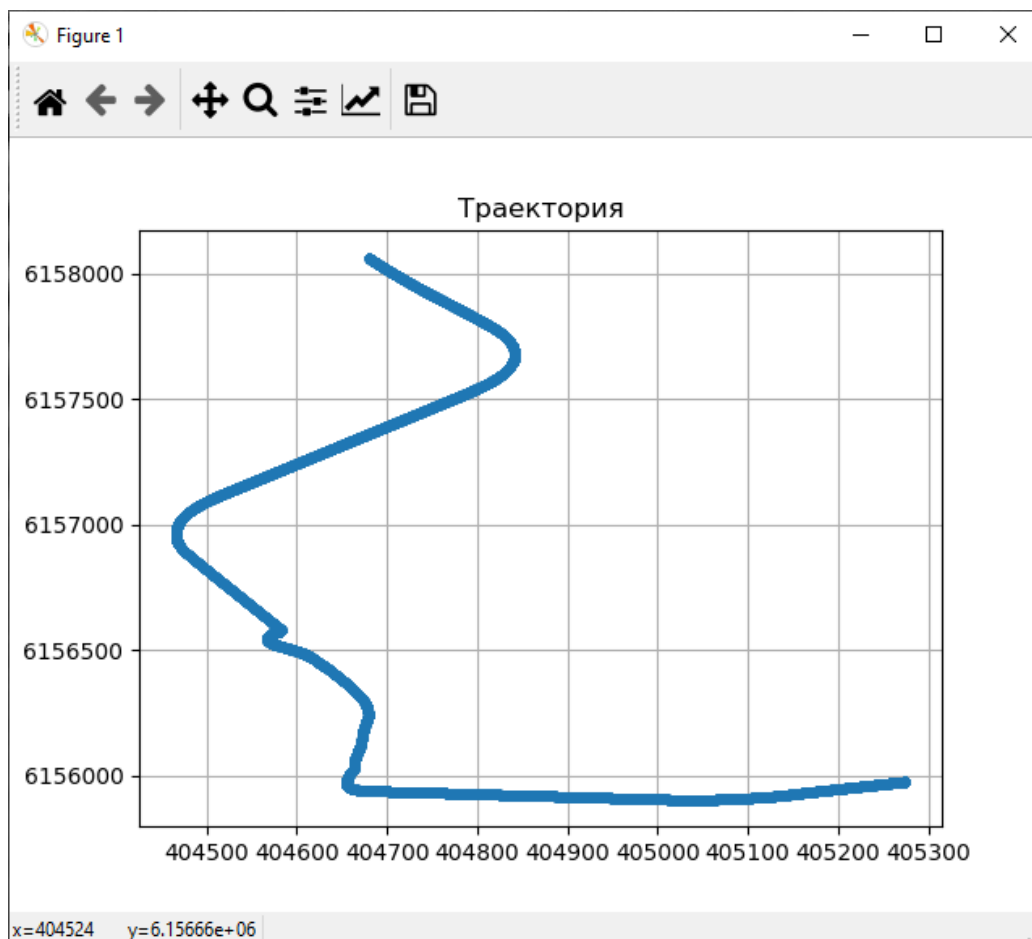


Рис.91 Окно визуализации траектории

3.1.7.8. Экспорт ГЛОНАСС/GPS траектории в KML

Меню: Траектория – Экспорт траектории в KML...

Экспортирует ГЛОНАСС/GPS траекторию в формат .kml. Работает только с географическими координатами (широта, долгота). Данные в формате KML затем можно использовать для экспорта данных в картографические сервисы Google (карты Google, Google Earth).

3.1.8. Работа с элементами

Меню: Элементы

Элементы нужны для того, чтобы непосредственно в программе выделять нужные объекты на радарограмме, визуализировать интерпретацию данных. Элементы подразделяются на точки, отрезки, метки (вертикальные линии), дифракционные гиперболы, ломаные, прямоугольники, текстовые записи, скважины.

3.1.8.1. Работа с «операционными» слоями

Элементы можно разделять по различным «операционным» слоям (концепция, сходная со слоями в AutoCAD или Adobe Photoshop). В любом проекте всегда имеется по крайней мере один слой DEFAULT.

«Операционный» слой (далее – слой) необходим для разделения элементов по группам.

Для работы со слоями и элементами используется Менеджер элементов, который по умолчанию расположен в левой части программы. Если его нет, его можно подключить, выбрав пункт меню Вид – Менеджер элементов (рис.92).

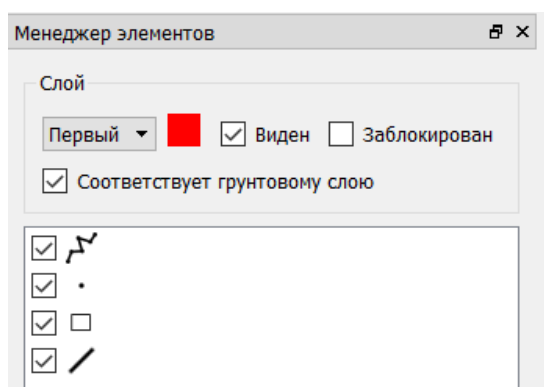


Рис.92 Меню «Менеджер элементов»

В менеджере элементов можно выбрать текущий слой, настроить цвет элементов в слое по умолчанию, видимость и блокировку элементов в слое. Если элементы заблокированы, они отображаются серым цветом и их невозможно выделить с помощью мыши. Также можно указать, соответствует ли слой грунтовому слою (см. [Работа со слоями](#)).

3.1.8.2. Операции с элементами

Для создания нового элемента используйте меню Элементы или кнопки панели инструментов. При создании элемент появляется в списке элементов текущего слоя и отображается на радарограмме.

Свойства элементов можно менять либо в окне свойств, либо интерактивно с использованием кнопок мыши.

Нажатие на левую кнопку мыши приводит к выделению элемента или снятию выделения. В одно время выделенным может быть только один элемент. Выделенный элемент отображается пунктиром.

Нажатие на правую кнопку мыши или колесико приводит к изменению параметров элементов (подробнее см. описание каждого элемента).

Для того, чтобы удалить элемент, выделите его и нажмите на клавишу Del (или выберите пункт меню Элементы – Удалить элемент).

Есть возможность работы с буфером обмена. Элементы можно копировать (пункт меню Элементы – Копировать элемент , либо сочетания клавиш Ctrl + C или Ctrl + Ins), вырезать (пункт меню Элементы – Вырезать элемент , либо сочетания клавиш Ctrl + X или Shift + Del) и вставлять (пункт меню Элементы – Вставить элемент , либо сочетания клавиш Ctrl + V или Shift + Ins).

Для очистки всех элементов текущего слоя выберите пункт меню Элементы – Очистить элементы.

3.1.8.3. Точка

Для того, чтобы добавить точку, выберите пункт меню Элементы – Добавить точку · (Ctrl+1), либо нажмите на клавишу пробел. Новая точка появится в текущей позиции курсора. Если включена настройка «[При добавлении точка будет приклеиваться к ближайшему экстремуму](#)», то точка приклеится к ближайшему экстремальному значению (максимуму, минимуму или нулевой фазе).

При нажатии на точку левой кнопкой мыши она выделится и появится окно свойств точки. В этом окне можно изменить координаты точки (расстояние L, м и время T, нс), слой и цвет точки (рис.93).

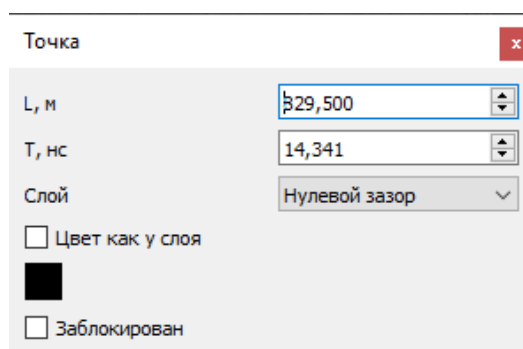


Рис.93 Меню работы с объектом «Точка»

Координаты точки можно изменить, нажав на правую кнопку или колесико мыши.

Точку можно заблокировать от изменений установкой галочки у соответствующего поля.

3.1.8.4. Отрезок

Для того, чтобы добавить отрезок, выберите пункт меню Элементы – Добавить отрезок  (Ctrl+2). Новый отрезок появится вблизи текущей позиции курсора.

При нажатии на отрезок левой кнопкой мыши он выделится и появится окно свойств отрезка. В этом окне можно изменить координаты концов отрезка (расстояние, м и время, нс), слой и цвет отрезка. Параметр *Скорость* имеет смысл, если данным отрезком аппроксимируется прямолинейный годограф прямой или преломленной волны (рис.94).

[К оглавлению](#)

Рис.94 Меню работы с объектом «Отрезок»

Координаты первого конца отрезка можно изменить, нажав на колесико мыши.

Координаты второго конца отрезка можно изменить, нажав на правую кнопку мыши.

Цвет выбранного отрезка задается либо как у слоя, либо выбирается индивидуальный. Для этого необходимо снять галочку напротив поля Цвет как у слоя.

Выбранный отрезок можно заблокировать от изменений установкой галочки у соответствующего поля.

3.1.8.5. Метка

Для того, чтобы добавить метку (вертикальную линию), выберите пункт меню Элементы – Добавить метку (вертикальную линию)

По своим свойствам метка ничем не отличается от отрезка, но при добавлении всегда вертикальна и располагается во всю высоту радарограммы.

3.1.8.6. Дифракционная гипербола

Для того, чтобы добавить дифракционную гиперболу, выберите пункт меню Элементы – Добавить дифракционную гиперболу  (Ctrl+4).

При нажатии на дифракционную гиперболу левой кнопкой мыши он выделится и появится окно свойств дифракционной гиперболы. В этом окне можно изменить координаты локального объекта, соответствующего гиперболе (расстояние, м и глубина, м), скорость распространения радиоволн выше локального объекта (м/нс), полудлину гиперболы (м), слой и цвет гиперболы.

В отличие от других элементов для дифракционной гиперболы задаются не координаты ее расположения на радарограмме (расстояние и время), а координаты местоположения реального объекта (расстояние и глубина)

Скорость определяет угол наклона ветвей гиперболы, а полудлина – расстояние по горизонтали от вершины гиперболы до ее конца (рис.95).

Рис.95 Меню работы с объектом «Дифракционная гипербола»

Координаты вершины гиперболы можно изменить, нажав на колесико мыши.

Угол наклона ветвей гиперболы (т.е. скорость) можно изменить, нажав на правую кнопку мыши.

Цвет выбранной дифракционной гиперболы задается либо как у слоя, либо выбирается индивидуальный. Для этого необходимо снять галочку напротив поля Цвет как у слоя.

Выбранную дифракционную гиперболу можно заблокировать от изменений установкой галочки у соответствующего поля.

3.1.8.7. Ломаная (полилиния, граница)

Для того, чтобы добавить ломаную, выберите пункт меню Элементы – Добавить ломаную  (Ctrl+5) (рис.96)

	L, м	t, нс
1	0,000	5,020
2	1006,827	9,922
3	1127,027	9,959

Рис.96 Меню работы с объектом «Полилиния (граница)»

При нажатии на ломаную левой кнопкой мыши она выделится и появится окно свойств ломаной. В этом окне можно изменить координаты точек ломаной (расстояние, м и время, нс), скорость распространения радиоволн над границей, (м/нс), слой и цвет ломаной.

Первоначально ломаная состоит из двух вершин. Для того, чтобы добавить новую точку ломаной, необходимо нажать на колесико мыши в соответствующем месте радарограммы, либо нажать на кнопку Добавить точку.

Для того, чтобы изменить положение точки ломаной, необходимо нажать на колесико мыши в соответствующем месте радарограммы с зажатой клавишей Ctrl.

Для того, чтобы удалить точку ломаной, необходимо нажать на кнопку Удалить точку, либо использовать сочетание клавиш Ctrl+Delete.

Цвет выбранной ломаной задается либо как у слоя, либо выбирается индивидуальный. Для этого необходимо снять галочку напротив поля Цвет как у слоя.

Выбранную ломаную (полилинию) можно заблокировать от изменений установкой галочки у соответствующего поля.

В версии 2.11 добавление границ возможно с помощью автоматизированного поиска границы (см. [п.4.1 Создание цифровой модели дорожной конструкции](#)) и на стадии бета-тестирования (по запросу*) предоставляется допуск к нейронной сети, обученной для полностью автоматического поиска границ TIM-Cloud (см. п.3.2.10 TIM-Cloud – поиск границ).

3.1.8.7.1. Восстановление границ

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Починить границы

Восстанавливает возможность редактирования границы, если по какой-то причине они перестали выделяться или некорректно работает сглаживание.

3.1.8.7.1. Сглаживание границы

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Сгладить границу

Сглаживает границу. Степенью сглаживания управляет настройка «[Длина окна сглаживания](#)».

3.1.8.7.2. Объединение точек в ломаную

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Объединить все точки в ломаную (Ctrl+L)

Объединяет все точки текущего слоя в ломаную. Эта команда удобна для создания новой ломаной по точкам.

3.1.8.7.3. Расчленение (разделение) ломаной

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Расчленить ломаную на точки (Ctrl+Shift+L)

Разъединяет ломаную на отдельные точки. Операцию можно выполнить, только если ломаная состоит не более, чем из 200 точек. При этом точкой считается место изменения направления ломаной.

3.1.8.7.4. Удаление вершины ломаной

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Удалить ближайшую вершину на текущей ломаной (Ctrl+Del)

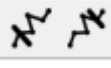
Удаление вершины позволяет корректировать ломаную, вследствие чего удаляется вершина и две соседние с вершиной точки объединяются в прямую.

3.1.8.7.5. Разделение ломаной

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Разделить ломаную на две части (Ctrl+Shift+D)

Разделяет ломаную на две. Место разделения соответствует текущему положению курсора на ломаной.

3.1.8.7.6. Обрезка выделенной границы справа (слева)

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Обрезать выделенную границу справа (слева)  (Ctrl+Shift+. / Ctrl+Shift+,)

Обрезает выделенную ломаную слева или справа от текущего положения курсора. При этом обратите внимание на элементы, ранее добавленные на радарограмму, – будут удалены также все элементы, находящиеся на удаляемой части радарограммы. Элементы на оставшейся части радарограммы будут сохранены.

3.1.8.7.7. Объединение границ

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Объединить границы  (Ctrl+U)

Данная команда позволяет объединить две границы слоя. Перед выполнением команды следует выделить первую границу, затем выбрать пункт меню Объединить границы  (Ctrl+U) и затем выделить мышкой вторую границу.

3.1.8.7.8. Объединение всех границ слоя

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Объединить все границы слоя (Ctrl+Shift+U)

Объединяет все границы, которые расположены в текущем «операционном» слое.

3.1.8.7.9. Установка значения диэлектрической проницаемости/скорости распространения волн для всех границ слоя

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Задать ϵ для всех границ слоя..

Функция позволяет установить для всех границ выбранного слоя значение диэлектрической проницаемости/скорости распространения волн обследуемой грунтовой среды. Данной функцией удобно пользоваться, когда в конкретном слое (например щебень для конструкции автомобильной дороги) граница прерывается, т.е. щебень отсутствует, либо заменен другим материалом на каком-то участке, после чего снова появляется в конструкции обследуемого объекта.

3.1.8.7.10. Замена части ломаной точками

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Заменить часть ломаной точками  (Ctrl+Shift+H)

Данная команда применяется для исправления положения границы на некотором участке (рис.97-98). Работает она следующим образом: все точки, которые находятся в текущем слое, объединяются в границу. Затем эта граница «встраивается» в текущую ломаную – участок выбранной ломаной заменяется ломаной, созданной из объединения отрисованных ранее точек, на участке начиная от первой точки и заканчивая последней.

До выполнения команды:

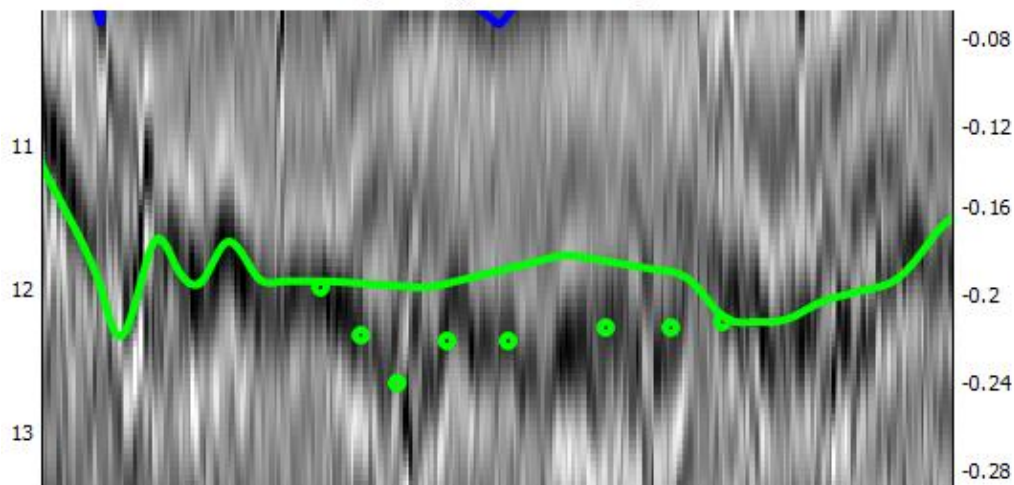


Рис.97 Полилиния до выполнения корректировки с помощью точек

После выполнения команды:

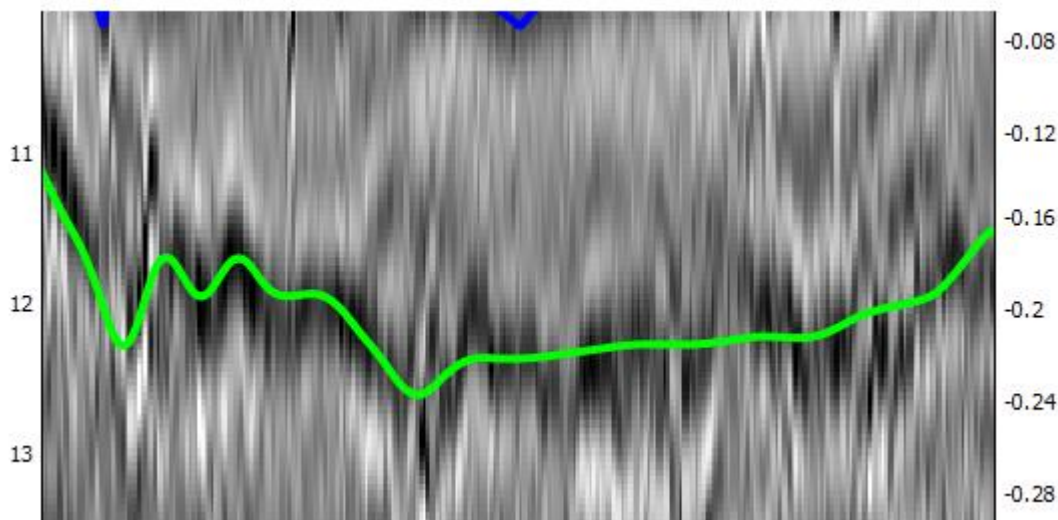


Рис.98 Полилиния после выполнения корректировки с помощью точек

3.1.8.7.11. Продление границы на весь профиль

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Продлить границу до начала и конца профиля... (Ctrl+Shift+E)

Позволяет продлить ломаную от начала до конца радарограммы (рис.99). Перед выполнением команды следует задать настройку, использовать ли интерполяцию. Если не использовать, то продление будет в виде горизонтальной линии. Если использовать, то продление будет продолжать начальный (конечный) сегмент ломаной.

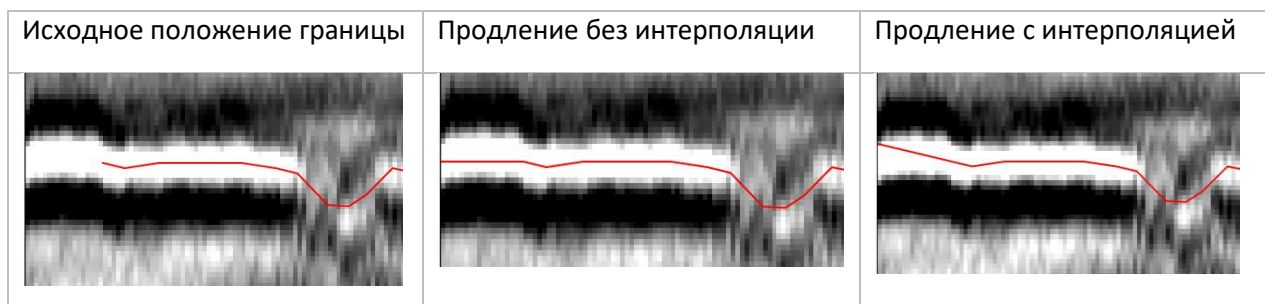


Рис.99 Изображение работы функции продления границы

3.1.8.7.12. Очистка данных над границей

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Очистить данные над границей

Очищает радарограмму над выделенной границей. Эту операцию имеет смысл выполнять для границы под воздушным зазором с целью убрать ненужные сигналы в воздушном слое (рис.100-101).

Рис.100 Радарограмма до очистки:

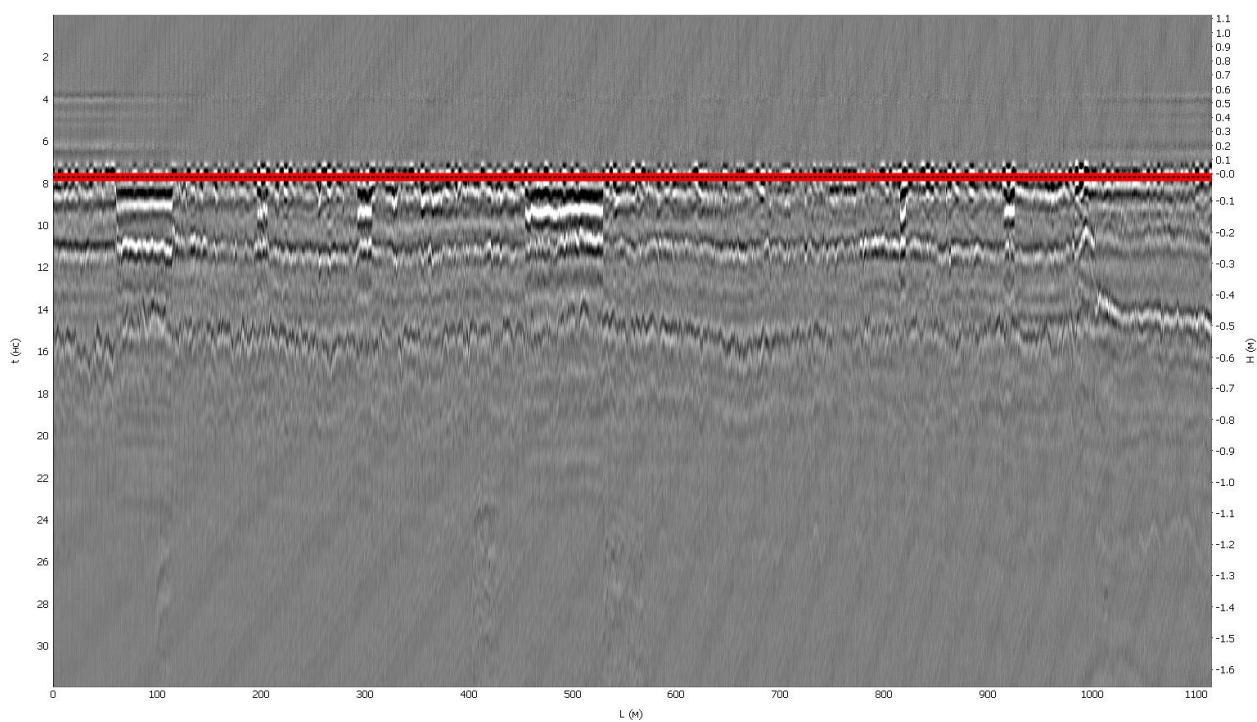
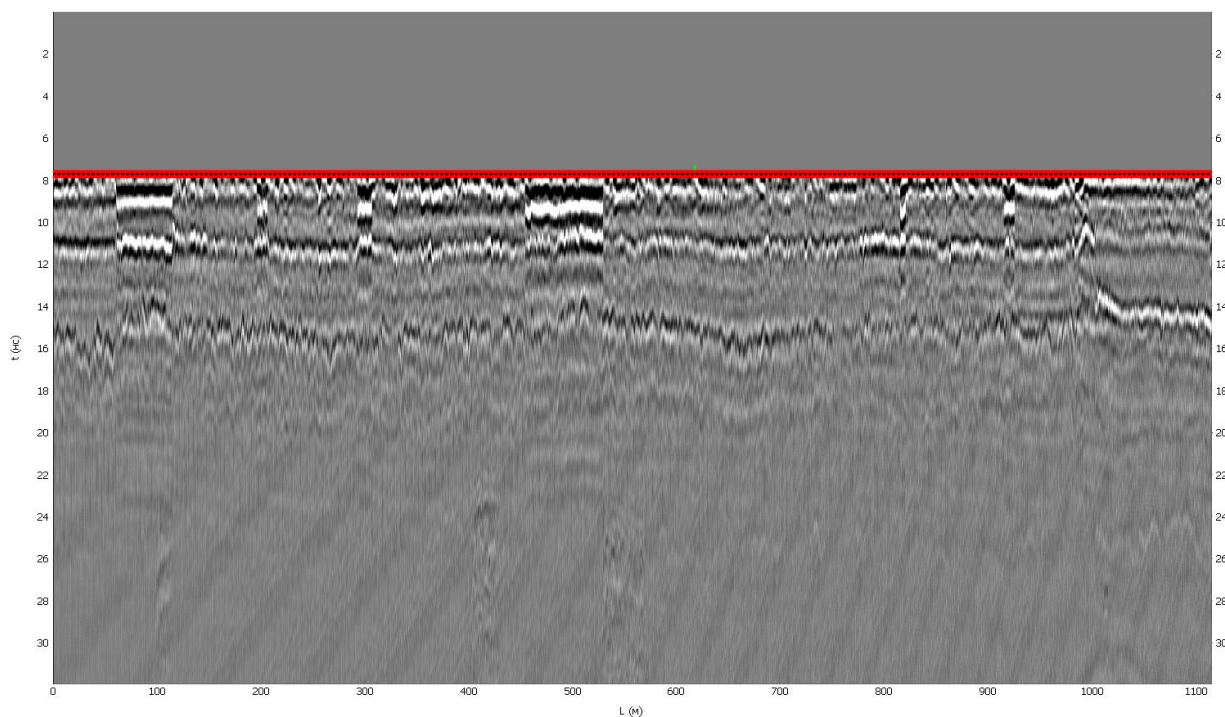


Рис.101 Радарограмма после очистки:



3.1.8.7.13. Задание поверхности по границе

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Задать поверхность по границе (Ctrl+Shift+B)

Смещает положение поверхности (границы между воздухом и обследуемой средой) на выделенную ломаную (границу).

На радарограмме положение поверхности может отображаться жирной синей (красной, если координата Z смещена на поверхность – установлено значение высотной отметки 0 для поверхности) линией (рис.102).

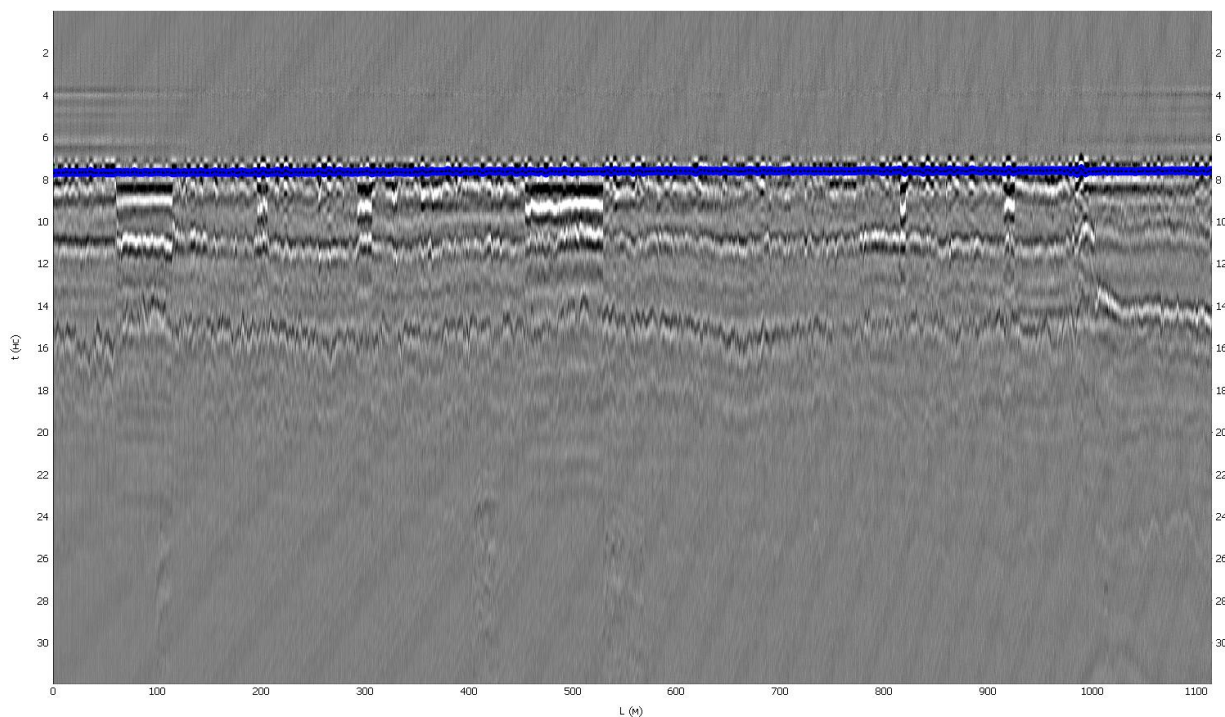


Рис.102 Изображение поверхности сканируемого объекта на радарограмме

Данный параметр можно задать в настройках (рис.103) установкой галочки напротив поля Показывать ли поверхность на радарограмме.

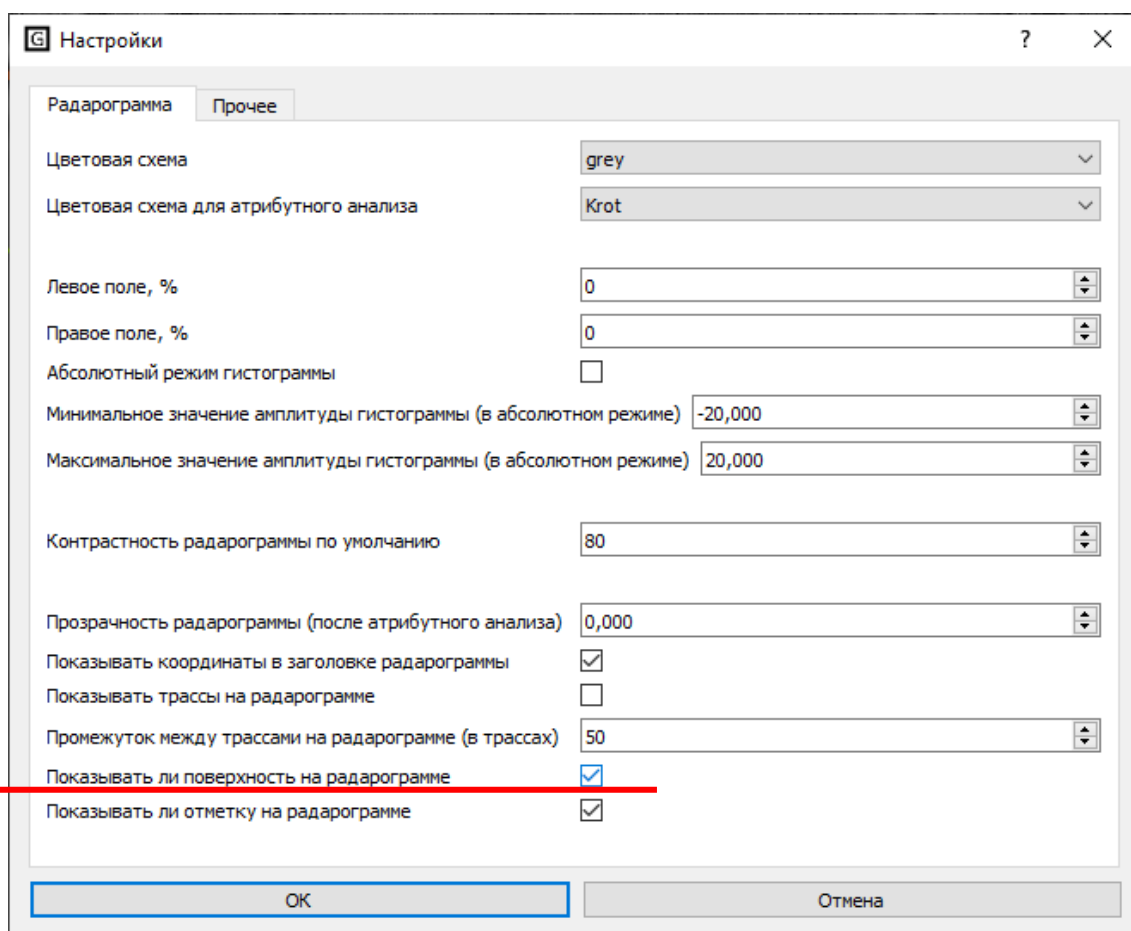


Рис.103 Меню настроек

3.1.8.7.14. Распрямление границы

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Распрямить границу

Распрямляет выделенную границу, искажая радарограмму (рис.104-105). Операция, как правило, применяется для верхней границы (низа воздушного зазора). Однако, стоит учитывать, что после ее применения преобразование временного разреза в глубинный будет выполняться с погрешностями.

Рис. 104 Радарограмма до распрямления:

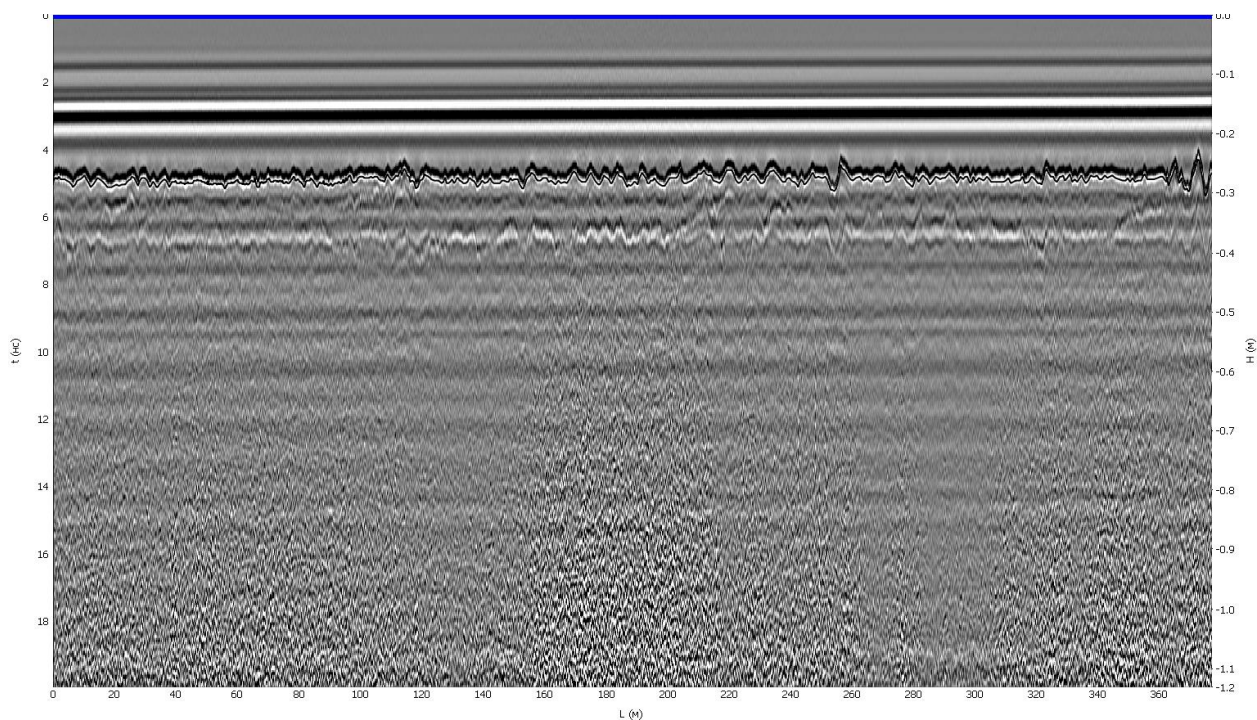
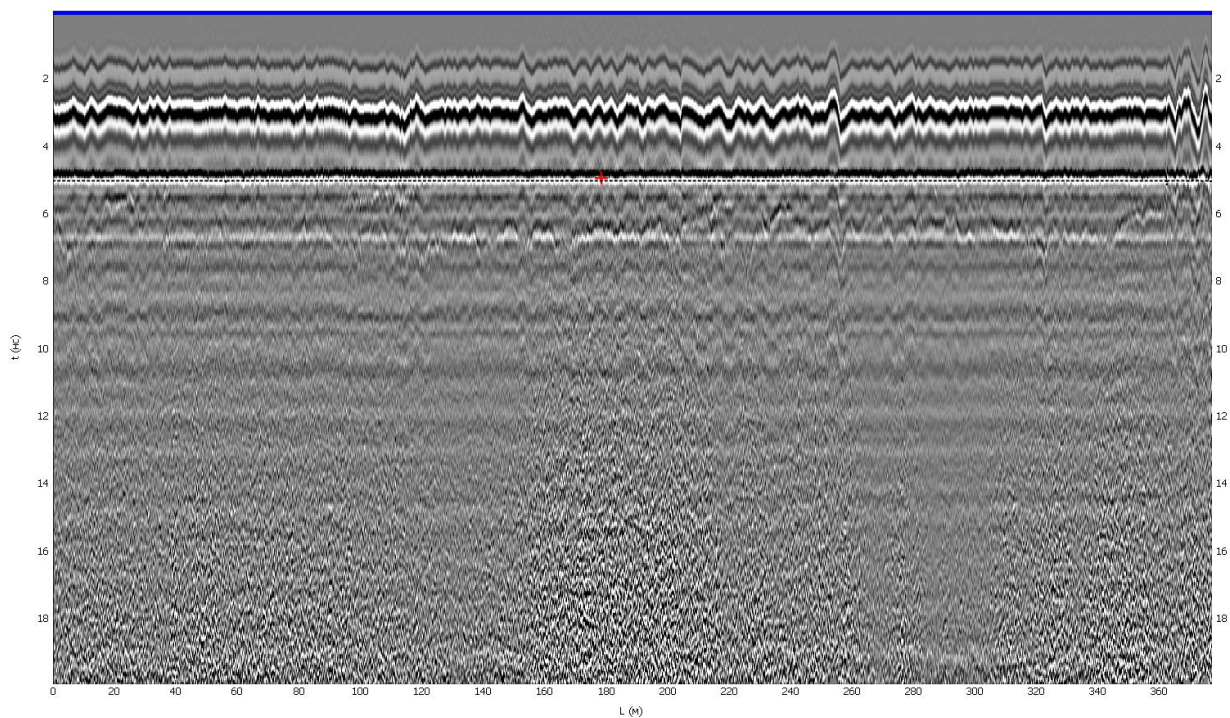


Рис.105 Радарограмма после распрямления:



В настоящее время распрямление возможно только для верхней границы. При попытке распрямить нижележащие ломаные будет возникать соответствующее напоминание:

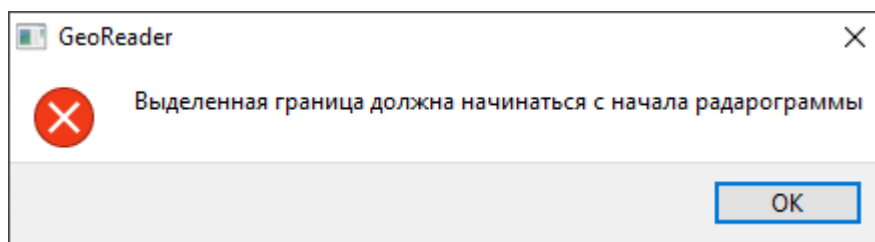


Рис.106. Окно-напоминание

Функцией Распрямить границу удобно пользоваться для очистки радарограммы от помех, т.е. для улучшения качества визуализации нижележащих границ. После окончания интерпретации в меню Работа с ломаными добавлена функция Отменить распрямление границы, которая возвращает радарограмму в исходное состояние (до применения функции распрямления границы).

Также при выполнении функции Распрямить границу добавляется подложка исходной радарограммы (до распрямления) в окно подложек Радарограммы (см. [п 3.1.3.20 Сохранение радарограммы в виде подложки](#)) (рис.107).

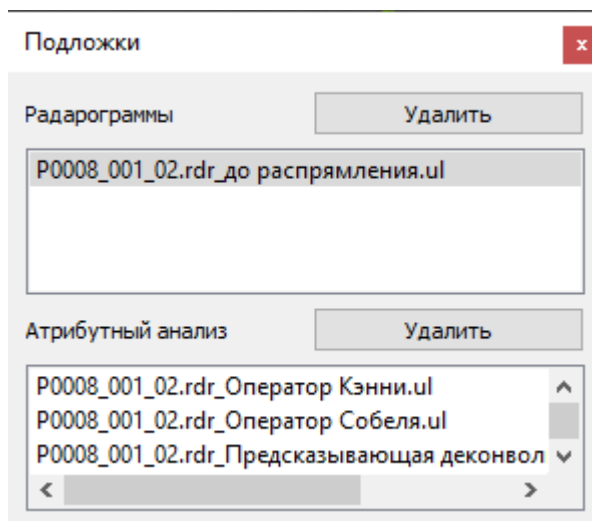


Рис.107 Хранение подложек в окне подложек

3.1.8.7.15. Отмена распрямления границы

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Отменить распрямление границы

Отменяет распрямление выделенной границы, отменяя искажение радарограммы путем загрузки подложки до распрямления.

3.1.8.7.16. Сдвигка границы к ближайшим экстремумам

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Сдвигка границы к ближайшим экстремумам...

Функция позволяет сдвинуть границу к экстремуму фазы. Используется для точного расчета скорости в первом слое (рис.108).

Обратите внимание (!) данная функция применяется только для сдвигки границы поверхности, а не границ слоев.

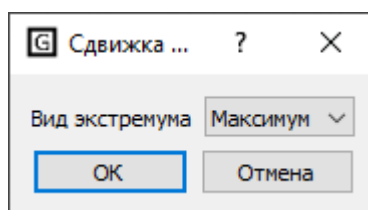


Рис.108 Настройка сдвигки границы (поверхности) к ближайшим экстремумам

Сдвигка возможна как к минимальному экстремуму, так и к максимальному.

3.1.8.7.17. Вычитание средней трассы под границей

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Вычесть среднюю трассу под границей...

С целью очистки радарограммы от помех, т.е. для улучшения качества визуализации нижележащих границ, добавлена функция Вычесть среднюю трассу под границей.

Здесь остается место для экспериментов, но на данном этапе можем сделать вывод об улучшении качества данных георадаров ОКО при выполнении следующей последовательности операций обработки – после отрисовки границы поверхности выполнить команду Элементы – Работа с ломаной – Вычесть среднюю трассу под границей, после чего команду Радарограмма – Вычесть среднюю трассу..

3.1.8.7.18. Экспорт границ в CSV

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Экспорт границ в CSV...

Экспортирует все границы в CSV-файл. CSV – текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных. Далее его можно открыть в сторонних ГИС-системах.

Обратите внимание (!) Перед экспортом границ Временной разрез обязательно должен быть пересчитан в глубинный (см. [п.3.1.9. Преобразование временного разреза в глубинный](#)).

Экспортируются следующие параметры (рис.109):

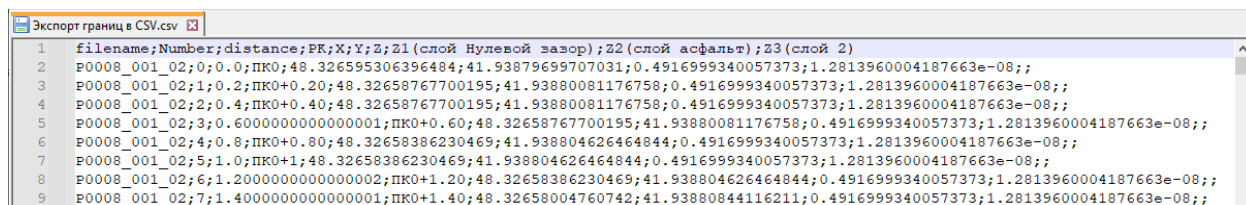


Рис.109. Набор данных при экспорте границ в CSV

- а) filename – название радарограммы
- б) Number – номер георадарной трассы
- в) Distance – расстояние от начала записи радарограммы
- г) PK – пикет (параметр, используемый в дорожном строительстве)
- д) X, Y, Z – координаты, соответственно – широта, долгота, высотная отметка
- е) Z1 (слой Нулевой зазор) – высотная отметка поверхности, либо значение от поверхности
- ж) Z2 (...), Z3 (...) – значение границ нижележащих конструктивных слоев, которое соответствует их толщине – разнице между глубиной заложения вышележащего и нижележащего конструктивных слоев.

3.1.8.7.19. Экспорт границ в Shape-файл

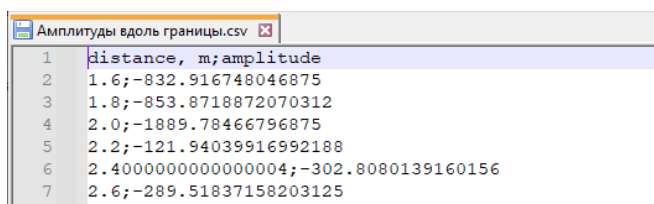
Меню: Элементы – Работа с ломаными – Экспорт границ в SHP...

Экспортирует все границы в Shape-файл. Далее его можно открыть в ГИС-системах.

3.1.8.7.20. Экспорт амплитуд вдоль границы в CSV

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Экспорт амплитуд вдоль границы в CSV ...

Позволяет получить значение амплитуды электромагнитной волны в пределах обозначенной границе по каждой трассе радарограммы. Значения экспортируются в следующем виде (рис.110):



	distance, m;amplitude
1	1.6;-832.916748046875
2	1.8;-853.8718872070312
3	2.0;-1889.78466796875
4	2.2;-121.94039916992188
5	2.4000000000000004;-302.8080139160156
6	2.6;-289.51837158203125

Рис.110. Набор данных при экспорте амплитуд вдоль границы в CSV

Где, distance, m – расстояние от начала радарограммы в каждой георадарной трассе, amplitude – значение амплитуды электромагнитного сигнала георадара по георадарной трассе в месте обозначенной границы.

3.1.8.7.21. Импорт границ из нейросети

Меню: Элементы – Работа с ломаными – Импорт границ из нейросети...

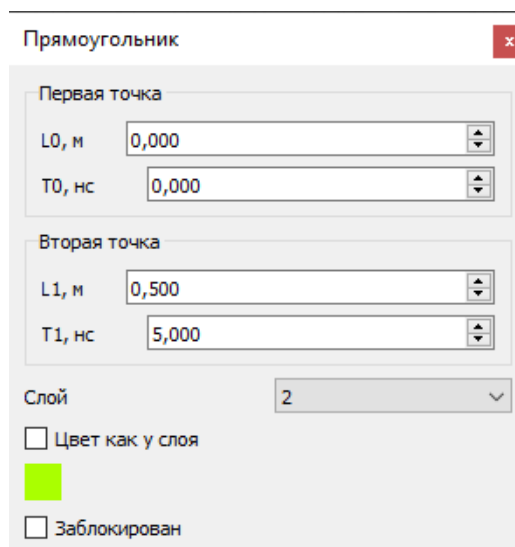
Данная функция в версии 2.11 находится в состоянии beta-тестирования. Тестовый доступ предоставляется по запросу разработчику в адрес post@geotim.ru.

Задача данной команды – импортировать на радарограмму отрисованные нейронной сетью границы. Для этого необходимо открыть файл *.border, ранее обработанный в TIM-Cloud – поиск границ.

3.1.8.8. Прямоугольник

Для того, чтобы добавить прямоугольник, выберите пункт меню Элементы – Добавить прямоугольник  (Ctrl+6). Новый прямоугольник появится вблизи текущей позиции курсора.

При нажатии на прямоугольник левой кнопкой мыши он выделится и появится окно свойств прямоугольника. В этом окне можно изменить координаты углов прямоугольника (расстояние, м и время, нс), слой и цвет отрезка (рис.111).



Прямоугольник

Первая точка

L0, м 0,000

T0, нс 0,000

Вторая точка

L1, м 0,500

T1, нс 5,000

Слой 2

☐ Цвет как у слоя

☒ Заблокирован

Рис.111 Меню работы с объектом «Прямоугольник»

Координаты правого верхнего угла можно изменить, нажав на колесико мыши.

Координаты левого нижнего угла можно изменить, нажав на правую кнопку мыши.

Цвет выбранного прямоугольника задается либо как у слоя, либо выбирается индивидуальный. Для этого необходимо снять галочку напротив поля Цвет как у слоя.

Выбранный отрезок можно заблокировать от изменений установкой галочки у соответствующего поля.

3.1.8.9. Текст

Для того, чтобы добавить текст (надпись), выберите пункт меню Элементы – Добавить текст  (Ctrl+7). Новая надпись появится в текущей позиции курсора.

При нажатии на надпись левой кнопкой мыши она выделится и появится окно свойств текста. В этом окне можно изменить координаты центра надписи (расстояние L, м и время T, нс), высоту текста, его содержимое, слой и цвет (рис.112).

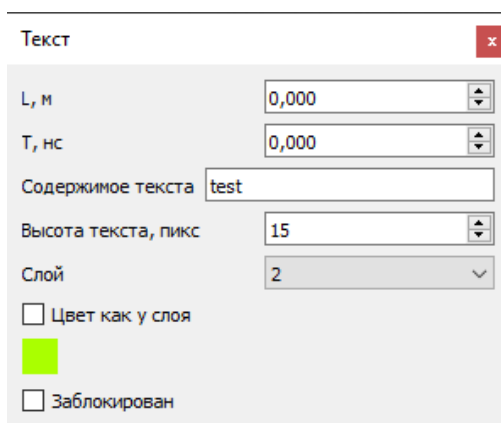


Рис.112 Меню работы с объектом «Прямоугольник»

Координаты середины надписи можно изменить, нажав на правую кнопку или колесико мыши.

Цвет выбранного текста задается либо как у слоя, либо выбирается индивидуальный. Для этого необходимо снять галочку напротив поля Цвет как у слоя.

Выбранный текстовый элемент можно заблокировать от изменений установкой галочки у соответствующего поля.

3.1.8.10. Скважина

Для того, чтобы добавить скважину, выберите пункт меню Элементы – Добавить скважину  (Ctrl+8). Задайте количество слоев скважины. Новая скважина появится в положении текущей позиции курсора (рис.113).

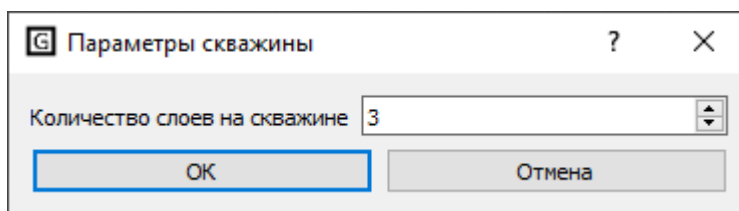


Рис.113 Меню настройки при добавлении скважины

При нажатии на скважину левой кнопкой мыши она выделится и появится окно свойств скважины. В этом окне можно изменить положение скважины, для каждого слоя указать его глубину, соответствующее значение времени на радарограмме, название. Скорость (либо диэлектрическую проницаемость) программа рассчитывает автоматически при заполнении полей. Также можно изменить количество слоев (рис.114).

	$\Delta H, \text{ м}$	$t, \text{ нс}$	ϵ	Название
1	0,450	9,562	4,346	
2	0,150	12,033	6,128	

Рис.114 Меню работы с объектом «Скважина»

Положение скважины можно изменить, нажав на правую кнопку мыши.

Временные отсчеты, соответствующие границам между слоями на скважине можно изменить, нажав на колесико.

Также можно привязать данные по скважинам к имеющимся границам. Для этого необходимо выделить скважину и выбрать пункт меню Элементы – Работа со скважинами – Привязать скважину к границам.

При выборе пункта меню Элементы – Работа со скважинами – Задать скорость (эпсилон) над границами по скважинам скорости распространения радиоволн в слоях (над границами) рассчитываются по известным толщинам слоев со скважин.

3.1.8.11. Групповые операции с элементами

Меню: Элементы – Групповые операции

Применяет операции к группе элементов, находящихся в текущем слое и выделенных прямоугольным окном. При использовании любой групповой операции необходимо уточнить положение прямоугольного окна и нажать на кнопку Подтвердить.

Доступны следующие групповые операции:

- удаление элементов (Элементы – Групповые операции – Удалить элементы),
- изменение слоя элементов (Элементы – Групповые операции – Перенести элементы в другой слой...),
- скрытие элементов (Элементы – Групповые операции – Скрыть элементы),
- объединение точек в ломаную (Элементы – Групповые операции – Объединить некоторые точки в ломаную),
- перенос элементов по вертикали и по горизонтали (Элементы – Групповые операции – Перенести элементы...),

- е) объединение нескольких границ в одну (Элементы – Групповые операции – Объединить некоторые границы...)

3.1.8.12. Экспорт элементов

Меню: Элементы – Экспорт точечных элементов в CSV...

Экспортирует параметры точек, отрезков, меток, дифракционных гипербол, прямоугольников, текста, скважин в CSV-файл. Набор данных при экспорте следующий (рис.115):

- а) filename – наименование файла радарограммы;
- б) num_traces – номер георадарной трассы;
- в) date_collecting – дата сбора данных;
- г) distance – расстояние от начала георадарного профиля в каждой точке сканирования;
- д) pk – пикет (параметр, используемый в дорожном строительстве);
- е) X, Y, Z – координаты, соответственно широта, долгота и высотная отметка;
- ж) Height – высота заложения объекта от поверхности;
- з) Time – время проникновения георадиолокационного сигнала до объекта;
- и) Captions – признаки объекта;
- к) Layer_captions – наименование слоя;
- л) Layer_colors – цвет слоя;
- м) Hyperbola_heights – высота заложения гиперболы;
- н) Eps – эпсилон – значение диэлектрической проницаемости выше вершины гиперболы;
- о) Hyperbola_velocities, m/ns – значение скорости распространения радиоволн выше вершины гиперболы.

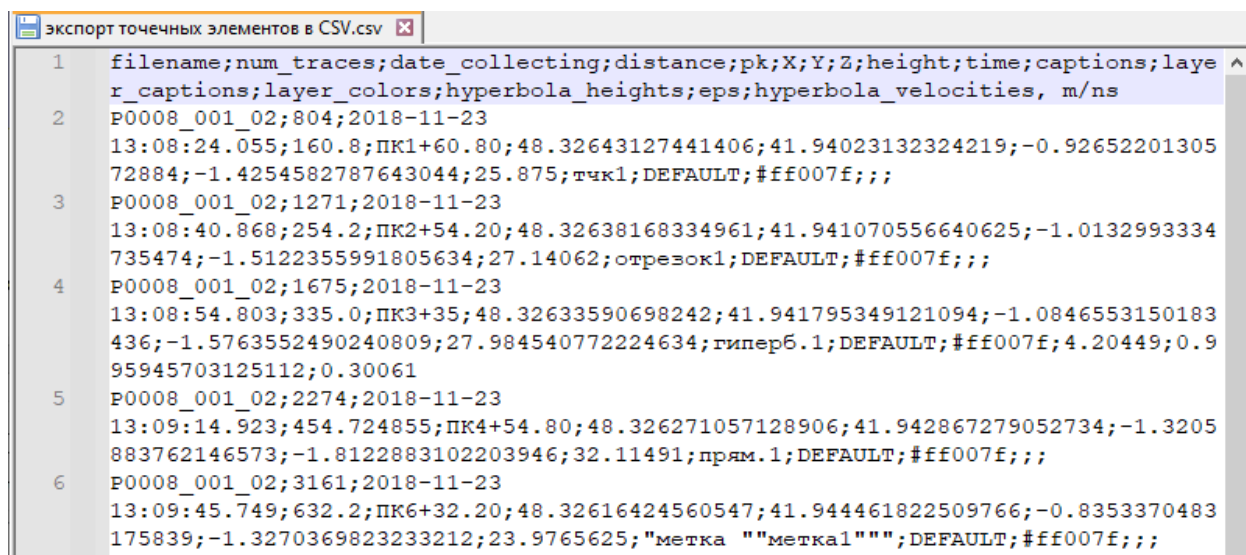


Рис.115. Набор данных при экспорте точечных элементов в CSV

3.1.9. Преобразование временного разреза в глубинный

Меню: Глубинный разрез

Теоретические основы о задаче преобразования временного разреза в глубинный разрез: см.

[Преобразование временного разреза в глубинный разрез](#)

О задаче привязки к поверхности земли: см. [Топографическая коррекция](#)

После выполнения преобразования на временном разрезе справа появляется шкала глубин (рис.116):

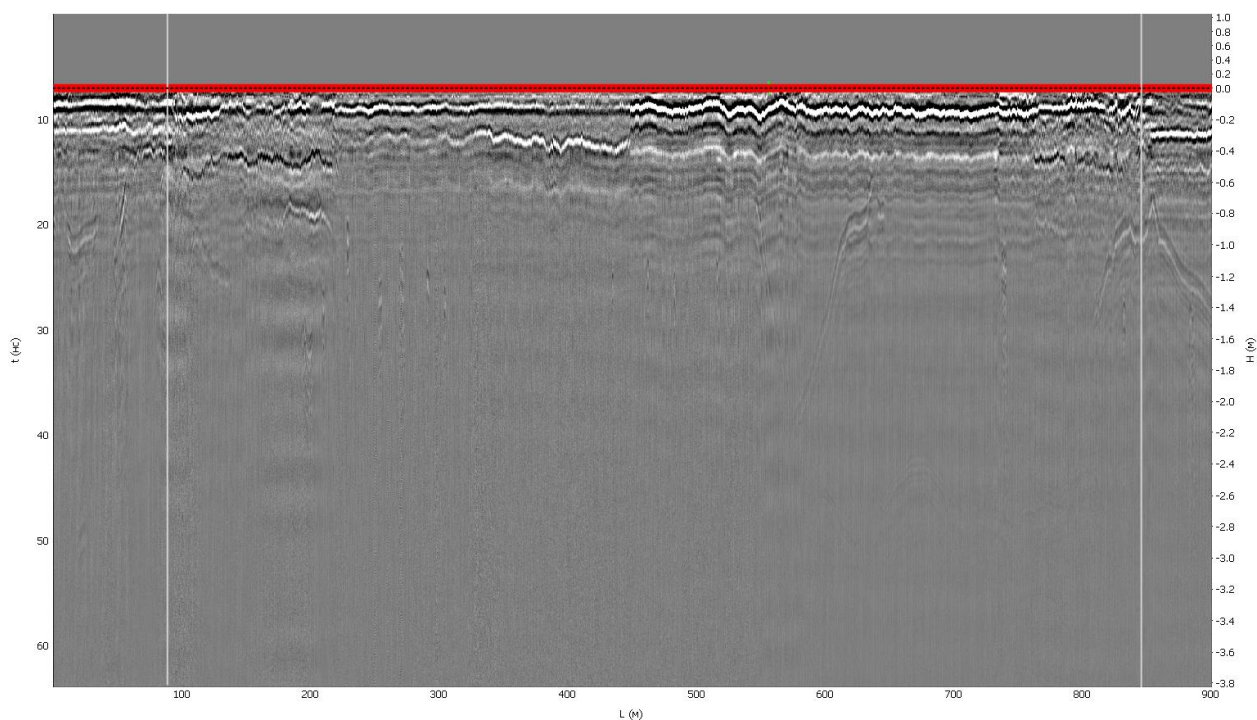


Рис.116 Шкала глубин на радарограмме

При этом, шкалу глубин можно отображать в относительной величине, то есть поверхность является условной нулевой высотой, либо в соответствии с высотными отметками местности. Для смены режима отображения шкалы глубин нужно поставить/снять галочку напротив поля Показывать ли отметку на радарограмме в меню настроек (рис.117).

Показывать трассы на радарограмме	☐
Промежуток между трассами на радарограмме (в трассах)	50
Показывать ли поверхность на радарограмме	☒
<u>Показывать ли отметку на радарограмме</u>	☒

ОК
Отмена

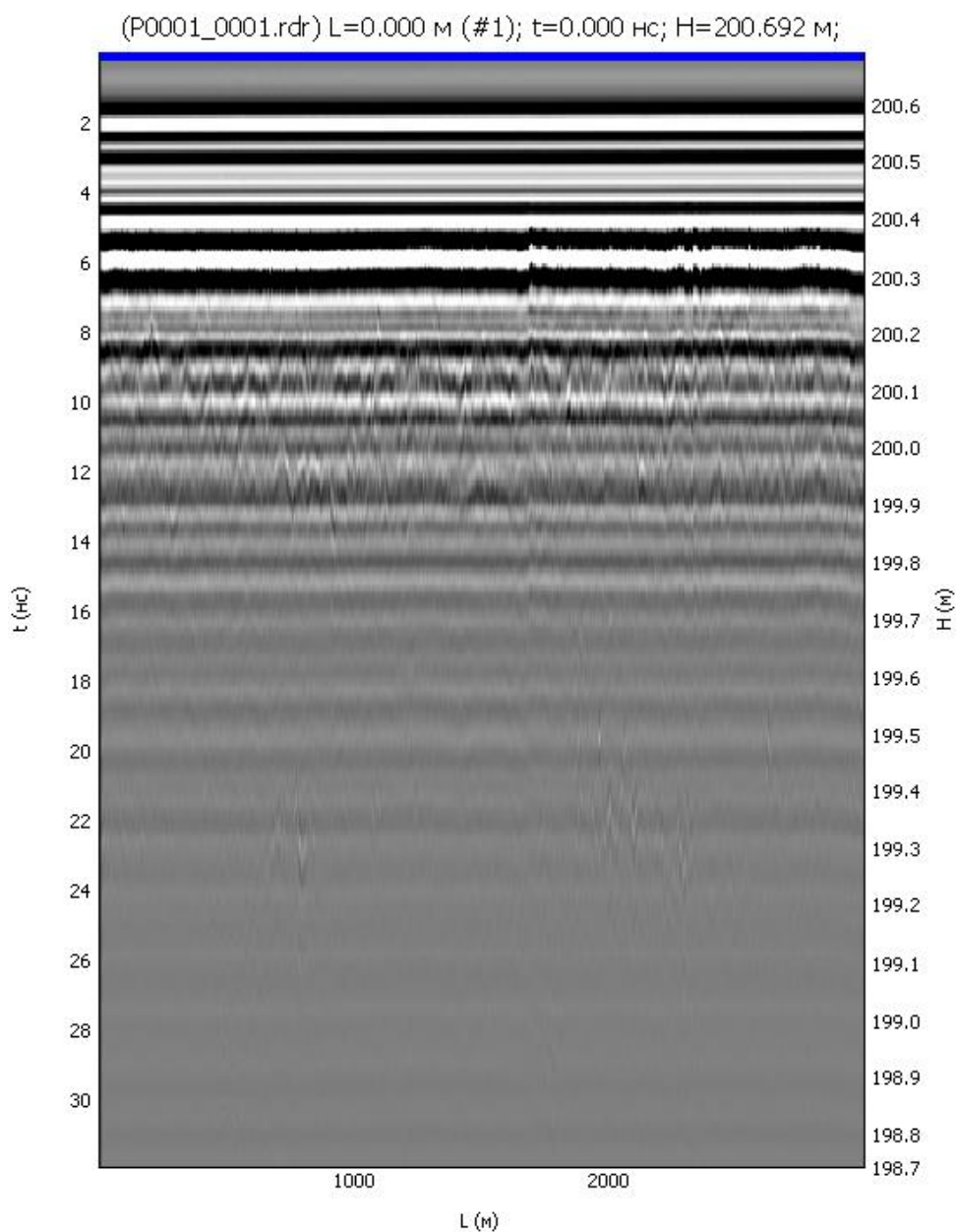


Рис.117 Настройка визуализации высотной отметки/глубины на радарограмме

Кроме того, если при выполнении преобразования пользователь включит галочку «Глубинный разрез в отдельном окне», то в отдельном окне отобразится глубинный разрез (рис.118):

Расчет глубинного разреза

Исходные данные: Трассы с усилением

Учитывать расстояние между антеннами: ☒

Расстояние между антеннами, м: 0,241

Диэлектрическая проницаемость по умолчанию: 6,000

Учитывать скорости, найденные с помощью амплитудного анализа (для первого слоя): ☐

Глубинный разрез в отдельном окне: ☒

OK Отмена

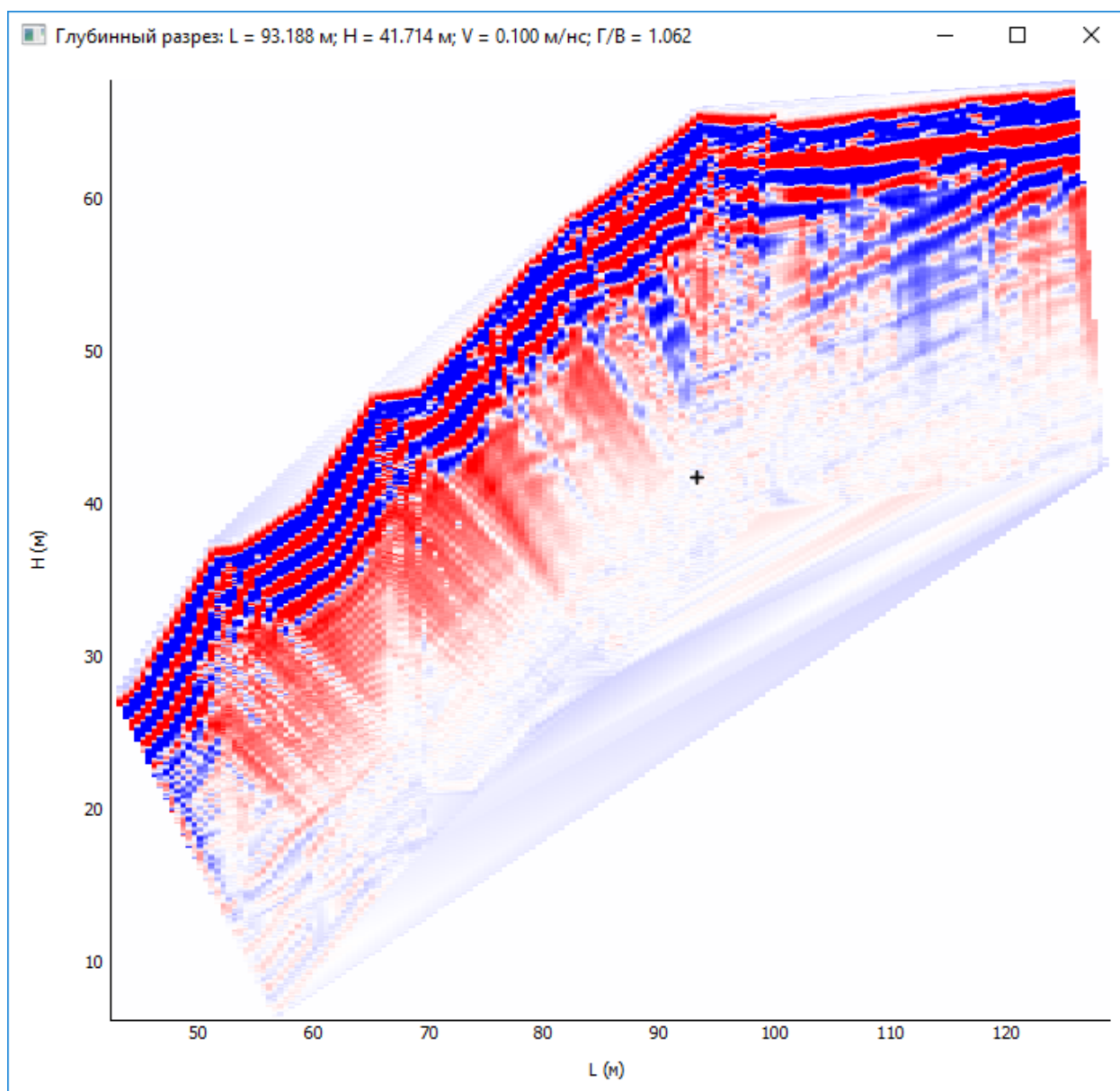


Рис.118. Настройка и визуализация глубинного разреза

Перекрестие соответствует текущей точке на радарограмме. При этом в верхней части окна указываются реальные координаты этой точки на глубинном разрезе: L – горизонтальная координата, м; H – вертикальная координата (отметка), м; Г/В – отношение горизонтального масштаба к вертикальному.

Контрастность глубинного разреза задается собственной гистограммой (пункт меню Глубинный разрез – Гистограмма глубинного разреза (F5)).

Если включить настройку [Показывать трассы на глубинном разрезе](#), то все трассы будут отображаться в виде пунктирных линий (рис.119):

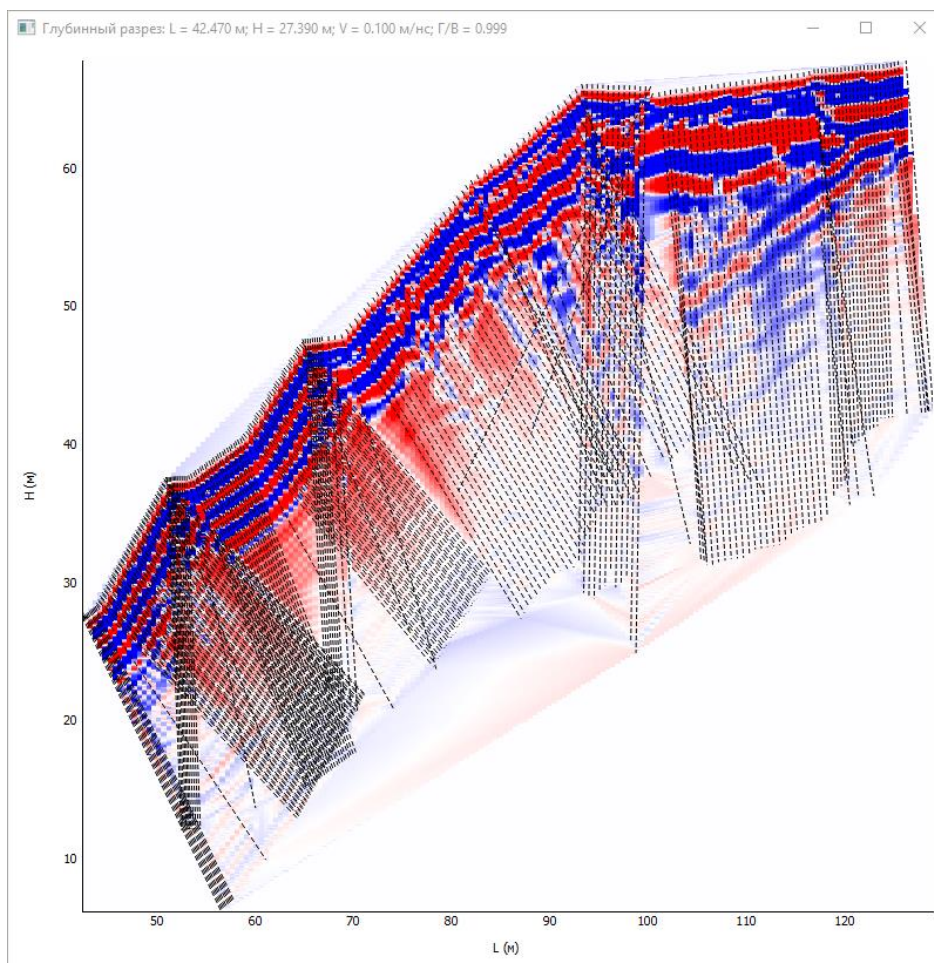


Рис.119 Визуализация георадарных трасс на глубинном разрезе

После расчета на исходном разрезе и трассе появляется правая ось, соответствующая глубине.

3.1.9.1. Быстрый расчет

Меню: Глубинный разрез – Быстрый расчет (без учета слоев)... (Ctrl+Shift+P)

Выполняет преобразование временного георадарного разреза в глубинный разрез. Используется одинаковая скорость распространения сигнала по всему профилю (рис.120).

Есть возможность задать, учитывать или не учитывать расстояние между антеннами. Если поставить флажок «Глубинный разрез в отдельном окне», то после расчета появится отдельное окно с глубинным разрезом (с искаженной радарограммой).

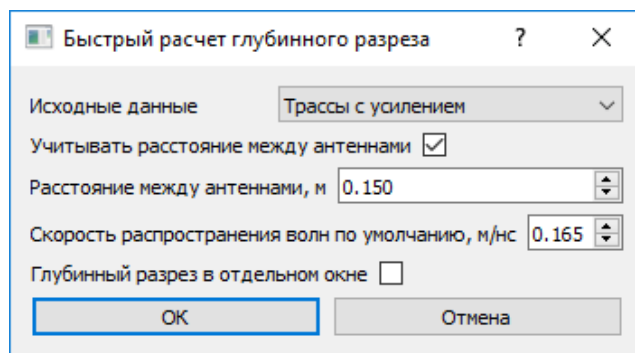


Рис.120 Настройка быстрого глубинного разреза

3.1.9.2. Обычный расчет

Меню: Глубинный разрез – Расчет... (Ctrl+P)

Выполняет преобразование временного георадарного разреза в глубинный разрез. Если среда неоднородная (многослойная), то предварительно нужно вычертить границы, для каждой из которых указать скорость распространения сигнала в слое выше границы. О задаче определения скоростей распространения радиоволн в слоях см. [раздел 2](#)

В ходе расчета может появиться сообщение следующего вида (рис.121):

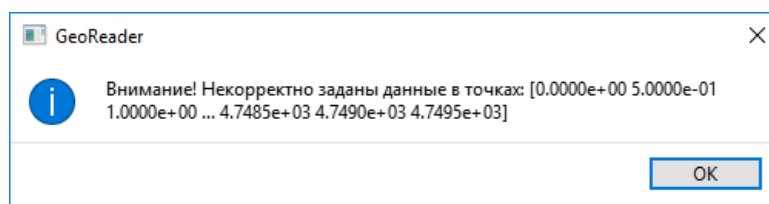


Рис.121 Окно-предупреждение

Это значит, что в данных точках расчет не выполнен. Нужно либо изменить расположение границ, либо изменить скорости распространения радиоволн.

Есть возможность задать, учитывать или не учитывать расстояние между антеннами. Если поставить флажок «Глубинный разрез в отдельном окне», то после расчета появится отдельное окно с глубинным разрезом.

Флажок «Учитывать скорости, найденные с помощью амплитудного анализа (для первого слоя)» применяется при работе с соответствующим [плагином](#) (рис.122).

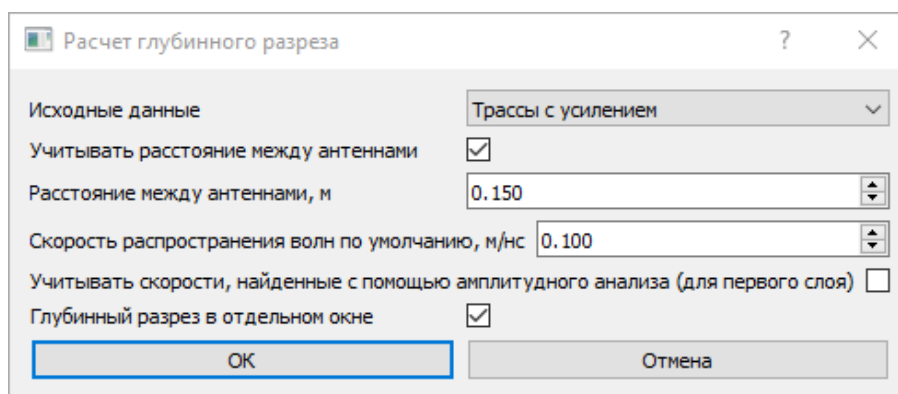


Рис.122. Настройка расчета глубинного разреза

3.1.9.2. Очистка глубинного разреза

Меню: Глубинный разрез – Очистить

Очищает глубинный разрез.

3.1.9.2. Вывод гистограммы глубинного разреза

Меню: Глубинный разрез – Гистограмма глубинного разреза

Выводит гистограмму глубинного разреза в отдельном окне.

3.1.9.3. Экспорт глубинного разреза в графический файл

Меню: Глубинный разрез – Сохранить изображение...

Сохраняет глубинный разрез в отдельном окне в формате PNG.

3.1.9.4. Копирование глубинного разреза в буфер обмена

Меню: Глубинный разрез – Сохранить изображение в буфер обмена

Копирует глубинный разрез в отдельном окне в буфер обмена.

3.1.10. Работа со слоями

Меню: Слои

В меню включены команды для работы со слоями. Есть возможность добавить, удалить, переименовать слой, изменить комментарий для слоя, а также удалить все элементы в слое.

Также меню предоставляет команды для работы с линейно-протяженными грунтовыми слоями. Каждый грунтовый слой задается одной или несколькими границами, характеризующими **нижнее** положение этого слоя. Границы могут прерываться.

Пример радарограммы с двумя грунтовыми слоями (выделены красным и зеленым) (рис.123):

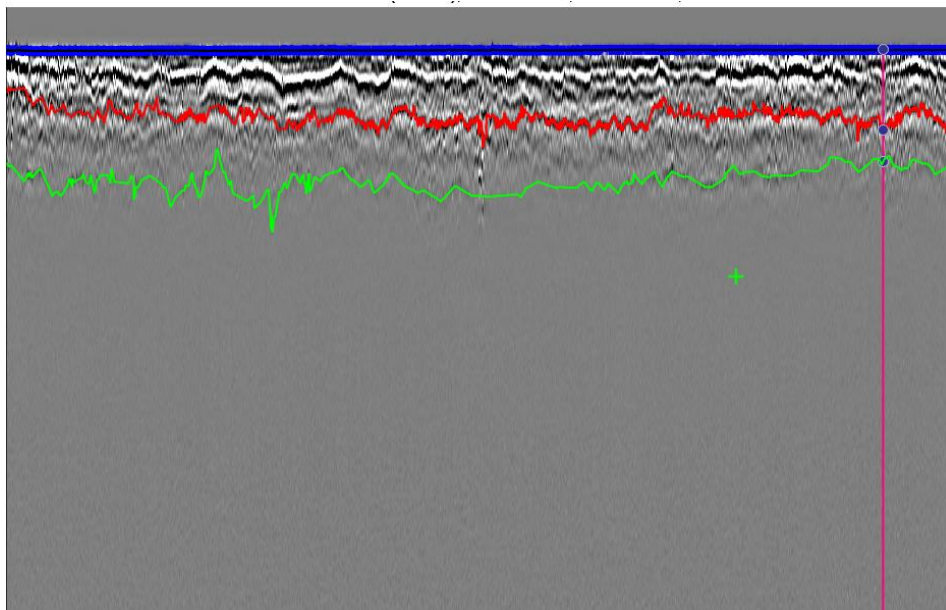


Рис.123 Радарограмма с двумя выделенными грунтовыми слоями

Командой меню Слои – Включить все слои/Выключить все слои можно отобразить/скрыть отображение всех элементов выбранного слоя.

3.1.10.1. Настройка диапазонов значений толщины текущего слоя

Меню: Слои – Настроить диапазоны толщины для текущего слоя...

Задаёт диапазоны толщины текущего грунтового слоя. Каждый диапазон задается началом диапазона, в метрах (рис.124). Для каждого диапазона можно указать его цвет (для дальнейшего представления в окне плана в менеджере проектов и экспорта в DXF).

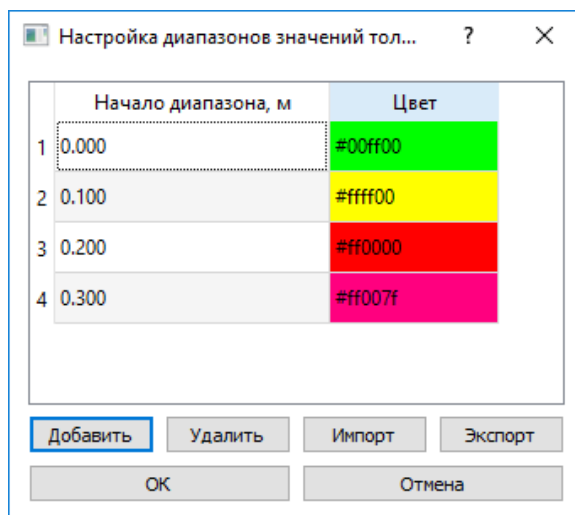


Рис.124 Настройка диапазонов значений толщины текущего слоя

3.1.10.2. Экспорт слоев в DXF

Меню: Слои – Экспорт слоев в DXF...

Экспортирует информацию о грунтовых слоях и элементах в формат DXF. Формат DXF – это открытый формат для обмена информацией между приложениями САПР. Экспортируется следующая информация:

- Толщина каждого грунтового слоя (можно задать высоту текстов с толщинами);
- Толщина текущего слоя в цветовом виде;
- Положение различных элементов (точек, дифракционных гипербол, отрезков, прямоугольников, скважин, ломаных). Можно экспортировать элементы только текущего слоя.

Также задается шаг между точками экспорта (рис.125).

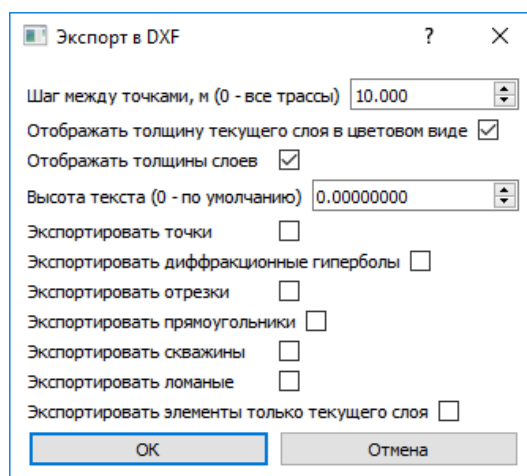


Рис.125 Окно настроек экспорта в DXF

3.1.10.3. Экспорт слоев в CSV

Меню: Слои – Экспорт слоев в CSV...

Экспортирует информацию о грунтовых слоях в формат CSV. CSV – текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных. Далее его можно использовать при импорте данных в ГИС системах.

Необходимо указать шаг между точками, экспорта, пикетаж начала радарограммы и следует ли выводить информацию в обратном порядке. Экспортируется следующая информация (рис.126):

- а) Имя файла
- б) Номер трассы
- в) Дата и время снятия трассы
- г) Координаты X, Y, Z трассы
- д) Пикетаж
- е) Толщины слоев

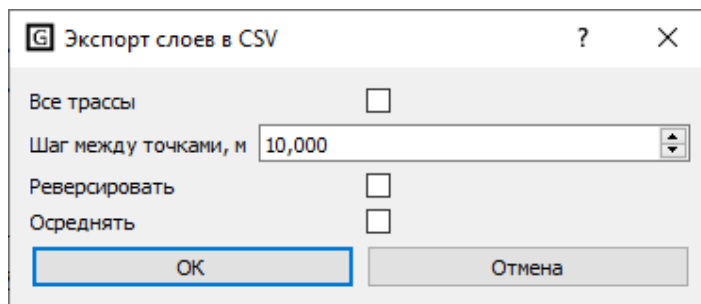


Рис.126 Настройка экспорта слоев в CSV

3.1.11. Плагины к модулю обработки радарограмм

Меню: Плагины

К модулю обработки радарограмм могут быть подключены дополнительные плагины, решающие ту или иную узкую задачу (рис.127). Наличие или отсутствие плагина зависит от комплектации версии программы.

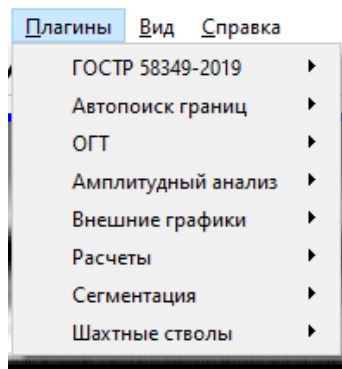


Рис.127 Меню вызова дополнительных плагинов

3.1.11.1. Плагин для расчета глубинного разреза в соответствии с ГОСТР 58349-2019

Меню: Плагины – ГОСТР 58349-2019 – Расчет глубинного разреза...

Выполняет преобразование временного разреза в глубинный в соответствии с [ГОСТР 5834-2019](#) (п. 6.2.1). Фактически это преобразование с одинаковой скоростью распространения радиоволн по всему разрезу, без учета расстояния между антеннами георадара.

3.1.11.2. Плагин для полуавтоматического поиска границ на радарограмме

Меню: Плагины – Автопоиск границ

Плагин дает возможность полуавтоматического построения границы. Первоначально необходимо выбрать пункт меню Плагины – Автопоиск границ – Настройка автопоиска

границы... (Shift + F12). В появившемся диалоговом окне необходимо указать направление поиска (вперед или назад), количество возможных сбойных трасс, которые алгоритм будет игнорировать, коэффициент прореживания и необходимо ли сглаживать найденную границу (рис.128). Коэффициент прореживания 10 означает, что на границах точка останется на каждой 10-й трассе.

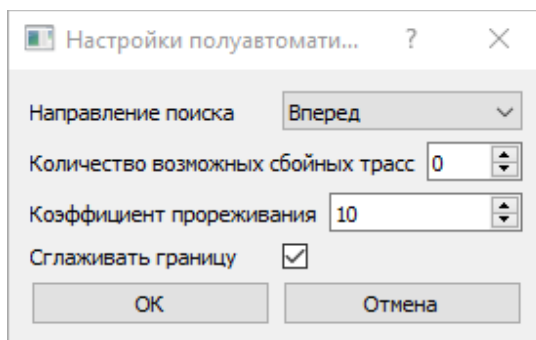


Рис.128 Настройка полуавтоматического поиска границ на радарограмм

Для запуска поиска щелкните левой кнопкой мыши на точку, с которой начнется поиск, и выберите пункт меню Плагины – Автопоиск границ – Автоматический поиск новой границы (Ctrl + A) . Для того, чтобы перестроить границу (с другими параметрами), выделите границу и выберите пункт меню Плагины – Автопоиск границ – Автоматическое исправление выделенной границы (Ctrl + Shift + A) . Далее нужно указать точку, с которой продолжится построение границы.

Часто возникает ситуация, когда часть границы построена верно, а часть – ушла не в ту сторону (рис.129):

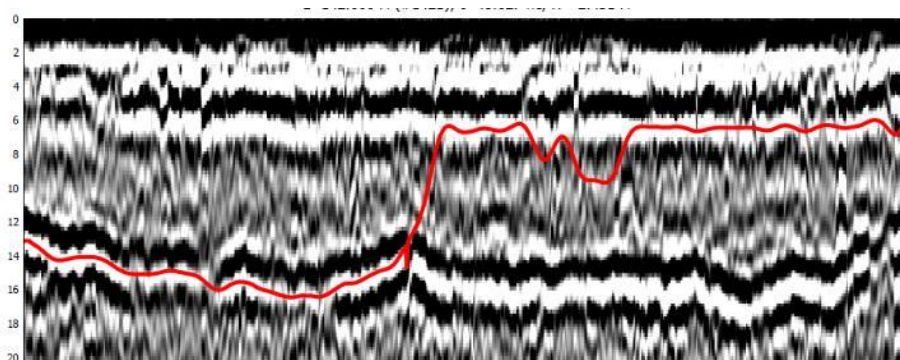


Рис.129 Пример работы алгоритма автоматизированного поиска границ

Для её исправления следует щелкнуть левой кнопки мыши на точку, с которой нужно исправить границу, а затем щелкнуть правой кнопкой мыши на новую точку, через которую должна пройти граница. Положение границы будет исправлено (рис.130):

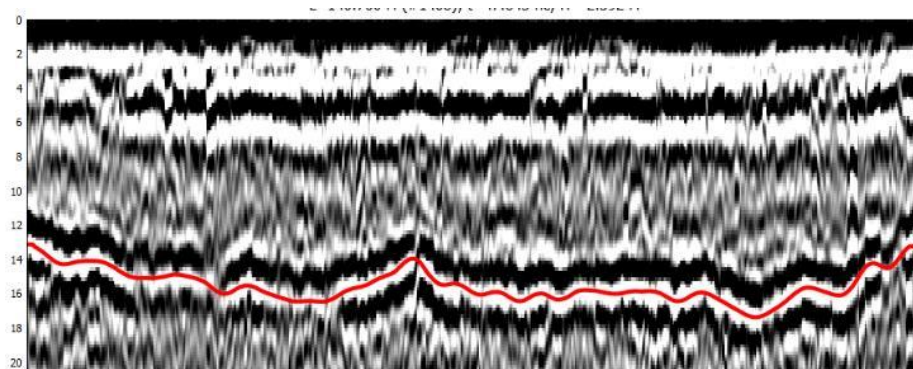


Рис.130 Пример работы алгоритма автоматизированного поиска границ после корректировки оператором

3.1.11.3. Плагин для расчета скоростных параметров среды по методу общей грунтовой точки (ОГТ)

Меню: Плагины – ОГТ

При построении грунтовой модели в точке определяется количество грунтовых слоев, толщина каждого слоя и скорость распространения волн в каждом слое. В программе реализована усовершенствованная методика скоростного анализа годографов отраженных волн. В рамках данной инструкции описаны лишь технические возможности программы по применению методики. Основные теоретические положения, область использования методики и примеры подробно описаны в [4].

3.1.11.3.1. Настройка радарограммы

Меню: Плагины – ОГТ – Настройки годографов (F8)

Перед тем, как непосредственно выполнять обработку, необходимо задать настройки (рис.131).

Рис.131 Настройки годографов

Положение оси, м	Горизонтальное расстояние от начала радарограммы до оси годографа. Обычно равно нулю.
Слой годографов	Слой, в котором будут находиться гиперболические гиперболы отраженных волн
Преобразование радарограммы	Этот флажок следует включать при обработке радарограмм, полученных с помощью георадара серии ЛОЗА. Необходим для учета прямой воздушной волны.
Мгновенный расчет модели	Если этот флажок включен, то грунтовая модель будут пересчитываться непосредственно при добавлении, изменении или удалении гиперболических годографов.

Первоначальная задача обработки заключается в том, чтобы выделить все гиперболические годографы отраженных волн (рис.132).

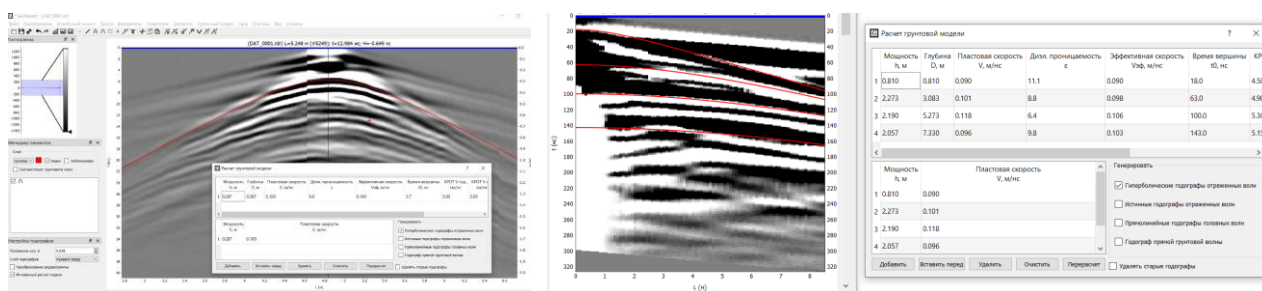


Рис.132 Работа с годографами отраженных волн

3.1.11.3.2. Гиперболический годограф

Для того, чтобы добавить гиперболический годограф, выберите пункт меню Плагин – ОГТ – Добавить гиперболический годограф $\wedge$ (Ctrl+3).

При нажатии на гиперболический годограф левой кнопкой мыши он выделится и появится окно свойств гиперболического годографа. В этом окне можно изменить координаты вершины гиперболы (расстояние, м и время, нс), эффективную скорость по гиперболе (м/нс), полудлину гиперболы (м), слой и цвет гиперболы.

Эффективная скорость определяет угол наклона ветвей гиперболы, а полудлина – расстояние по горизонтали от вершины гиперболы до ее конца (рис.133).

Гиперболический годограф

Вершина гиперболы

L0, м: 0,000

T0, нс: 123,56

Скорость, м/нс: 0,116

Полудлина гиперболы, м: 9,700

Слой: DEFAULT

☐ Цвет как у слоя

Рис.133. Меню работы с объектом «Гиперболический годограф»

Координаты вершины гиперболы можно изменить, нажав на колесико мыши. Угол наклона ветвей гиперболы (т.е. эффективную скорость) можно изменить, нажав на правую кнопку мыши.

3.1.11.3.3. Расчет грунтовой модели

Меню: Плагин – ОГТ – Расчет грунтовой модели (Ctrl+G)

Расчет грунтовой модели производится после того, как в первом приближении выделены гиперболические годографы (рис.134).

Расчет грунтовой модели

	Мощность h , м	Пластовая скорость V , м/нс	Диэл. проницаемость ϵ_{ps}	Эффективная скорость $V_{эф}$, м/нс	Время вершины t_0 , нс	Скорость в КРОТ $V_{кр}$, см/нс
1	0.900	0.080	14.062	0.080	22.500	40
2	1.307	0.109	7.575	0.096	46.482	48
3	2.091	0.125	5.760	0.109	79.938	55

	Мощность h , м	Пластовая скорость V , м/нс
1	0.900	0.080
2	1.307	0.109
3	2.091	0.125

Генерировать

☒ Гиперболические годографы отраженных волн

☐ Истинные годографы отраженных волн

☐ Прямолинейные годографы головных волн

☐ Годограф прямой грунтовой волны

Добавить Вставить перед Удалить Очистить Перерасчет ☒ Удалять старые годографы

Рис.134 Расчет грунтовой модели по построенным годографам

В верхней таблице показываются все результаты расчета грунтовой модели:

Мощность h , м	Толщина (мощность) слоя
Пластовая скорость, м/нс	Скорость распространения радиосигнала в слое
Диэлектрическая проницаемость ϵ	Диэлектрическая проницаемость в слое, рассчитывается по формуле $\epsilon = \left(\frac{c}{V}\right)^2$, где c – скорость света, 0.3 м/нс; V – пластовая скорость, м/нс.
Эффективная скорость $V_{эф}$ м/нс	Средняя скорость во всех слоях выше границы, к которой приурочен гиперболический годограф
Время вершины t_0 , нс	Время вершины гиперболического годографа
Скорость в КРОТ $V_{кр}$, см/нс	Эффективная скорость в единицах программы Крот, которой штатно комплектуются георадара серии ЛОЗА

Первые два параметра – мощность и пластовая скорость – определяют грунтовую модель. Они вынесены в отдельную таблицу снизу.

В этой таблице эти параметры можно вручную изменить и затем пересчитать положение гиперболических годографов (кнопка **Перерасчет**). В зависимости от выделенных настроек в группе **Генерировать** могут генерироваться:

- Обычные гиперболические годографы отраженных волн;
- Истинные негиперболические годографы отраженных волн (подробнее о них см. в [4]);
- Прямолинейные годографы головных (преломленных) волн;
- Прямолинейный годограф прямой грунтовой волны.

Для того, чтобы прежние гиперболические годографы удалялись, включите флажок Удалять старые годографы.

Если истинные гиперболические годографы отображаются слишком грубо, ступеньками, значит нужно уменьшить параметр [«Шаг изменения угла луча при расчете годографа»](#) в настройках.

3.1.11.3.4. Расчет спектра скоростей

Меню: Плагины – ОГТ – Спектр скоростей...

Рассчитывает спектр скоростей (англ. semblance analysis) для более точного подбора гиперболических годографов (рис.135). Подробнее о том, что такое спектр скоростей, как он строится и как его использовать, см. в специальной литературе.

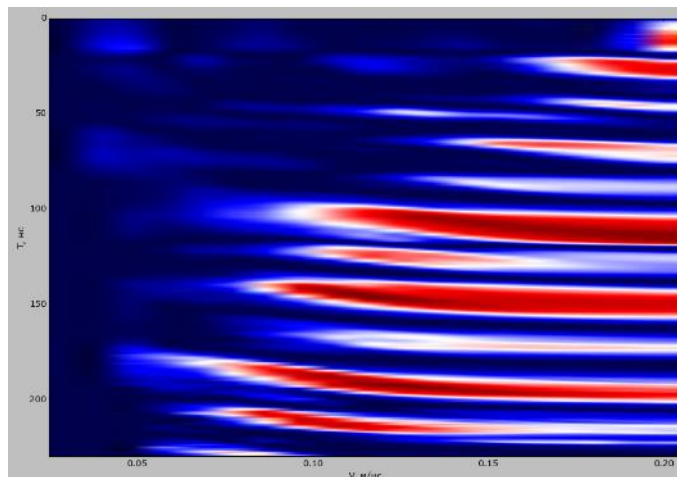


Рис.135 Спектр скоростей

3.1.11.3.5. Экспорт грунтовой модели в Excel

Меню: Плагины – ОГТ – Экспорт в Excel...

Экспортирует итоговую грунтовую модель в электронную таблицу формата Microsoft Excel.

3.1.11.3.6. Экспорт грунтовой модели в Word

Меню: Плагины – ОГТ – Экспорт в Word...

Экспортирует итоговую грунтовую модель в текстовый документ формата Microsoft Word.

3.1.11.4. Плагин для расчета скоростных параметров среды по методу амплитудного анализа

Меню: Плагины – Амплитудный анализ

Выполняет преобразование временного разреза в глубинный разрез с помощью [специального испытания на металлической пластине](#).

Вначале на радарограмме, полученной при испытании на металлической пластине, необходимо создать и выделить границу между воздухом и поверхностью. Выбрать пункт меню Плагины – Амплитудный анализ – Подготовка данных для амплитудного анализа... и сохранить файл с полученными данными.

После этого перейти на обрабатываемую радарограмму, прорисовать на ней границу между воздухом и поверхностью и выбрать пункт меню Плагины – Амплитудный анализ – Расчет скоростей в первом слое с помощью амплитудного анализа.... [Скорость](#)
[К оглавлению](#)

распространения радиоволн будет рассчитана отдельно для каждой трассы. Далее для преобразования временного разреза в глубинный следует воспользоваться [обычным расчетом](#).

3.1.11.5. Плагин внешних графиков

Меню: Плагины – Внешние графики

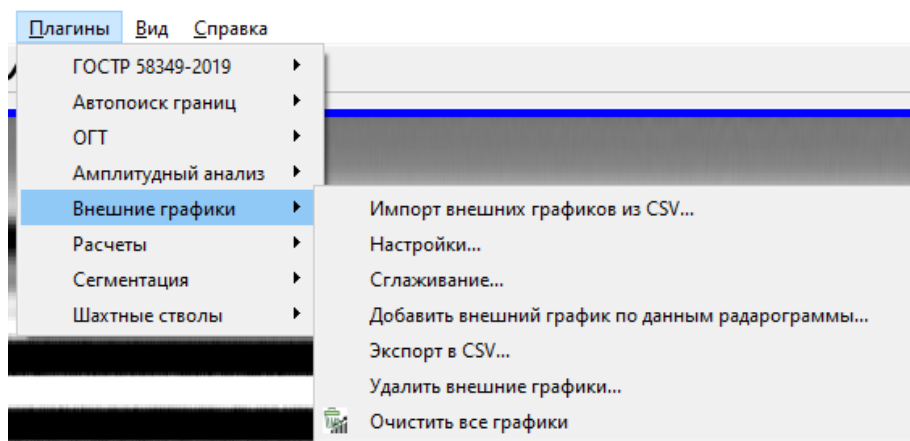


Рис.136 Меню работы с внешними графиками

Позволяет присоединять к радарограмме внешние графики для совместной обработки (рис.136).

3.1.11.5.1. Импорт внешних графиков из формата CSV

Меню: Плагины – Внешние графики – Импорт внешних графиков из CSV...

Импортирует внешние графики из формата CSV. Разделителем в CSV-файле должна быть точка с запятой. Первый столбец CSV-файла должен быть или расстоянием от начала радарограммы, или пикетным значением, либо первые два столбца должны быть координатами X и Y. В первой строке CSV-файла должны быть заголовки

Ниже представлен пример CSV-файла, в котором первый столбец указывает на пикетное значение (рис.137):

```
ПК;Динамический прогиб на поверхности, мм;Динамический модуль на поверхности, МПа;Статический прогиб, мм;Статический модуль, МПа
7+33.905;369.326699703314;512.21147;0.63837;288.6648809
7+29.822;305.625281900092;614.86702;0.52938;348.0958858
7+23.973;297.095139880074;617.44596;0.51381;358.6442459
7+14.626;461.496932920086;415.57674;0.79753;231.0571389
7+09.783;308.578816399763;598.55382;0.53457;344.716314
7+04.583;357.429090284746;526.30538;0.61761;298.3679021
6+95.148;325.449093667367;586.10762;0.56225;327.7456647
6+89.609;315.11290839692;580.92512;0.54495;338.150289
6+79.472;508.624062314622;376.62915;0.88057;209.2678606
6+69.321;808.011241758564;239.71348;1.39784;131.8283924
6+64.594;887.960968634032;214.63672;1.53624;119.9519606
6+53.040;342.91597903371;539.94536;0.59339;310.5461838
6+48.993;304.773027802062;616.38649;0.52765;349.2371837
```

Рис.137 Набор данных при импорте внешних графиков из формата CSV

В результате импорта внешние графики отображаются следующим образом (рис.138):

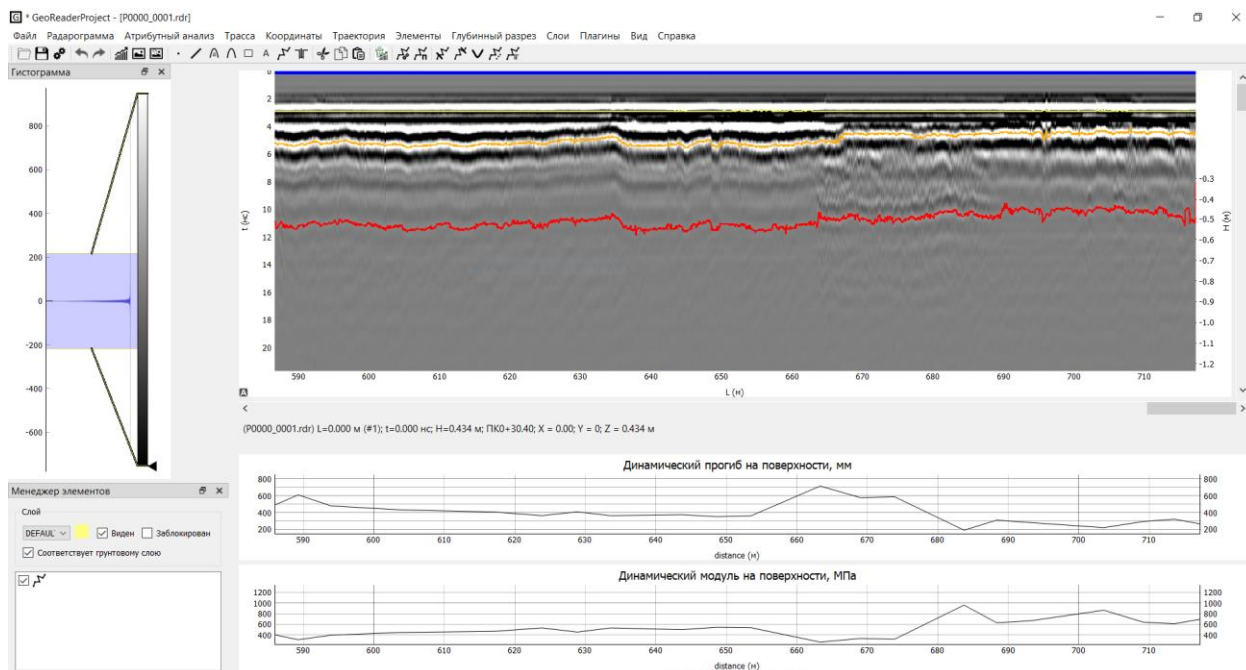


Рис.138 Представление построенных внешних графиков

3.1.11.5.2. Настройки внешних графиков

Меню: Платины – Внешние графики – Настройки...

Можно настроить, какие именно графики будут отображаться. Также, если включен флажок «Показывать точки», то точками будет выделяться каждое значение на внешнем графике (рис.139):



Рис.139 Точки на внешних графиках

3.1.11.5.3. Сглаживание внешних графиков

Меню: Платины – Внешние графики – Сглаживание...

Позволяет сгладить внешний график. Необходимо задать длину осреднения (в точках) (рис.140).

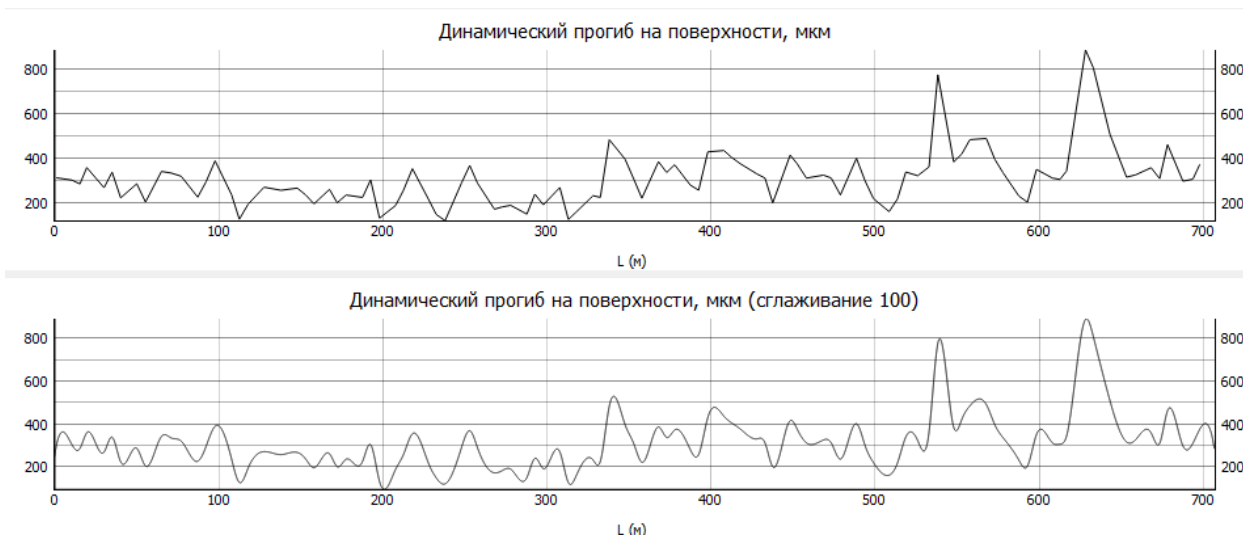


Рис.140 Сглаживание внешних графиков

3.1.11.5.4. Добавление внешних графиков

Меню: Плагины – Внешние графики – Добавить внешний график по данным радарограммы...

Позволяет рассчитать внешние графики по данным радарограммы (рис.141).

Рис.141 Настройка при построении внешнего графика

При этом, рассчитываются данные по трассам усиленным, трассам без усиления, а также по результатам атрибутного анализа.

Рассчитываемый параметр – средняя (middle), либо относительная средняя (relative_middle). Параметр middle – это среднее значение атрибута отдельной трассы в заданном диапазоне по шкале времени, параметр relative_middle – это отношение среднего значения атрибута отдельной трассы в заданном диапазоне по шкале времени к среднему значению этого атрибута всех трасс в том же диапазоне по шкале времени.

Расчет производится по всему временному диапазону (необходимо установить галочку напротив соответствующего поля), либо задается перечень диапазонов через пробел. При этом первое значение – начало диапазона, второе – его окончание, третье значение – начало второго диапазона, четвертое – окончание второго диапазона, и т.д.

Дополнительная информация к надписи позволяет сохранить нужное описание к выводимому графику.

3.1.11.5.5. Экспорт внешних графиков в CSV

Меню: Плагины – Внешние графики – Экспорт в CSV

Позволяет экспортировать в текстовый документ данные внешнего графика с рассчитанными параметрами.

3.1.11.5.6. Удаление внешних графиков

Меню: Плагины – Внешние графики – Удалить внешние графики...

Удаляет выбранные пользователем внешние графики (рис.142).

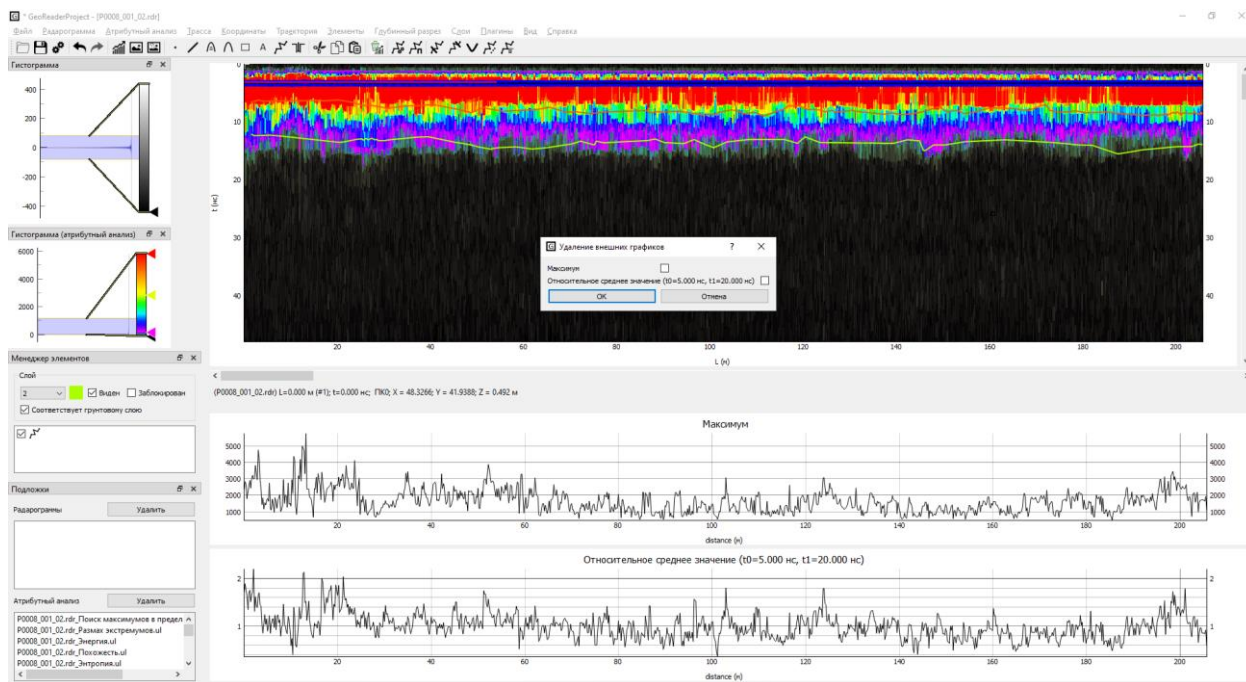


Рис.142 Внешние графики в окне программы

3.1.11.5.7. Очистка внешних графиков

Меню: Плагины – Внешние графики – Очистить все графики



Удаляет все внешние графики.

3.1.11.6. Плагин для расчетов

Меню: Плагины – Расчеты

3.1.11.6.1. Расчет разрешающей способности

Меню: Плагины – Расчеты – Расчет разрешающей способности...

Выполняет расчет разрешающей способности по горизонтали (в плане) и по вертикали (по глубине) в зависимости от скорости распространения сигнала, частоты антенны и расчетной глубины. Используется для подбора георадарного оборудования для решения требуемой задачи.

3.1.11.6.2. Расчет расстояния до воздушной помехи

Меню: Плагины – Расчеты – Расчет расстояние до воздушной помехи

Выполняет расчет расстояния до текущей точки при условии, что она показывает положение воздушной помехи. Может использоваться для оценки того, где потенциально располагается на радарограмме воздушная помеха.

3.1.11.7. Плагин сегментации

Меню: Плагины – Сегментация

3.1.11.7.1. Сегментация локальных объектов

Меню: Плагины – Сегментация – Сегментация локальных объектов...

Выполняет поиск локальных неоднородностей на результатах атрибутного анализа. Если атрибутный анализ не был рассчитан, то поиск производится на исходных радарограммах. Все найденные локальные неоднородности отображаются в виде элементов-прямоугольников в текущем слое. В программу заложено четыре способа сегментации локальных объектов.

Есть возможность отфильтровать найденные локальные неоднородности, указав диапазон их размеров по горизонтали и вертикали (рис.143).

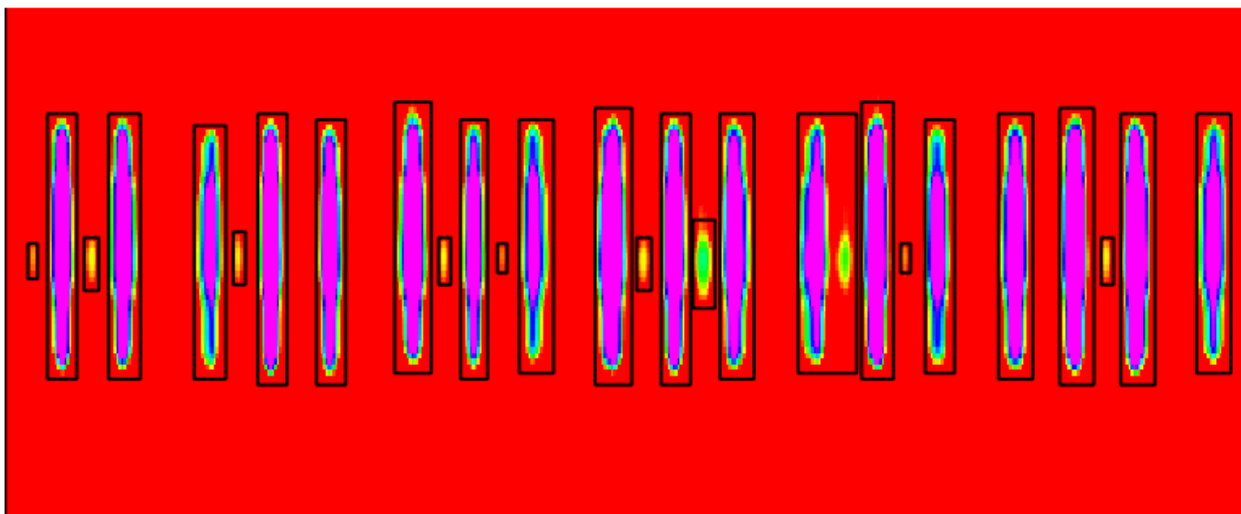


Рис.143 Сегментация объектов на радарограмме

3.1.11.7.2. Сегментация слоев

Меню: Плагины – Сегментация – Сегментация локальных слоев

Выполняет сегментацию протяженного слоя (рис.144).



3.1.11.7.3. Бинаризация

Меню: Плагины – Сегментация – Бинаризация

Бинаризация – это перевод цветного (или в градациях серого) изображения в двухцветное красно-черное. Главным параметром такого преобразования является порог t – значение, с которым сравнивается яркость каждого пикселя. По результатам сравнения, пикселю присваивается значение 0 или 1.

Главная цель бинаризации, это радикальное уменьшение количества информации, с которой приходится работать. Просто говоря, удачная бинаризация сильно упрощает последующую работу с изображением. С другой стороны, неудачи в процессе бинаризации могут привести к искажениям, таким, как разрывы в линиях, потеря значащих деталей, нарушение целостности объектов, появление шума и непредсказуемое искажение символов из-за неоднородностей фона.

3.1.11.8. Плагин построения кольцевых радарограмм (обследование шахтных стволов)

Меню: Плагины – Шахтные стволы – Представить в виде разреза шахтного ствола...

Для изменения контрастности кольцевой радарограммы доработана возможность вызова Гистограммы разреза шахтного ствола. (Рис. 145-146)

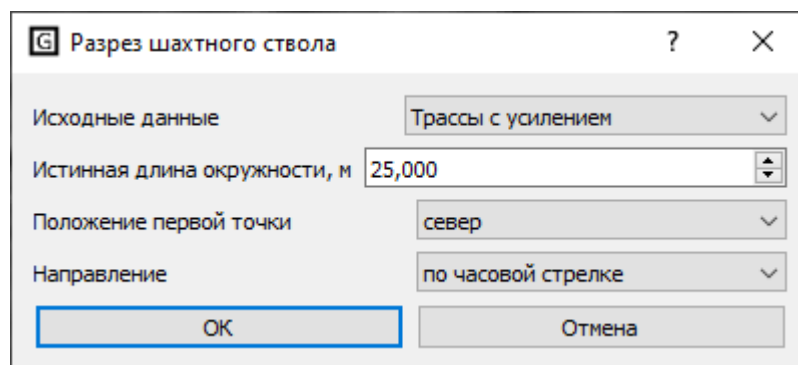


Рис.145 Настройка при построении разреза шахтного ствола

3.1.12. Настройки модуля обработки радарограмм

Меню: Файл – Настройки...  – Вкладка «Радарограмма» (F12)

3.1.12.1. Цветовая схема и цветовая схема для атрибутного анализа

Примеры цветовых схем (рис.147):

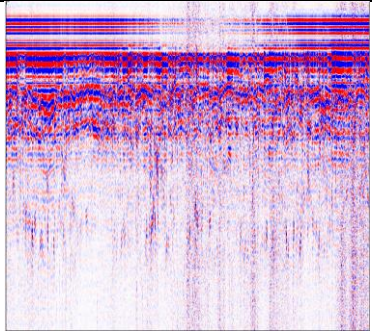
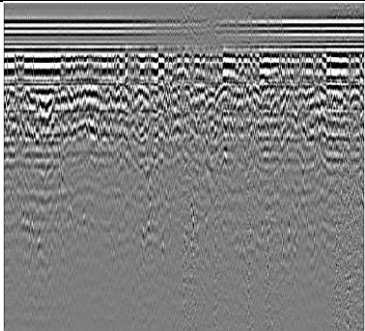
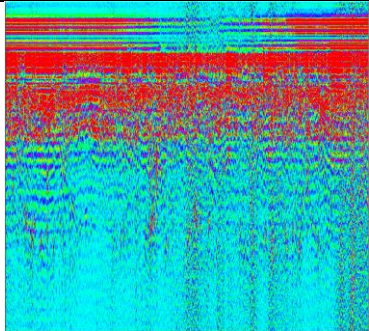
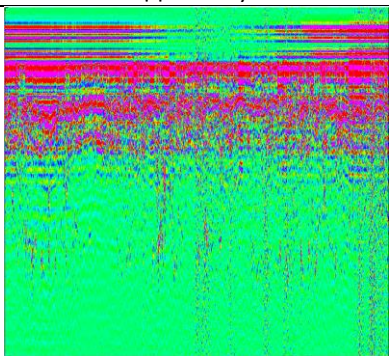
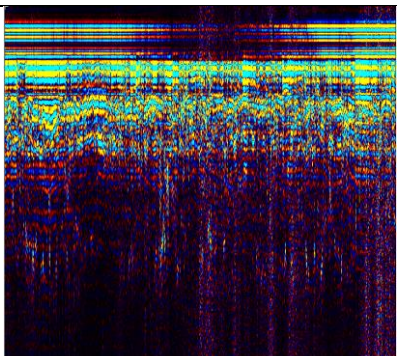
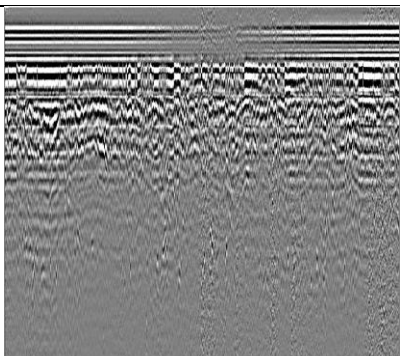
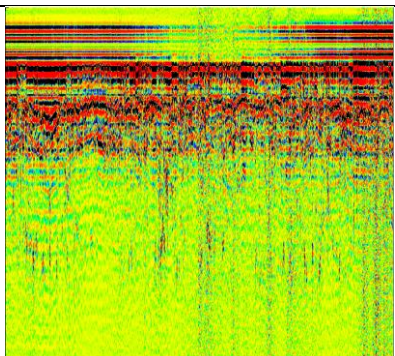
 seismic (красно-синяя схема; часто используется при анализе сейсмических данных)	 grey (черно-белая схема; одна из наиболее наглядных)	 cyclic (схема в виде спектра цветов от красного до фиолетового)
 spectrum (схема в виде спектра цветов от фиолетового до красного)	 bipolar (схема в виде оттенков от холодных до горячих через черный)	 greyOKO (обратная черно-белая схема, используется в ПО GeoScan32)
 Krot (схема в виде спектра цветов от черного до красного, используется в ПО Крот)		

Рис.147 Визуализация цветовых схем GeoReader

3.1.12.2. Левое и правое поля, %

При значениях, отличных от нуля, слева и справа от радарограммы появится свободное пространство. Целесообразно настраивать эти значения, если длина радарограммы небольшая.

3.1.12.3. Абсолютный режим гистограммы

Функция позволяет автоматически настроить высокую контрастность и яркость изображения георадарного профиля, смещая оба ползунка гистограммы в сторону 0.

3.1.12.4. Контрастность радарограммы по умолчанию

Задаёт стандартное значение контрастности радарограммы. В дальнейшем его можно настроить с помощью гистограммы.

3.1.12.5. Прозрачность радарограммы (после атрибутного анализа)

Если выполнен атрибутный анализ, то будут отображаться и исходная радарограмма, и результаты атрибутного анализа. Эта настройка задает прозрачность исходной радарограммы. Чем меньше прозрачность радарограммы, тем более заметными на ее фоне будут результаты атрибутного анализа. При прозрачности, равной нулю, будут видны только результаты атрибутного анализа. При прозрачности, равной единице, будет видна только исходная радарограмма.

3.1.12.6. Показывать координаты в строке информации

Если настройка включена, то в заголовке радарограммы помимо текущего положения курсора будут указываться координаты трассы (X, Y, Z), а также пикетажное значение (рис.148).

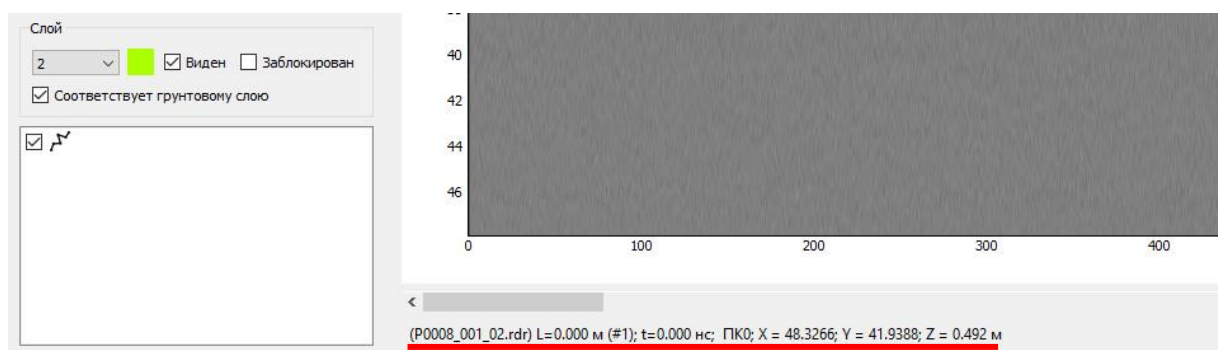


Рис.148 Строка информации

3.1.12.6. Показывать трассы на радарограмме

Если настройка включена, то в окне радарограммы вместо изображения будет отображаться набор трасс (рис.149). Количество трасс определяется настройкой Промежуток между трассами на радарограмме (в трассах).

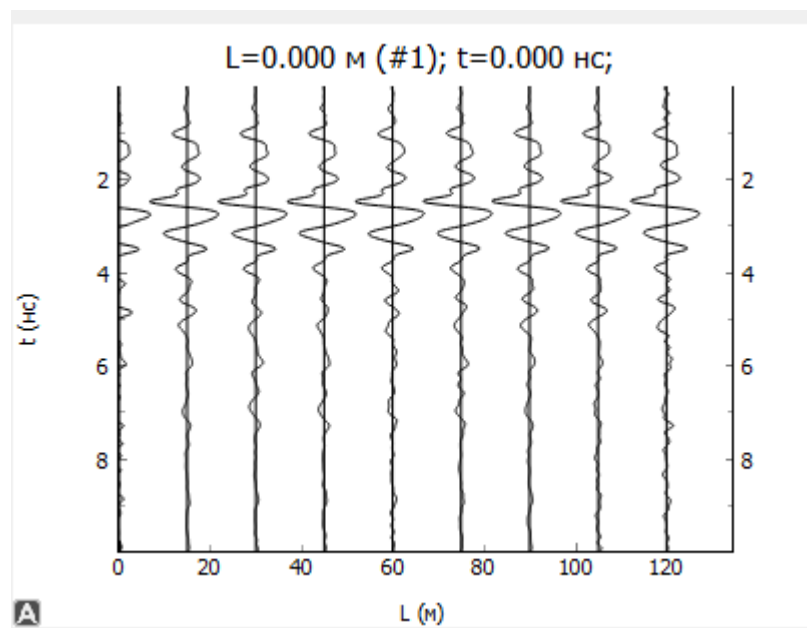


Рис.149. Представление трасс на радарограмме

3.1.12.7. Показывать ли поверхность на радарограмме

Если настройка включена, то после выполнения функции Задать поверхность по границе (п.3.1.8.7.13) выделенная граница поверхности подсветится синей жирной линией.

3.1.12.8. Показывать ли отметку на радарограмме

Активация данной функции позволяет представить глубинный разрез в величине глубины заложения от поверхности (рис.150).

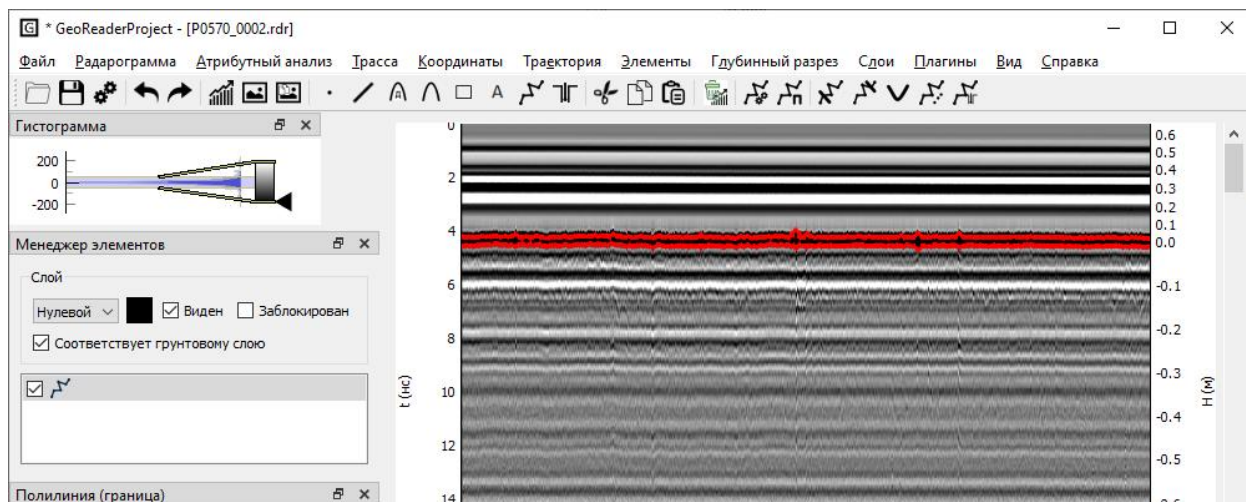


Рис.150 Отображение поверхности на радарограмме

Отключение функции преобразует глубинный разрез в величины абсолютных высот (рис.151).

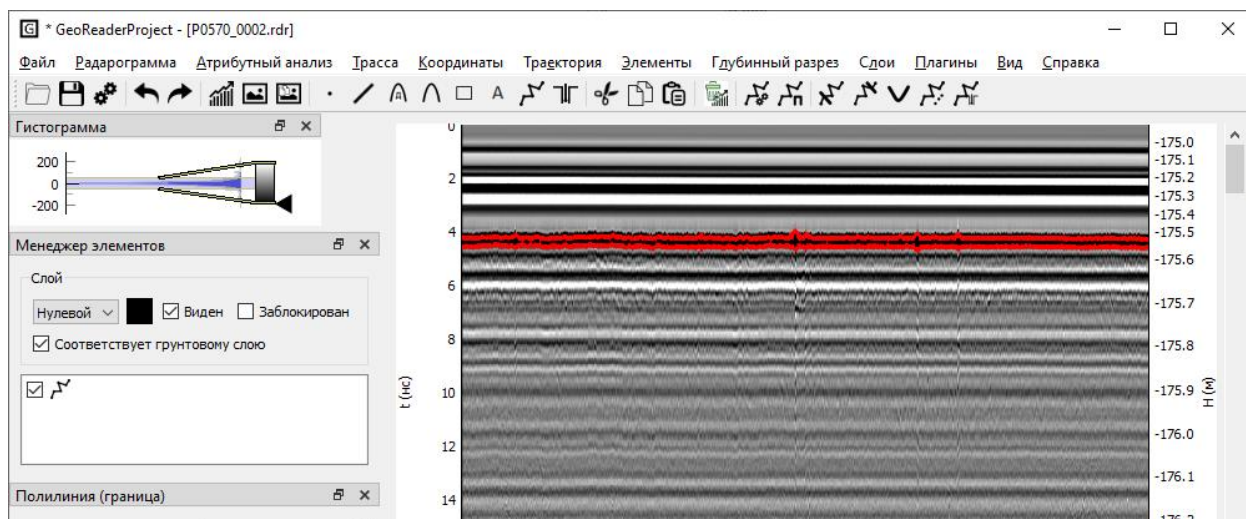


Рис.151 Визуализация глубинного разреза в виде абсолютных высот

Меню: Файл – Настройки...  – Вкладка «Прочее»

3.1.12.9. Языковые настройки

Позволяет выбрать язык интерфейса

В версии 2.11 кроме русского добавлено пять языков: английский, французский, японский, испанский, китайский.

3.1.12.10. Режим удаления трассы: удалять полностью или осреднять соседние трассы

В режиме *удалять полностью* при удалении трассы она полностью удаляется, уменьшается общая длина профиля. Режим следует использовать, если на одном и том же месте ошибочно записано несколько трасс.

В режиме *осреднять соседние трассы* вместо текущей трассы генерируется новая путем осреднения амплитуд соседних трасс. Общая длина профиля не изменяется. Режим следует использовать при наличии сбойных трасс с помехами.

3.1.12.11. Показывать трассу с учетом коэффициентов усиления

Если настройка включена, то в окне трассы будет отображаться не исходная трасса, а трасса с учетом умножения на коэффициенты усиления.

3.1.12.11. Показатель среды: скорость или диэлектрическая проницаемость

Задается параметр, характеризующий свойства сред. Это либо скорость распространения сигнала в среде (м/нс), либо относительная диэлектрическая проницаемость ϵ (рис.152).

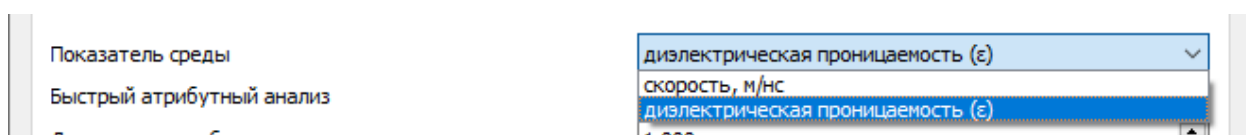


Рис.152 Настройка отображения скорости/диэлектрической проницаемости

3.1.12.12. Быстрый атрибутный анализ

Если настройка включена, то при выполнении атрибутного анализа рассчитываться будет не вся радарограмма, а только ее часть в зоне текущего положения курсора. Размеры этой зоны задаются настройками «Длина окна для быстрого амплитудного анализа, м» и «Ширина окна для быстрого амплитудного анализа, нс» (рис.153).

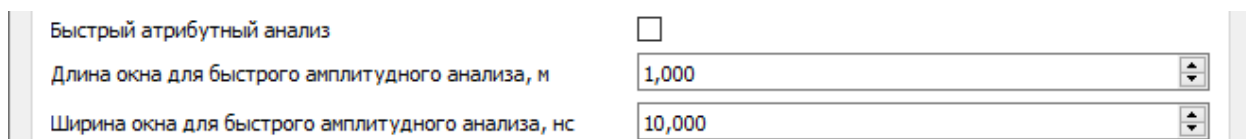


Рис.153 Настройка быстрого атрибутного анализа

3.1.12.13. При добавлении точка будет приклеиваться к ближайшему экстремуму

Если настройка включена, то при добавлении точки, она будет появляться не в текущем положении курсора, а на ближайшем экстремуме. Вид экстремума определяется следующей настройкой.

3.1.12.14. Вид экстремума

Вид экстремума, к которому приклеивается точка (при включенной предыдущей настройке). Возможные варианты: максимум (положительная фаза), минимум (отрицательная фаза) и ноль.

3.1.12.15. Порог амплитуды для экстремумов

Если амплитуда экстремума (минимума или максимума) будет меньше данного порога, то данное экстремальное значение не будет учитываться.

3.1.12.16. Шаг изменения угла луча, градусы

С увеличением параметра растет точность аппроксимации годографа и качество преобразования временного разреза в глубинный, но понижается быстродействие работы.

3.1.12.17. Разница между часовым поясом георадара и GPS-приемника, ч

Разница в часах между временем, генерируемым георадарным блоком обработки, и спутниковым приемником. Задается в случае, если эти времена записаны в разных часовых поясах.

3.1.12.18. Длина окна сглаживания, трассы

Длина окна сглаживания ломаных, измеряемая в трассах (рис.154).

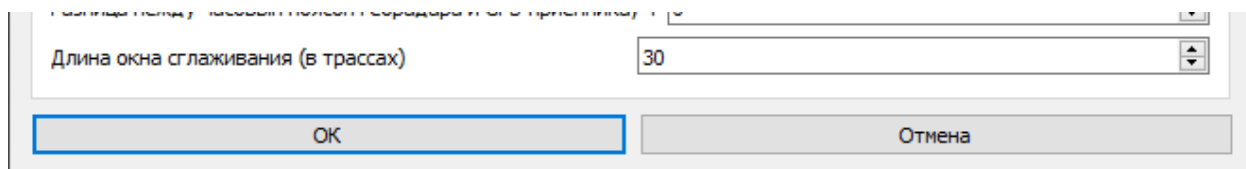


Рис.154 Настройка длины окна сглаживания (в трассах)

3.1.13. Настройки памяти

Меню: Файл – Настройки памяти...

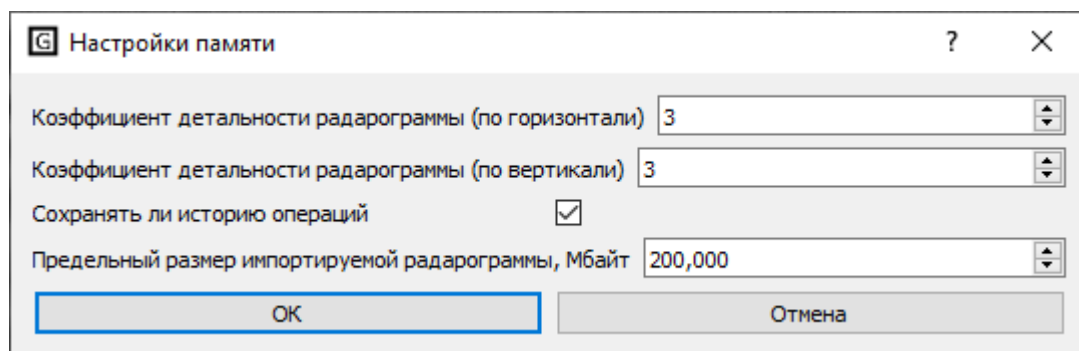


рис.155 Настройки памяти

3.1.13.1. Коэффициент детальности радарограммы (по горизонтали и вертикали)

Число в диапазоне от 1 до 100. Чем больше коэффициент, тем детальнее отображается радарограмма.

3.1.13.2. Сохранять ли историю операций

Если эта настройка включена, то сохраняется история операций, можно использовать команды Отменить / Повторить.

3.1.13.3. Предельный размер импортируемой радарограммы

Лимит памяти на радарограмму. Если этот лимит превышен, то радарограмма разделяется на несколько файлов. Задается пользователем.

3.1.14 Горячие клавиши

Клавиша	Действие	Меню
Ctrl + I	Импортировать исходные данные из формата GPR2	Файл – Импорт из GPR2 (георадары OKO-2) ...
Ctrl + O	Открыть радарограмму (файл rdr)	Файл – Открыть...
Ctrl + S	Сохранить радарограмму (в файле rdr)	Файл – Сохранить...
Ctrl + Z	Отменить операцию	Радарограмма – Отменить
Ctrl + Shift + Z	Повторить операцию	Радарограмма – Повторить
Ctrl + +	Переход к точке с заданными координатами (L, T)	
Ctrl + 0	Привести трассы к нулю	Радарограмма – Привести трассы к нулю
Ctrl + T	Обрезать радарограмму снизу	Радарограмма – Обрезать – Обрезать снизу...
Ctrl + пробел	Настройка усиления по текущей трассе	Радарограмма – Усиление – Настройка усиления по текущей трассе
Ctrl + E	Сохранить изображение радарограммы	Радарограмма – Сохранить изображение...
Ctrl + 1	Добавить точку	Элементы – Добавить точку
Ctrl + 2	Добавить отрезок	Элементы – Добавить отрезок
Ctrl + 4	Добавить дифракционную гиперболу	Элементы – Добавить дифракционную гиперболу
Ctrl + 5	Добавить ломаную	Элементы – Добавить ломаную
Ctrl + L	Объединить точки текущего слоя в ломаную	Элементы – Работа с ломаными – Объединить точки в ломаную
Ctrl + Shift + L	Расчленив выделенную ломаную на отдельные точки	Элементы – Работа с ломаными – Расчленив ломаную на точки
Ctrl + Del	Удалить ближайшую вершину на текущей ломаной	Элементы – Работа с ломаными – Удалить ближайшую вершину на текущей ломаной
Shift + F12	Настройка автопоиска границы	Плагины – Автопоиск границ – Настройка автопоиска границы...
Ctrl + A	Автоматический поиск новой границы	Плагины – Автопоиск границ – Автоматический поиск новой границы
Ctrl + Shift + A	Автоматическое исправление выделенной границы	Плагины – Автопоиск границ – Автоматическое исправление выделенной границы
Ctrl + Shift + >	Обрезать выделенную границу справа	Элементы – Работа с ломаными – Обрезать выделенную границу справа
Ctrl + Shift + <	Обрезать выделенную границу слева	Элементы – Работа с ломаными – Обрезать выделенную границу слева
Ctrl + U	Объединить границы	Элементы – Работа с ломаными – Объединить границы
Ctrl + Shift + U	Объединить все границы слоя	Элементы – Работа с ломаными – Объединить все границы слоя
Ctrl + Shift + H	Заменить часть ломаной точками	Элементы – Работа с ломаными – Заменить часть ломаной точками
Ctrl + Shift + E	Продлить границу до конца и начала профиля	Элементы – Работа с ломаными – Продлить границу до конца и начала профиля

Ctrl + C	Создать копию выделенного элемента	Элементы – Копировать элемент
Del	Удалить выделенный элемент	Элементы – Удалить элемент
Ctrl + P	Выполнить преобразование исходного временного разреза в глубинный разрез	Глубинный разрез – Расчет...
Ctrl + Shift + P	Выполнить быстрое преобразование исходного временного разреза в глубинный разрез (без учета границ и отметок)	Глубинный разрез – Быстрый расчет (без учета границ и отметок)...
F1	Вызов справки	Справка – Справка
F2	Показать трассу	Вид – трасса
Ctrl + F2	Зафиксировать трассу	Трасса – Зафиксировать трассу
F3	Показать гистограмму	Вид – гистограмма
F4	Показать гистограмму для атрибутивного анализа	Атрибутный анализ – Гистограмма для атрибутивного анализа
F5	Показать гистограмму глубинного разреза	Глубинный разрез – Гистограмма глубинного разреза
F6	Показать менеджер элементов	Вид – Менеджер элементов
F7	Показать привязанную радарограмму	Вид – Привязанная радарограмма
F12	Настройки	Файл – Настройки...

3.2. GeoReaderProject

В программу заложена возможность пакетной обработки нескольких радарограмм. Это нужно при обработке большого количества радарограмм на участке: в том числе, при обработке данных параллельных проездов, а также при работе с многоканальным георадарным оборудованием.

Окно приложения состоит из трех частей: список файлов в проекте (1), информация о выбранной радарограмме (2), примечания к выбранной радарограмме (3) и окно плана (4). По умолчанию окно плана выключено; чтобы его отобразить, выберите пункт меню Вид – План.

Для правильного отображения карты местности необходимо наличие на используемом персональном компьютере SSL-сертификатов поставщика OpenStreetMap. Если на компьютере не используются иные SSL-сертификаты, которые могут вызвать конфликт версий программного обеспечения, то рекомендуем скачать и установить данный сертификат по ссылке <https://slproweb.com/products/Win32OpenSSL.html>

Карту можно подгружать только для файлов траектории в общемировой географической системе координат (рис.156).

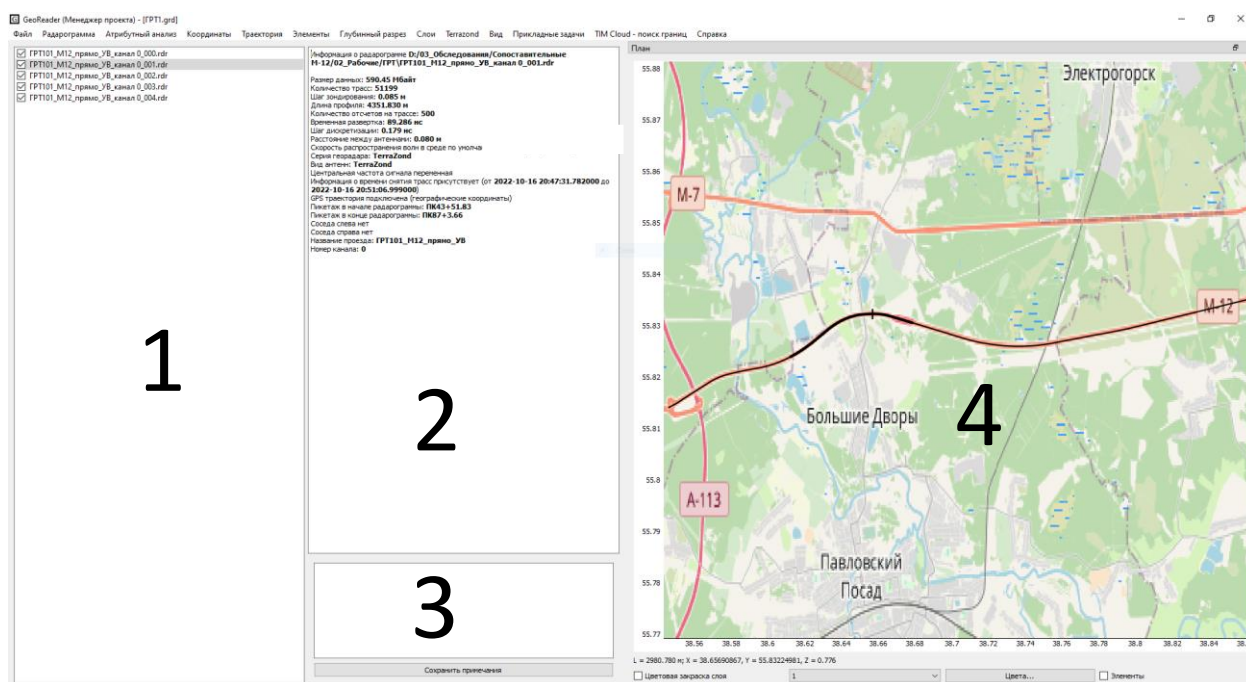


Рис.156 Окно приложения GeoReader Project (менеджер проекта)

При двойном щелчке на названии файла соответствующая радарограмма открывается в приложении GeoReader.

3.2.1. Меню проекта

Основное меню **GeoReader Project** содержит, в первую очередь, возможности работы с георадарным проектом (рис.157).

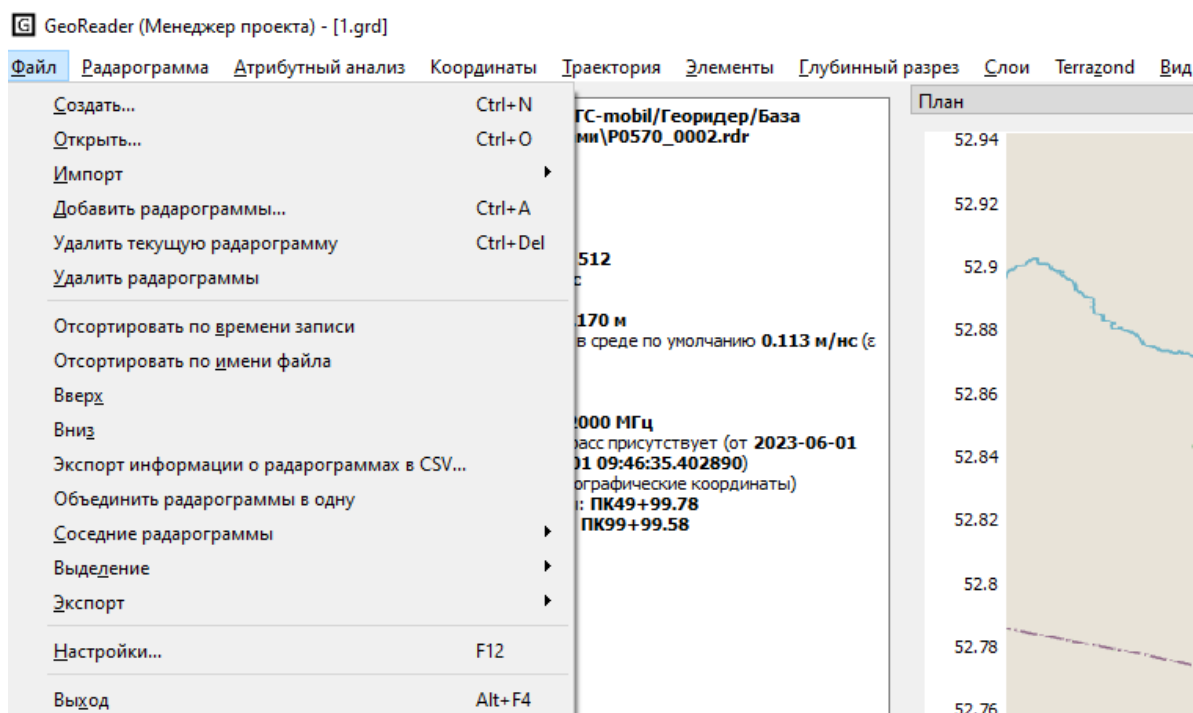


Рис.157 Меню «Файл» менеджера проекта

3.2.1.1. Создание георадарного проекта

Для работы в программном комплексе **GeoReader** необходимо запустить файл **GeoReaderProject.exe** и создать новый проект (меню Файл – Создать (Ctrl+N)).

3.2.1.2. Открытие ранее созданного георадарного проекта

Для загрузки существующего проекта следует выбрать пункт меню Файл – Открыть (Ctrl+O).

3.2.1.3. Добавление и импорт радарограмм в проект

Добавление радарограмм (файлов с расширением rdr) в проект осуществляется путем выбора пункта меню Файл – Добавить радарограмму. Также можно импортировать радарограммы из форматов ПО Крот (txt), GeoScan (gpr и gpr2), DZT, RD3, DT1, SGY, IPRB, TRZ и из CSV (меню Файл – Импорт).

Для массового импорта файлов из нескольких папок (вместе с траекториями) следует воспользоваться пунктами меню Файл – Импорт – Импорт из папок...

3.2.1.4. Удаление радарограмм из проекта

Удаление радарограмм из проекта возможно двумя вариантами – Удалить текущую радарограмму (выделенную в [списке файлов \(1\)](#)) и Удалить радарограммы, отмеченные галочкой в [списке файлов \(1\)](#).

3.2.1.5. Возможности работы с файлами (радарограммами) в списке файлов (1) проекта

Кроме функций добавления и удаления радарограмм в проект, в GeoReader Project есть возможность сортировки радарограмм в [списке файлов \(1\)](#) – по времени записи и по имени файла.

Перемещение радарограмм в [списке файлов \(1\)](#) в версии 2.11 осуществляется только специальными командами – Вверх и Вниз.

3.2.1.6. Экспорт информации о радарограммах в CSV

Данная функция позволяет экспортировать полную информацию о всех радарограммах проекта в редактируемом формате для дальнейшей обработки.

Перечень информации:

- а) filename – название файла радарограммы
- б) previous_radargram_filename – название предыдущего файла радарограммы (в проекте)
- в) next_radargram_filename – название следующего файла радарограммы (в проекте)
- г) file_size – размер файла
- д) traces_count – количество трасс
- е) delta_distance – шаг сканирования георадара
- ж) distance_max – протяженность радарограммы
- з) samples_count – количество отсчетов по глубине
- и) time_base – временная развертка
- к) delta_time – шаг сканирования по глубине
- л) antenna_distance – расстояние между антеннами
- м) default_velocity – скорость распространения электромагнитных волн в среде по умолчанию
- н) gpr_unit – георадар
- о) antenna_name – наименование антенны
- п) frequency – частота антенны
- р) time_collecting_start – время начала сбора данных
- с) time_collecting_finish – время окончания сбора данных
- т) is_gps_trajectory – наличие траектории
- у) is_geographical – наличие географических координат
- ф) is_pop_binding – связанный поперечный профиль
- х) notes – примечания
- ц) layers_caption – признаки слоя
- ч) route_name – наименование проезда
- ш) canal_number – номер канала (для многоканальных георадаров)
- щ) picket_start – начальный пикет (точка на местности, используется в дорожном строительстве)
- ы) picket_finish – конечный пикет (точка на местности, используется в дорожном строительстве)

3.2.1.7. Объединение радарограмм

Функцией Объединить радарограммы в одну возможно объединить все радарограммы, выделенные галочкой в [списке файлов \(1\)](#). Для этого они должны иметь одинаковую временную развертку и шаг сканирования. В противном случае будет выдано предупреждение об ошибке (рис.158):

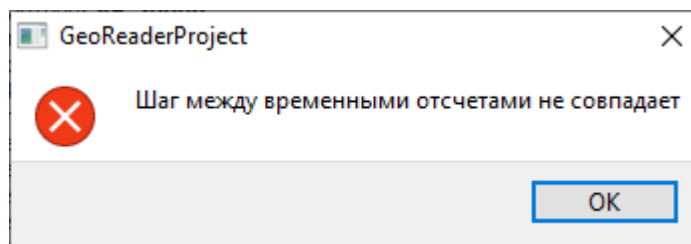


Рис.158 Окно-предупреждение

3.2.1.8. Работа с соседними радарограммами

Для того, чтобы две радарограммы сделать соседними, выделите интересующий файл, затем выберите пункт меню Файл – Соседние радарограммы – Добавить слева (справа) ... и укажите в списке файл, который будет соседним для выделенного. Если включить флажок «Перенести границы», то на соседней радарограмме отобразятся границы с предыдущего файла (рис.159).

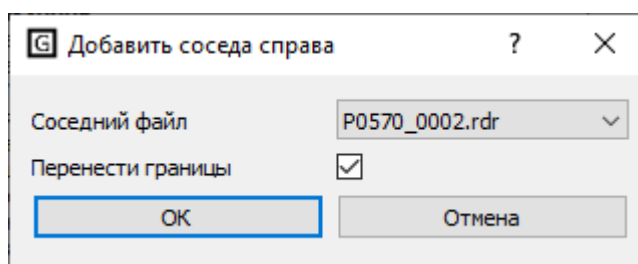


Рис.159 Окно добавления соседнего файла (радарограммы) к текущей

3.2.1.9. Выделение радарограмм в списке файлов (1)

Для возможности групповой обработки интересующих файлов проекта добавлены функции выделения радарограмм в [списке файлов \(1\)](#) (рис.160)

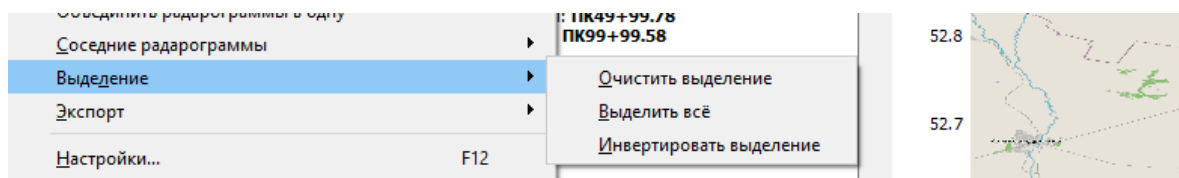


Рис.160 Функции выделения файлов в менеджере проекта

С их помощью можно:

- очистить полностью выделение в списке файлов (по умолчанию всегда выделены все файлы проекта);
- выделить все файлы проекта;
- инвертировать выделение.

3.2.1.10. Экспорт данных

Меню: Файл – Экспорт

Выполняет экспорт различных данных во внешние файлы.

3.2.1.10.1. Экспорт радарограмм в изображения

Меню: Файл – Экспорт – Экспорт радарограмм в изображения...

Если включить флажок «Разбивать на участки», то все радарограммы будут разбиты на участки заданной длины (рис.161).

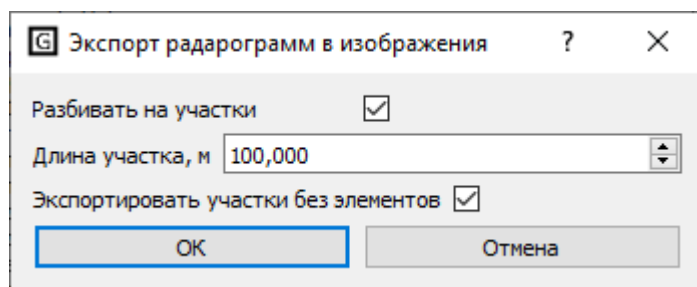


Рис.161 Настройки пакетного экспорта радарограмм в изображения

Если флажок «Экспортировать участки без элементов» выключен, то радарограммы без элементов экспортироваться не будут.

3.2.1.10.2. Экспорт слоев в CSV

Меню: Файл – Экспорт – Экспорт слоев в CSV...

Подробную информацию см. [Экспорт слоев в CSV](#)

3.2.1.10.3. Экспорт слоев в DXF

Меню: Файл – Экспорт – Экспорт слоев в DXF...

Подробную информацию см. [Экспорт слоев в DXF](#)

3.2.1.10.4. Экспорт радарограмм в папку

Меню: Файл – Экспорт – Экспорт радарограмм в папку...

Экспортирует все файлы проекта в формате *.rdg в отдельную папку.

3.2.1.10.5. Экспорт границ в CSV

Меню: Файл – Экспорт – Экспорт границ в CSV...

Экспортирует информацию о всех границах в CSV-файл.

3.2.1.10.6. Экспорт границ в Shape-файл

Меню: Файл – Экспорт – Экспорт границ в SHP...

Экспортирует информацию о всех границах в Shape-файл. Далее его можно открыть в ГИС-системах.

3.2.1.10.7. Экспорт точечных элементов в CSV

Меню: Файл – Экспорт – Экспорт точечных элементов в CSV...

Экспортирует информацию о всех точечных элементах (точках, метках, дифракционных гиперболах) в CSV-файл. В файле содержится информация о следующих заголовках:

- а) file_name – имя файла
- б) num_traces – номер трассы
- в) date_collecting – дата и время записи трассы
- г) distance – расстояние от начала георадарного профиля;
- д) pk – пикетаж;
- е) X, Y, Z – координаты;
- ж) height – глубина нахождения точечного элемента, м;

- з) captions – название точечного элемента;
- и) layer_captions – название слоя, в котором находится элемент;
- к) layer_colors – цвет слоя.

3.2.1.10.8. Экспорт прямоугольников в CSV

Меню: Файл – Экспорт – Экспорт прямоугольников в CSV...

Экспортирует информацию о прямоугольниках – крайних их положений по оси расстояния и времени на радарограмме:

- а) filename – наименование радарограммы
- б) l0 – положение начального расстояния, м;
- в) l1 – положение конечного расстояния, м;
- г) t0 – положение начального времени, нс;
- д) t1 – положение конечного времени, нс.

3.2.1.10.9. Экспорт траектории в KML

Меню: Файл – Экспорт – Экспорт траектории в KML...

Экспортирует информацию о траектории в KML-файл, если она в географическом формате. Далее траекторию в этом формате можно открыть в Google Earth.

3.2.1.10.10. Экспорт радарограмм в CSV

Меню: Файл – Экспорт – Экспорт радарограмм в CSV...

Экспортирует значения амплитуд георадарных трасс в каждой точке сканирования. При этом экспортировать можно трассы без усиления, с усилением и результат атрибутного анализа (рис.162).

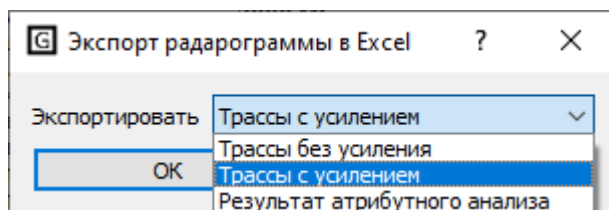


Рис.162 Настройки экспорта радарограмм в CSV

При открытии экспортированного файла в MS Excel можно увидеть следующую информацию (рис.163):

#	0	1	2	3	4	5
X	54.683834	54.683834	54.683834	54.683826	54.683826	54.683822
Y	52.865345	52.865345	52.865345	52.865341	52.865337	52.865337
Z	250.33764	250.33764	250.33764	250.33004	250.32824	250.32624
T/L	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
0.0	185.000	172.000	168.000	199.000	171.000	193.000
0.039	74.000	54.000	59.000	92.000	88.000	74.000
0.078	-72.000	-93.000	-70.000	-52.000	-22.000	-77.000
0.117	-153.000	-161.000	-133.000	-128.000	-87.000	-154.000
0.156	-125.000	-106.000	-101.000	-92.000	-75.000	-119.000
0.195	-55.000	-16.000	-44.000	-24.000	-39.000	-51.000
0.234	-60.000	-29.000	-67.000	-51.000	-72.000	-69.000

Рис.163 Набор данных при экспорте радарограмм в CSV

Где, в столбцах расположены георадарные трассы по номерам, в строках – информация о них: координаты (X, Y, Z), значение расстояния (по каждой георадарной трассе) и значение амплитуды георадарного сигнала а каждом шаге дискретизации по глубине.

3.2.1.10.11. Экспорт средних значений в CSV...

Меню: Файл – Экспорт – Экспорт средних значений в CSV...

Позволяет экспортировать средние значения амплитуд в файл CSV. При этом, также можно выбрать вид данных (трассы без усиления, с усилением и результат атрибутивного анализа), и выбрать диапазон осреднения (по шкале времени) (рис.164).

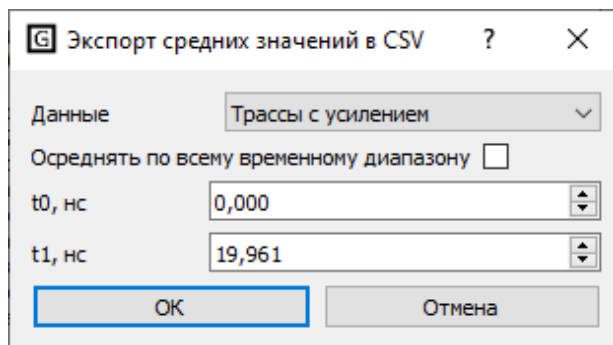


Рис.164 Настройки экспорта средних значений в CSV

Где t0 – время начала диапазона, t1 – время окончания диапазона.

Отметка поля *Осреднять по всему временному диапазону*, соответственно, выполнит осреднение всего временного диапазона.

При открытии файла в MS Excel получим следующий набор данных (рис.165):

filename	Number	X	Y	Z	middle	relative_middle
P0570_0002	0	54.68383407	52.86534500	250.3376464	0.275248897	-1.7888046502870563
P0570_0002	1	54.68383407	52.86534500	250.3376464	0.308857580	-2.0072228497150513
P0570_0002	2	54.68383407	52.86534500	250.3376464	0.208016133	-1.3518681819514453
P0570_0002	3	54.68382644	52.86534118	250.3300476	0.273076371	-1.7746857043759474
P0570_0002	4	54.68382644	52.86533737	250.3282470	0.538896127	-3.5022116603481717
P0570_0002	5	54.68382263	52.86533737	250.3262481	0.176828850	-1.1491863276157581

Рис.165 Набор данных при экспорте средних значений в CSV

, где

- а) filename – наименование радарограммы;
- б) number – номер трассы;
- в) X – широта;
- г) Y – долгота;
- д) Z – высота;
- е) middle – среднее значение амплитуды сигнала;
- ж) relative_middle – относительное среднее значение амплитуды сигнала (отношение среднего значения для трассы в выбранном временном диапазоне к среднему по всем трассам отдельного профиля в том же временном диапазоне).

3.2.2. Операции по пакетной обработке радарограмм

Меню: Радарограмма

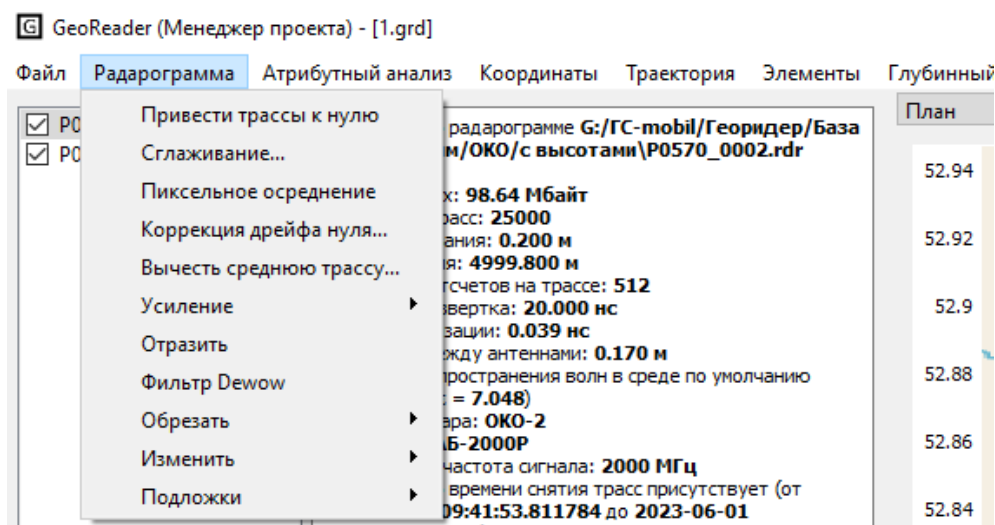


Рис.166 Набор команд меню «Радарограмма» менеджера проекта

Все команды из меню Радарограмма выполняют преобразования над всеми выделенными в списке файлов (1) радарограммами – пакетная обработка (рис.166).

3.2.2.1. Приведение трасс к нулю

Меню: Радарограмма – Привести трассы к нулю... ([См. п.3.1.3.7](#))

3.2.2.2. Сглаживание

Меню: Радарограмма – Сглаживание... ([См. п.3.1.3.9](#))

3.2.2.3. Пиксельное осреднение

Меню: Радарограмма – Пиксельное осреднение... ([См. п.3.1.3.10](#))

3.2.2.4. Коррекция дрейфа нуля

Меню: Радарограмма – Коррекция дрейфа нуля... ([См. п.3.1.3.11](#))

3.2.2.5. Вычесть среднюю трассу

Меню: Радарограмма – Вычесть среднюю трассу... ([См. п.3.1.3.6](#))

3.2.2.6. Группа Усиление

Меню: Радарограмма – Усиление ([См. п.3.1.3.13](#))

3.2.2.7. Отражение радарограмм

Меню: Радарограмма – Отразить ([См. п.3.1.3.1](#))

3.2.2.8. Фильтр Dewow

Меню: Радарограмма – Фильтр Dewow ([См п.3.1.3.15](#))

3.2.2.9. Обрезка радарограмм

Меню: Радарограмма – Обрезать ([См. п.3.1.3.2](#))

3.2.2.10. Изменение радарограмм

Меню: Радарограмма – Изменить ([См. п. 3.1.3.22](#))

3.2.2.11. Работа с подложками

Меню: Радарограмма – Подложки

Работа с подложками в GeoReader Project осуществляется аналогично принципам, описанным в [п.3.1.3.20](#) и [п.3.1.3.21](#), но вместе с этим имеется возможность пакетной загрузки (всем радарограммам проекта) определенной по номеру подложки, рассчитанной пакетным атрибутивным анализом ([п.3.1.4.23](#)) (рис.167)

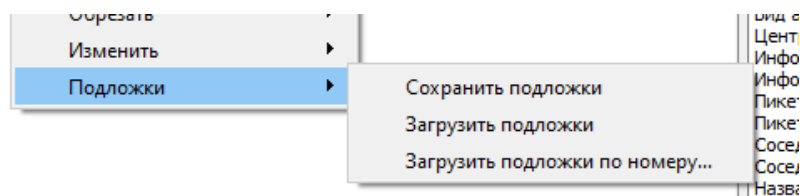


Рис.167 возможности работы с подложками в GeoReader Project

3.2.3. Атрибутный анализ в GeoReader Project

Меню: Атрибутный анализ

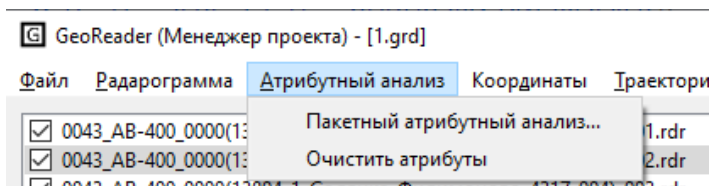


Рис.168 Меню пакетного атрибутного анализа в GeoReader Project

Здесь возможно выполнение двух задач – пакетный атрибутный анализ ([см. п.3.1.4.20](#)) или Очистка атрибутов ([см. п.3.1.4.22](#)) со всех радарограмм.

При пакетном атрибутном анализе пользователь указывает галочками какие именно атрибуты должны быть рассчитаны для всего проекта.

Под номером подложки понимается порядковый номер рассчитываемого атрибута, когда пользователь сам настраивает состав атрибутов для пакетного расчета. Общие настройки расчета и возможные частные настройки отдельных атрибутов задаются (рис.169)

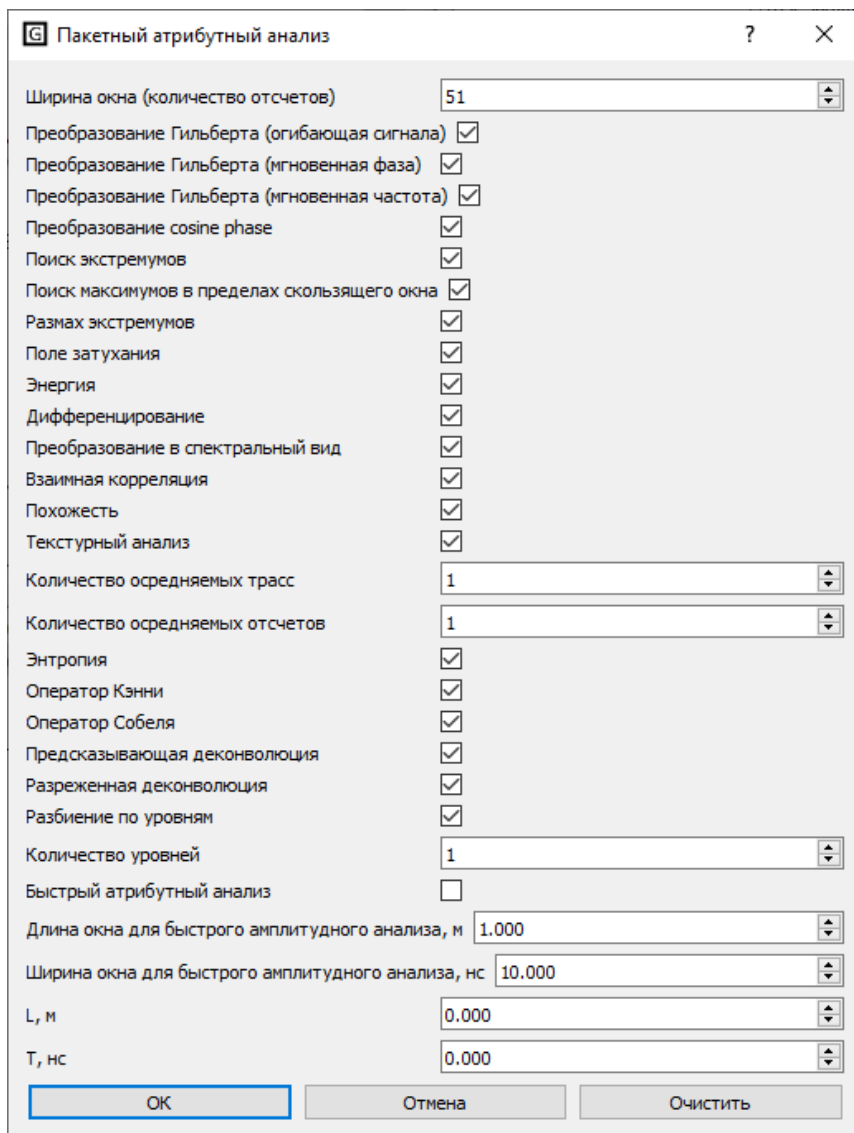


Рис.169. Меню настроек запуска пакетного атрибутного анализа

3.2.4. Работа с координатами георадарных профилей

Меню: Координаты

Менеджер проекта позволяет создавать схемы створов прохода георадара любой конфигурации, смещать сети профилей в плане и реверсировать координаты опорных точек профилей. Созданные сети расположения георадарных профилей отображаются в окне плана. Координаты створов прохода георадара записываются непосредственно в радарограммы проекта. Для создания сети створов может выполняться ручной ввод координат начала и конца профиля или пакетный импорт файла координат для всех профилей проекта разом (рис.170).

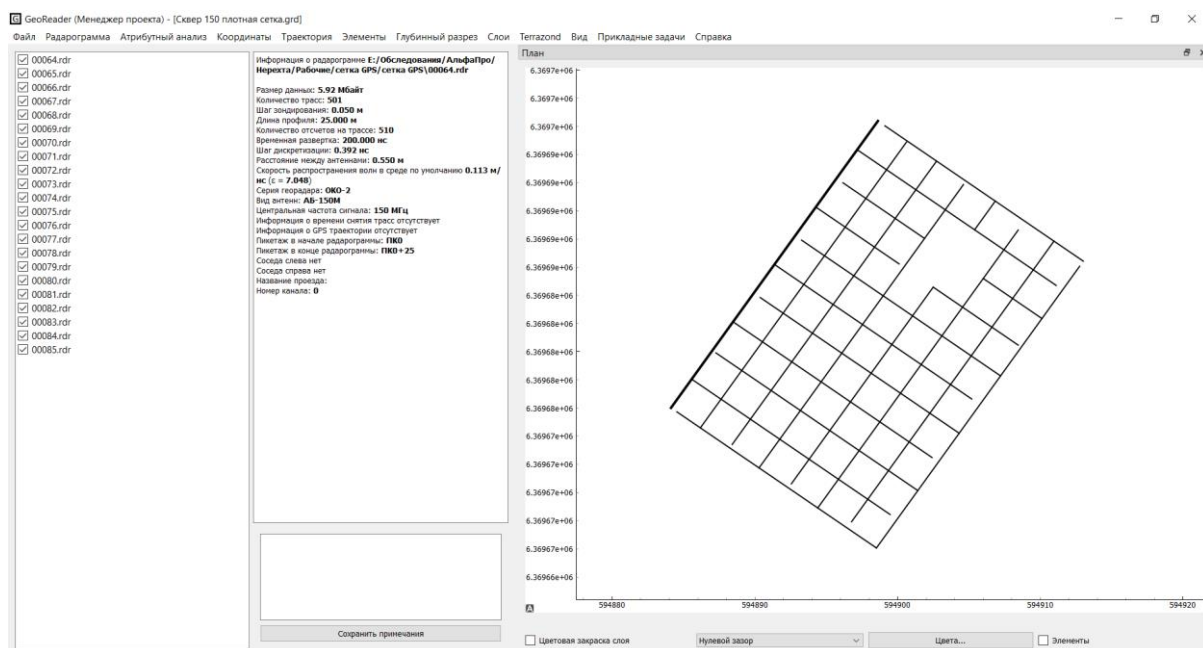


Рис.170. Отображение сети расположения георадарных профилей в окне плана

Также существует возможность автоматического создания серии параллельных георадарных профилей с заданным шагом смещения или размещения радарограмм последовательно друг за другом с учетом порядкового номера (имени) или времени записи георадарного профиля.

Высотные отметки створов прохода георадара задаются едиными принудительно для всех радарограмм проекта. При этом опционально может быть установлена высотная отметка поверхности сканирования в определенном месте вертикальной шкалы георадарного профиля. Например, когда используются антенные блоки георадара, работающие с отрывом от поверхности сканирования.

В случае отсутствия информации о пространственных координатах георадарного профиля или при необходимости дополнения пространственных привязок линейными, используются функции установки пикетажа и километража начала и конца профилей (рис.171).

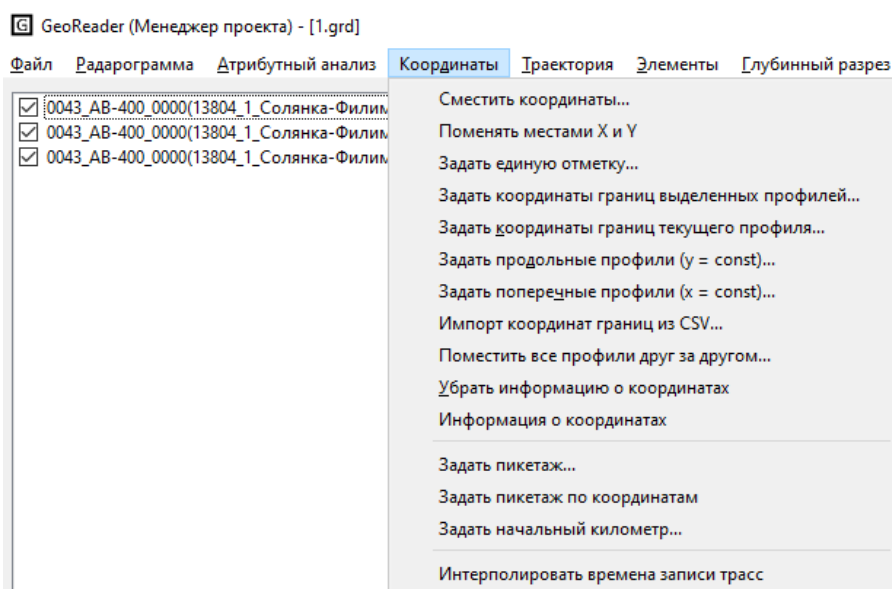


Рис.171 Функционал раздела меню «Координаты»

3.2.4.1. *Смещение координат*

Меню: Координаты – Сместить координаты...

Смещает координаты на всех радарограммах на заданную сдвигу по осям X, Y и Z (рис.172).

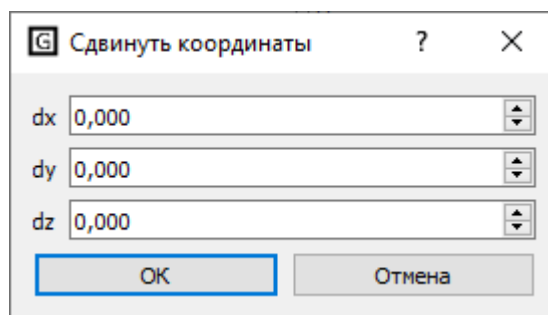


Рис.172 Настройка смещения координат

3.2.4.2. *Поменять местами X и Y*

Меню: Координаты – Поменять местами X и Y...

Позволяет изменить отображение траектории в плане путем смены осей координат X и Y (в случае, если были перепутаны оси при импорте траектории).

3.2.4.3. *Задание единой отметки*

Меню: Координаты – Задать единую отметку...

Задает постоянную координату Z для всех радарограмм (рис.173).

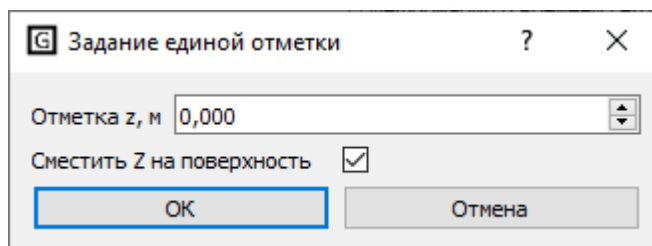


Рис.173 Задача единой отметки Z

3.2.4.4. Ручное задание координат границ

Меню: Координаты – Задать координаты границ выделенных профилей...

В появившемся окне необходимо записать координаты начала и конца каждой радарограммы. Если расстояние по координатам окажется неравным длине профиля, появится соответствующее предупреждение.

3.2.4.5. Ручное задание координат границ выделенного файла

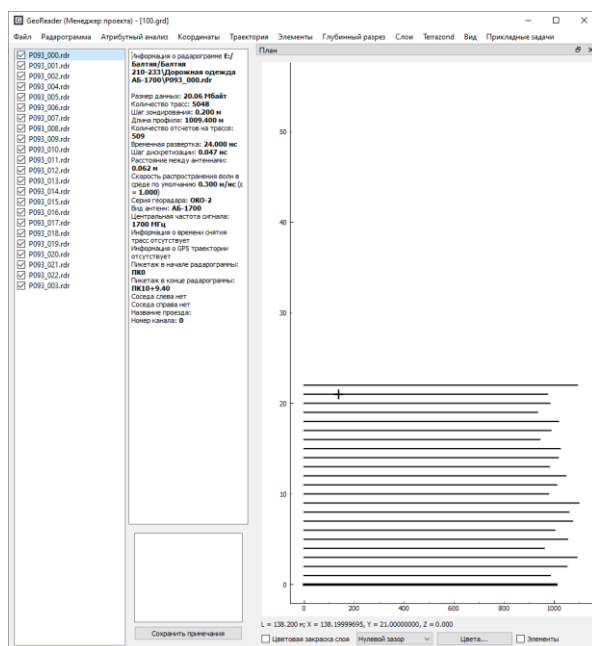
Меню: Координаты – Задать координаты границ текущего профиля...

В появившемся окне необходимо записать координаты начала и конца выделенного файла. Если расстояние по координатам окажется неравным длине профиля, появится соответствующее предупреждение.

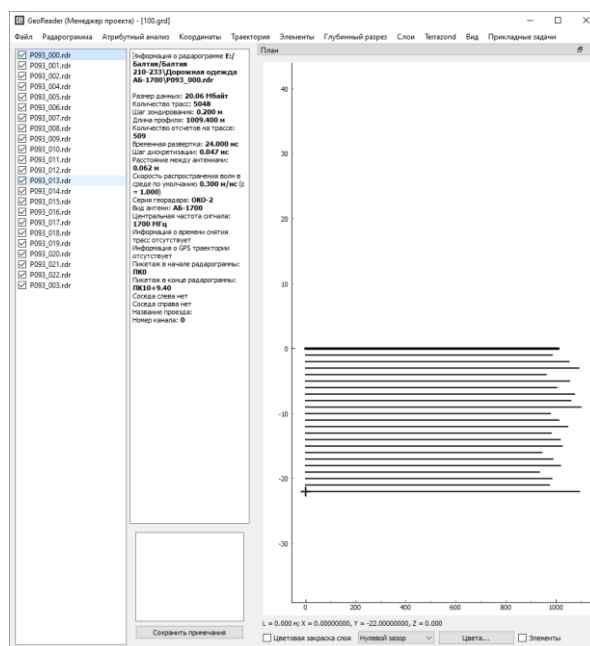
3.2.4.6. Задание продольных профилей

Меню: Координаты – Задать продольные профили ($y=\text{const}$)...

Все выделенные радарограммы размещаются параллельно оси X на заданном расстоянии dy друг от друга. Необходимо также задать координату начала первого профиля и направление профилей (вправо или влево). При необходимости смещения параллельных профилей относительно первого вверх на плане параметр dY положительный, при смещении вниз – отрицательный (рис.174).



а) dY положительный



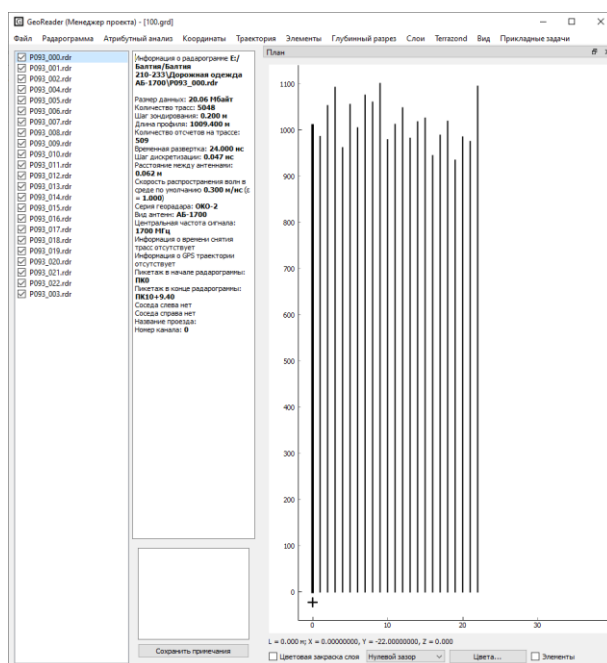
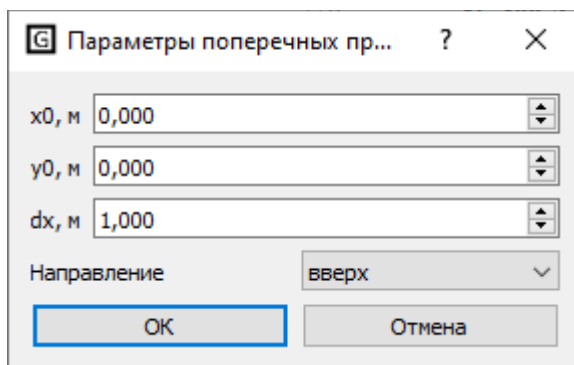
б) dY отрицательный

Рис.174 Задача координат продольных профилей

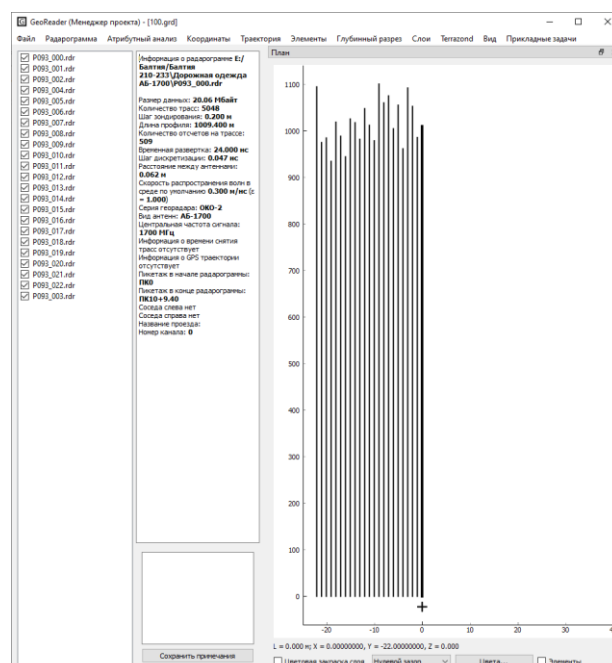
3.2.4.7. Задание поперечных профилей

Меню: Координаты – Задать поперечные профили ($x=\text{const}$)...

Все выделенные радарограммы размещаются параллельно оси Y на заданном расстоянии dx друг от друга. Необходимо также задать координату начала первого профиля и направление профилей (вверх или вниз). При необходимости смещения параллельных профилей относительно первого вправо на плане параметр dx положительный, при смещении влево – отрицательный (рис.175).



а) dx положительный



б) dx отрицательный

Рис.175 Задача координат границ поперечных профилей

3.2.4.8. Импорт координат границ из CSV

Меню: Координаты – Импорт координат границ из CSV...

Координаты начала и конца для каждого файла берутся из CSV-файла. Для каждой радарограммы должны быть представлены имя файла (без расширения rdr), координаты x, y начала и координаты x, y конца. Разделителем является точка с запятой. Пример файла (рис.176):

```
name;x1;y1;x2;y2
250_003_por_001;12624.5016;21296.2012;12663.4965;21261.0494
250_003_por_002;12664.7519;21262.4421;12625.757;21297.5939
250_003_por_003;12627.0124;21298.9866;12666.0073;21263.8348
250_003_por_004;12667.2627;21265.2275;12628.2678;21300.3793
250_003_por_005;12629.5234;21301.7718;12668.5183;21266.62
250_003_por_006;12669.7737;21268.0127;12630.7788;21303.1645
250_003_por_007;12632.0343;21304.5571;12671.0291;21269.4053
```

Рис.176 Набор данных при импорте координат границ из CSV

3.2.4.9. Задание непрерывных профилей

Меню: Координаты – Поместить все профили друг за другом...

Все выделенные радарограммы размещаются друг за другом. Координата для всех задается равной нулю.

3.2.4.10. Очистка координат

Меню: Координаты – Убрать информацию о координатах

Все координаты возвращаются к значениям по умолчанию: X соответствует расстоянию по горизонтали, Y = 0, Z = 0.

3.2.4.11. Просмотр информации о координатах

Меню: Координаты – Информация о координатах

Все координаты возвращаются в формате от (X, Y, Z) до (X, Y, Z). Также в информационном окне отображается информация о траектории (рис.178).

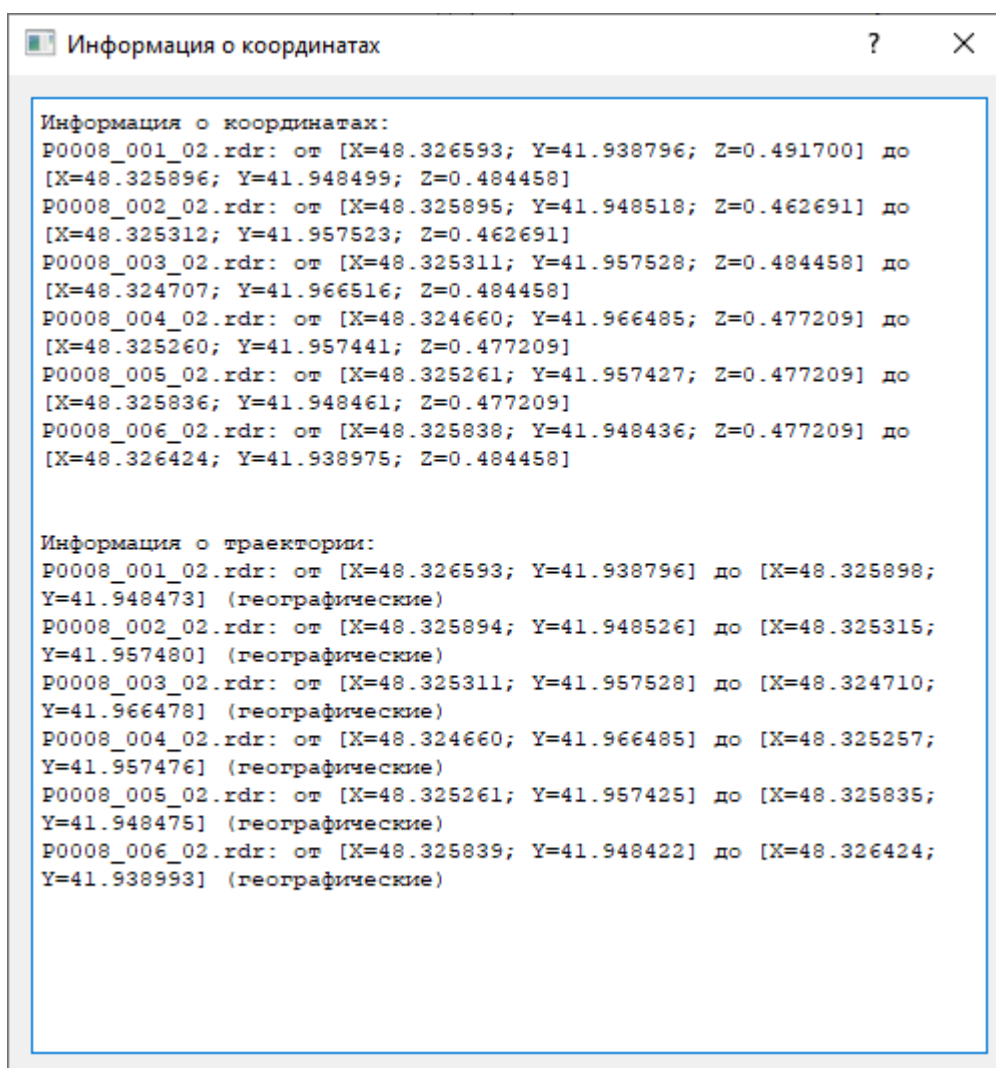


Рис.178 Информация о координатах

3.2.4.12. Пакетное задание длины профилей по координатам

Фактическую протяженность можно определить с помощью результатов спутниковых измерений или мерного колеса. В приложении **GeoReader Project** существует возможность автоматического определения фактического расстояния по траектории движения георадара. Однако пользователь должен проанализировать корректность ее отрисовки в окне плана прежде, чем воспользоваться функцией. Если форма траектории имеет искажения, как правило, вызванные ошибками приёма спутникового сигнала, определять таким способом фактическую протяженность георадарных профилей не рекомендуется, или необходимо выполнить расчет траектории в постобработке в специализированной программном обеспечении. Чтобы узнать фактическую протяженность георадарного профиля по координатам воспользуйтесь функцией **Координаты – Задать длину по координатам**.

По результатам расчета в метаданных к каждой выбранной радарограмме пользователь сможет увидеть фактическую протяженность профиля (рис. 177).

Информация о радарограмме F:/23_Готовые методики/Определение толщины слоев\Р0022_0009_55.rdr

Размер данных: **19.93 Мбайт**
Количество трасс: **5000**
Шаг зондирования: **0.213 м**
Длина профиля: **1063.437 м**
Количество отсчетов на трассе: **512**
Временная развертка: **48.000 нс**
Шаг дискретизации: **0.094 нс**
Расстояние между антеннами: **0.241 м**
Скорость распространения волн в среде по умолчанию **0.134 м/нс** ($\epsilon = 5.012$)
Серия георадара: **ОКО-2**
Вид антенн: **АБ7000Р**
Центральная частота сигнала: **7000 МГц**
Информация о времени снятия трасс присутствует (от **2022-09-21 10:27:38.481726** до **2022-09-21 10:28:43.610452**)
GPS траектория подключена (географические координаты)
Пикетаж в начале радарограммы: **ПК11+15.23**
Пикетаж в конце радарограммы: **ПК21+78.66**
Соседа слева нет
Соседа справа нет
Название проезда:
Номер канала: **0**

Рис.177 Информация о фактической протяженности георадарного профиля, рассчитанная по координатам

3.2.4.13. Задание пикетажа всем выделенным радарограммам

Меню: Координаты – Задать пикетаж

Задается пикетаж для всех выделенных профилей (формат пикетажа: ПК123 + 45.56). В диалоговом окне необходимо указать пикетаж начала первого профиля и начальный плюс (рис.179).

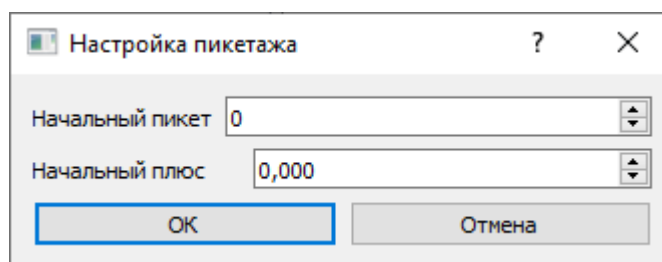


Рис.179 Окно настройки пикетажа

3.2.4.14. Задание пикетажа по координатам

Меню: Координаты – Задать пикетаж по координатам

Задается пикетаж для всех выделенных профилей в соответствии с протяженностью профилей, рассчитанной по координатам. При этом, начальный пикет принимается за 0.

3.2.4.15. Задание километража всем выделенным радарограммам

Меню: Координаты – Задать начальный километр...

Задает километраж для всех выделенных профилей (формат километража: км 123.4556). В диалоговом окне необходимо указать километраж начала первого профиля (рис.180).

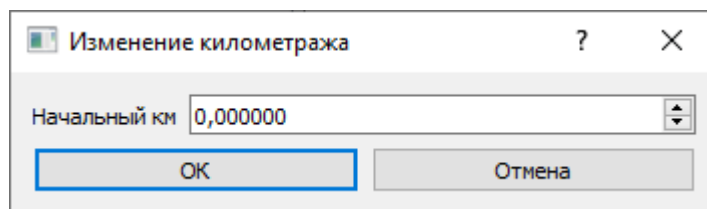


Рис.180 Окно настройки километража проекта

3.2.4.16. Интерполяция времени записи трасс

Меню: Координаты – Интерполировать времена записи трасс

Эта команда применяется в случае, если у соседних трасс времена записи не изменяются (вследствие ошибок оборудования). Команда выполняет плавную интерполяцию времени.

3.2.5. Работа с ГЛОНАСС/GPS-траекторией

Меню: Траектория

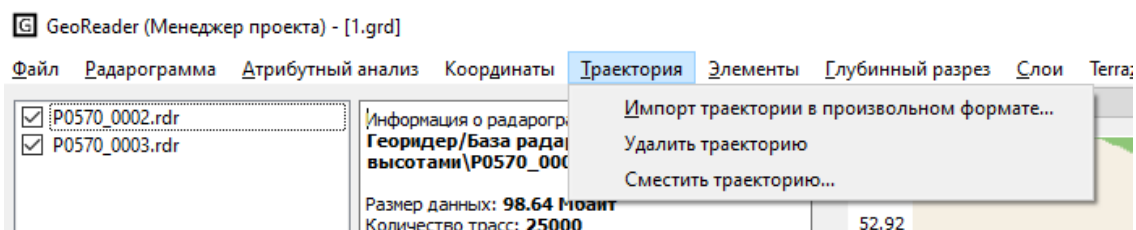


Рис.181 Функции меню «Траектория»

Импорт траектории движения георадара выполняется в менеджере проекта автоматически при импорте георадарных данных (рис.181), записанных с координатной привязкой. Однако программой опционально поддерживается возможность импорта в георадарные профили траектории движения георадара с внешних устройств ([см. п.3.1.7.3](#)):

-спутниковый приемник;

-инерциально-навигационные системы передвижных дорожных лабораторий и систем мобильного лазерного сканирования.

Импорт траектории осуществляется с привязкой событий фиксации георадиолокационного сигнала по времени или порядковому номеру, а также по расстоянию ([см. п.3.1.7.3](#)).

Импорт файла траектории поддерживается для текстовых файлов, обязательно содержащих столбцы: плановых координат, даты и времени записи траектории (вместо параметров даты и времени может указываться порядковый номер фиксируемого сигнала). Формат описания указанных обязательных параметров может задаваться инструментами гибкой настройки.

Помимо плановых координат, файл траектории может содержать информацию о высотных отметках рельефа точек георадиолокационного сканирования. Высотные отметки подгружаются в георадарный профиль опционально. Плановые координаты могут быть представлены в географической системе координат в формате долгота/широта (градусы; минуты; секунды; доли секунд) или в десятичном представлении в любых плоских проекциях.

Функция смещения траектории позволяет учесть разницу планового положения антенны георадара и фазового центра антенны спутникового приемника. Параметры смещения измеряются оператором для конкретной конфигурации закрепления георадарного оборудования на подвижной платформе/транспортном средстве и вводятся в соответствующее окно программы в метрах.

Функция удаления траектории применяется в случаях, когда пространственные данные не требуются в рамках реализуемого георадарного проекта.

GeoReader Project, как программа для пакетной работы с георадарными профилями, имеет три функции работы с траекторией – Импорт траектории в произвольном формате, Удаление и Смещение траектории. Описание данных функций см. в [п.3.1.7](#).

3.2.6. Работа с элементами

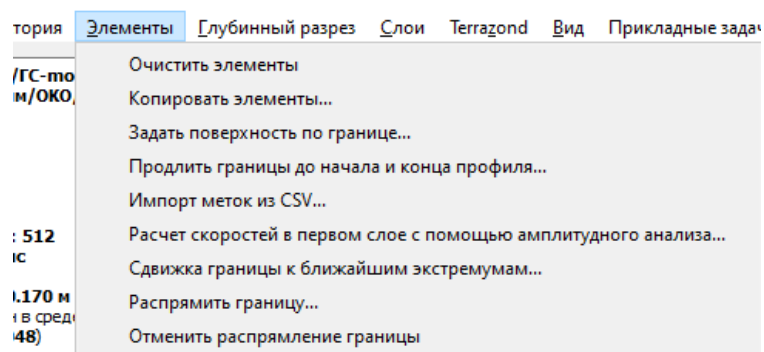


Рис.182 Функции меню «Элементы» менеджера проекта

Функции пакетной работы с элементами (рис.182) предполагают выполнение аналогичных задач для всех выбранных файлов проекта – очистка, копирование элементов и пр.

3.2.6.1. Очистка и копирование элементов

Меню: Элементы – Очистить элементы...

Удаляет все элементы с выбранных радарограмм.

Меню: Элементы – Копировать элементы...

Копирование элементов с текущей (выделенной) радарограммы во все другие. В диалоговом окне следует указать слой, из которого выполняется копирование границ. Также есть возможность Откорректировать положение границ, или Сгладить границы, когда после копирования границы слегка меняют свое очертание, подстраиваясь под данные амплитуд.

Для данных георадара «Терразонд» можно указать флаг Копировать только в радарограммы текущего проезда. Тогда будет выполняться копирование только в те профили, у которых тот же проезд, что и у выделенной радарограммы (т.е. в другие каналы текущего проезда) (рис.183).

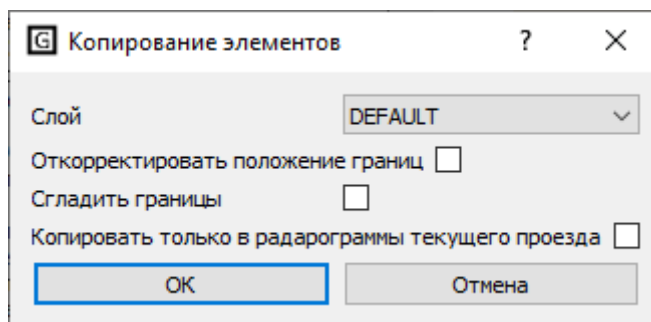


Рис.183 Окно настроек при копировании элементов в менеджере проекта

3.2.6.2. Задание поверхности по границе

Меню: Элементы – Задать поверхность по границе...

На всех профилях задает положение поверхности (рис.184).

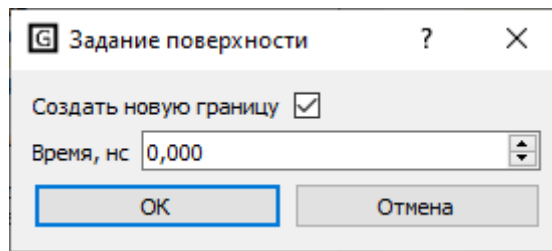


Рис.184 Окно настройки поверхности

Если стоит галочка «Создать новую границу», то создается новая горизонтальная граница на заданном уровне времени. Если же галочка выключена, то выбирается самая верхняя граница на радарограммах.

3.2.6.3. Продлить границы до начала и конца профиля

Меню: Элементы – Продлить границы до начала и конца профиля

Позволяет исправить все границы по всем выбранным профилям – продлить до начала и конца профиля, во избежание ошибки при расчете глубинного разреза (рис.185).

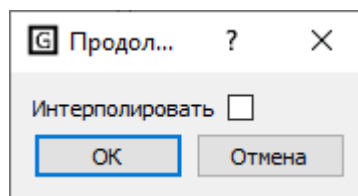


Рис.185 Окно настройки продления границы от начала до конца профиля

Если стоит галочка «Интерполировать», то продолжения границ создаются с интерполяцией по близлежащим фазам сигнала георадара. То есть граница будет продолжена до начала/конца профиля в соответствии с настройкой алгоритма автоматизированного поиска границ.

3.2.6.4. Импорт меток из CSV

Меню: Элементы – Импорт меток из CSV...

Импортирует из CSV файла информацию о положении меток. Формат файла:

```
название_метки;координата_X;координата_Y
1;58.347074;51.364217
2;58.795838;51.179117
3;55.066748;51.737322
```

3.2.6.5. Расчет скоростей в первом слое с помощью амплитудного анализа

Меню: Элементы – Расчет скоростей в первом слое с помощью амплитудного анализа...

Для определения толщины первого грунтового слоя без бурения данной функцией рассчитываются скорости (диэлектрическая проницаемость) в каждой георадарной трассе по методу амплитуд (рис.186) ([2.6. Определение скоростей распространения радиоволн с помощью амплитудного анализа](#)).

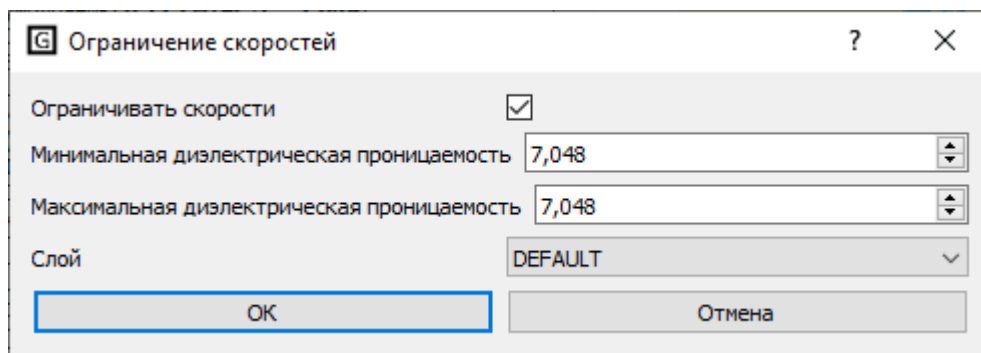


Рис.186 Настройка расчета скоростей в первом слое с помощью амплитудного анализа

Выбирается файл с подготовленными данными о результатах амплитудного анализа ([см. 3.1.11.4. Плагин для расчета скоростных параметров среды по методу амплитудного анализа](#)), слой в котором находится поверхность сканирования. При необходимости задается ограничение по скорости (диэлектрической проницаемости) для фильтрации рассчитанных случайных выбросов скоростей/диэлектрической проницаемости, выходящих за пределы реалистичных значений.

3.2.6.6. Сдвигка границы к ближайшим экстремумам

Меню: Элементы – Сдвигка границы к ближайшим экстремумам...

Выполняет пакетную обработку по аналогии с функцией GeoReader([см. п.3.1.8.7.16](#)).

3.2.6.7. Распрямление и отмена распрямления границы

Меню: Элементы – Распрямить границу...

Меню: Элементы – Отменить распрямление границы...

Выбирается слой в котором предполагается только одна граница и она является границей поверхности (слой по умолчанию - Нулевой зазор). Процедура выполняет пакетную обработку по аналогии с функцией GeoReader([см. п.3.1.8.7.14](#) - [3.1.8.7.15](#)).

3.2.7. Расчет глубинного разреза

Меню: Глубинный разрез

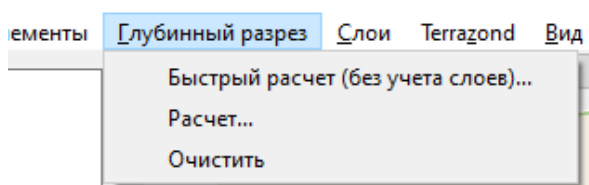


Рис.187 Функции меню «Глубинный разрез»

Возможно пакетное выполнение трёх задач – Быстрый расчет (без учета слоев) ([см. п.3.1.9.1](#)) или обычный Расчет ([см. п.3.1.9.2](#)) и очистка результата расчета глубинного разреза (рис.187).

3.2.8. Работа со слоями

Меню: Слои

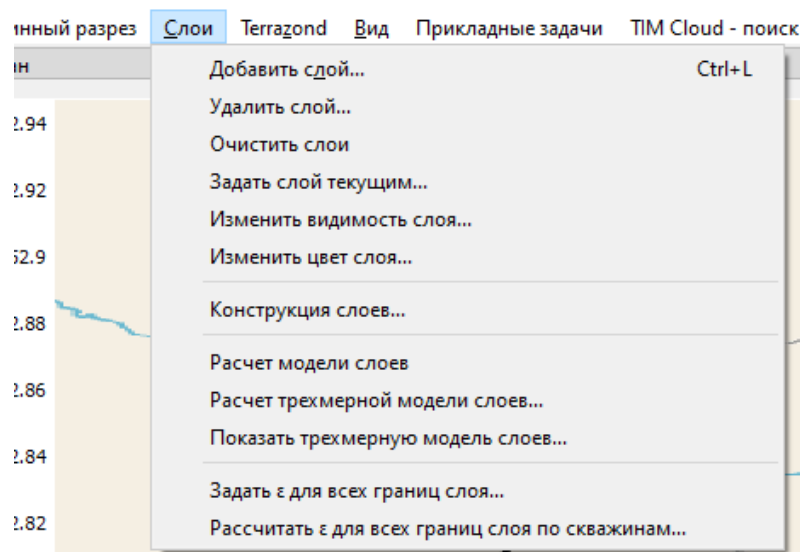


Рис.188 Функции меню «Слои»

3.2.7.1. Редактирование слоев

Есть возможность добавить слой на всех радарограммах, удалить слой, а также очистить все слои.

Пункт меню Слои – Задать слой текущим дает возможность выбранный слой задать текущим на всех радарограммах. Также есть возможность изменить видимость слоя для всего проекта (если возникла потребность скрыть слой), или же изменить цвет какого-либо слоя.

3.2.7.2. Создание конструкции слоев всего проекта

Меню: Слои – Конструкция слоев

Позволяет задать конструкцию грунтовых слоев для всех радарограмм проекта. В появившемся окне для каждого слоя нужно задать его название, материал, проектную толщину и цвет. После выполнения команды в каждом профиле появятся данные грунтовые слои. Отличие данной процедуры от послойного создания слоев заключается в задании жесткой иерархии слоев. Во-первых, при добавлении скважин на радарограммы и привязки их к границам грунтовых слоев, последним сразу будет присваиваться название материалов согласно конструкции. При экспорте таблиц толщин слоев программа будет соблюдать ту последовательность столбцов с материалами, которая указана в конструкции слоев. При выполнении прикладных задач (3.2.10. Прикладные задачи), расчеты выполняются последовательно в слоях с заданной иерархией (рис.189).

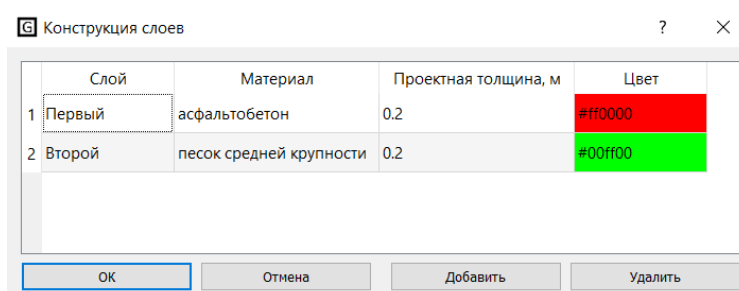


Рис.189 Создание конструкции слоев проекта

3.2.7.3. Работа с моделями слоев (бета-версия)

В настоящее время работа алгоритма не отлажена (бета-версия), выполняется его доработка.

3.2.7.3.1 Расчет модели слоев

Меню: Слои – Расчет модели слоев

Процедура необходима для отображения в окне плана траектории движения георадара, раскрашенной в разные цвета (с учетом заданных диапазонов), визуальной указывающей на изменение толщины слоя вдоль трассы дороги. Для успешного применения этой команды необходимо, чтобы на каждой радарограмме в визуализируемом грунтовом слое были отрисованы границы, а также временной разрез был преобразован в глубинный.

3.2.7.4. Задание скоростей для границ слоев

Меню Слои – Задать ϵ для всех границ слоя...

Позволяет задать единую скорость (диэлектрическую проницаемость) для всех границ выбранного слоя для всех радарограмм (рис.190).

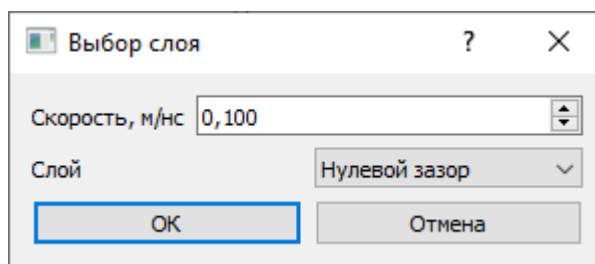


Рис.190 Окно настройки при задаче скорости/диэлектрической проницаемости для всех границ слоя

3.2.7.5. Расчет скоростных параметров среды для всех радарограмм проекта по скважинам

Меню Слои – Рассчитать ϵ для всех границ слоя по скважинам...

Выполняется расчет скоростных параметров во всех радарограммах в соответствии с данными скважин. Об отсутствии на радарограммах скважин будет выдано соответствующее сообщение.

3.2.9. Работа с многоканальными данными георадиотомографа ГРТ-XX (Терразонд)

Меню: Terrazond

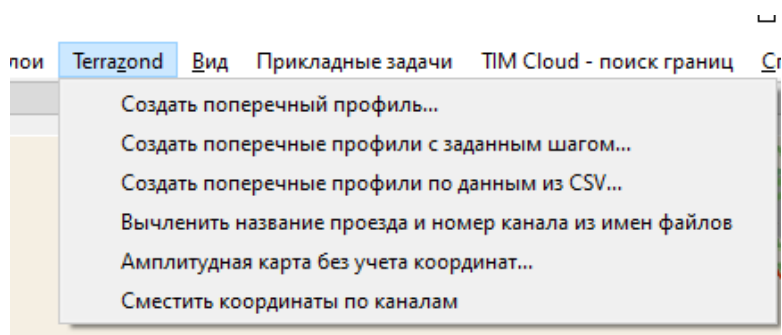


Рис.191 Функции меню «TerraZond»

Есть возможность выборочного и пакетного построения поперечных профилей, с заданным шагом по всей радарограмме, либо выборочно с использованием данных из CSV (в формате выгрузки точечных элементов в CSV).

3.2.9.1. Создание поперечных профилей

Меню: Terrazond – Создать поперечный профиль

Данная функция дает возможность построения единичного поперечного профиля по заданному расстоянию от начала георадарного профиля. При этом функция Генерировать границы позволяет отразить в поперечном сечении интерполированные границы всех объединённых в данном поперечном профиле параллельных каналов (рис.192).

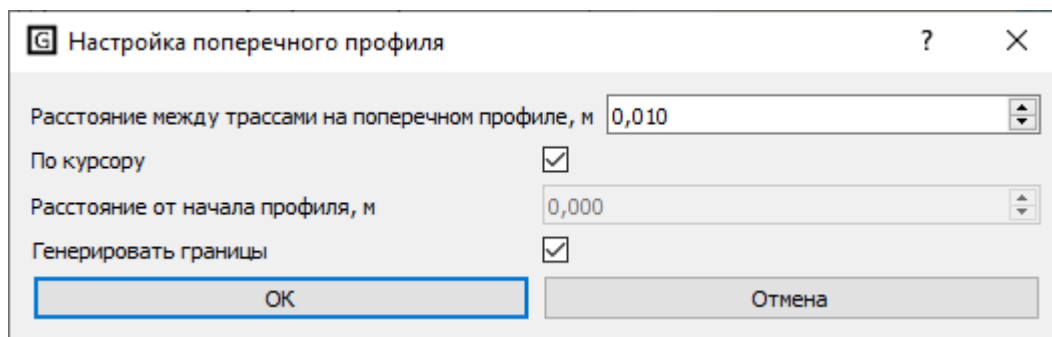


Рис.192 Окно настроек при построении поперечного профиля

3.2.9.2. Создание поперечных профилей с заданным шагом

Меню: Terrazond – Создать поперечные профили с заданным шагом...

Данная функция дает возможность построения поперечных профилей по всей протяженности профиля радарограммы с заданным шагом в трассах (при задании шага рекомендуется учитывать шаг сканирования). Выполнение данной операции может занять длительное время (рис.193).

Перед запуском функции создания поперечных профилей с заданным шагом программа предложит ввести настройки –

- а) задать шаг построения поперечных профилей (в количестве трасс, можно представить расстояние путем пересчета количества трасс на шаг сканирования),
- б) задать расстояние между трассами на поперечном профиле (равняется расстоянию между антеннами многоканального георадара),

- в) генерация границ на поперечном профиле (границы должны быть отрисованы на всех продольных профилях),
- г) возможно задать диапазон по протяженности георадарного профиля, на котором будут сгенерированы поперечные профили по выше введенным настройкам.

Рис.193 Окно настроек при построении поперечных профилей с заданным шагом

3.2.9.3. Создание поперечных профилей по данным из CSV

Меню: Terrazond – Создать поперечные профили по данным из CSV

Функция дает возможность построения поперечных профилей по ранее выгруженной в файл CSV информации о точечных элементах (метках, скважинах) (рис.194).

Рис.194 Окно настроек при построении поперечных профилей по данным из CSV

3.2.9.4. Построение амплитудной карты по данным георадиотомографа

Меню: Terrazond – Амплитудная карта без учета координат

Строит для данных георадара Терразонд упрощенную амплитудную карту – без представления на местности (без координат).

3.2.9.5. Смещение координат по каналам

Меню: Terrazond – Сместить координаты по каналам

Осуществляется расчет координат для каждого канала с учетом его смещения относительно первого канала (построение траектории точно параллельных профилей относительно начального). Данный параметр настраивается с учетом расстояния между приемо-передающими парами антенн в антенной решетке.

3.2.10. Прикладные задачи

Меню: Прикладные задачи – расчет относительной прочности

Меню: Прикладные задачи – расчет относительной влажности

В составе функций менеджера проекта реализован дополнительный модуль решения прикладных задач, который предназначен для автоматической оценки свойств подземных слоев (рис.195).

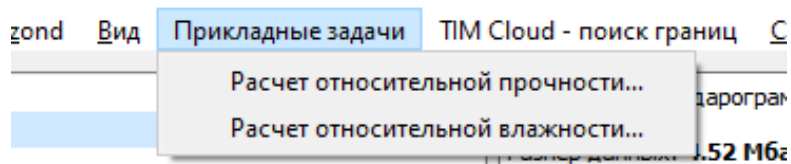


Рис.195 Функции меню «Прикладные задачи»

Модуль прикладные задачи выполняет оценку амплитуды и частоты отраженного сигнала георадара в каждом слое заданной конструкции. По амплитуде сигнала анализируются прочностные параметры подземных слоев, а по частоте – влажность грунтов (рис.196).

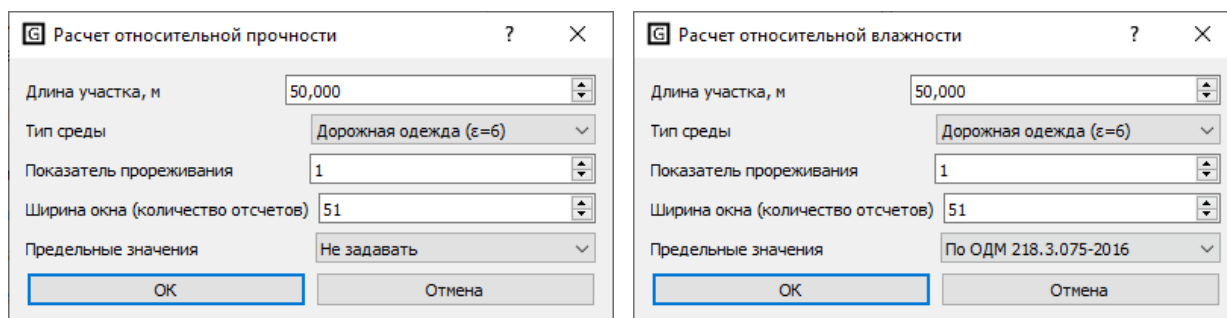


Рис.196 Настройки при расчете относительной прочности/относительной влажности

В качестве критериев поиска ослабленных зон в подповерхностных слоях могут применяться критерии нормативно-технического документа ОДМ 218.3.075-2016 «Рекомендации по контролю качества выполнения дорожно-строительных работ методом георадиолокации».

Результатом работы модуля «Прикладные задачи» является выгрузка таблиц изменения количественных свойств атрибутов сигнала подповерхностных слоев, таких как максимальная амплитуда и спектральная частота отраженного сигнала. Также в отчетных материалах содержится информация о количестве точек сканирования, относящихся к ослабленным зонам, согласно заданных критериев поиска, и о коэффициенте вариации атрибута сигнала в этих точках.

3.2.11. TIM-Cloud – поиск границ

Меню: TIM-Cloud – поиск границ

Модуль в стадии доработки (beta-версия)

Через GeoReader Project выполняется связь с облачным приложением GeoReader-AI – новое приложение программного комплекса GeoReader - программное обеспечение с поиском границ слоев дорожной конструкции на георадарном профиле с помощью искусственного интеллекта.

Полностью в автоматическом режиме осуществляется поиск поверхности сканирования и границ раздела слоев дорожной конструкции на георадарном профиле.

В настоящее время принцип действия программы следующий:

- а) выполняется авторизация в GeoReader-AI – логин и пароль для авторизации можно получить по запросу разработчику на электронную почту post@geotim.ru;
- б) выполняется экспорт радарограмм в облачный сервис, где происходит в автоматическом режиме поиск границ нейронной сетью;
- в) результаты обработки импортируются из облачного сервиса в GeoReader-AI.

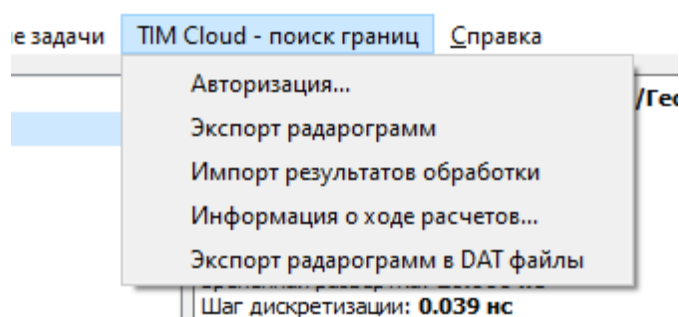


Рис.197 Функции меню «TIM Cloud – поиск границ»

Кроме того, есть возможность вывода информации о ходе расчетов в отдельный файл, а также экспорта радарограмм в файл формата *.dat (рис.197).

3.2.12. Окно плана

В окне плана отображается траектория каждой радарограммы, а также цветом могут показывать толщины слоев и положение элементов.

Для того, чтобы показать цветовую закрашку слоя, следует включить соответствующий флажок в нижней части окна плана, выбрать интересующий слой и при необходимости настроить цвета, нажав на кнопку «Цвета...».

См. также настройки [«Отображать только радарограммы с временными отсчетами»](#) и [«Отображать только радарограммы с подключенной траекторией»](#) (рис.198).

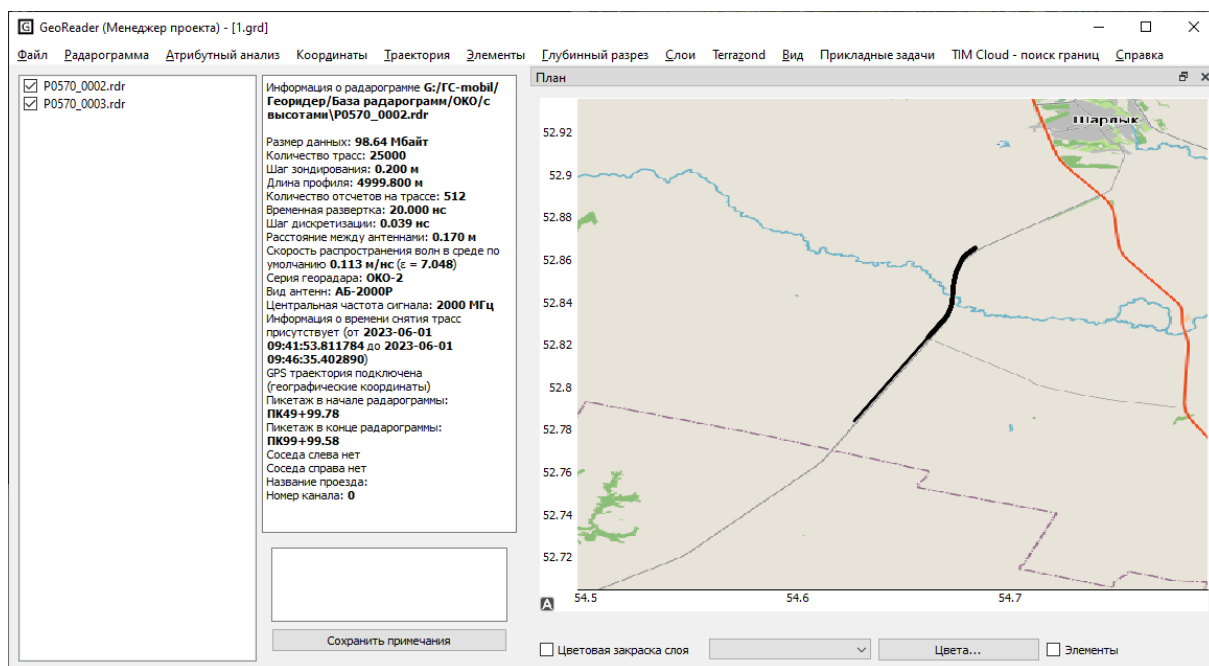


Рис.198 Окно плана

Для того, чтобы отобразить положение элементов, включите флажок «Элементы» (рис.199):

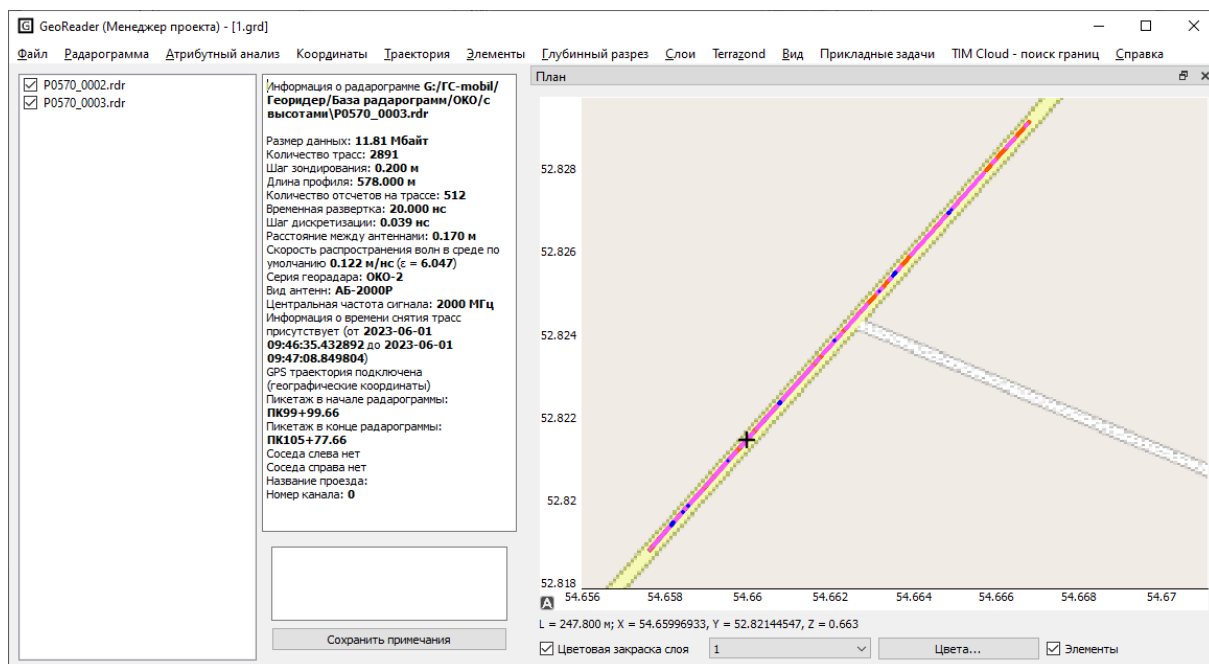


Рис.199 Настройки отображения в окне плана

По нажатию мышью на какую-либо точку траектории, этот файл выделяется, а внизу отображается информация о координатах X, Y, Z и расстоянии от начала профиля (L).

[К оглавлению](#)

3.2.13. Настройки менеджера проекта

Меню: Файл – Настройки (F12)

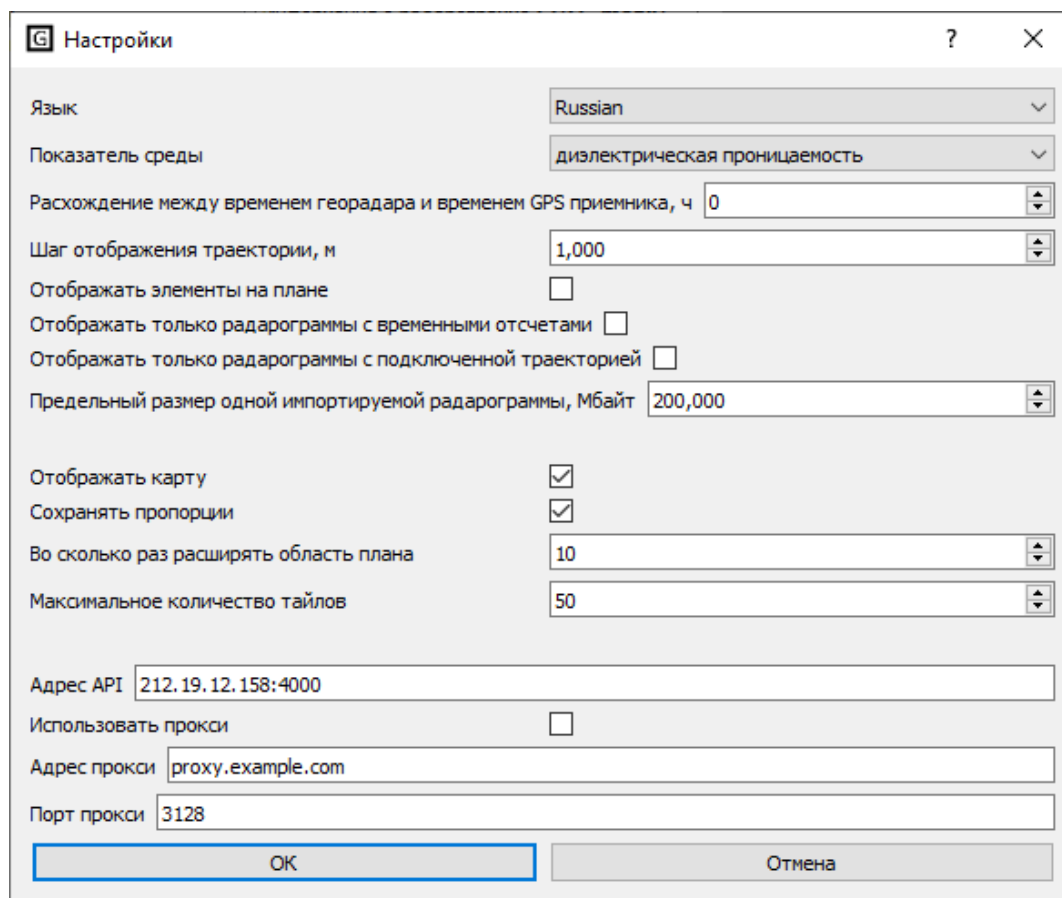


Рис.200 Окно настроек GeoReader Project (менеджер проекта)

3.2.13.1. Язык

Меню Файл – Настройки – Язык

Позволяет выбрать язык интерфейса.

3.2.13.2. Показатель среды: скорость или диэлектрическая проницаемость

Меню Файл – Настройки – Показатель среды

Задается параметр, характеризующий свойства сред, с которым пользователю удобнее работать – данный параметр будет отображаться во всех окнах программы. То есть, либо скорость распространения сигнала в среде (м/нс), либо относительная диэлектрическая проницаемость ϵ .

3.2.13.3. Разница между временем георадара и спутникового приемника, ч

Меню Файл – Настройки – Расхождение между временем георадара и GPS приемника, ч

Разница в часах между временем, генерируемым блоком управления георадара и спутниковым приемником. Задается в случае, если эти времена записаны в разных часовых поясах.

3.2.13.4. Шаг отображения траектории, м

Меню Файл – Настройки – Шаг отображения траектории, м

Шаг, с которым отображается траектория в окне плана. Увеличение шага отображения приводит к сглаживанию траектории (вытягиванию траектории между начальной и конечной точкой), уменьшение – к её более детальному построению. Минимальное значение равно шагу сканирования георадара.

3.2.13.5. Отображать элементы на плане

Меню Файл – Настройки – Отображать элементы на плане

Если настройка включена, то в окне плана будут отображаться элементы – прямоугольники, метки, скважины. При этом в окне плана надо также включить опцию Элементы (рис.201)

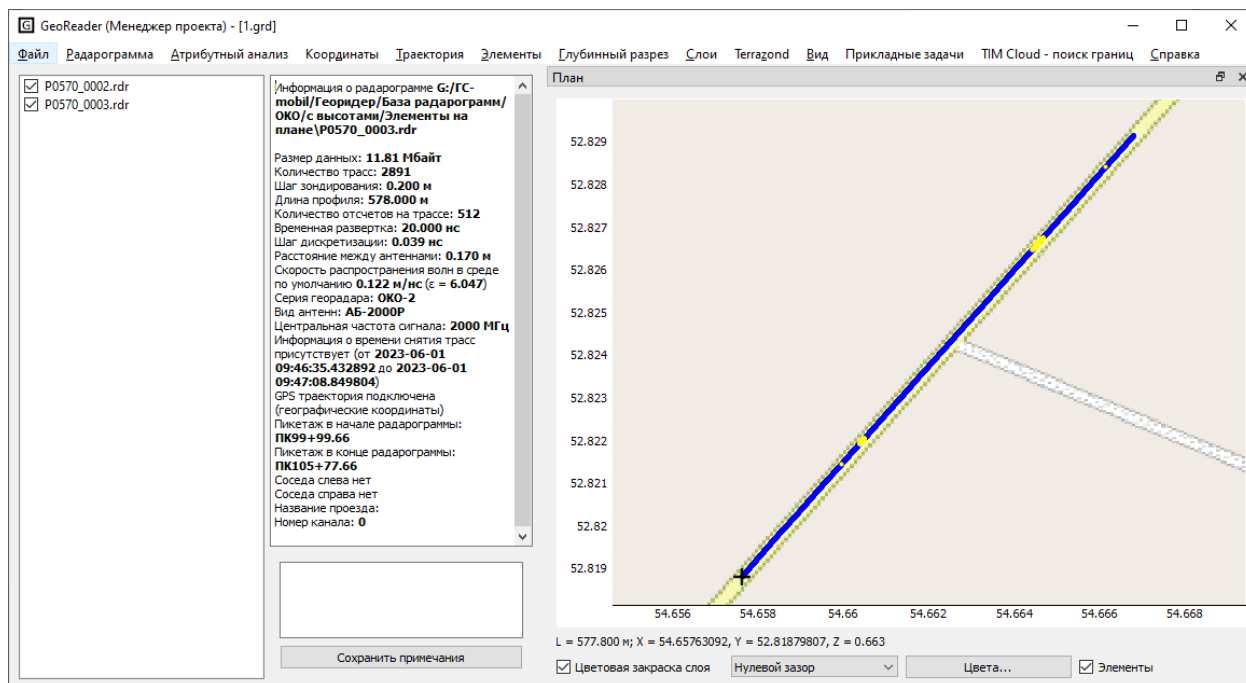


Рис.201 Отображение раскраски слоя в окне плана

3.2.13.6. Отображать только радарограммы с временными отсчетами

Меню Файл – Настройки – Отображать только радарограммы с временными отсчетами

Если настройка включена, то в окне плана будут отображаться только те радарограммы, у которых заданы временные отсчеты снятия трасс.

3.2.13.7. Отображать только радарограммы с подключенной траекторией

Меню Файл – Настройки – Отображать только радарограммы с подключенной траекторией

Если настройка включена, то в окне плана будут отображаться только радарограммы с подключенной внешней ГЛОНАСС/GPS-траекторией

3.2.13.8. Предельный размер одной импортируемой радарограммы, Мбайт

Меню Файл – Настройки – Предельный размер одной импортируемой радарограммы, Мбайт

Лимит памяти на одну радарограмму. Если этот лимит превышен, то радарограмма разделяется на несколько файлов.

3.2.13.9. Отображение карты OpenStreetMap в окне плана

Меню Файл – Настройки – Отображать карту

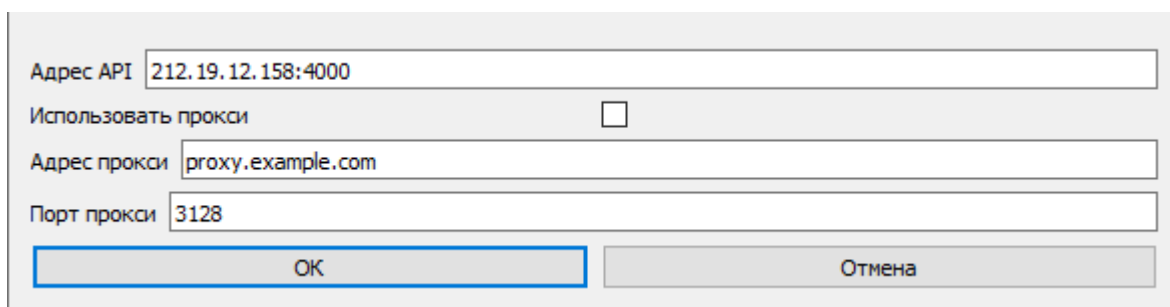
содержит функции настройки карты OpenStreetMap в окне плана. Здесь также есть возможность настройки отображения карты в плане:

- а) установкой галочки Сохранять пропорции при изменении масштаба карты пропорции карты сохраняются;
- б) пункт Во сколько раз расширять область плана задает масштаб по ширине. Максимальное значение здесь – 10.
- в) пункт Максимальное количество тайлов дает возможность изменять масштаб (детальность) карты. Максимальное значение здесь – 100.

3.2.13.10 Настройка сервера для работы GeoReader-AI

Меню Файл – Настройки – Адрес API / Использовать прокси / Адрес прокси / Порт прокси

Для корректной работы с GeoReader-AI задаются настройки сервера (установлены по умолчанию при инсталляции программного комплекса GeoReader) (рис.202).



Адрес API 212.19.12.158:4000

Использовать прокси ☐

Адрес прокси proxu.example.com

Порт прокси 3128

ОК Отмена

Рис.202 Настройки сервера для корректной работы с GeoReader-AI

3.3. GeoReaderAmplitudeMap

Модуль амплитудных карт выполняет построение [амплитудных карт](#). Для запуска модуля следует запустить файл **GeoReaderAmplitudeMap.exe** и создать новую амплитудную карту (Меню Файл – Создать... (Ctrl+N)). В появившемся окне следует выбрать проект в формате grd, уже подготовленный с помощью [менеджера проектов](#). Либо запустить амплитудную карту непосредственно из менеджера проекта командой меню Вид – Амплитудные карты...

Далее необходимо задать высоту среза. Расчет амплитудных карт выполняется следующим образом. Все радарограммы проекта разделяются на несколько временных срезов. Для каждого временного среза на каждой трассе считается средняя амплитуда.

Например, если временная развертка радарограмм 16 нс, а высота среза 2 нс, то будет сгенерировано восемь срезов: 0-2 нс, 2-4 нс, 4-6 нс, 6-8 нс, 8-10 нс, 10-12 нс, 12-14 нс и 14-16 нс. Каждому временному срезу ставится в соответствие своя амплитудная карта.

При построении амплитудной карты можно сразу указать вид исходных данных для построения:

- трассы без усиления;
- усиленные трассы;
- результат атрибутного анализа.

Далее необходимо задать настройки отображения амплитудных карт (их описание см. далее), после чего генерируется амплитудная карта (рис.203):

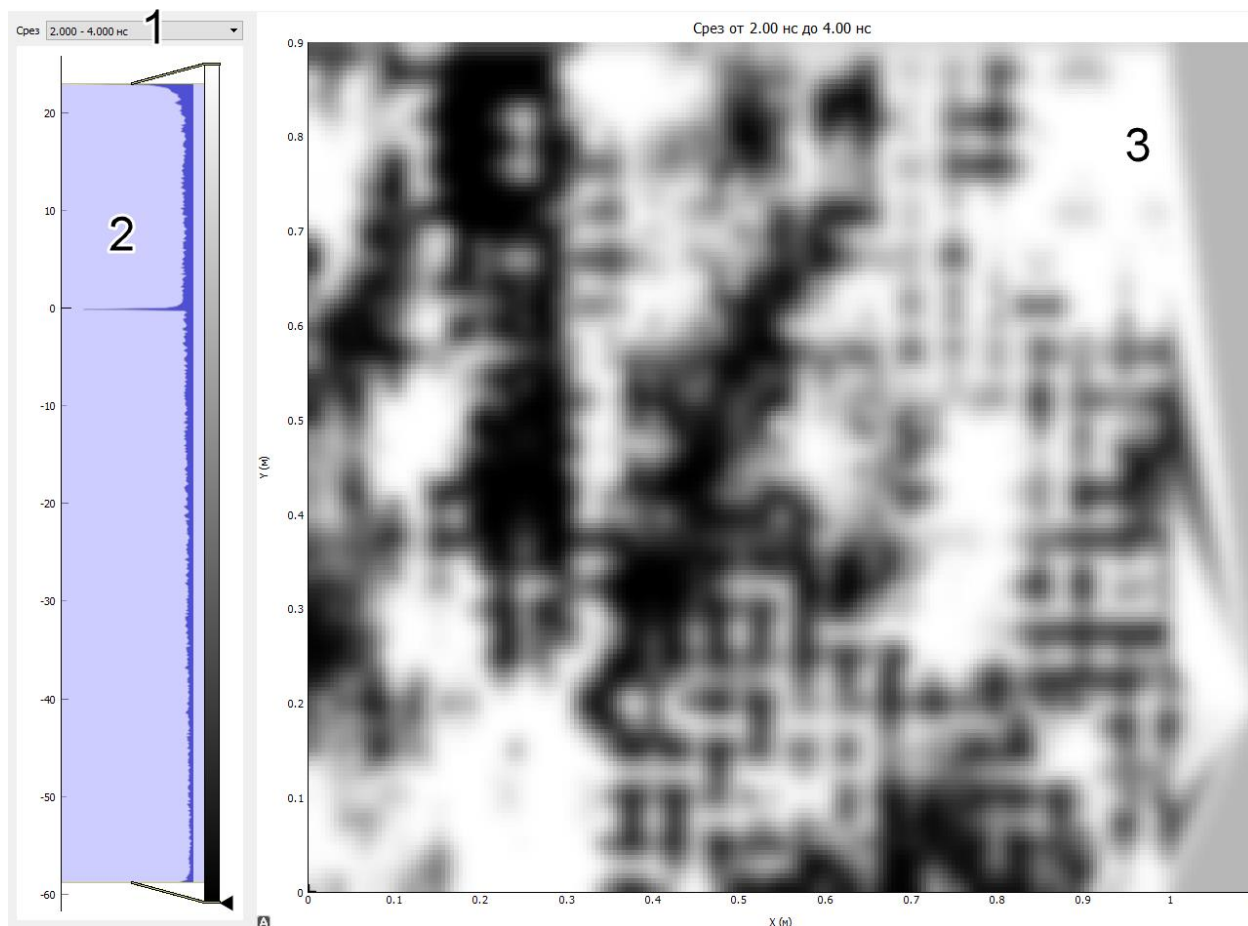


Рис.203 Представление амплитудной карты в приложении GeoReader AmplitudeMap

Рабочая область модуля состоит из трех областей: 1 – выбор временного среза, 2 – гистограмма, 3 – амплитудная карта.

Амплитудные карты могут генерироваться двумя способами: либо как полные амплитудные карты, либо амплитудные карты вдоль георадарных профилей.

При первом способе образуется сплошная амплитудная карта. При втором способе генерируются амплитудные карты только вдоль георадарных профилей (рис.204):

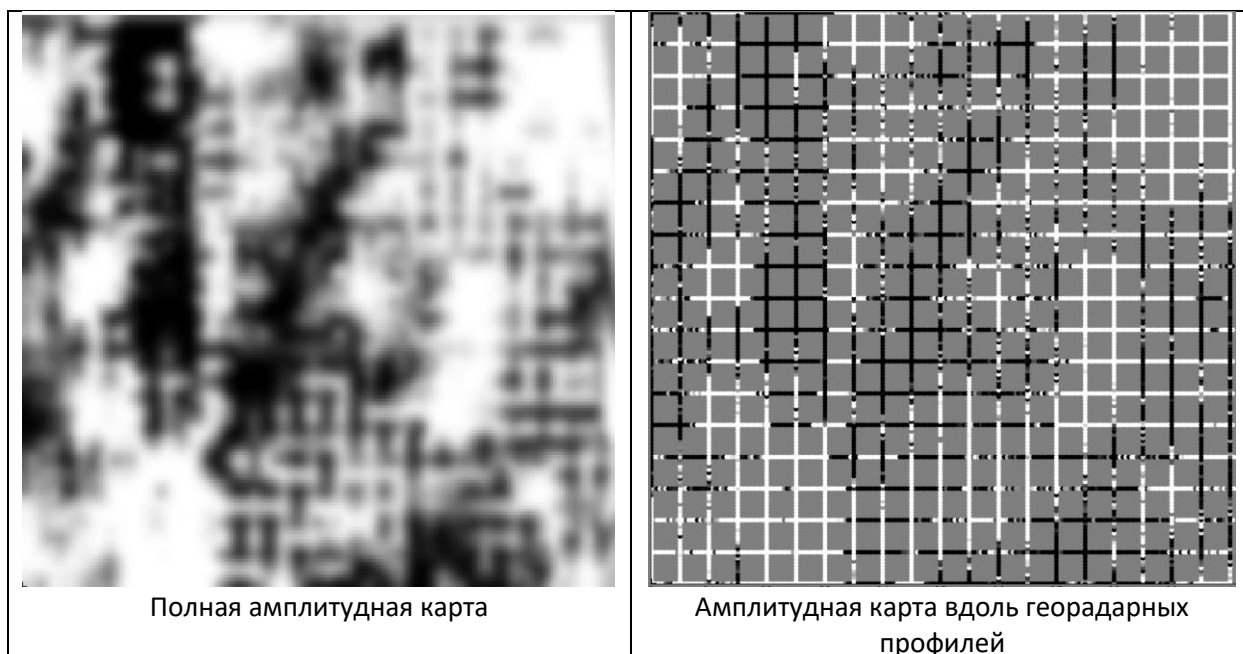


Рис.204 Варианты представления амплитудных карт

Детализация амплитудной карты (в метрах) задается с помощью соответствующей настройки, а также коэффициента детальности (рекомендуется выставлять в пределах 1-2). Также можно настроить, будут ли поверх амплитудной карты накладываться траектории георадарных профилей.

Для загрузки существующей амплитудной карты следует выбрать пункт Меню Файл – Открыть (Ctrl+O).

Для того, чтобы изменить величину временных срезов и отображаемый параметр амплитудной карты (усиленные или не усиленные трассы, результат атрибутного анализа) применяется команда Меню Файл – Обновить

Для того, чтобы изменить настройки отображения амплитудных карт, следует выбрать пункт Меню Файл – Настройки... (F12)

На амплитудные карты можно наносить элементы: точки, прямоугольники, тексты и ломаные. Для этого укажите курсором место вставки элемента и воспользуйтесь соответствующим подпунктом меню Элементы. Для работы с ломаной ее выделяют, левой кнопкой мыши выбирают узел ломанной, правой кнопкой мыши указывают новое положение этого узла. Добавление новых узлов выполняют нажатием на колесо мыши.

Для выделения элемента щелкните по нему мышью. Он подсветится пунктирным контуром. Чтобы изменить положение элементы используйте правую кнопку мыши и колесико.

Для изменения свойств элемента (положение, цвет и др.) выберите пункт меню Элементы – Свойства...

Для импорта элементов из соответствующих радарограммы выберите пункт меню Элементы – Импорт элементов из радарограмм.

В ряде случаев не вся область амплитудных карт несет полезную информацию (рис.205):

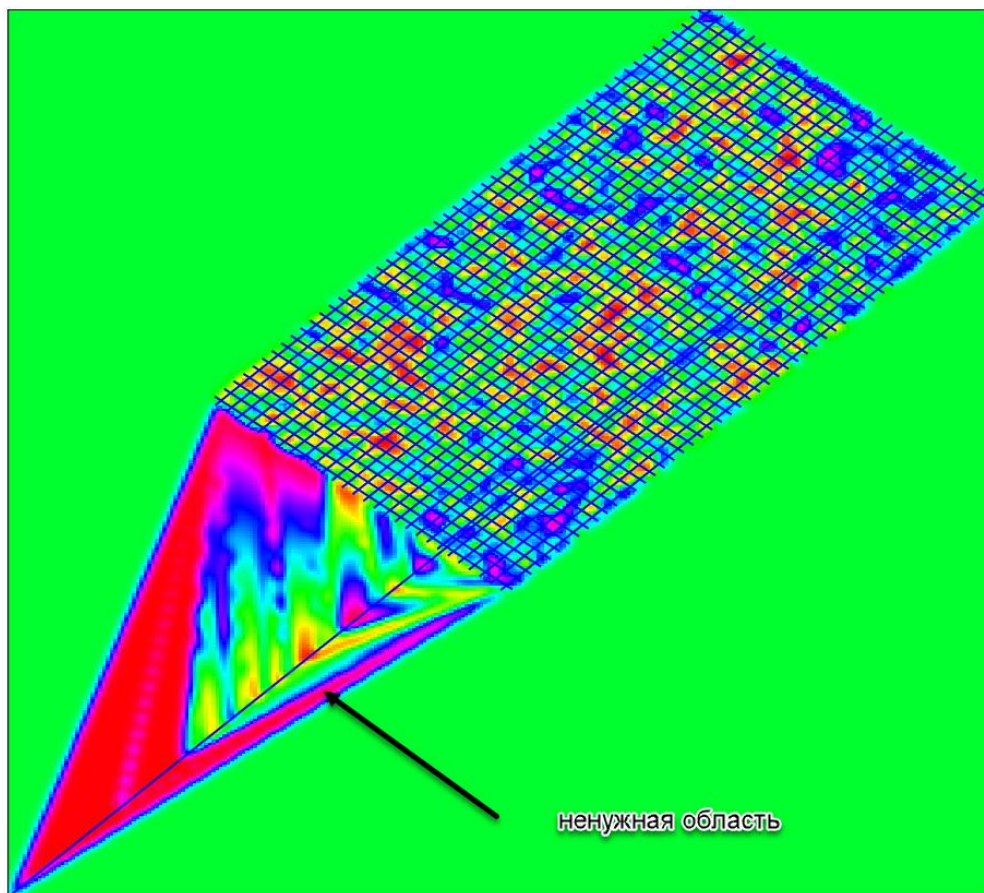


Рис.205 Ошибка полезной области при построении амплитудной карты

Для того, чтобы оставить только полезную область, необходимо по порядку добавить точки, обозначающие вершины многоугольника – полезной области (рис.206):

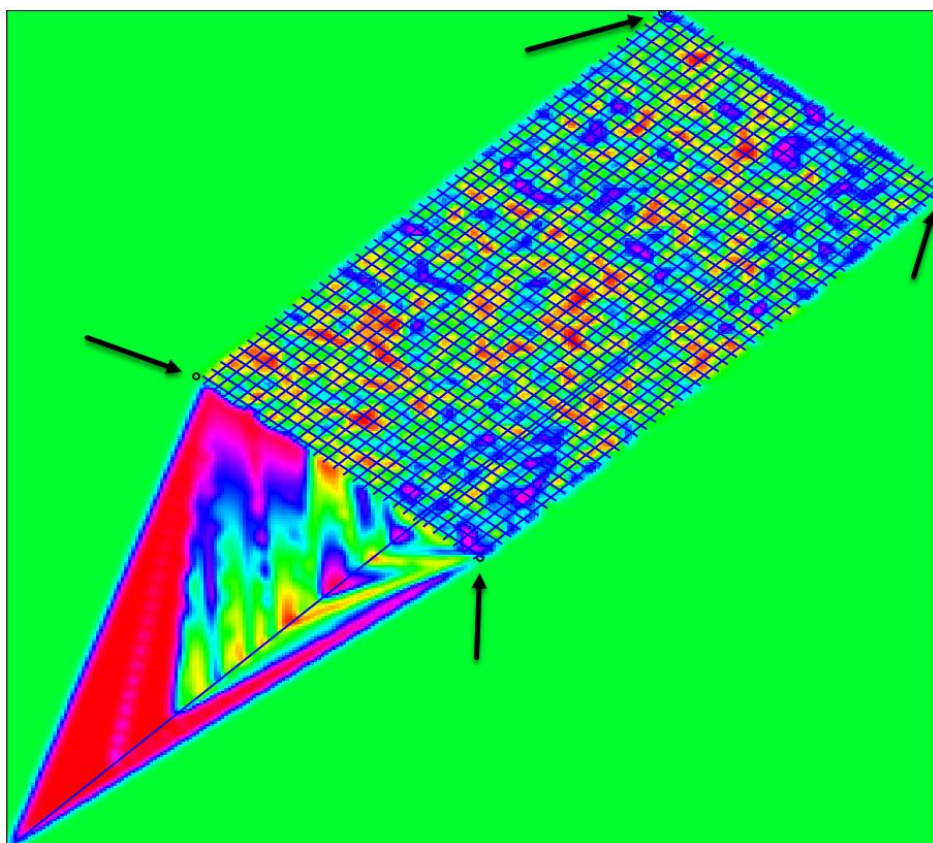


Рис.206 Определение вершин многоугольника – полезной области

Далее следует выбрать пункт меню Полезная область – Установить полезную область. Лишние зоны очищаются (рис.207).

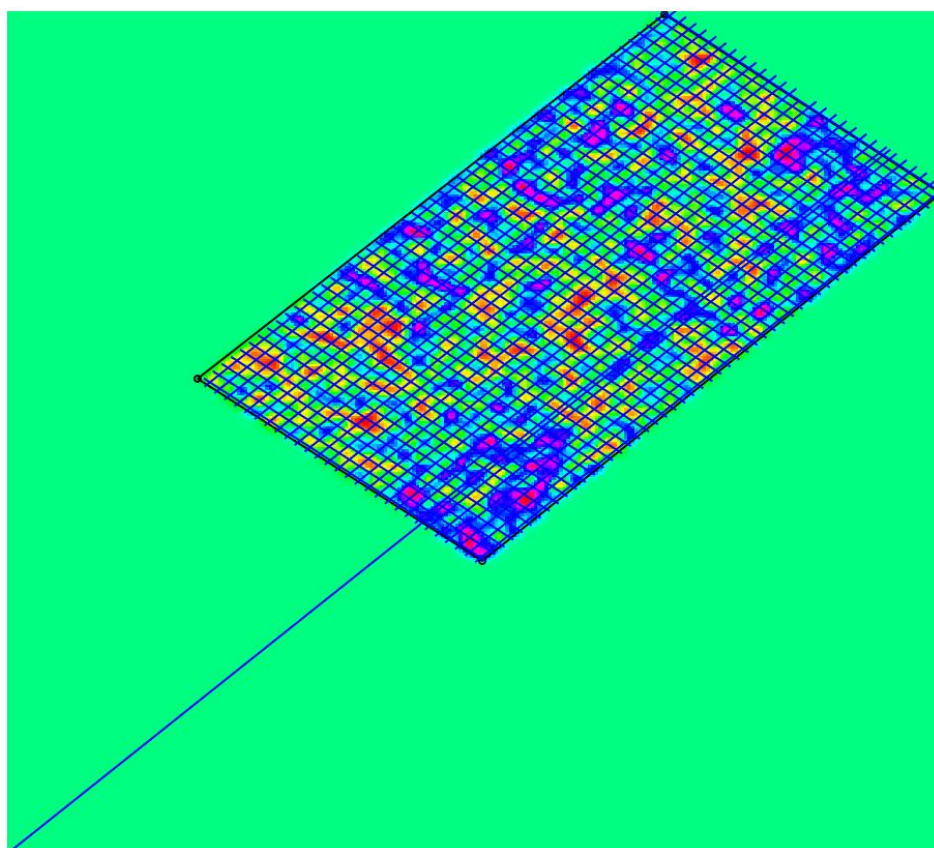


Рис.207 Правильное построение полезной области амплитудной карты

Для того, чтобы вернуться к первоначальному состоянию, выберите пункт меню Полезная область – Очистить полезную область.

3.3.1. Настройки амплитудных карт

Меню: Файл – Настройки (F12)

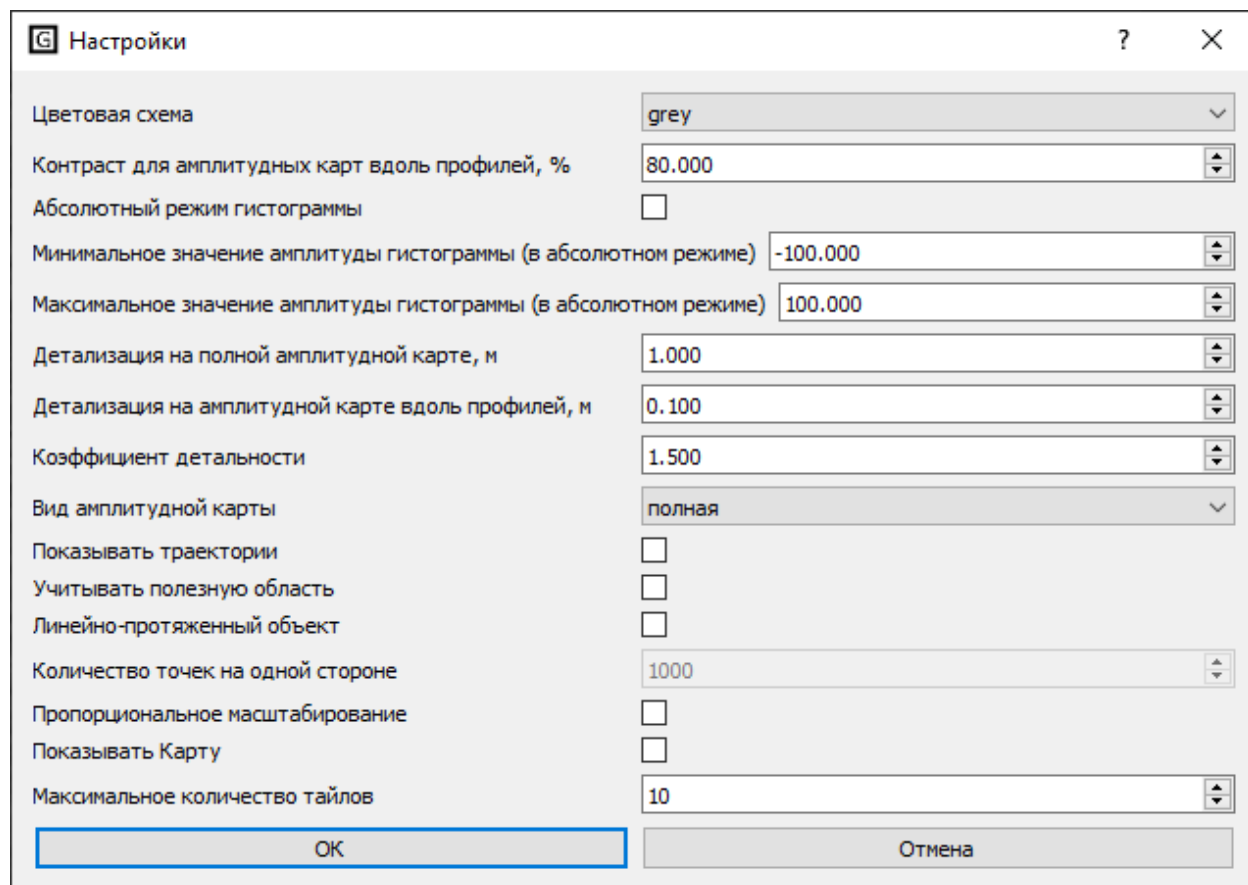


Рис.208 Меню настроек амплитудных карт

3.3.1.1. Цветовая схема

Меню Файл – Настройки – Цветовая схема

Позволяет выбрать цветовую схему амплитудной карты (см. 3.1.12.1).

3.3.1.2. Контрастность и абсолютный режим гистограммы

Меню Файл – Настройки – Контрастность для амплитудных карт вдоль профилей

Позволяет задавать точный параметр настройки гистограммы.

Меню Файл – Настройки – Абсолютный режим гистограммы (см. 3.1.12.3)

При включении Абсолютный режим гистограммы пользователь может принудительно установить одинаковые параметры верхнего/нижнего пределов контрастности и яркости для всех срезов амплитудной карты.

3.3.1.3. Детализация на амплитудной карте

Меню Файл – Настройки – Детализация на полной амплитудной карте

Устанавливает шаг интерполяции полных амплитудных карт, м.

Меню Файл – Настройки – Детализация на амплитудной карте вдоль профилей

Устанавливает шаг интерполяции амплитудных карт вдоль профилей, м.

3.3.1.4. Детальность

Меню Файл – Настройки – Коэффициент детальности

Чем выше параметр, тем менее четкие очертания имеют объекты на амплитудной карте, но при этом более сглаженные. Больше подходит для обнаружения «естественных» объектов, например, ослабленные зоны, включения грунтов и материалов с другими свойствами. Низкий параметр добавляет резкости контурам локальных объектов, которые располагаются в сканируемой среде, в т.ч. подходит для лучшего выделения арматуры в бетоне, инженерных коммуникаций и т.п.

3.3.1.5. Прочие настройки

Меню Файл – Настройки – Вид амплитудной карты

Позволяет строить полные амплитудные карты или вдоль профилей

Меню Файл – Настройки – Показывать траектории

Позволяет строить траектории каждого георадарного профиля поверх амплитудной карты (не рекомендуется для амплитудных карт вдоль профилей)

Меню Файл – Настройки – Учитывать полезную область

Позволяет не строить амплитудную карту в некоторой области выполненной георадарной съемки (рис.206)

Меню Файл – Настройки – Линейно протяженный объект

Функция используется для обследования автомобильных, железных дорог и трубопроводов, когда одна из сторон схемы створов съемки георадара существенно длиннее другой. Опция позволяет визуализировать амплитудную карту наиболее наглядной по форме. При этом количество точек на одной стороне отвечает за дискретность изображения вдоль самой длинной стороны амплитудной карты.

Меню Файл – Настройки – Пропорциональное масштабирование

Функция приводит размер амплитудной карты к реальному соотношению длины и ширины.

Меню Файл – Настройки – Показывать карту

Функция позволяет отобразить картографическую подложку под амплитудной картой.

Меню Файл – Настройки – Максимальное количество тайлов

Функция позволяет настроить качество картографической подложки.

3.3.1.6. Создание радарограмм в любой области внутри пространства съемочной сети

Меню Радарограмма – Сгенерировать радарограмму по ломанной

Позволяет создать свою собственную радарограмму в любом сечении. Для этого необходимо построить ломанную (Элементы – Добавить ломанную), выделить ее и применить процедуру, предварительно задав название новой радарограммы и шаг сканирования. Вновь созданная

[К оглавлению](#)

радарограмма автоматически добавится в проект. Опция может быть полезна для сравнения информации из скважины, имеющейся в одной радарограмме, с информацией на другой радарограмме к которой прокладывается ход вновь создаваемой радарограммы.

3.3.1.7. Общие рекомендации настройки изображений амплитудных карт

Приложение **GeoReaderAmplitudeMap.exe** предлагает гибкий подход настройки амплитудных карт, т.к. может осуществляться работа с разными объектами и разным георадарным оборудованием. В частности, если речь идет о построении полной амплитудной карты, для поиска наиболее удобочитаемой картины нужно оперировать следующими основными параметрами: высота среза, детализация на полной амплитудной карте и коэффициент детальности. Для более чувствительного улавливания изменений на амплитудных картах по глубине рекомендуется малая величина временного среза (до 1 нс), детализация на полной амплитудной карте не более шага сканирования георадара (0.05-0.3 м), коэффициент детальности от 1,5 до 2. Также рекомендуется использовать масштабирование программного окна интерфейса приложения **GeoReaderAmplitudeMap.exe**, что позволяет сжимать и растягивать амплитудную карту в плоскости (в режиме свернутого окна windows). Для линейных объектов рекомендуется использовать опцию пропорциональное масштабирование. Амплитудные карты вдоль профилей дают хорошие результаты при плотной конфигурации створов съемочной сети, когда расстояние между профилями не превышает 0,5 м. Чем более высокие параметры визуализации данных установлены при построении амплитудных карт, тем дольше работает приложение при переключении между срезами.

3.3.1.8. Синхронизация с приложением GeoReader

Приложение позволяет нажатием комбинации клавиш ctrl+правая кнопка мыши открыть профиль прямо из амплитудной карты. Для этого необходимо установить курсор максимально близко к траектории профиля, если с первого раза выполнить действие не получается, попробуйте увеличить масштаб изображения (отдалиться от объекта).

Раздел 4. Приложения.

Лицензионное соглашение

Настоящее Лицензионное Соглашение является Договором между Вами, юридическим или физическим лицом, правомерно владеющим экземпляром программного обеспечения GeoReader, и автором данной программы.

GeoReader распространяется как платная программа. Это означает, что:

1. Всеми авторскими правами на программный комплекс GeoReader эксклюзивно владеет правообладатель программы – ООО «ТИМ» (ИНН 0270407132).
2. Пробная (триал) версия программного комплекса GeoReader распространяется бесплатно на ограниченный период использования. Триал-версия создана для ознакомления с возможностями неограниченной версии программы, которую можно купить, связавшись с автором по адресу post@geotim.ru.
3. Вы можете использовать эту программу только если Вы являетесь сотрудником организации, которая приобрела лицензию на использование копии полной версии программы GeoReader.
4. Срок действия этого Соглашения начинается с момента загрузки или установки программы (в зависимости от того, что является более ранним событием) и продолжается бессрочно.
5. После оплаты полной версии GeoReader предоставляется лицензия с неисключительным правом пользования программным комплексом GeoReader в любых легальных целях только среди сотрудников организации, купившей лицензию на использование программы. Копия GeoReader не может быть сдана в аренду или дана напрокат.
6. Без письменного разрешения авторов запрещается использовать программный код GeoReader и другие части программы для реконструирования алгоритма расчёта. Вы не можете продавать, изменять, декомпилировать, дизассемблировать, изучать код программы другими способами, передавать зарегистрированную программу или любые из ее составляющих, иначе, чем определено настоящим лицензионным соглашением. Любое такое нелегальное использование означает автоматическое и немедленное прекращение действия настоящего соглашения и может преследоваться по закону.
7. Программа GeoReader распространяется по принципу «как есть». При этом не предусматривается никаких гарантий, явных или подразумеваемых. Вы используете его на свой собственный риск. Ни авторы, ни его уполномоченные дилеры не несут ответственности за потери данных, повреждения, потери прибыли или любые другие виды потерь, связанные с использованием (правильным или неправильным) этой программы.
8. Файлы GeoReader не должны распространяться за пределы области, контролируемой лицом или лицами, купившими оригинальную лицензию на полную версию GeoReader, без письменного разрешения обладателя авторских прав.
9. Установка и использование GeoReader свидетельствует о вашем согласии с условиями данной лицензии.
10. Если вы не согласны с условиями данной лицензии, удалите файлы GeoReader со своих устройств хранения информации и откажитесь от дальнейшего использования программного комплекса GeoReader.
11. Все права, явно не предоставленные здесь, принадлежат авторам программного комплекса GeoReader.

За нарушение авторских прав на программный комплекс GeoReader нарушитель несет гражданскую, административную или уголовную ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

=====

Спасибо за использование программы GeoReader.

© Copyright 2013-2023, <https://geotim.ru>, ООО «ТИМ»

E-mail: post@geotim.ru

Название, год принятия	Сфера использования	Краткое содержание
Инструкция по применению скоростной георадиолокационной диагностики железнодорожного пути, 2012	Георадиолокационная диагностика балластного слоя и земляного полотна в скоростном режиме для выделения участков пути с неудовлетворительным состоянием с целью их дальнейшего детального изучения	• Принципы метода георадиолокации; • Состав и возможности оборудования; • Выбор способа и режимов проведения диагностики; • Подготовка георадиолокационного комплекса к работе в скоростном режиме; • Обработка и интерпретация результатов измерений; • Количественный состав и квалификация персонала, обслуживающего георадиолокационный комплекс; • Технология диагностики балластного слоя и земляного полотна; • Отображение результатов диагностики в учетных формах; • Требования техники безопасности
Методические указания по георадиолокационной диагностике земляного полотна железнодорожного пути, 2005	Георадиолокационная диагностика объектов земляного полотна железнодорожного пути	• Принципы метода георадиолокации; • Аппаратура; • Основные виды помех; • Методика и технология диагностики; • Обработка и интерпретация результатов измерений; • Усиление и ремонты объектов земляного полотна по данным георадиолокационной диагностики
ГОСТР 58349-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Методы измерения толщины слоев дорожной одежды	Измерение толщины слоев дорожной одежды на автомобильных дорогах общего пользования	• Средства измерений • Методы измерений • Требования безопасности • Требования к условиям проведения работ • Подготовка к проведению измерений • Порядок проведения измерений • Обработка результатов

Название, год принятия	Сфера использования	Краткое содержание
		измерений - Оформление результатов измерений - Контроль точности результатов измерений
ОДМ 218.3.075-2016 Рекомендации по контролю качества выполнения дорожно-строительных работ методом георадиолокации, 2016 (имеет рекомендательный характер)	Георадиолокационный контроль выполненных дорожно-строительных работ на автомобильных дорогах общего пользования и аэродромах при строительстве, реконструкции и ремонте	- Основы выполнения георадиолокационного контроля; - Оценка соответствия по толщине конструктивных слоев дорожной одежды; - Оценка однородности свойств материалов и грунтов земляного полотна; - Методика камеральных работ; - Примеры выполнения работ
Методические рекомендации по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций, 2003	Георадиолокационная диагностика в дорожной отрасли	- Принципы выбора георадаров - Области применения георадаров; - Правила работы с георадарами; - Полевые работы; - Рекомендации по обработке и интерпретации результатов; - Рекомендуемый состав отряда; - Калибровка георадара; - Основные правила техники безопасности; - Основные технико-эксплуатационные показатели при работе с георадарами
СТО 01-2013. Применение георадарных технологий в дорожной отрасли Хабаровского края, 2013	Применение метода георадиолокации при строительстве и ремонте автомобильных дорог Хабаровского края	- Теоретические основы георадиолокационного обследования; - Оборудование; - Организация полевых работ при обследовании автомобильных дорог георадарами; - Методика интерпретации радарограмм и применяемое программное обеспечение; - Территориальные сметные нормативы для Хабаровского края
Recommendations for guidelines for the use of GPR in asphalt air voids content measurement	Применение метода георадиолокации для поиска воздушных полостей в	- Принципы метода георадиолокации; - Аппаратура;

Название, год принятия	Сфера использования	Краткое содержание
(Финляндия, Швеция, Норвегия), 2012	асфальтобетонном покрытии автомобильных дорог	• Технология проведения полевых работ; • Обработка радарограмм; • Формы отчетов
Recommendations for guidelines for the use of GPR in road construction quality control (Финляндия, Швеция, Норвегия), 2012	Применение метода георадиолокации при контроле качества автодорожных объектов	• Принципы метода георадиолокации; • Аппаратура; • Технология проведения полевых работ; • Обработка радарограмм; • Формы отчетов
D6087-08. Standard Test Method for Evaluating Asphalt-Covered Concrete Bridge Decks Using Ground Penetrating Radar(США), 2008	Применение метода георадиолокации при определении состояния бетонных мостовых конструкций	• Аппаратура; • Техника безопасности; • Технология проведения полевых работ; • Обработка результатов; • Требования к отчетам
ПНСТ 55-2015. Коммуникации подземные. Определение местоположения и глубины залегания неразрушающими методами, 2015 (предварительный стандарт)	Поиск существующих подземных коммуникаций	• Определение местоположения подземных коммуникаций (в том числе, с помощью георадаров); • Координирование подземных коммуникаций; • Документирование результатов проведения работ
МДС 11-21.2009. Методика определения точного местоположения подземных коммуникаций, 2009	Поиск существующих подземных коммуникаций	• Планирование и подготовка работ; • Выбор площадки; • Зондирование и мониторинг грунтового массива; • Порядок выполнения полевых работ; • Обработка и интерпретация результатов; • Отчетные материалы; • Требования по составу; • Требования по технике безопасности
Recommendations for guidelines for the use of GPR in Site investigations (Финляндия, Швеция, Норвегия), 2012	Применение метода георадиолокации при инженерно-геологических изысканиях автомобильных дорог	• Принципы метода георадиолокации; • Аппаратура; • Технология проведения полевых работ; • Обработка радарограмм; • Формы отчетов

Название, год принятия	Сфера использования	Краткое содержание
D6432-11. Standard Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation (США), 2011	Применение метода георадиолокации при инженерно-геологических изысканиях	• Принципы метода георадиолокации; • Аппаратура; • Технология проведения полевых работ; • Обработка радарограмм; • Формы отчетов; • Калибровка результатов
ГОСТ 32836-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Изыскания автомобильных дорог. Общие требования	Применение метода георадиолокации при инженерных изысканиях	Определяет место георадиолокационных обследований в составе работ по инженерным изысканиям
ГОСТ 32868-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению инженерно-геологических изысканий	Применение метода георадиолокации при инженерно-геологических изысканиях	Содержит общие требования к условиям и методикам применения георадиолокационных исследований в составе комплексных инженерно-геологических изысканий
ОДМ 218.4.030-2016 Методические рекомендации по оценке грузоподъемности ледовых переправ	Применение метода георадиолокации при изысканиях, строительстве и эксплуатации ледовых переправ на автомобильных дорогах общего пользования и ледовых дорог на автозимниках	• Методика георадиолокационного обследования ледовых переправ • Оценка грузоподъемности ледовой переправы по данным георадиолокационной съемки
СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 (с Изменением N 1)	Применение метода георадиолокации при осуществлении строительного контроля на автомобильных дорогах	Содержит требования об условиях применения георадиолокационных обследований при осуществлении строительного контроля на автомобильных дорогах и необходимых объемах калибровочного бурения

Библиографический список

1. Сухобок, Ю.А. Программный комплекс для информационного моделирования георадарных данных GeoReader / Ю.А. Сухобок, М.С. Курбатов // САПР и ГИС автомобильных дорог. — 2019. — №2 (13) . — С. 26-31.
2. Сухобок, Ю.А. Основы расшифровки и интерпретации радарограмм: учеб. пособие / Ю.А. Сухобок, В.В. Пупатенко, Г.М. Стоянович // Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2018. — 87 с.
3. Пупатенко, В.В. Определение границ раздела сред методом георадиолокации: метод. указания / В.В. Пупатенко, Г.М. Стоянович, Ю.А. Сухобок. — Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. — 22 с.
4. Сухобок, Ю.А. Совершенствование методики георадарного обследования грунтовых объектов транспортной инфраструктуры: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / Ю.А. Сухобок // Хабаровск, 2014. — 165 с.
5. Владов, М.Л. Введение в георадиолокацию: учебное пособие / М.Л. Владов, А.В. Старовойтов. — М.: Издательство МГУ, 2004. — 153 с.
6. Изюмов, С.В. Теория и методы георадиолокации: Учеб. пособие / С.В. Изюмов, С.В. Дручинин, А.С. Вознесенский. — М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2008. — 196 с.
7. Ground Penetrating Radar / edited by David J. Daniels. — London: the Institution of Electrical Engineers, 2009. — 734 p.
8. Ground Penetrating Radar: Theory And Applications / edited by H.M. Jol. — Amsterdam: Elsevier Science, 2009. — 508 p.
9. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. — СПб.: Питер, 2002. — 608 с.
10. Dossi, M., Forte, E., & Pipan, M. (2015) Automated reflection picking and polarity assessment through attribute analysis: Theory and application to synthetic and real ground-penetrating radar data, *Geophysics*, 80 (5), H23–H35.
11. Giannopoulos, A. Modelling ground penetrating radar by GprMax / A. Giannopoulos // Construction and Building Materials. — Volume 19. — 2005. — P. 755 – 762.