



**Обработка данных инженерного ОГТ в программе RadExPro –
практическое руководство**

(Редакция 11.12.2017 г.)

ООО «Деко-геофизика СК»

Почтовый адрес:
Научный парк МГУ, Ленинские горы 1-77
Москва 119992, Россия

Адрес для посетителей:
ул. Ивана Бабушкина д. 3 к. 1, Москва, Россия
Тел.: (+7 495) 532 76 36

E-mail: support@radexpro.ru

Сайт: www.radexpro.ru

Содержание

| | |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Введение | 3 |
| Ввод данных, присвоение геометрии и бинирование..... | 4 |
| Создание проекта в RadExPro | 4 |
| Загрузка исходных данных в проект..... | 5 |
| Присвоение геометрии и бинирование | 8 |
| Вычитание «левых» и «правых» ударов | 15 |
| Контроль присвоения геометрии с помощью связанных кросс-плотов | 18 |
| Анализ данных и предварительная обработка | 22 |
| Анализ волновой картины..... | 22 |
| Мьютинг | 25 |
| Скоростной анализ | 33 |
| Обработка, получение сейсмического разреза | 40 |
| Трансформация временного разреза в глубинный | 49 |

Введение

В этом руководстве мы покажем, как в программе RadExPro начинающий пользователь может обработать данные инженерного МОВ ОГТ. Мы рассмотрим все стандартные этапы базовой обработки ОГТ от ввода геометрии до построения глубинного суммарного разреза – так называемый минимальный граф обработки. Мы предполагаем, что пользователь уже знаком с теорией метода ОГТ и принципиальной технологией обработки подобных данных.

Про теоретические основы метода ОГТ и процедур, которые мы используем в своем графе, Вы можете прочитать в следующих книгах:

Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка. М., Недра, 1980. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка. В двух томах. М., Мир, 1987.

Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных. Теория и практика. М., Мир, 1989.

Для того чтобы самостоятельно повторить все описанные в руководстве шаги, нужно скачать тестовый набор сейсмических данных с нашего сайта:

www.radexpro.com/wp-content/uploads/tutorialFiles/Reflection-example.zip

В архиве содержатся исходные данные для работы: фрагмент наземного сейсмического профиля, записанный в формате SEG-Y (файл *Reflection-example.sgy*) и содержащий в заголовках трасс номера пунктов приема и возбуждения.

Кроме того, вы можете загрузить готовый проект, полученный в результате выполнения всех шагов, описанных в руководстве:

www.radexpro.com/wp-content/uploads/tutorialFiles/Near-surface S-wave reflection.zip

В этом руководстве мы не стали рассматривать такие сложные темы как горизонтальный скоростной анализ, миграция, и др. Вы можете найти информацию об этих, и других, процедурах обработки и анализа данных в «Руководстве пользователя» к программе.

В качестве примера мы выбрали полевые сейсморазведочные наблюдения, которые проводились методом отраженных волн в модификации общей глубинной точки на поперечных SH- волнах. Данные для учебника были любезно предоставлены ООО «ГЕОСИГНАЛ».

Для возбуждения поперечных S-волн использовалась методика «правых» и «левых» ударов. При использовании данной методики, возбуждения производятся в двух направлениях, перпендикулярно линии профиля. В качестве источника возбуждения SH-волн использовалась кувалда, которой наносились удары по металлическому штырю, установленному под наклоном $\sim 45^\circ$ в грунт.

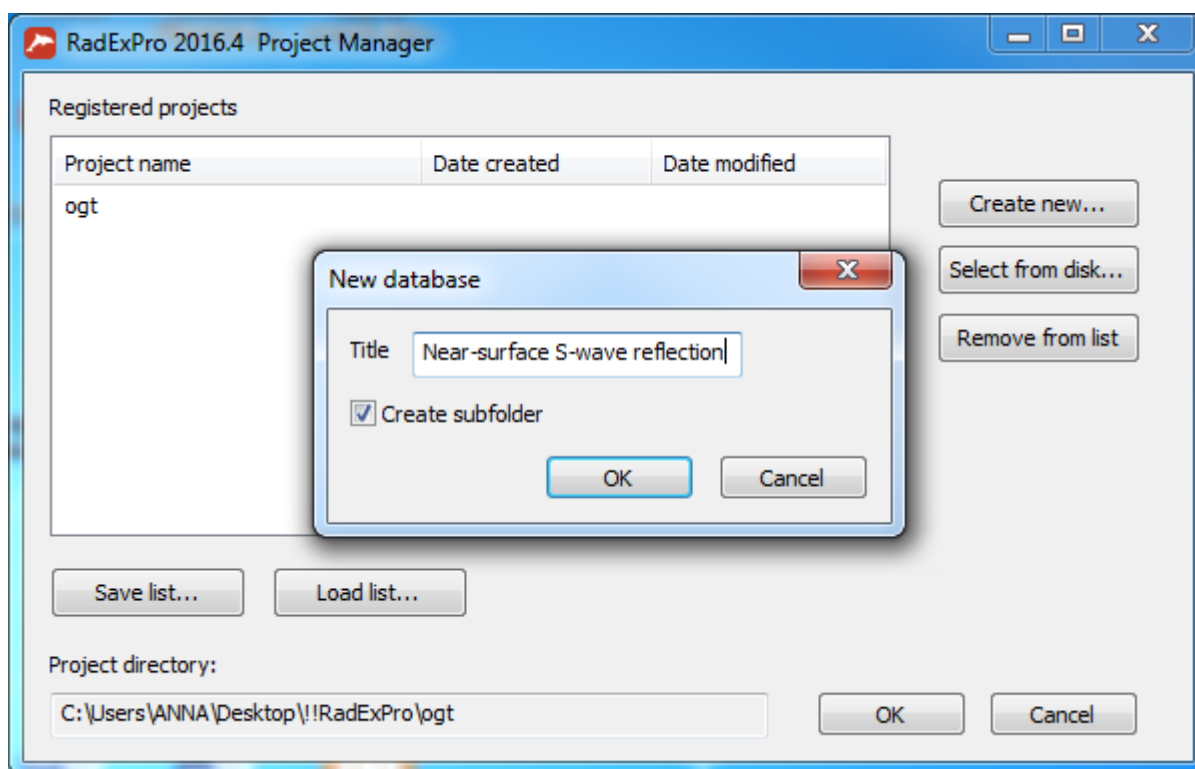
Прием сигнала производился с помощью сейсмической косы длиной 90 м. Использовались приёмники с горизонтальной осью чувствительностью с шагом 1 м. Источником была кувалда, которой начиная с выноса в 12 м наносились удары через каждые 4 метра. Такая расстановка называется смешанной, т.е. некий симбиоз фланговой (источник только на выносе и вся расстановка движется с определенным шагом) и центральная (источник в центре).

Ввод данных, присвоение геометрии и бинирование

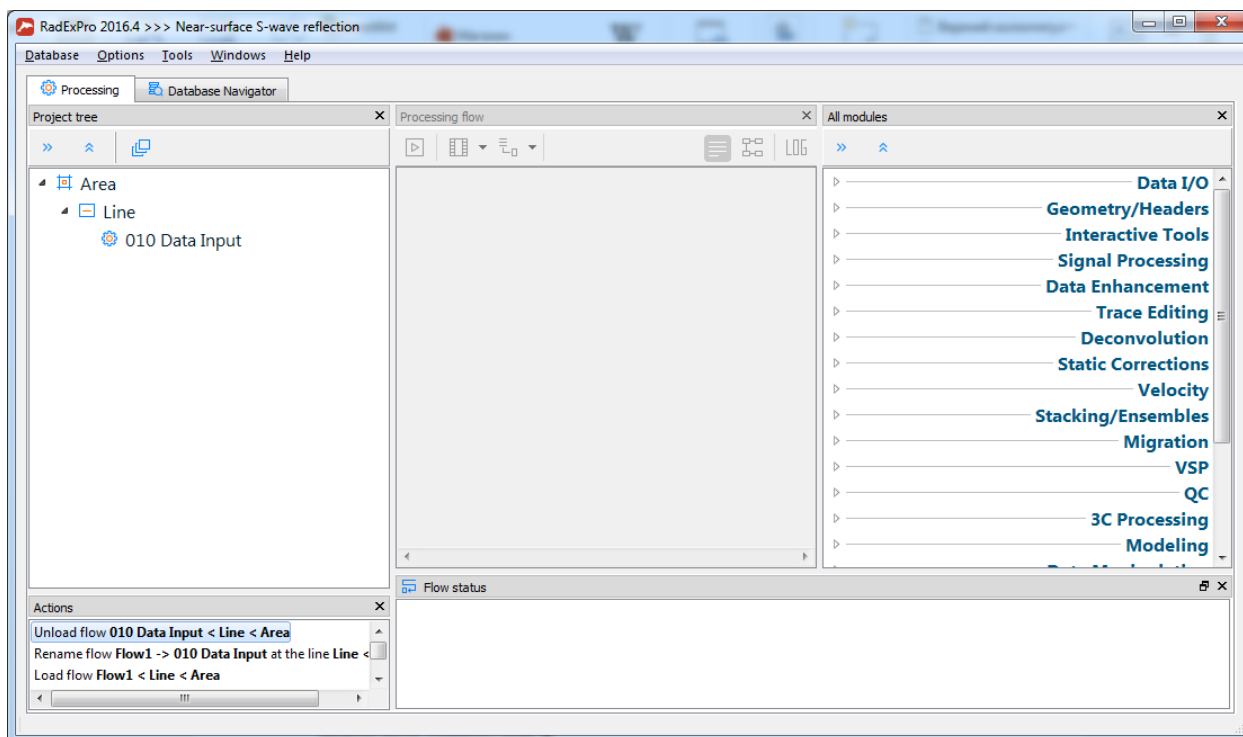
Создание проекта в RadExPro

Обработка данных в программе RadExPro происходит в рамках обрабатываемых *проектов*. Проект представляет собой базу данных, содержащую исходные сейсмические данные, промежуточные и окончательные результаты обработки, а также все потоки обработки и их параметры, таблицы скоростей, пикировки горизонтов и другую вспомогательную информацию. Каждый проект и все принадлежащие ему файлы хранятся в отдельной папке на жестком диске. Перед тем как приступить к обработке сейсмических данных в RadExPro, данные нужно загрузить в проект.

Подробное пошаговое описание процедуры создания нового проекта и загрузки данных в проект можно найти в руководстве «[Создание нового проекта RadExPro и загрузка данных](#)». В диалоговом окне Project Manager создадим наш проект и назовем его «Near-surface S-wave reflection».



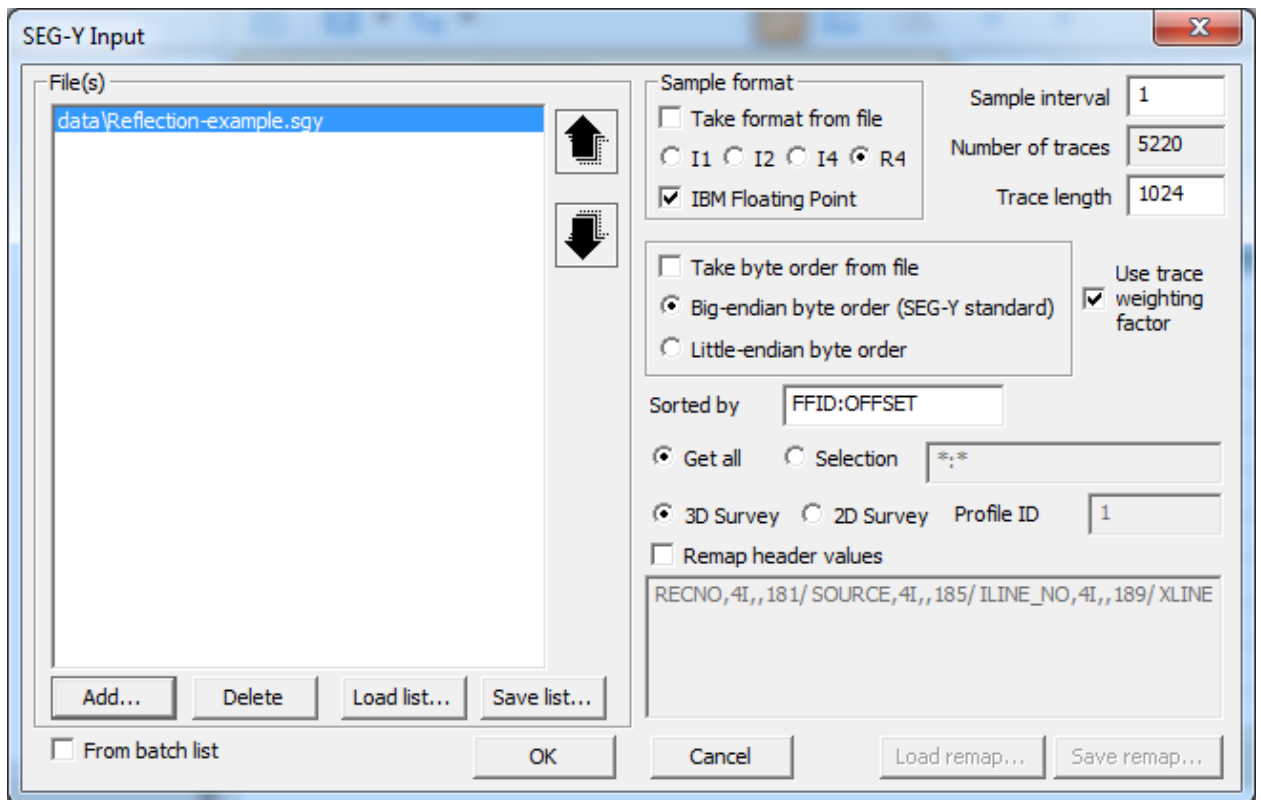
Выберем в списке проектов «Near-surface S-wave reflection» и нажмем кнопку ОК. Откроется рабочее окно проекта. Переименуем созданный автоматически первый обрабатываемый поток – назовем его «010 Data input». Вы можете так же захотеть изменить названия площади и линии.



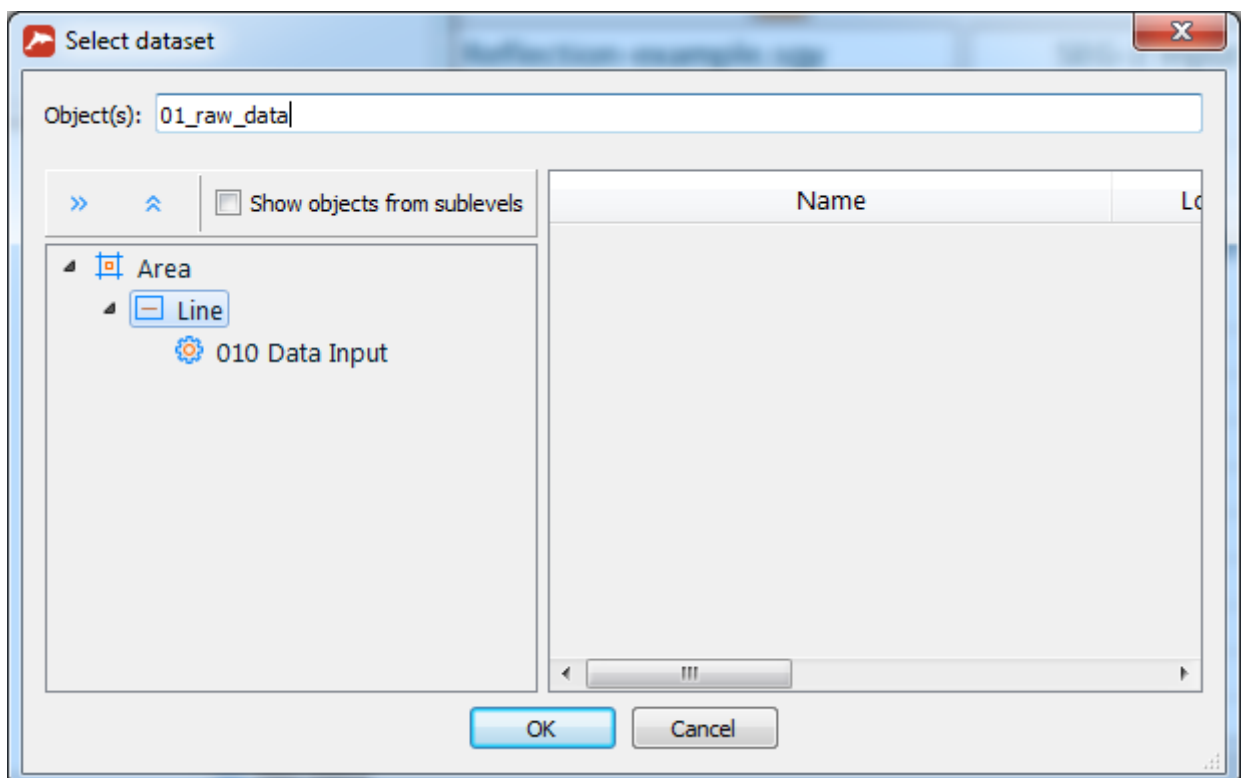
Загрузка исходных данных в проект

Начнем работу в первом потоке «010 Data input». Сформируем поток обработки, состоящий из модулей SEG-Y Input и Trace Output.

Это поток используется для загрузки данных в проект, он должен считать данные из файлов на диске и сохранить их в качестве объекта типа «набор данных» (dataset) в базу данных. Поскольку наши данные в формате SEG-Y, то для их чтения будем использовать модуль SEG-Y Input. Модуль автоматически определяет параметры файлов SEG-Y. Если какой-то параметр определен неверно, вы всегда можете откорректировать его вручную, указав верные значения.

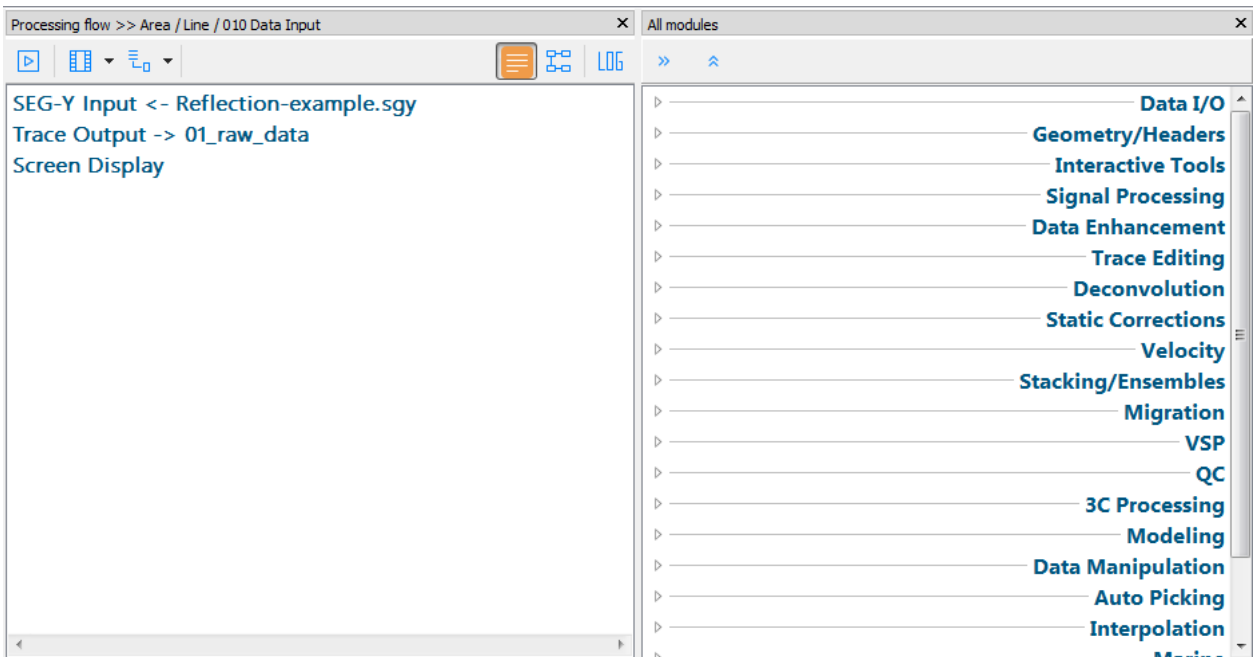


После модуля SEG-Y Input добавим в поток модуль Trace Output. Этот модуль сохранит загруженные сейсмические трассы в базу данных. Объект, который будет содержать эти данные назовем 01_raw_data и разместим его на втором уровне базы данных в профиле Line (как показано на следующем рисунке).

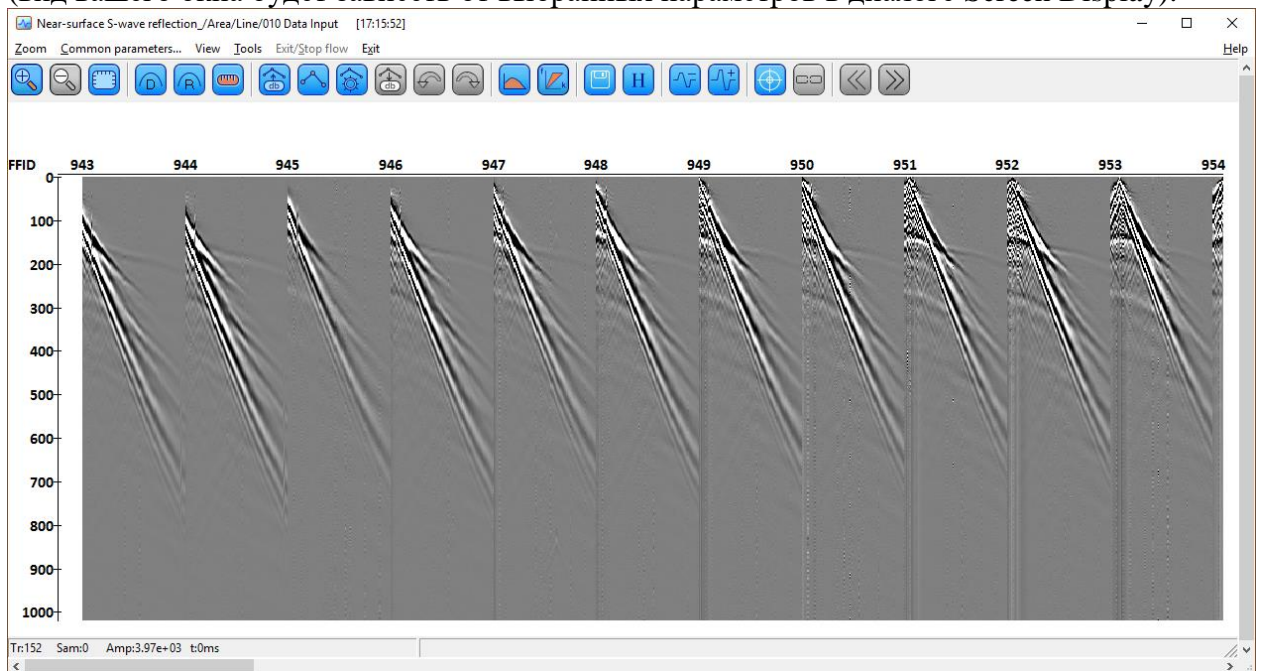


Для того чтобы проверить корректность загрузки данных, после модуля Trace Output добавим в поток модуль Screen Display.

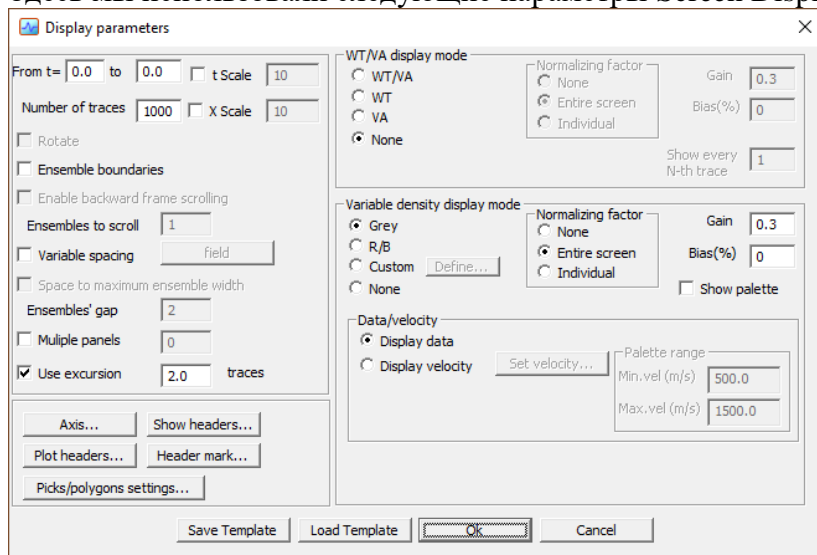
Полученный поток должен выглядеть следующим образом:



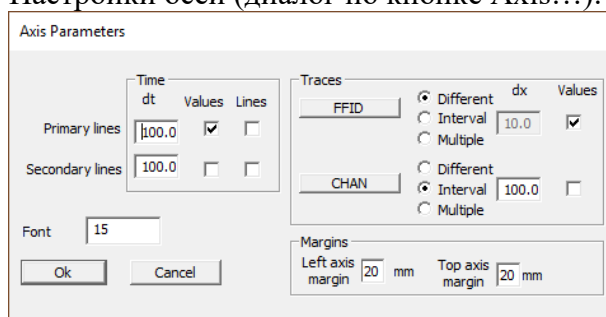
Для выполнения потока нажмите кнопку Run - в результате откроется окно Screen Display, отображающее вводимые данные, а сами данные будут прочитаны из файла на диске и записаны в базу данных. Окно Screen Display, которое появится на экране, приведено ниже (вид вашего окна будет зависеть от выбранных параметров в диалоге Screen Display).



Здесь мы использовали следующие параметры Screen Display:



Настройки осей (диалог по кнопке Axis...):



Присвоение геометрии и бинирование

Присвоение геометрии является одним из первых этапов обработки сейсмических данных. Под этим понимается заполнение значений всех необходимых заголовков (часто используют термин «паспорт трассы»), которые будут использоваться при дальнейшей обработке. После этого становится возможным проведение процедуры бинирования – присвоения сейсмическим трассам соответствующего номера общей средней точки.

Для проведения бинирования и дальнейшей обработки по методу ОГТ в заголовках сейсмических трасс должны быть заполнены следующие поля:

- координаты источника – заголовок **SOU_X**;
- координаты приемника – заголовок **REC_X**;
- номер источника – заголовок **SOURCE**;
- расстояние источник-приемник – заголовок **OFFSET**;
- координата срединной точки для каждой трассы – заголовок **CDP_X**;

Далее, в результате бинирования заполняется номер точки ОГТ – заголовок **CDP**. После этого в заголовок **CDP_X** вместо координаты *срединной точки трассы* записывается координата *общей глубинной точки (ОГТ) всех трасс, попавших в бин*, т.е. координата центра бина.

В простом случае прямолинейного профиля с регулярной системой наблюдений (здесь мы рассматриваем именно такой случай) при использовании шага по ОГТ равного половине расстояния между приемниками, координаты срединных точек, попавших в каждый бин совпадают между собой и с координатой центра бина. Однако, надо понимать, что так будет происходить не всегда – например, вы можете увеличить размер бина в 2 раза, и тогда в него попадут трассы с двумя различными срединными точками, а координата центра бина окажется между ними. Это можно делать для увеличения кратности по ОГТ, за счет уменьшения пространственного разрешения. В случае наблюдений вдоль не прямолинейных профилей, с использованием реальных GPS координат, срединные точки трасс совпадать не будут, в этом случае бинирование проводят отдельной процедурой – в RadExPro для этого есть специальный модуль Crooked Line 2D Binning, работа с которым выходит за рамки данного учебника.

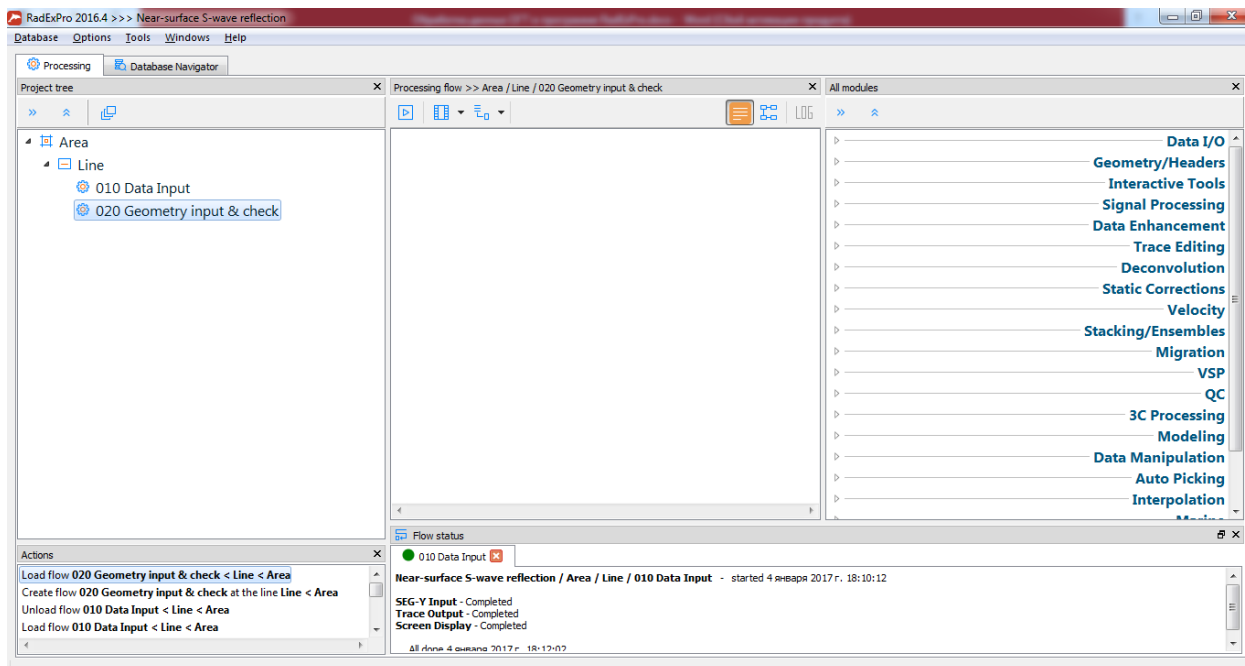
Здесь, для расчета и присвоения геометрии наблюдений, а так же бинирования по ОГТ мы будем использовать модуль Near-Surface Geometry Input. Перед его применением необходимо проверить корректность заполнения заголовков сейсмических данных. Для этого откроем редактор таблицы заголовков (Geometry Spreadsheet) – перейдите во вкладку Database Navigator и дважды щелкните на имени исходного набор данных. Откроется редактор полей заголовков Geometry Spreadsheet -- как им пользоваться подробно описано в руководстве пользователя в разделе [«Geometry Spreadsheet редактор таблицы геометрии \(таблицы заголовков\)»](#).

В редакторе таблиц геометрии загрузим заголовки, с которыми мы будем работать – те, которые должны быть заполнены в поле, и те которые нам необходимо заполнить. Заголовки можно добавлять из списка заголовков справа перетаскиванием или по двойному щелчку мыши:

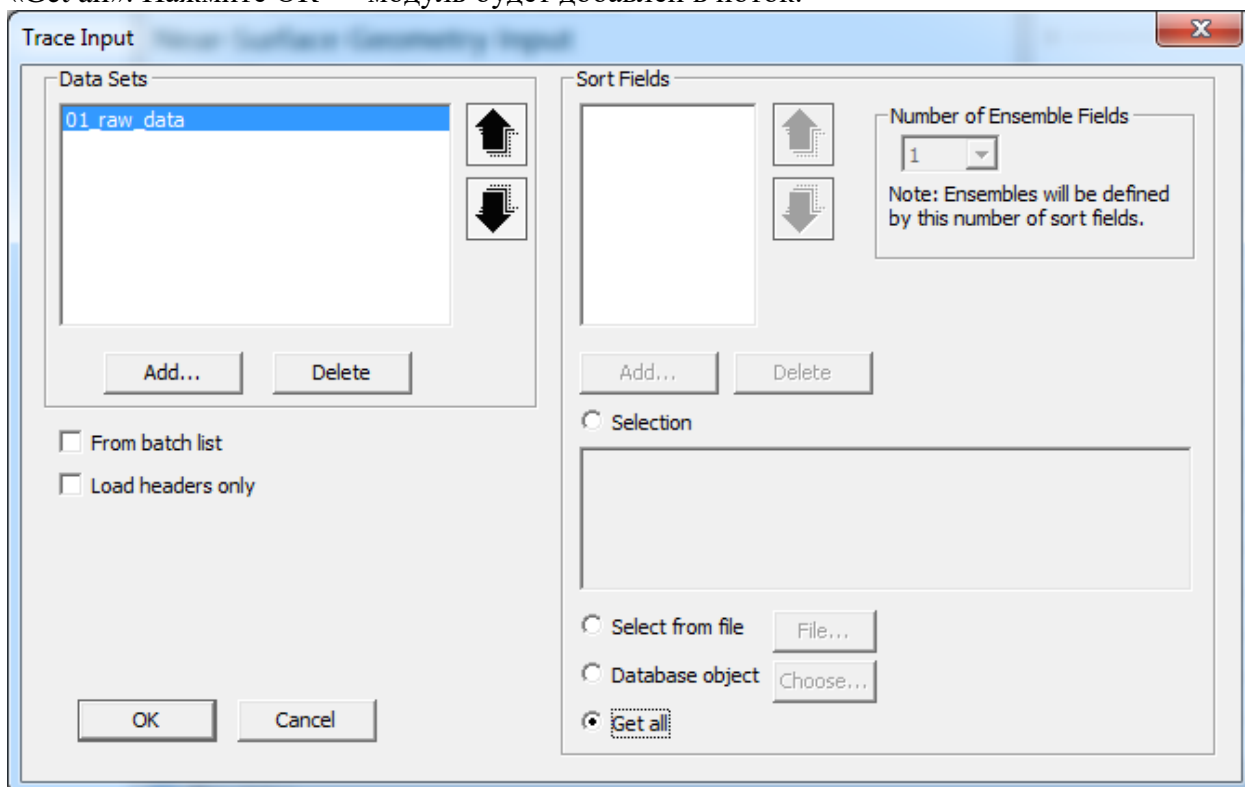
| | TRACENO | FFID | CHAN | SOURCE | OFFSET | SOU_X | REC_X | CDP | CDP_X |
|----|---------|------|------|--------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 82 | 82 | 943 | 82 | 1 | 81.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 83 | 83 | 943 | 83 | 1 | 82.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 84 | 84 | 943 | 84 | 1 | 83.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 85 | 85 | 943 | 85 | 1 | 84.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 86 | 86 | 943 | 86 | 1 | 85.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 87 | 87 | 943 | 87 | 1 | 86.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 88 | 88 | 943 | 88 | 1 | 87.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 89 | 89 | 943 | 89 | 1 | 88.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 90 | 90 | 943 | 90 | 1 | 89.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 91 | 1 | 944 | 1 | 1 | 0.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 92 | 2 | 944 | 2 | 1 | 1.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 93 | 3 | 944 | 3 | 1 | 2.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 94 | 4 | 944 | 4 | 1 | 3.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 95 | 5 | 944 | 5 | 1 | 4.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 96 | 6 | 944 | 6 | 1 | 5.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 97 | 7 | 944 | 7 | 1 | 6.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |
| 98 | 8 | 944 | 8 | 1 | 7.000000 | not assigned | not assigned | not assigned | not assigned |

Как видно из таблицы выше, поля заголовков, соответствующие координатам источников, приемников, координаты точек ОГТ и их номера не заполнены (not assigned). Кроме того, поле TRACENO, в котором должен быть записан порядковый номер трассы, заполнено не по порядку.

Создадим новый поток «020 Geometry Input&check», в котором мы заполним заголовки трасс соответственно имеющейся геометрии наблюдений.

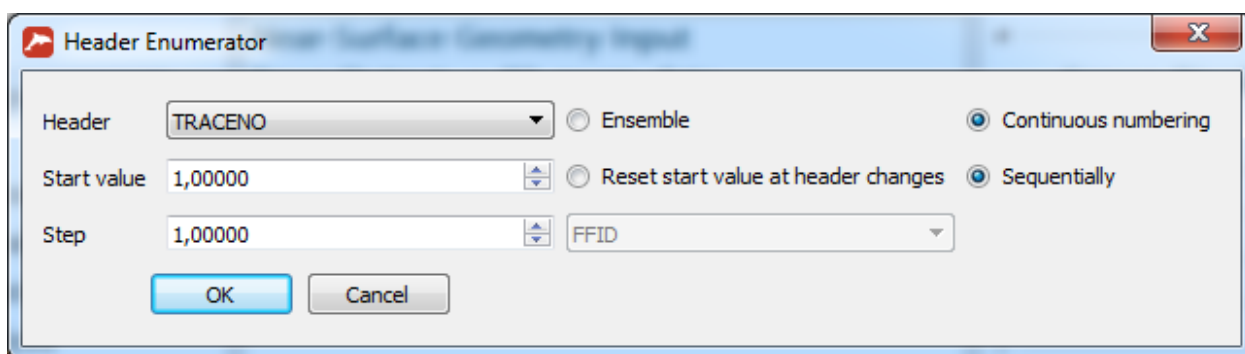


В этом потоке сначала прочитаем набор сейсмических данных с помощью модуля Trace Input. Выберем ранее созданный набор данных 01_raw_data, как показано на картинке, и загрузим все данные в том порядке, как они идут в наборе данных, указав в поле Selection «Get all». Нажмите ОК — модуль будет добавлен в поток.



Для того чтобы модуль Near-Surface Geometry Input работал корректно, необходимо чтобы данные подавались на вход в порядке их следования по профилю, поскольку расчет координат производится последовательно для каждого пункта возбуждения. При этом заголовок TRACENO должен содержать корректные значения порядкового номера трассы.

Добавим в поток модуль Header Enumerator и заполним заголовок TRACENO в порядке возрастания с шагом 1.



Далее добавим в поток модуль Near-Surface Geometry Input. Этот модуль предназначен для присвоения геометрии полевым данным, полученным с помощью методов ОГТ, МПВ и анализа поверхностных волн (MASW).

Основной диалог модуля разбит на две вкладки — присвоение геометрии данным, полученных по методике ОГТ или MASW (Reflection/MASW) и данных, полученных по методике МПВ (Refraction). Каждому типу расстановки соответствует своя интерактивная картинка, которая наглядно показывает текущий параметр редактируемой вкладки (положение приемника, источника и т. д.).

В нашем случае приемная расстановка была зафиксирована вдоль профиля, а пункты возбуждения перемещались вдоль расстановки, поэтому выберем режим «Fixed mode». В этом случае необходимо задать следующие начальные параметры для расчета геометрии (все расстояния задаются в метрах):

First source position - координата первого пункта возбуждения;

Source step - шаг между пунктами возбуждения;

Number of channels - количество каналов приемной расстановки;

First receiver position - координата первого канала;

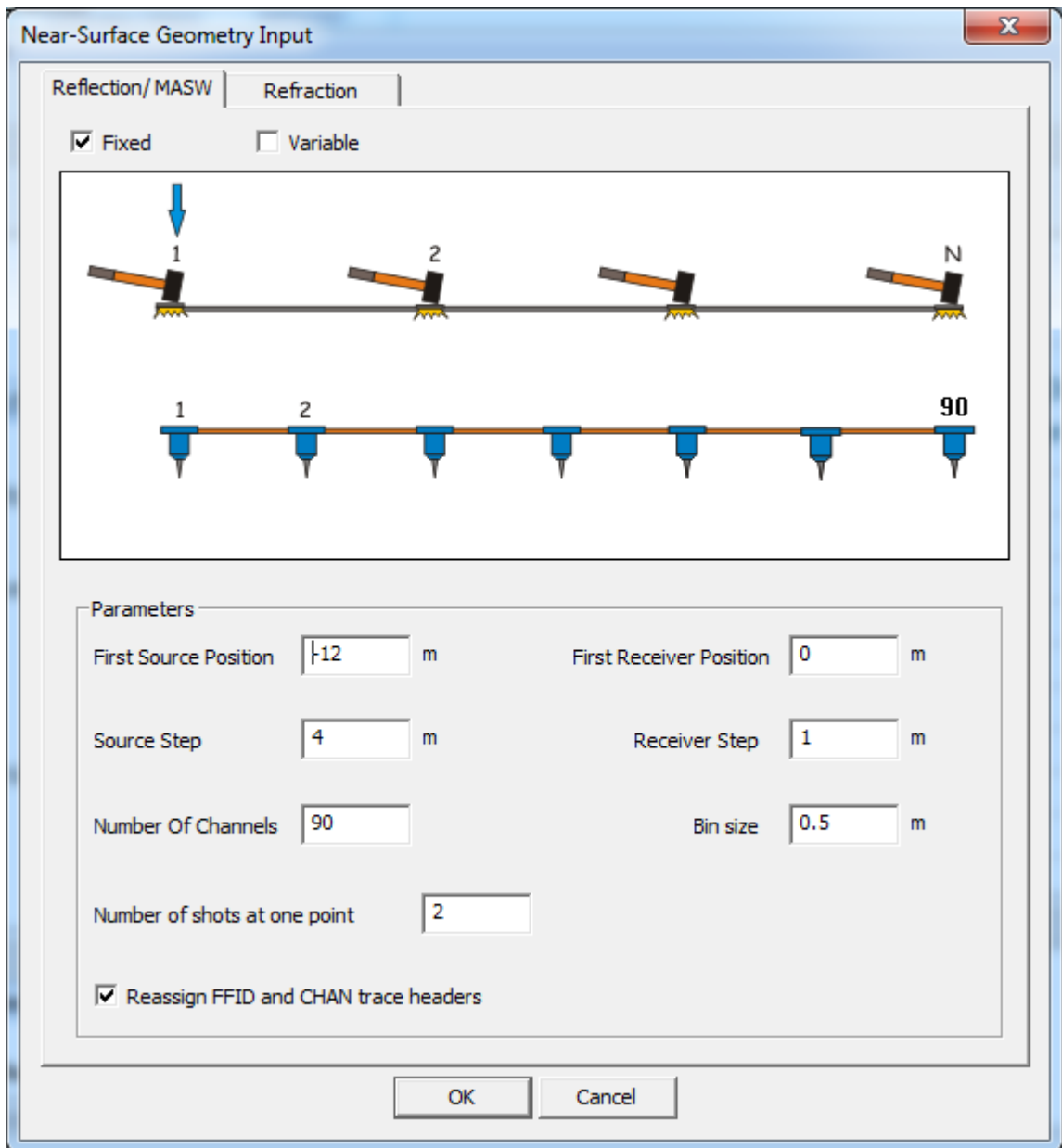
Receiver step - шаг между каналами;

Bin size — размер бина (как правило, половина расстояния между приемниками);

Number of shots at one point – количество возбуждений на одной точке профиля;

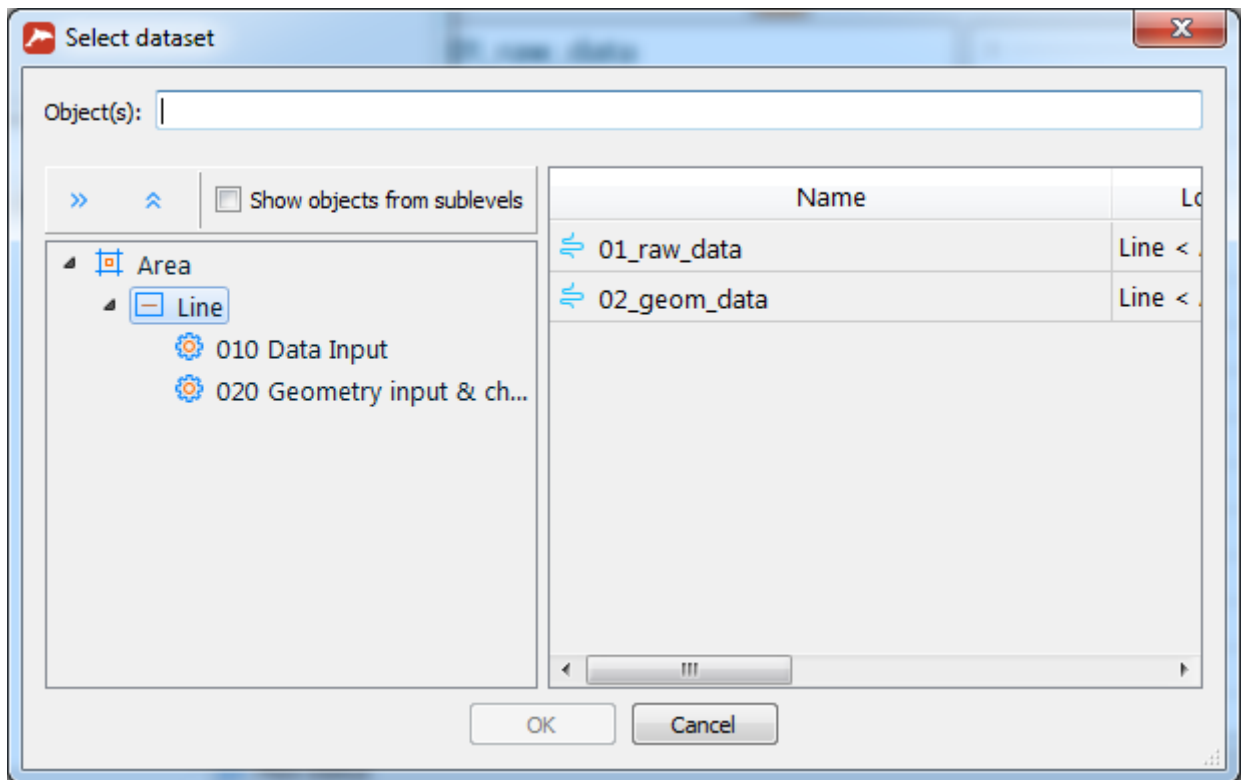
Reassign FFID and CHAN headers - в случае, если поля заголовков, соответствующие номеру ПВ (FFID) и каналу (CHAN) не были заполнены или были заполнены неверно, данная опция позволяет их пересчитать согласно заполненным параметрам о данных расстановки.

Правильные параметры, соответствующие геометрии наблюдений в нашем примере, показаны на рисунке ниже:

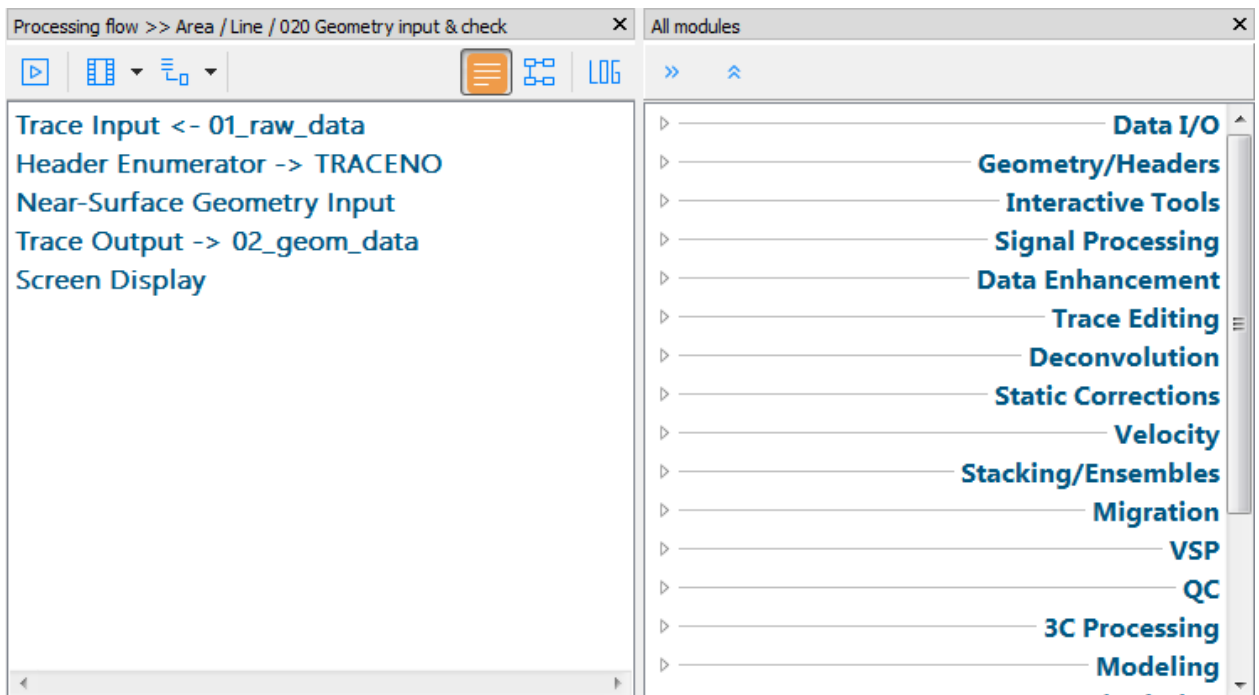


Нажмите ОК по завершению присвоения параметров.

Чтобы сохранить данные с присвоенной геометрией, используйте модуль Trace Output. Набор данных с геометрией мы назовем 02_geom_data и разместим его на втором уровне базы данных в профиль Line (как показано на следующем рисунке).

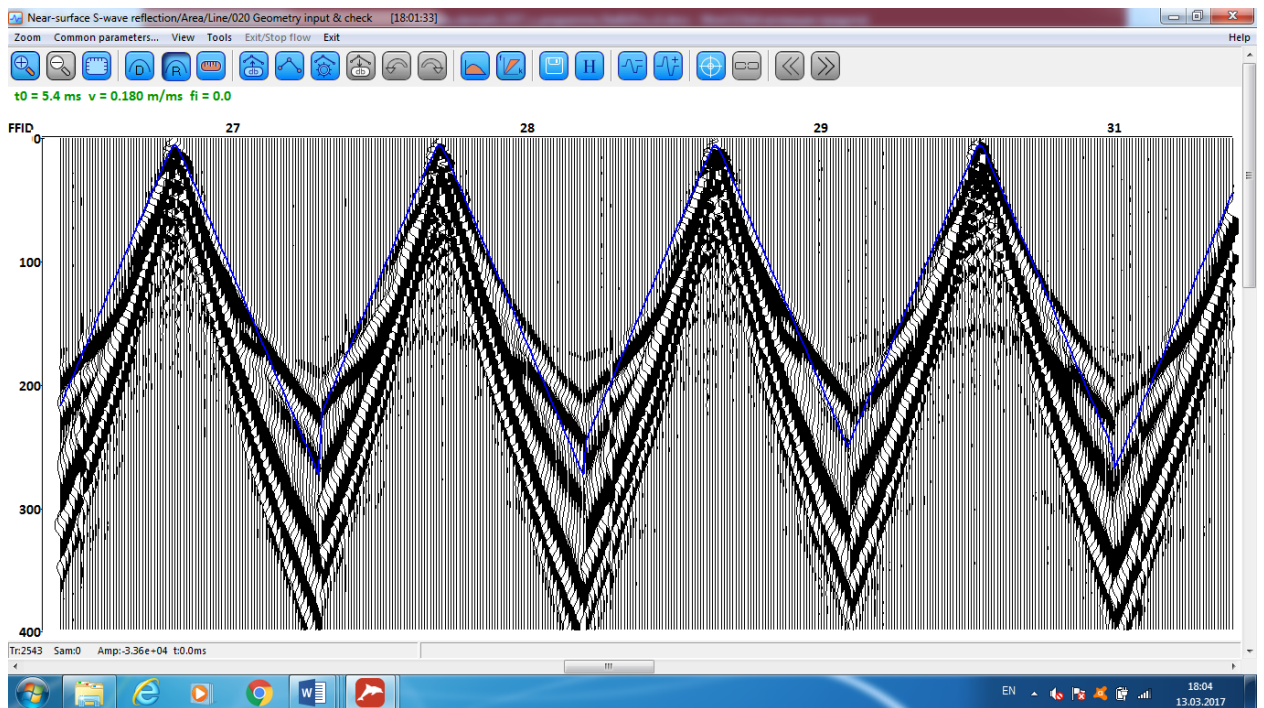


Для контроля присвоения геометрии, в конец потока поставим модуль Screen Display. В итоге, получившийся поток должен выглядеть следующим образом:



Запустите поток, нажав кнопку Run. В итоге будет получен набор данных с присвоенной геометрией. Для проверки корректности присвоения геометрии наблюдения в окне Screen Display воспользуемся инструментом «Approximate-Hyperbola (reflection)». Подберем параметры теоретического годографа отраженной волны (подробнее об использовании этого инструмента можно прочитать в разделе «Аппроксимация годографа отраженной волны» «Руководства пользователя»). На рисунке видно, что теоретическая гипербола, вершина которой совпадает с началом записи, вырождается в две прямые (прямая волна).

Таким способом можно увидеть незначительные ошибки в геометрии, даже сдвиг на один канал.



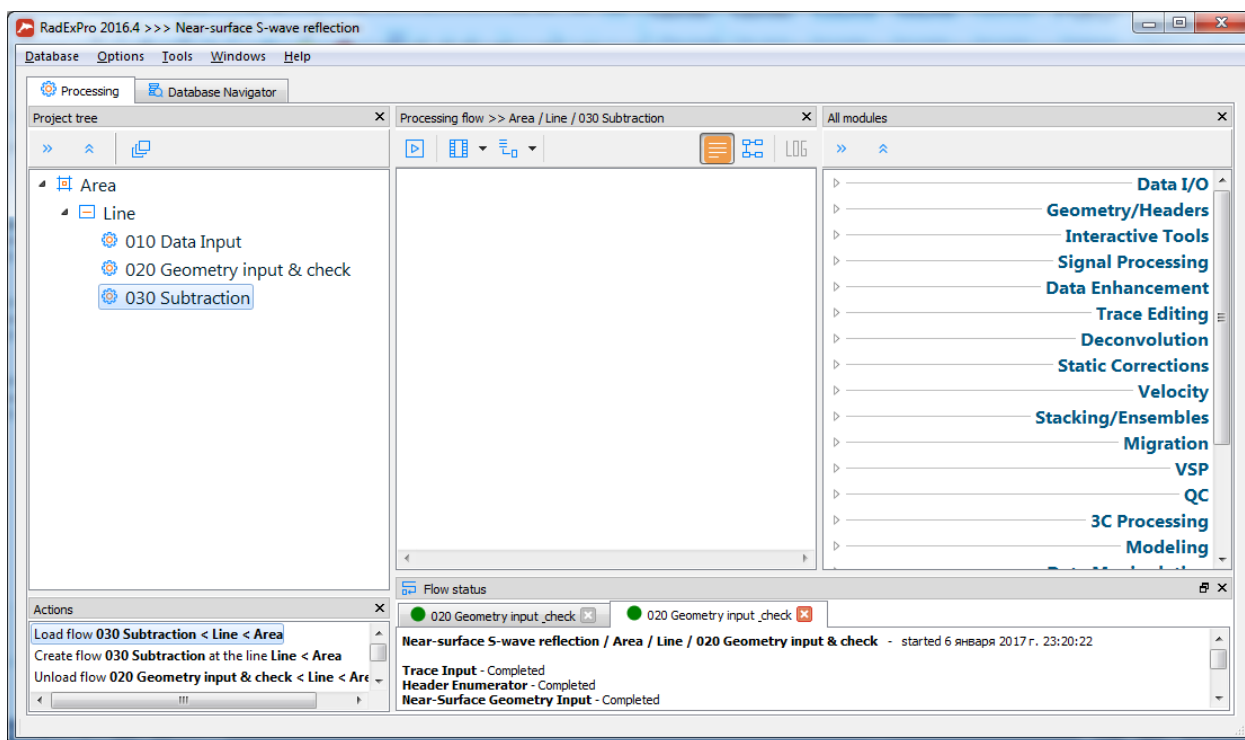
Кроме того, мы можем открыть набор данных с присвоенной геометрией (02_geom_data) в Geometry Spreadsheet и убедиться, что все заголовки присвоены верно:

| TRACENO | FFID | CHAN | SOURCE | OFFSET | SOU_X | REC_X | CDP | CDP_X |
|---------|------|------|--------|--------|------------|------------|-----------|-----------|
| 70 | 70 | 1 | 70 | 1 | 81.000000 | -12.000000 | 69.000000 | 28.500000 |
| 71 | 71 | 1 | 71 | 1 | 82.000000 | -12.000000 | 70.000000 | 29.000000 |
| 72 | 72 | 1 | 72 | 1 | 83.000000 | -12.000000 | 71.000000 | 29.500000 |
| 73 | 73 | 1 | 73 | 1 | 84.000000 | -12.000000 | 72.000000 | 30.000000 |
| 74 | 74 | 1 | 74 | 1 | 85.000000 | -12.000000 | 73.000000 | 30.500000 |
| 75 | 75 | 1 | 75 | 1 | 86.000000 | -12.000000 | 74.000000 | 31.000000 |
| 76 | 76 | 1 | 76 | 1 | 87.000000 | -12.000000 | 75.000000 | 31.500000 |
| 77 | 77 | 1 | 77 | 1 | 88.000000 | -12.000000 | 76.000000 | 32.000000 |
| 78 | 78 | 1 | 78 | 1 | 89.000000 | -12.000000 | 77.000000 | 32.500000 |
| 79 | 79 | 1 | 79 | 1 | 90.000000 | -12.000000 | 78.000000 | 33.000000 |
| 80 | 80 | 1 | 80 | 1 | 91.000000 | -12.000000 | 79.000000 | 33.500000 |
| 81 | 81 | 1 | 81 | 1 | 92.000000 | -12.000000 | 80.000000 | 34.000000 |
| 82 | 82 | 1 | 82 | 1 | 93.000000 | -12.000000 | 81.000000 | 34.500000 |
| 83 | 83 | 1 | 83 | 1 | 94.000000 | -12.000000 | 82.000000 | 35.000000 |
| 84 | 84 | 1 | 84 | 1 | 95.000000 | -12.000000 | 83.000000 | 35.500000 |
| 85 | 85 | 1 | 85 | 1 | 96.000000 | -12.000000 | 84.000000 | 36.000000 |
| 86 | 86 | 1 | 86 | 1 | 97.000000 | -12.000000 | 85.000000 | 36.500000 |
| 87 | 87 | 1 | 87 | 1 | 98.000000 | -12.000000 | 86.000000 | 37.000000 |
| 88 | 88 | 1 | 88 | 1 | 99.000000 | -12.000000 | 87.000000 | 37.500000 |
| 89 | 89 | 1 | 89 | 1 | 100.000000 | -12.000000 | 88.000000 | 38.000000 |
| 90 | 90 | 1 | 90 | 1 | 101.000000 | -12.000000 | 89.000000 | 38.500000 |
| 91 | 91 | 2 | 1 | 1 | 12.000000 | -12.000000 | 0.000000 | -6.000000 |
| 92 | 92 | 2 | 2 | 1 | 13.000000 | -12.000000 | 1.000000 | -5.500000 |
| 93 | 93 | 2 | 3 | 1 | 14.000000 | -12.000000 | 2.000000 | -5.000000 |
| 94 | 94 | 2 | 4 | 1 | 15.000000 | -12.000000 | 3.000000 | -4.500000 |
| 95 | 95 | 2 | 5 | 1 | 16.000000 | -12.000000 | 4.000000 | -4.000000 |
| 96 | 96 | 2 | 6 | 1 | 17.000000 | -12.000000 | 5.000000 | -3.500000 |
| 97 | 97 | 2 | 7 | 1 | 18.000000 | -12.000000 | 6.000000 | -3.000000 |
| 98 | 98 | 2 | 8 | 1 | 19.000000 | -12.000000 | 7.000000 | -2.500000 |
| 99 | 99 | 2 | 9 | 1 | 20.000000 | -12.000000 | 8.000000 | -2.000000 |

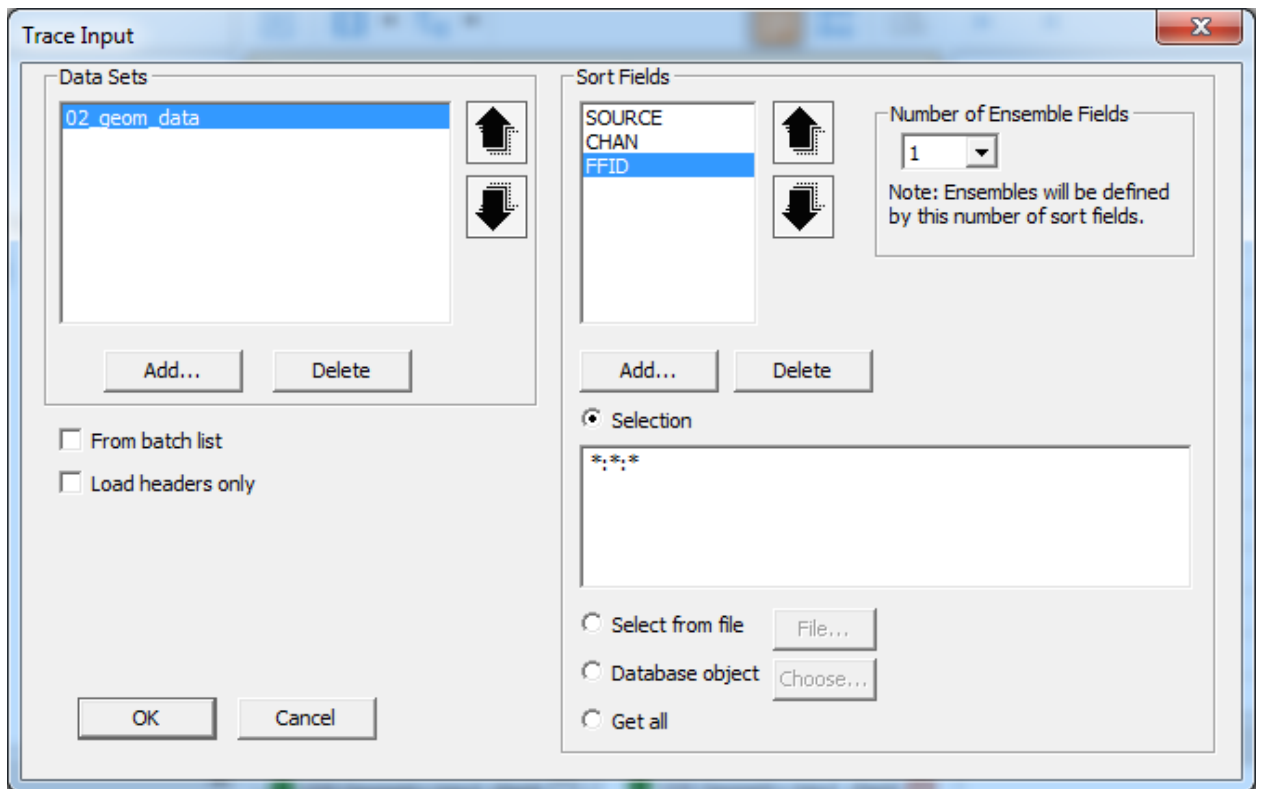
Вычитание «левых» и «правых» ударов

При использовании методики встречных ударов регистрируются Р и SH волны. Р волна при этом является помехой, которую удаётся ослабить в результате вычитания «левых» и «правых» ударов. На полученных сейсмограммах ОПВ S-волны находятся в противофазе, что при последующем вычитании усиливает амплитуды зарегистрированных S-волн относительно амплитуды Р-волн, которые вычитаются синфазно.

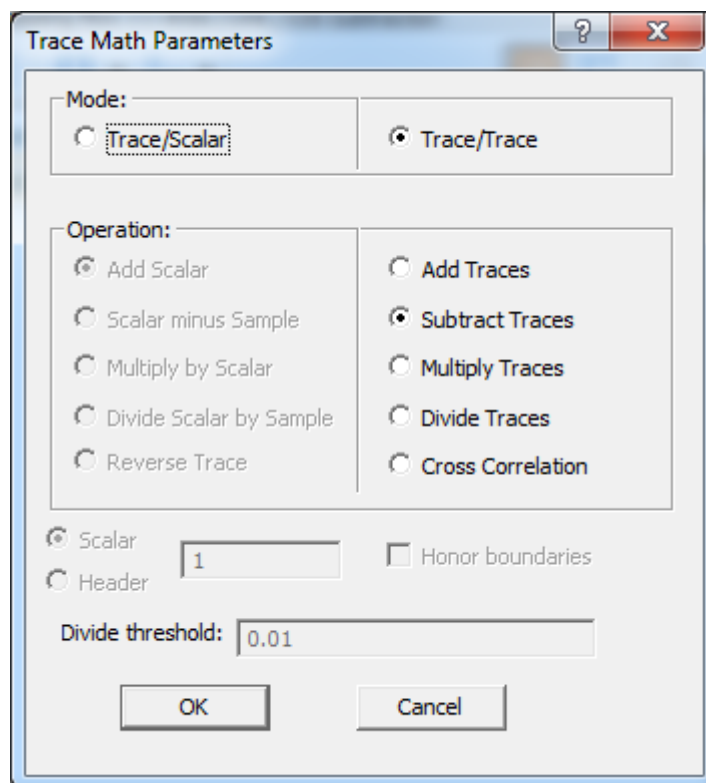
Создадим поток «030 Subtraction», в котором будем вычитать «левые» и «правые» удары.



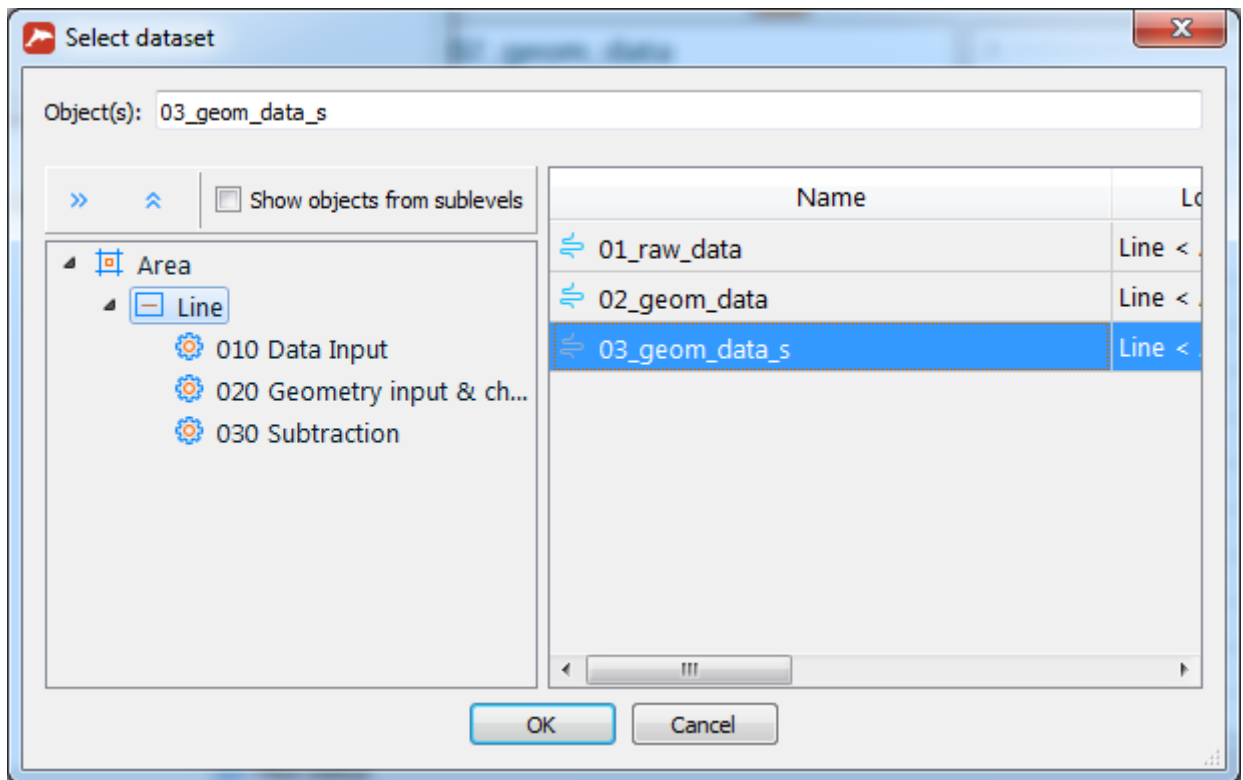
Сначала прочитаем набор сейсмических данных с помощью модуля Trace Input. Укажем сортировку SOURCE:CHAN:FFID, что позволит сформировать на входе модуля сейсмограммы в правильном порядке. При такой сортировке, на каждом пункте возбуждения для каждого канала, по потоку будут последовательно идти трассы от двух разных ударов: «левого» и «правого».



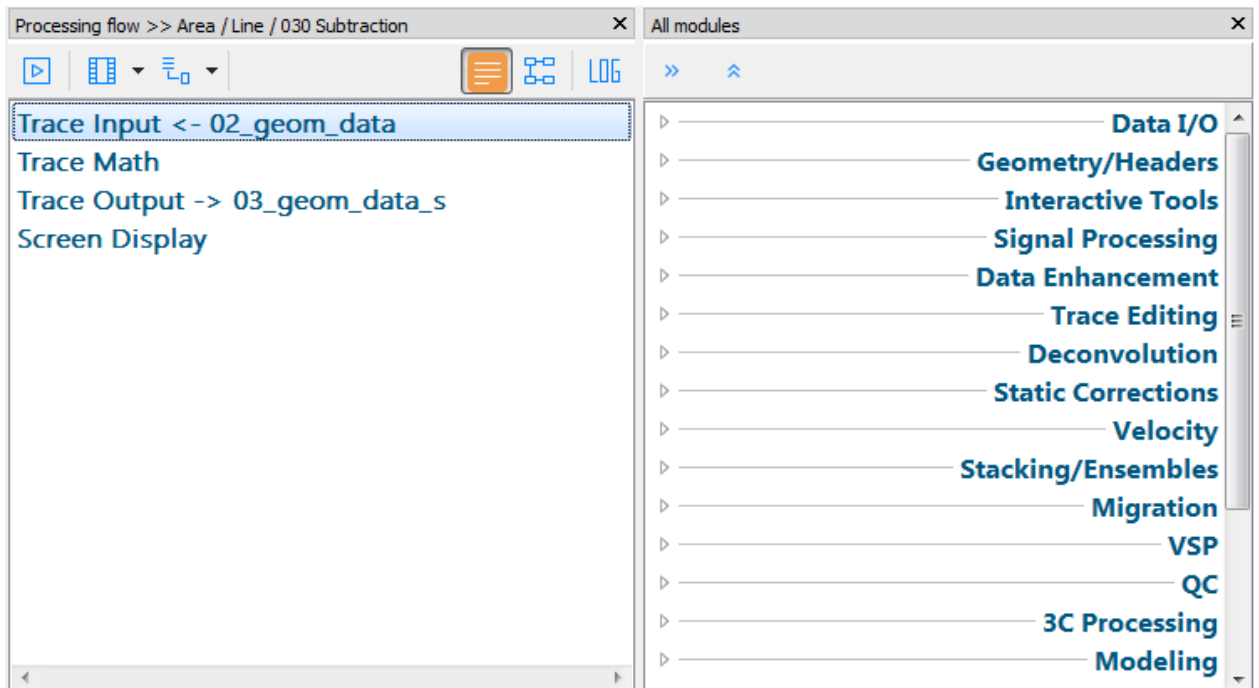
Для вычитания ударов добавляем в поток модуль Trace Math и выбираем режим потрассного вычитания.



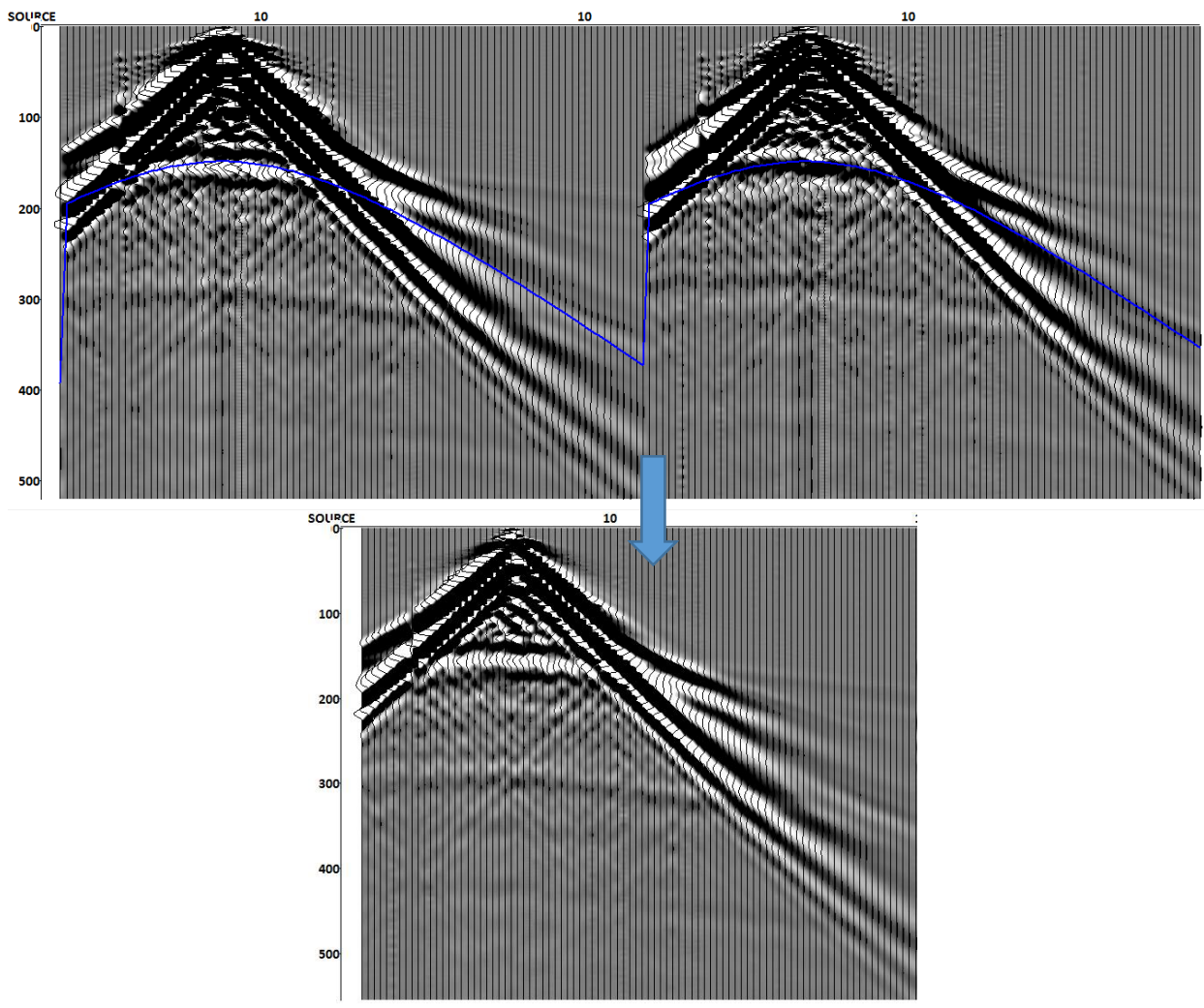
Чтобы сохранить результаты обработки, выпишем их модулем Trace Output в новый набор данных. Новый объект назовем 03_geom_data_s и разместим его в базе данных на уровне профиля Line (как показано на следующем рисунке).



Чтобы оценить полученный результат в конце потока разместим модуль Screen Display. В итоге, получившийся поток должен выглядеть следующим образом:

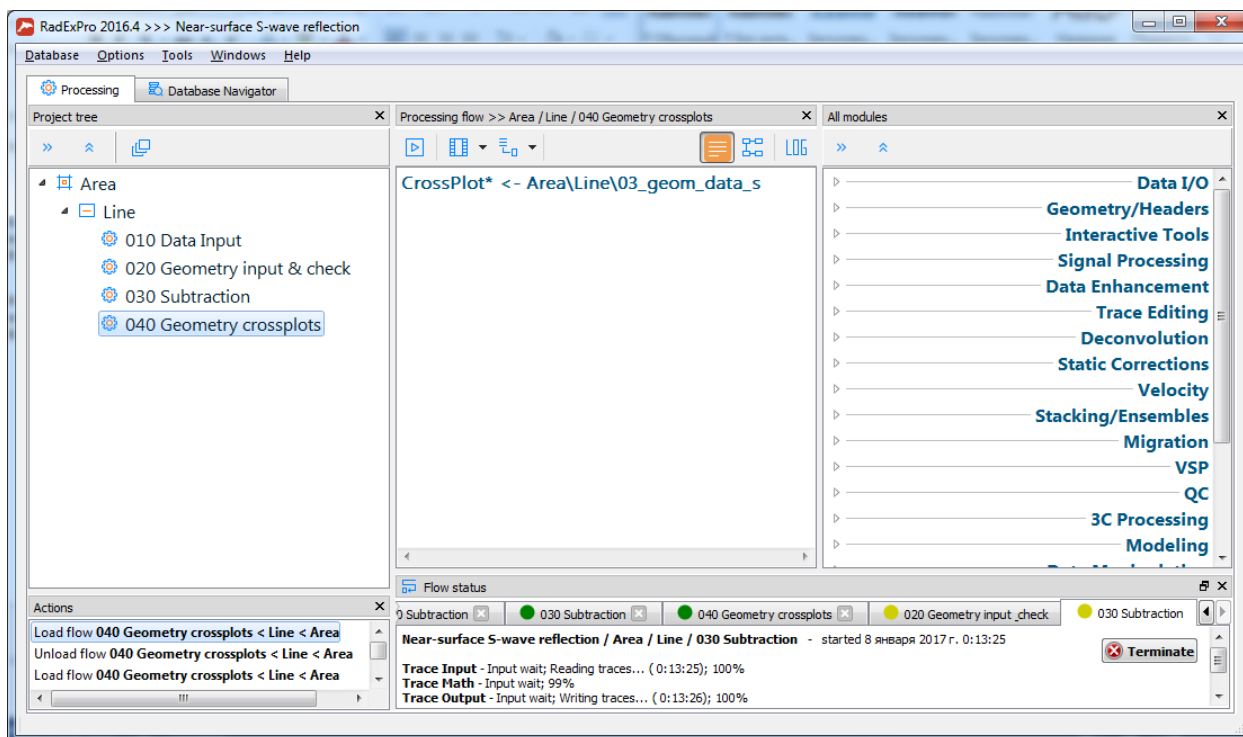


На рисунке представлен результат процедуры потрассного вычитания. Две верхние сейсмограммы (до вычитания) имеют разные фазы. После вычитания получим одну сейсмограмму.

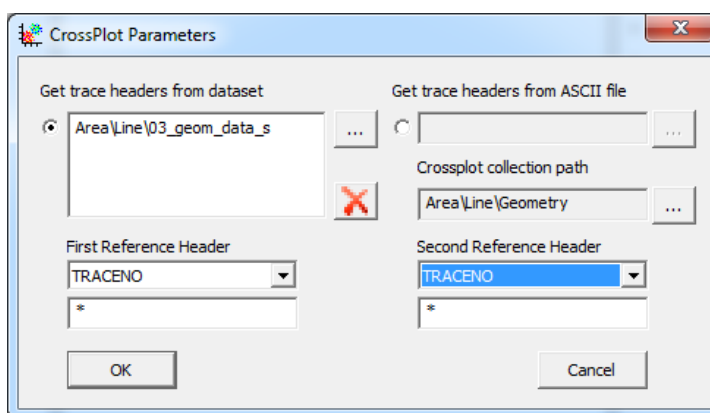


Контроль присвоения геометрии с помощью связанных кросс-плотов

Дополнительным средством контроля качества геометрии является построение так называемой диаграммы суммирования. Создайте новый поток «040 Geometry crossplots»:



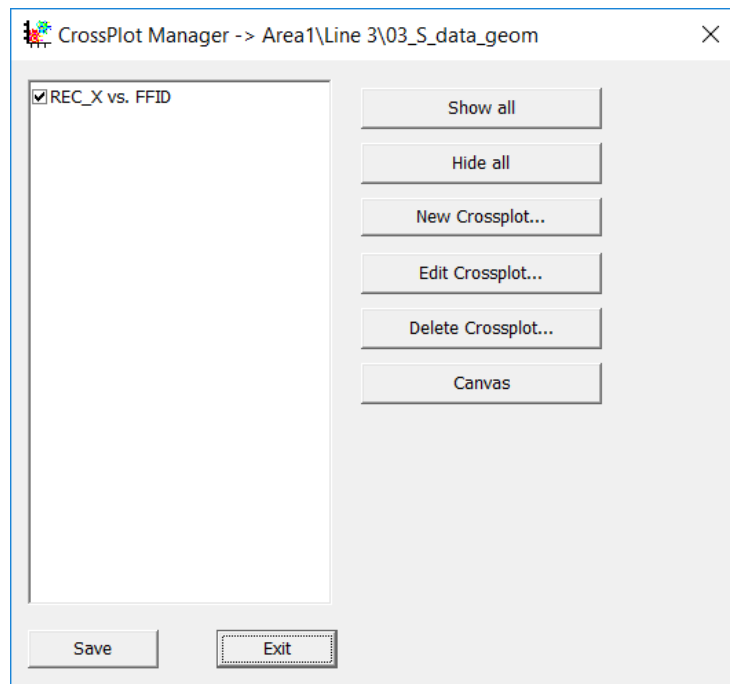
Добавьте модуль CrossPlot* в поток. Этот модуль из группы т.н. самостоятельных модулей и не нуждается в дополнительных модулях в потоке. Выберите набор данных с введенной геометрией и задайте путь, где будут храниться объекты, необходимые для работы модуля как показано на рисунке:



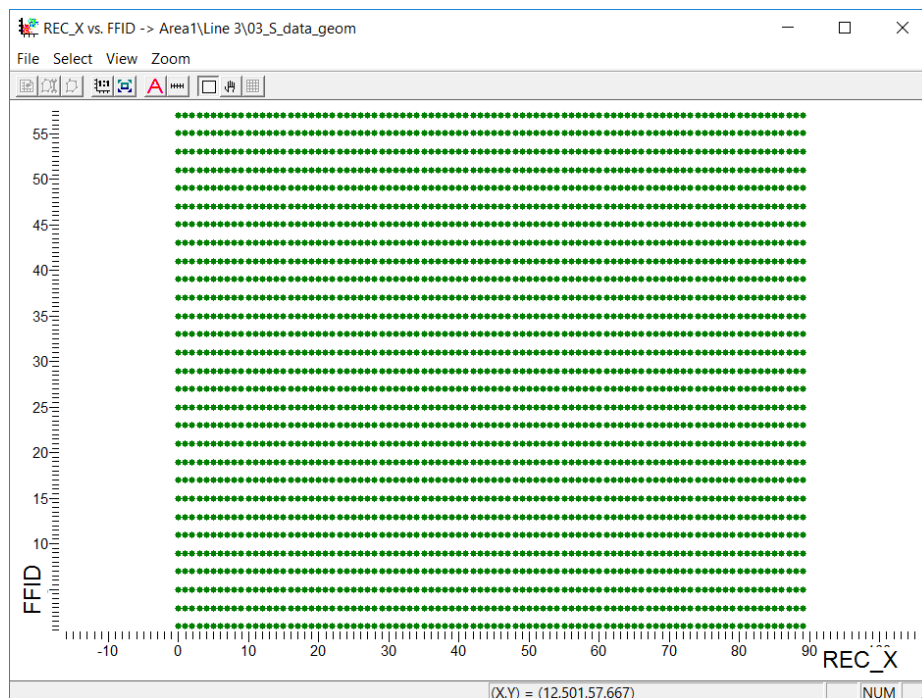
Запустите поток на выполнение, нажав кнопку Run.

На диаграмме суммирования по оси X будем откладывать координаты источников, приёмников и точек ОГТ вдоль профиля, а по оси Y – порядковый номер ПВ.

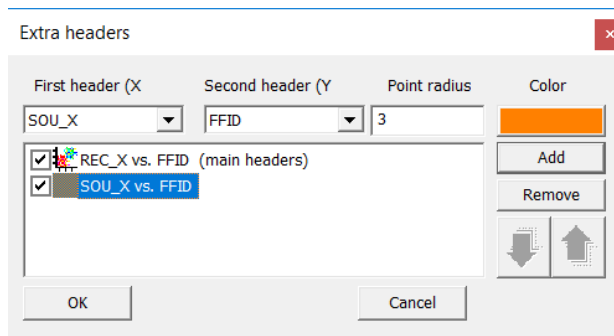
Начнём с построения первого кроссплота, на котором отобразим положение приёмников в пространстве для каждого ПВ. Для этого создайте новый кроссплот (New Crossplot) и укажите заголовки REC_X и FFID в качестве X и Y координат соответственно.



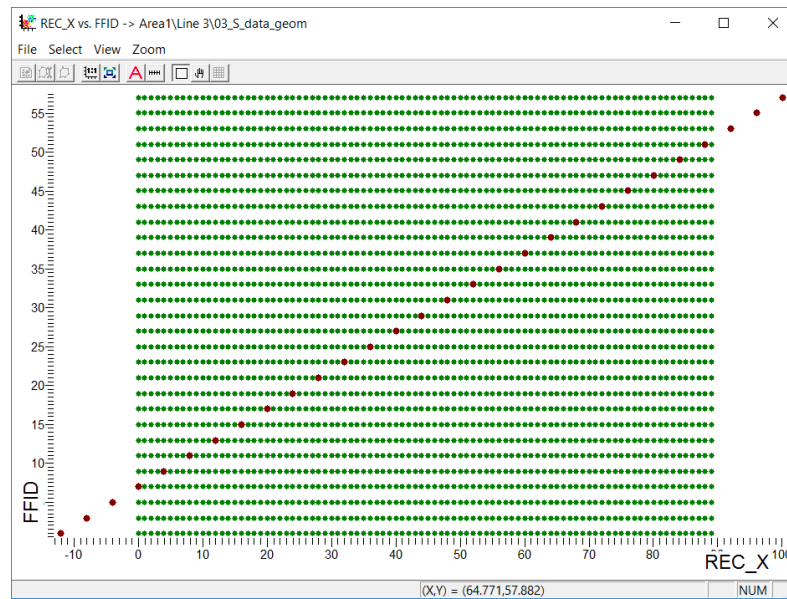
В результате на экране появится карта расположения приёмников в зависимости от номера ПВ. Обратите внимание, что согласно данной карте, позиции приёмников не менялись при смене номера ПВ – это полностью соответствует нашей схеме наблюдения, при которой приёмная линия не меняла своё положение в течение всей съёмки.



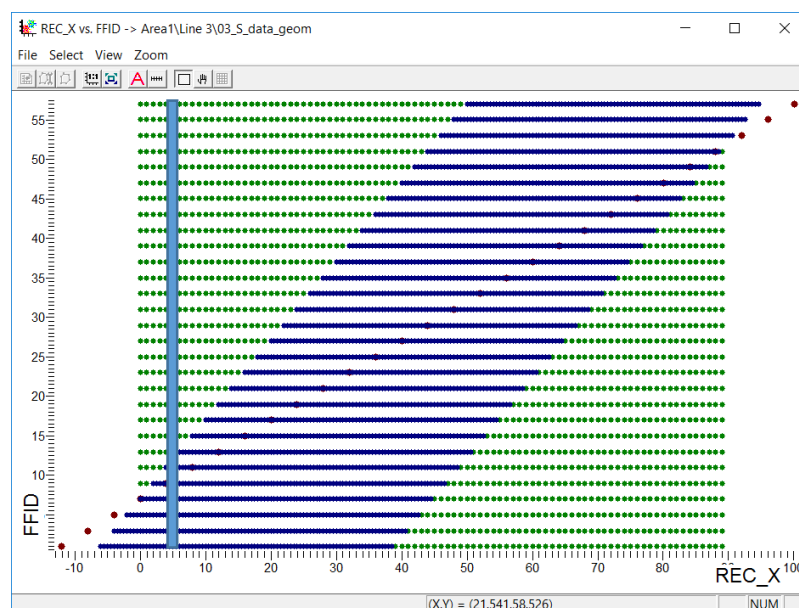
Теперь добавим на этот же кросс-plot схему координат ПВ (пункт меню окна кросс-плота View->Extra Headers). Укажите заголовки SOU_X и FFID в качестве X и Y осей и нажмите Add – в результате график отобразится в списке, как показано на рисунке:



В результате на том же кросс-плоте появится схема изменения ПВ по профилю. Источники идут с регулярным шагом и их перемещение соответствует запланированной смешанной схеме наблюдений.



Аналогичным образом добавьте на кросс-плот, координаты точек ОГТ (синие точки):



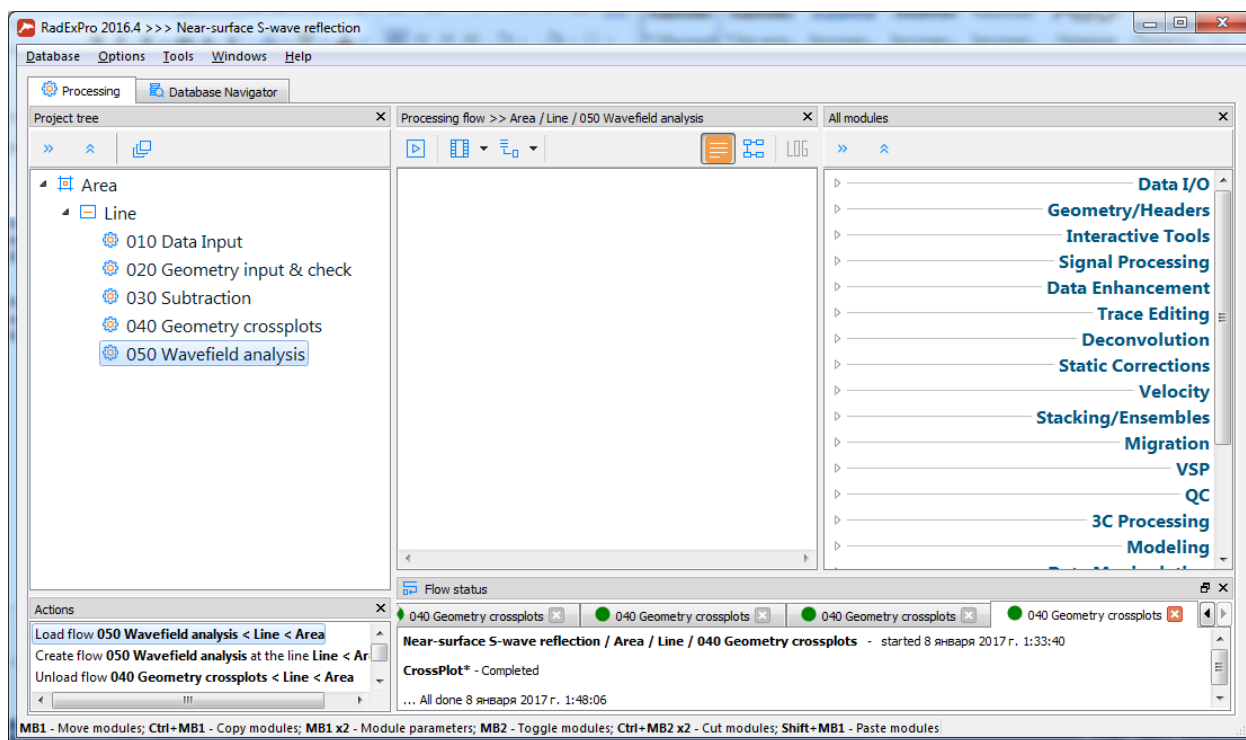
Несложно убедиться, что расположение точек ОГТ также полностью соответствует заданной геометрии.

Данный кроссплот также позволяет оценить кратность съёмки (количество синих точек по вертикали) – она меняется от 1 до 23 и соответствует расчётной кратности.

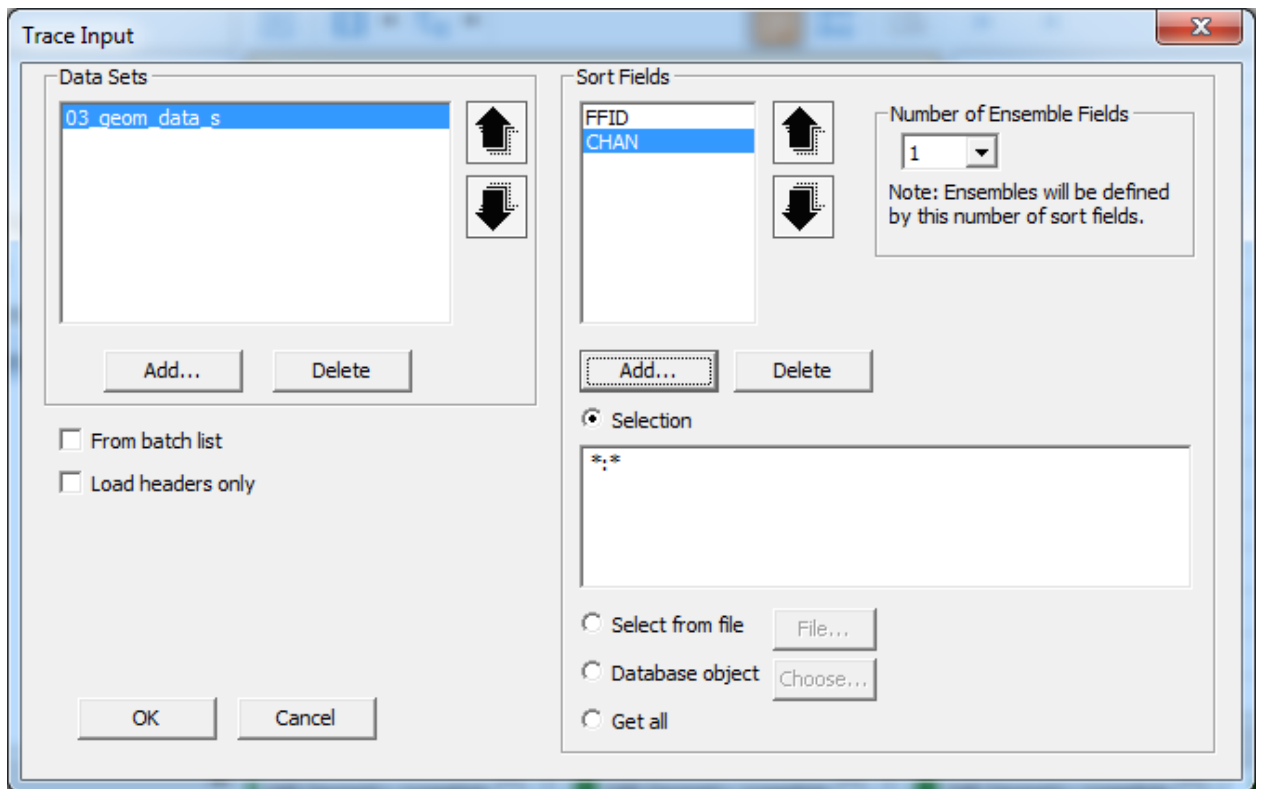
Анализ данных и предварительная обработка

Анализ волновой картины

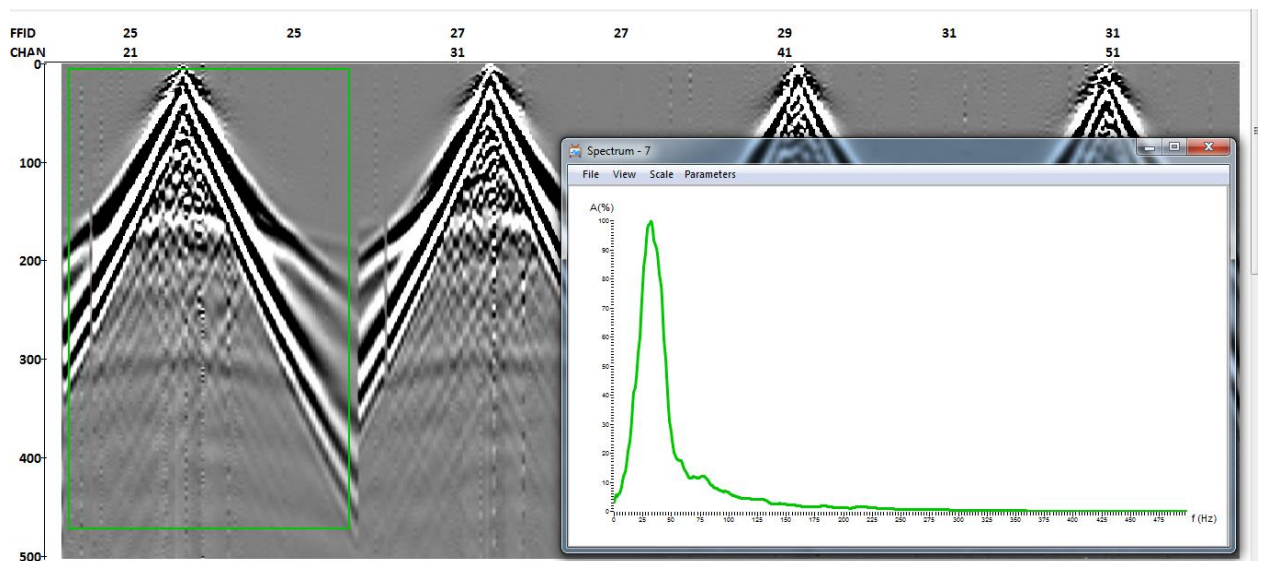
Для того, чтобы корректно обработать исходные данные и выделить полезный сигнал, ввести кинематические поправки и просуммировать набор сейсмических данных, необходимо выделить полезные волны. Для этого создадим отдельный поток «050 Wavefield analysis», в котором изучим волновую картину.



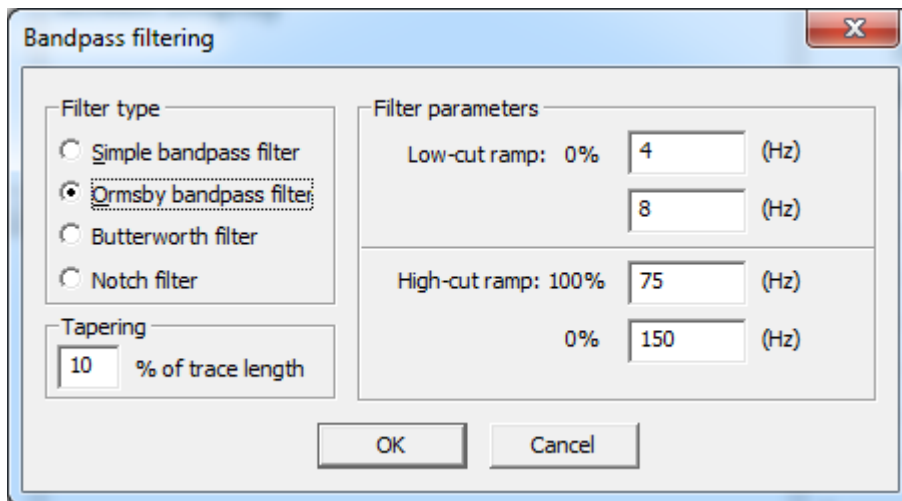
Сперва загрузим данные с помощью модуля Trace Input. Выберем сортировку ОПВ (FFID:CHAN), чтобы выделить все типы волн.



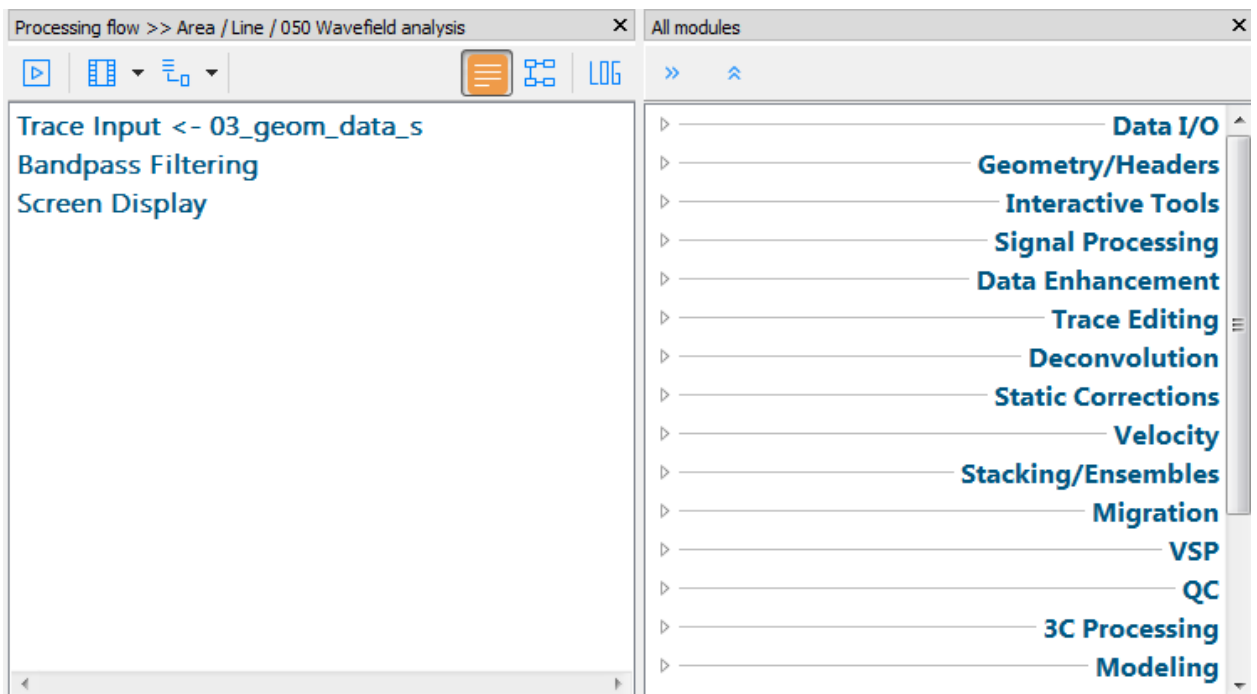
Далее в поток добавим модуль Screen Display, чтобы просмотреть данные и оценить уровень помех. Для этого оценим амплитудный спектр.



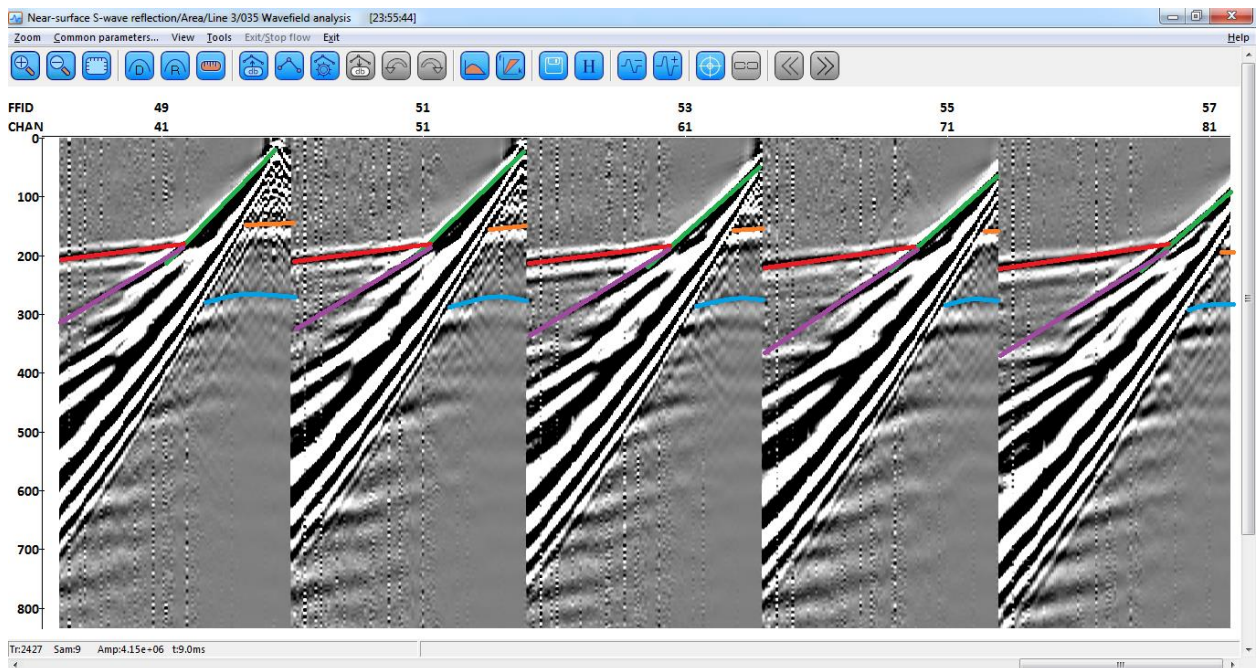
Для выделения полезного сигнала отфильтруем помехи с помощью модуля Bandpass Filter. Параметры выберем в соответствии с амплитудным спектром.



Поток будет выглядеть следующим образом:



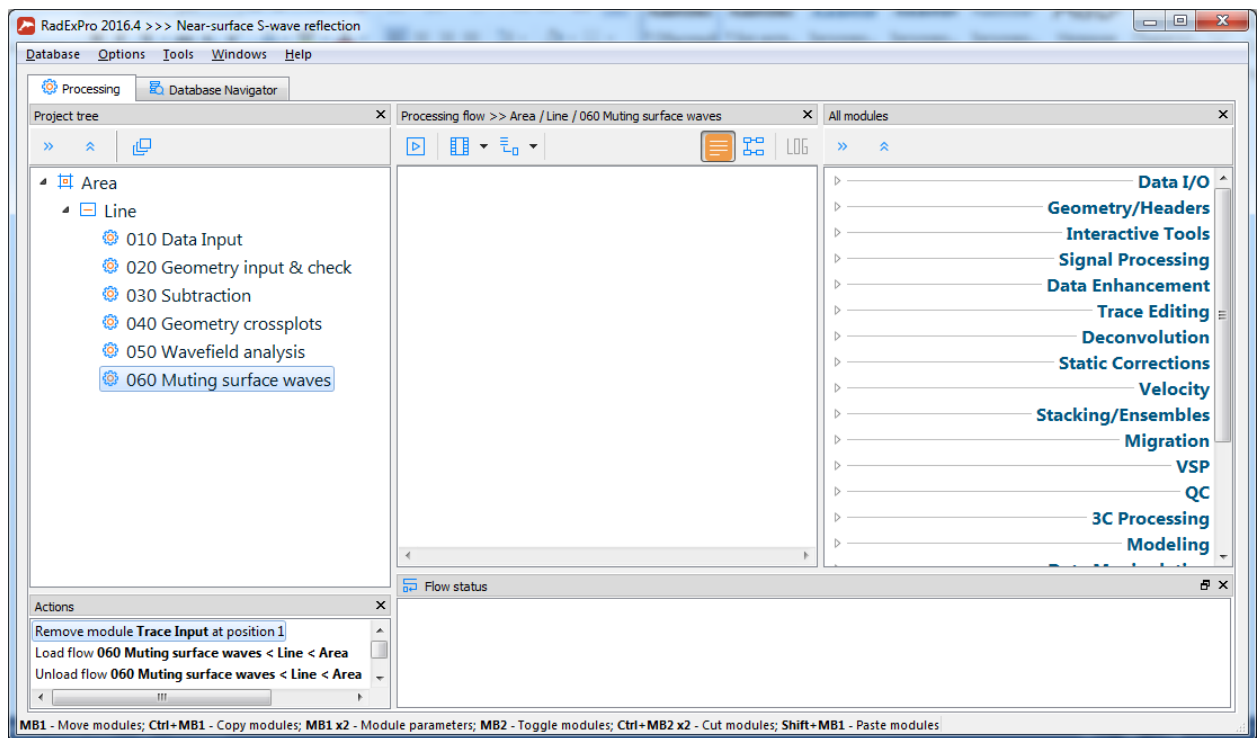
На сейсмограммах ОПВ можно выделить следующие волны: прямая (зеленая линия), отраженная (оранжевая линия), кратная (голубая линия), преломленная (красная линия), отраженная (дистальная часть гиперболы) (фиолетовая линия). Ниже отраженных волн находится область поверхностных волн. Для дальнейшей обработки необходимо подавить прямую, преломленную и поверхностную волны. Это можно сделать с помощью мьютинга.



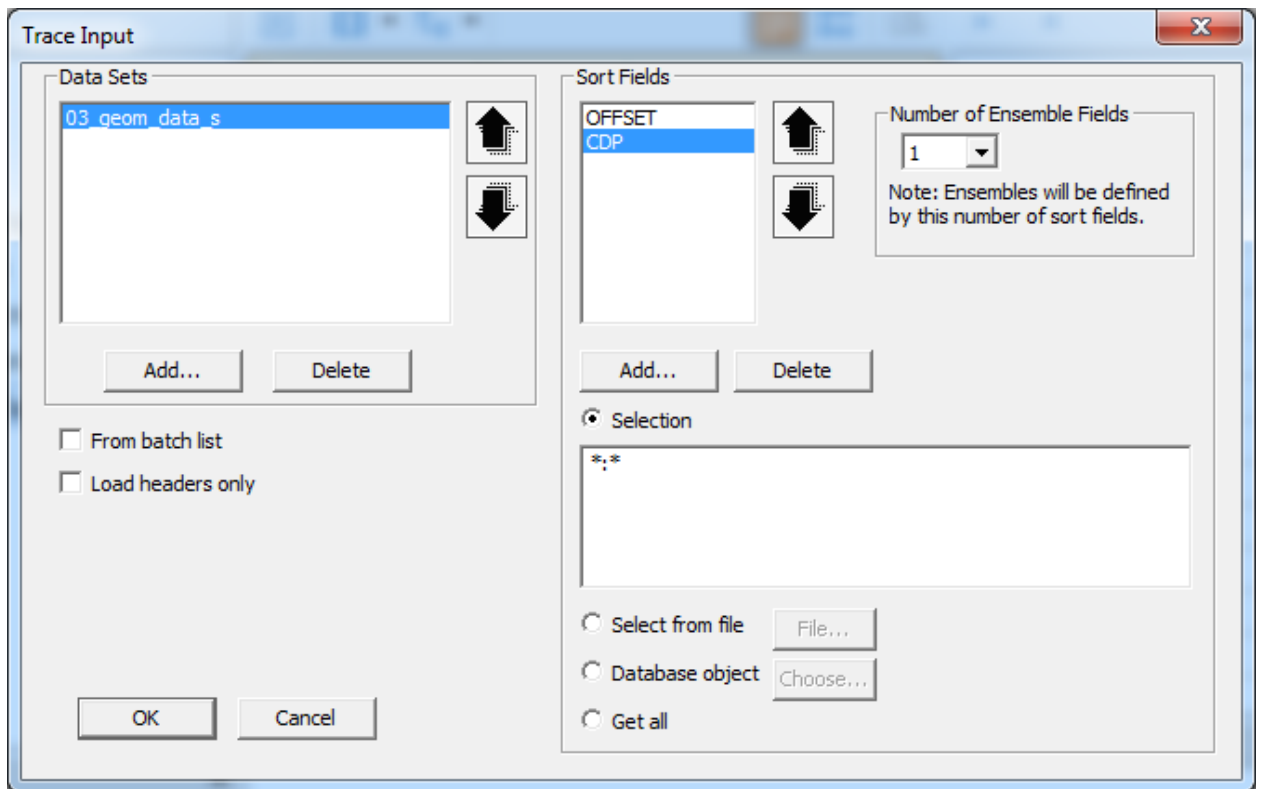
Мьютинг

Для того чтобы можно было выполнить скоростной анализ, ввести кинематические поправки и просуммировать данные, необходимо подавить волны-помехи на сейсмограммах. Для этого можно использовать такую процедуру как мьютинг.

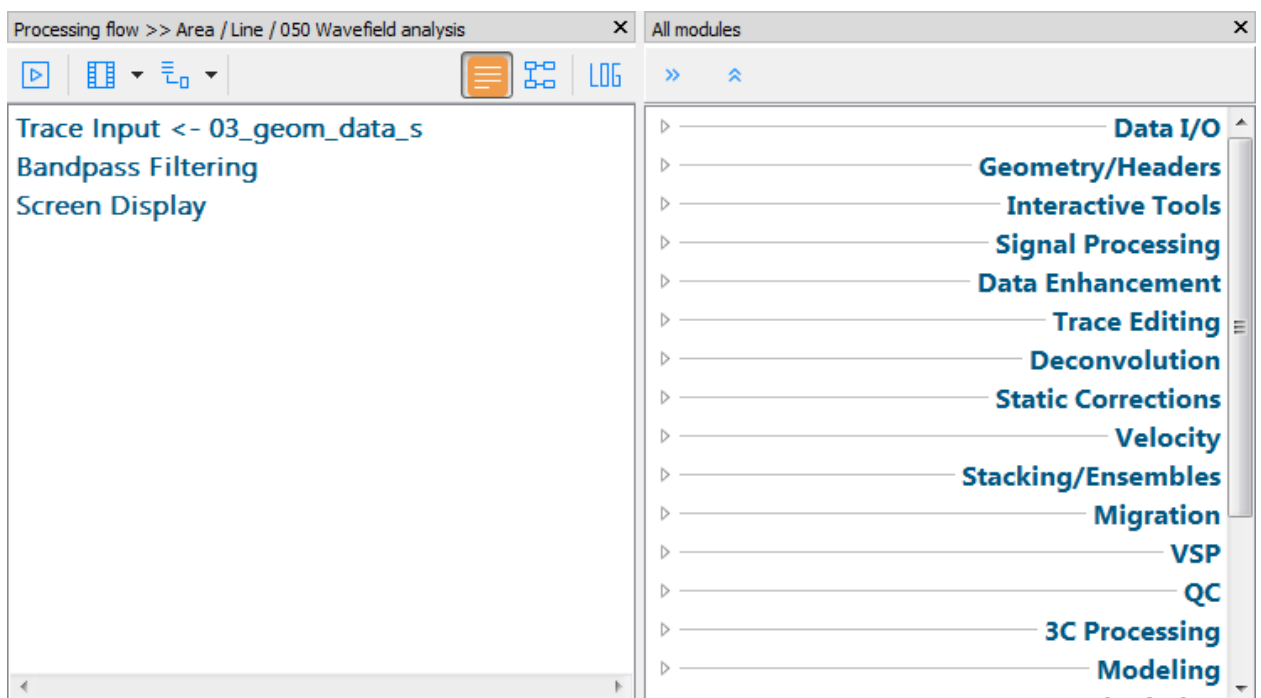
Создадим поток, где будем обнулять область сейсмограмм, содержащую помехи. Поток назовем «060 Muting surface waves».



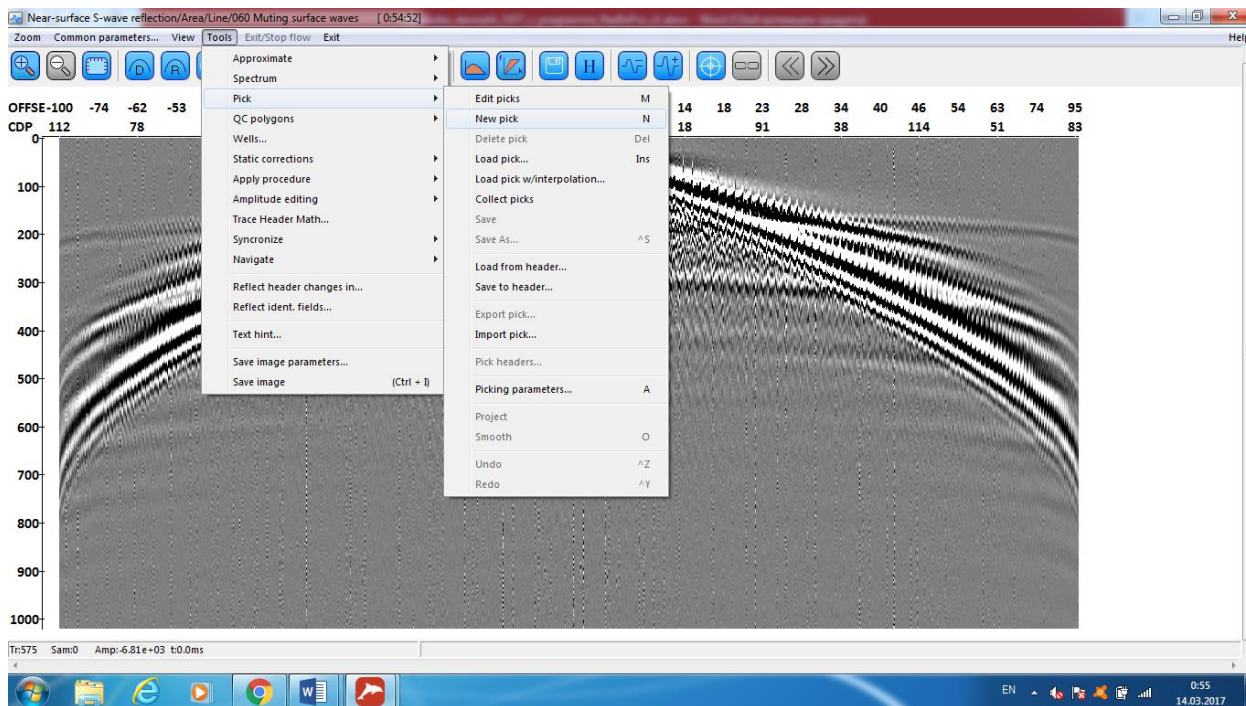
На первом этапе загрузим данные при помощи модуля Trace Input OFFSET:CDP. В результате получим набор сейсмограмм равных удалений, на которых удобно пикировать горизонты для мьютинга.



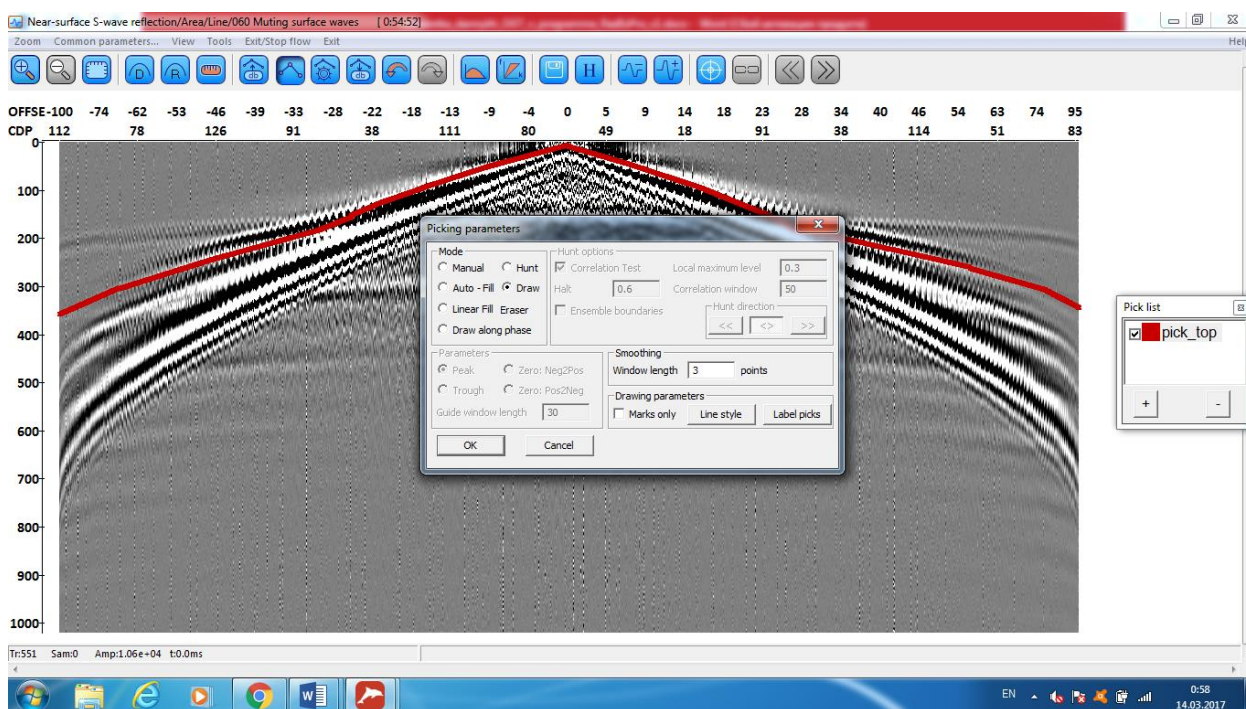
Поток будет выглядеть следующим образом (параметры Bandpass Filtering установим такие же, как и на предыдущем этапе обработки):



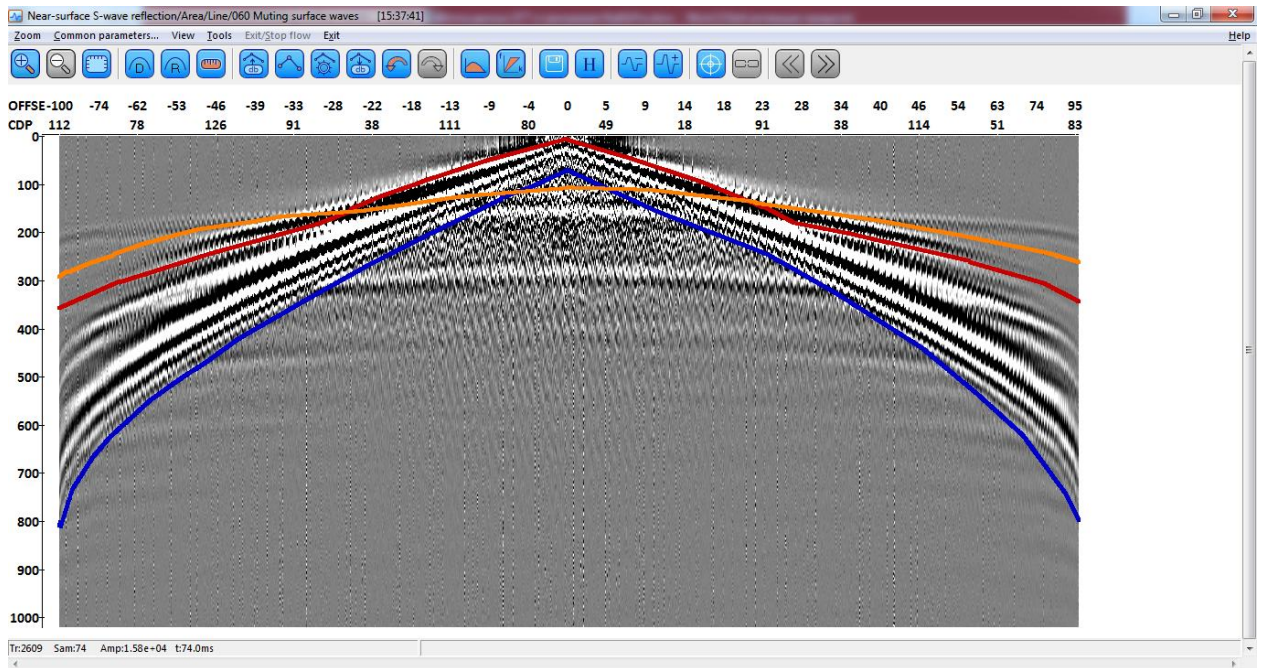
Нажмем кнопку Run и в окне Screen Display отобразится полученная сейсмограмма. Построим пикировки для выполнения мьютинга. Для этого выберем в разделе основного меню Tools/Pick/New Pick и зададим название пикировки.



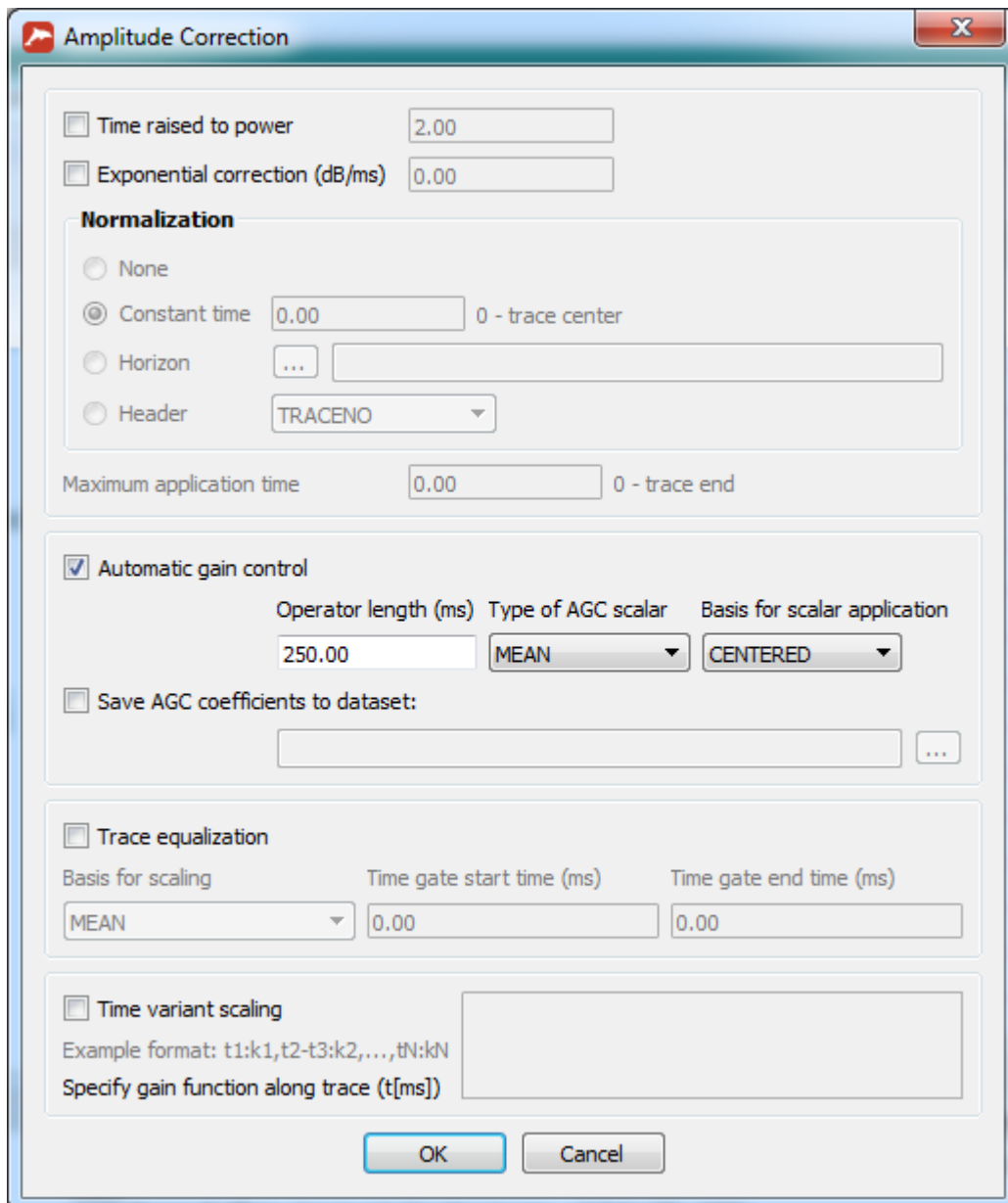
В разделе параметров пикировки выберем режим пикирования «Draw».



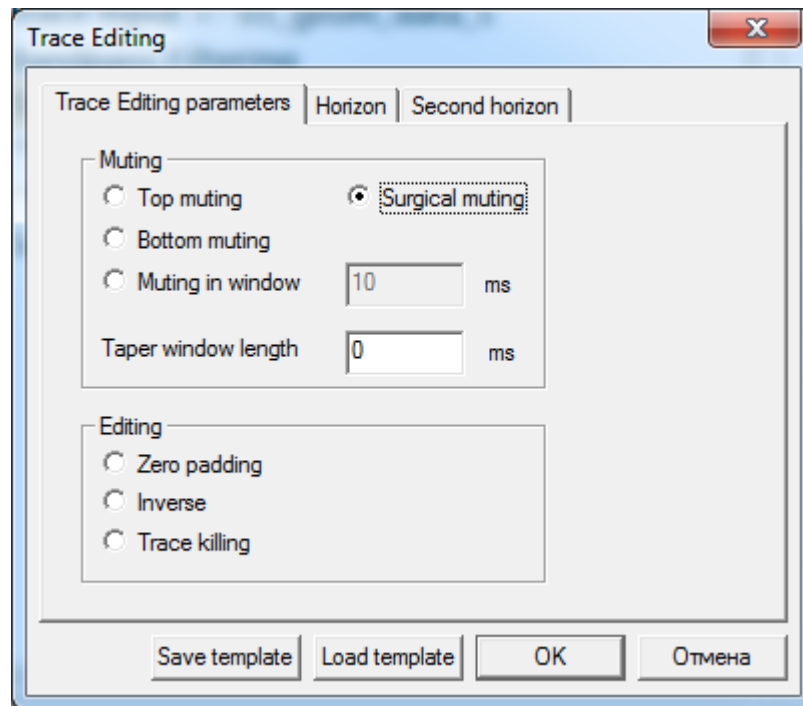
Необходимо нарисовать 2 границы (верхнюю и нижнюю), для того чтобы удалить поверхностные волны (красная и синяя пикировки на картинке), которые обычно идут веером. Так же нужна одна граница, чтобы удалить преломленные волны (оранжевая пикировка на картинке).



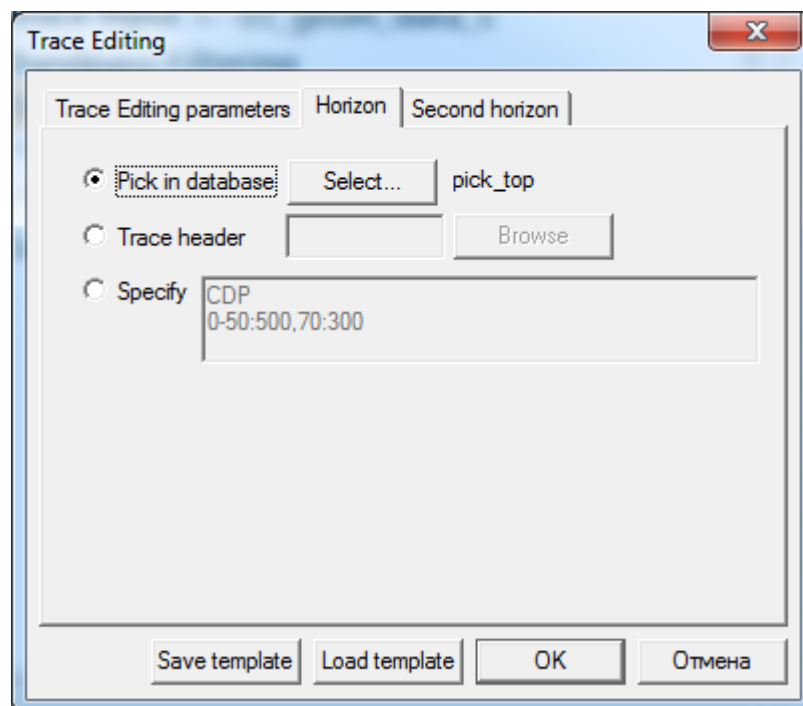
Перед выполнением мьютинга применим автоматическую регулировку амплитуд – это поможет нам при выделении полезных волн при выполнении скоростного анализа.



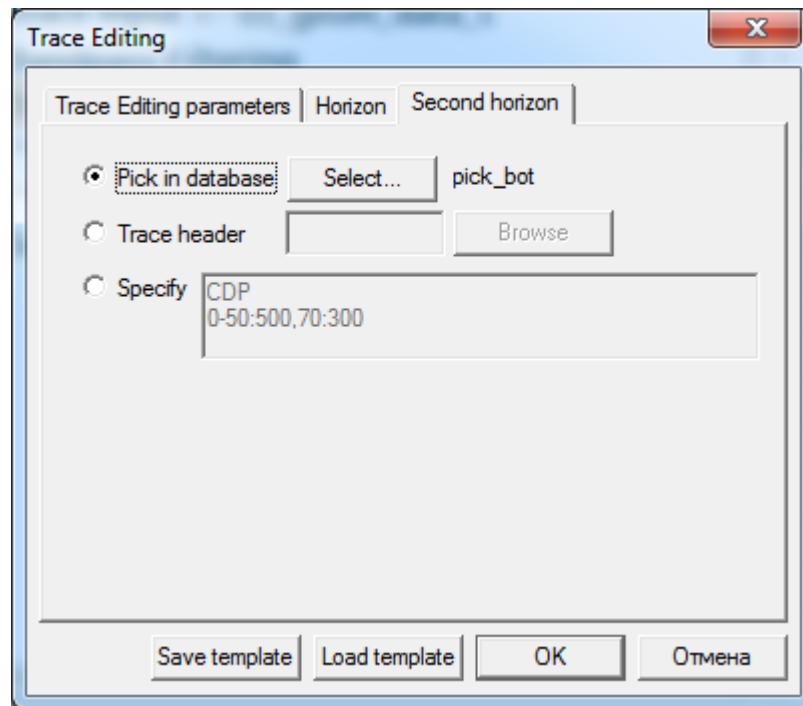
Теперь дополним поток модулями для выполнения мьютинга – Trace Editing. Сначала удалим поверхностные волны при помощи режима Surgical muting. Этот режим обнуляет области трасс между двумя пикировками.



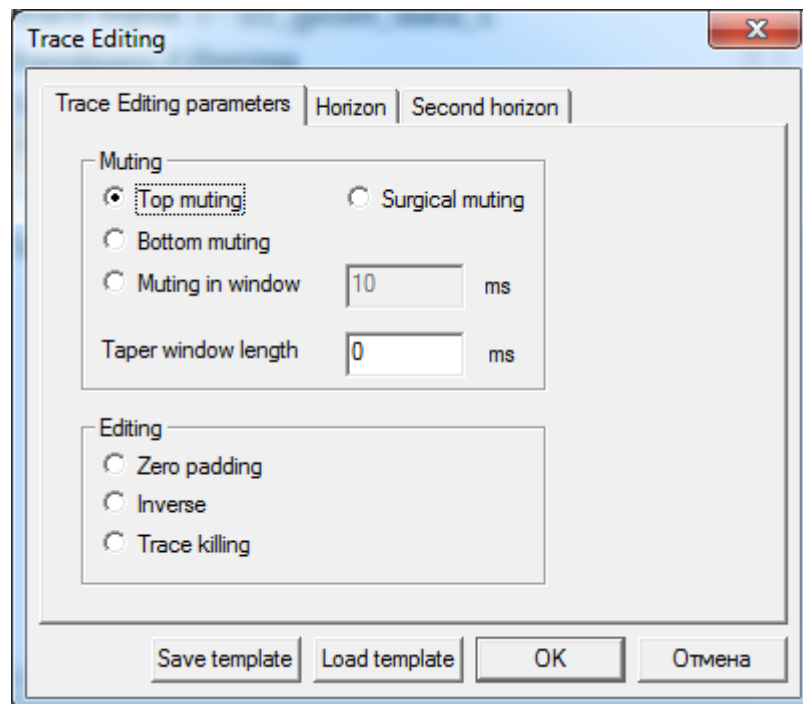
Сперва на вкладке Horizon выберем верхнюю пикировку.



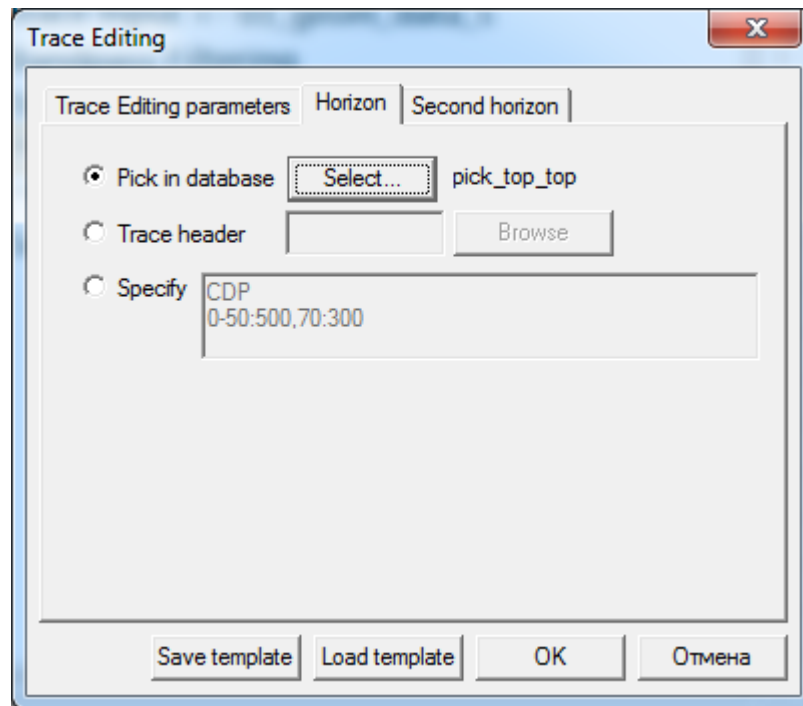
Затем на вкладке Second Horizon выберем нижнюю пикировку.



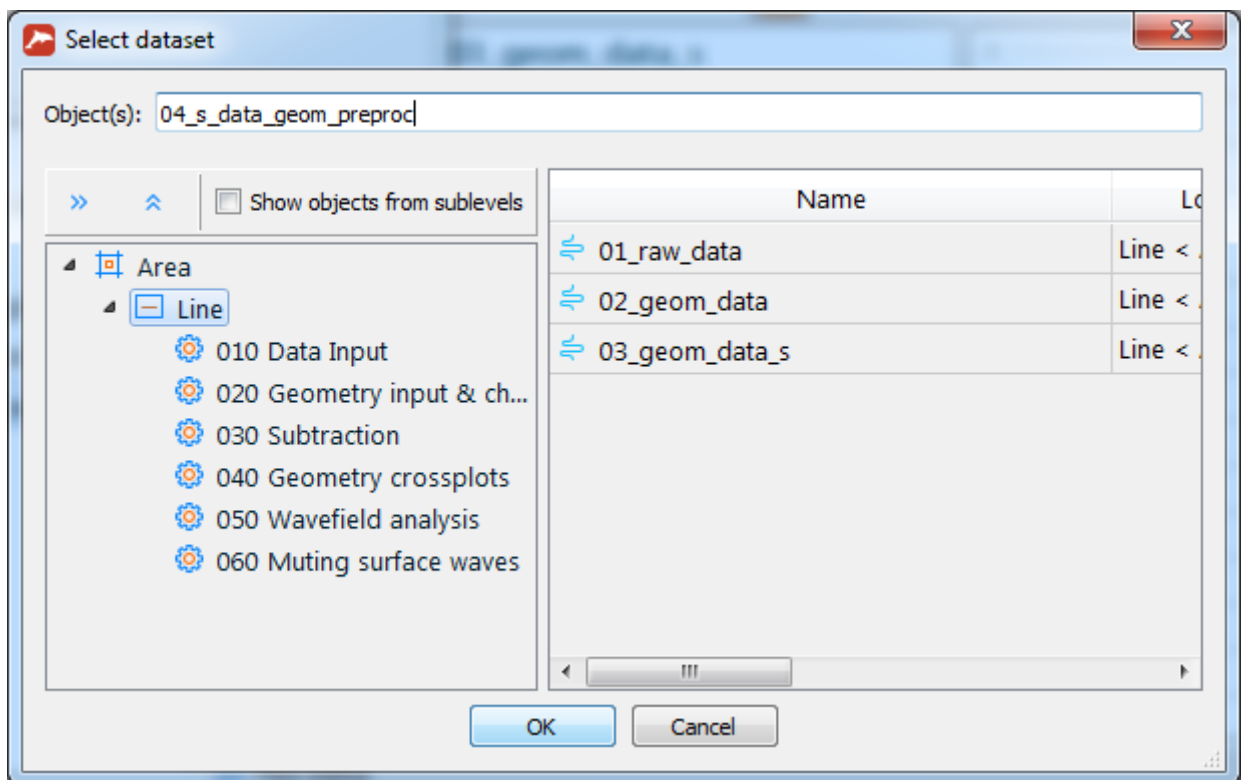
Добавим в поток еще один модуль Trace Editing для мьютинга преломленной волны.



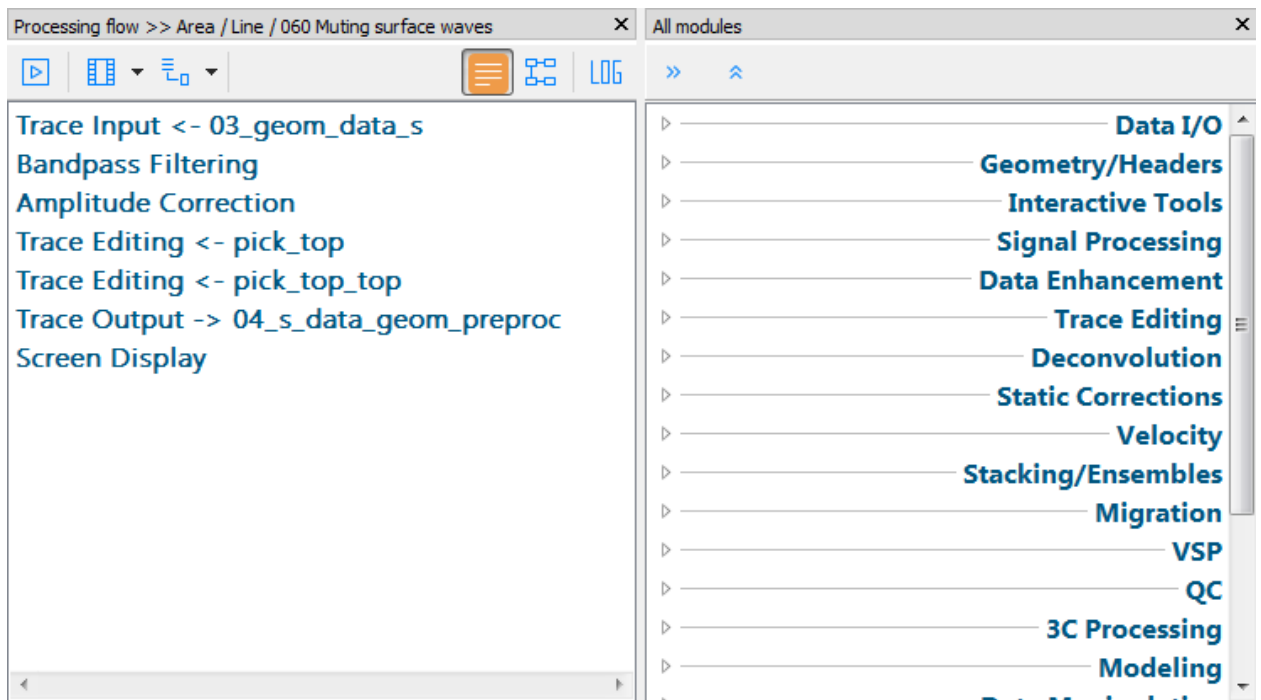
Выберем соответствующую пикировку.



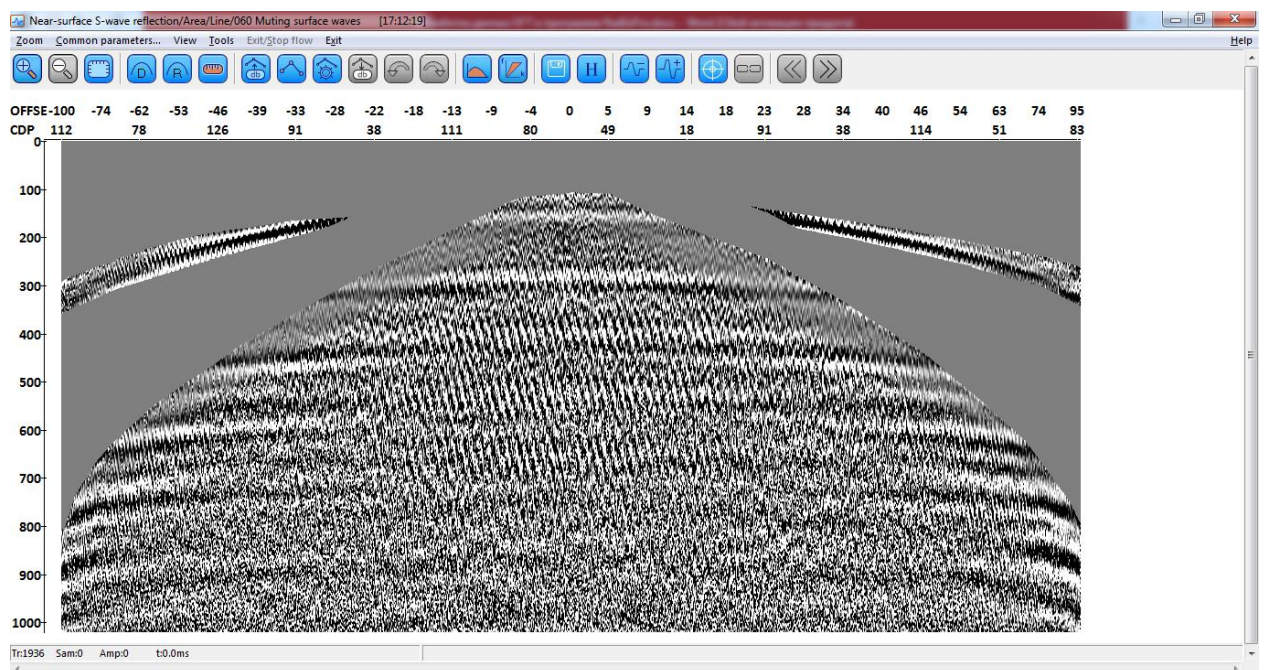
Для того чтобы сохранить данные на диск, добавим в поток модуль Trace Output. Сохраним новый набор данных на уровне профиля под названием «04_s_data_geom_preproc».



Поток будет выглядеть следующим образом:

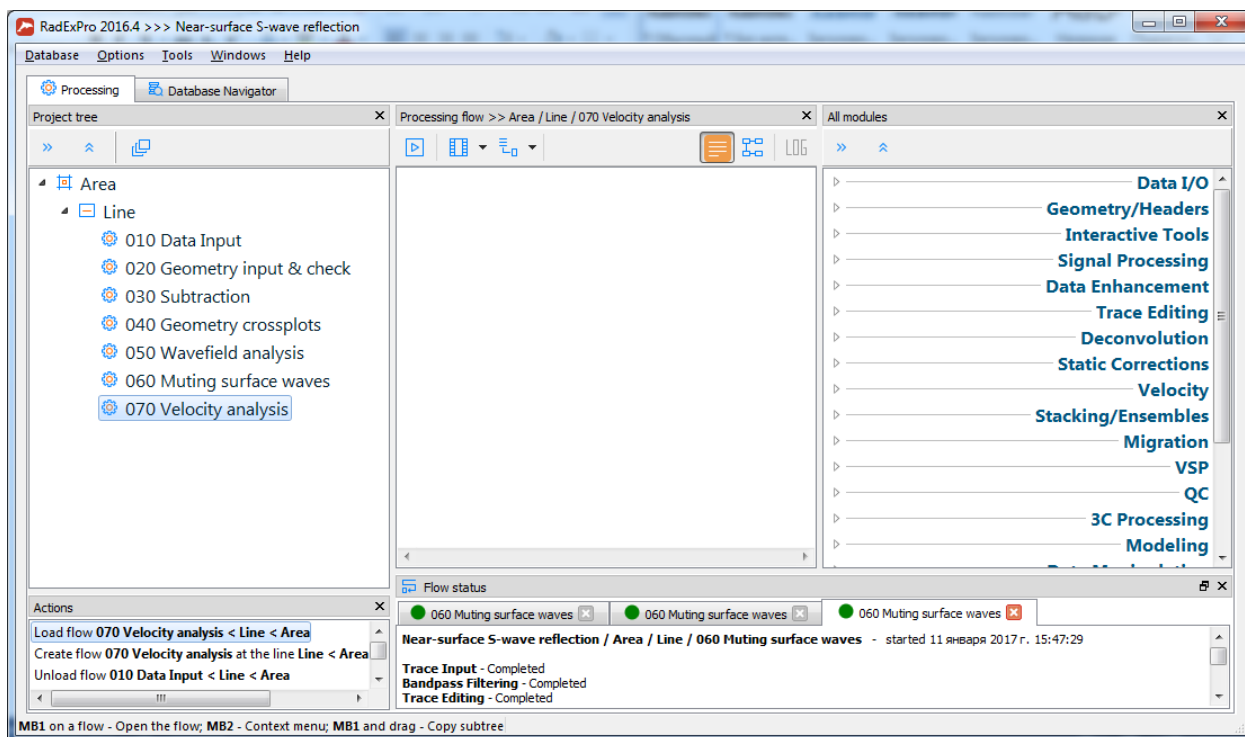


Запустим поток кнопкой Run. В результате получим сейсмограмму, на которой в области регистрации преломленной и поверхностных волн, амплитуды будут нулевыми.

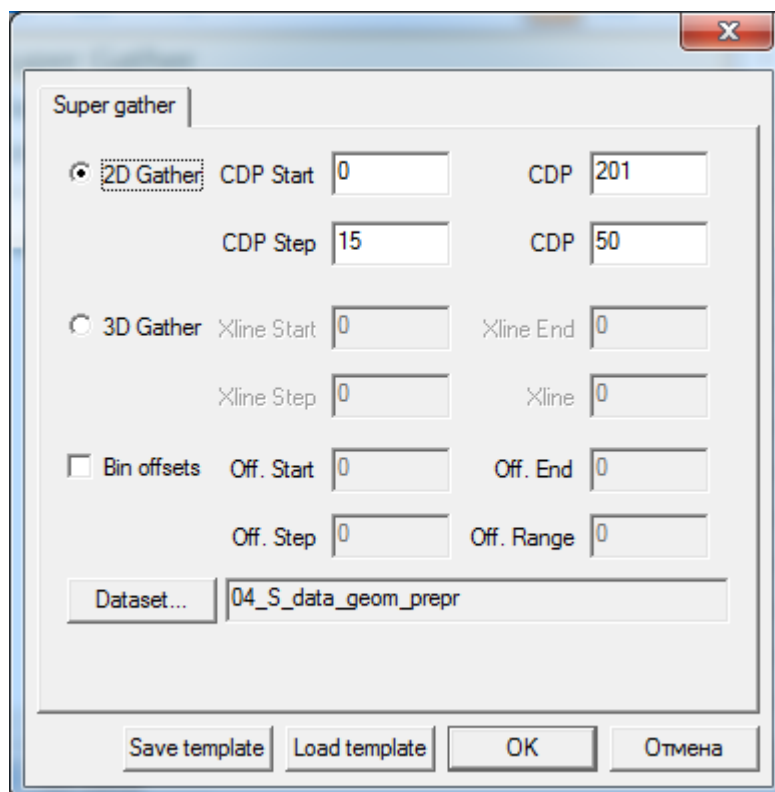


Скоростной анализ

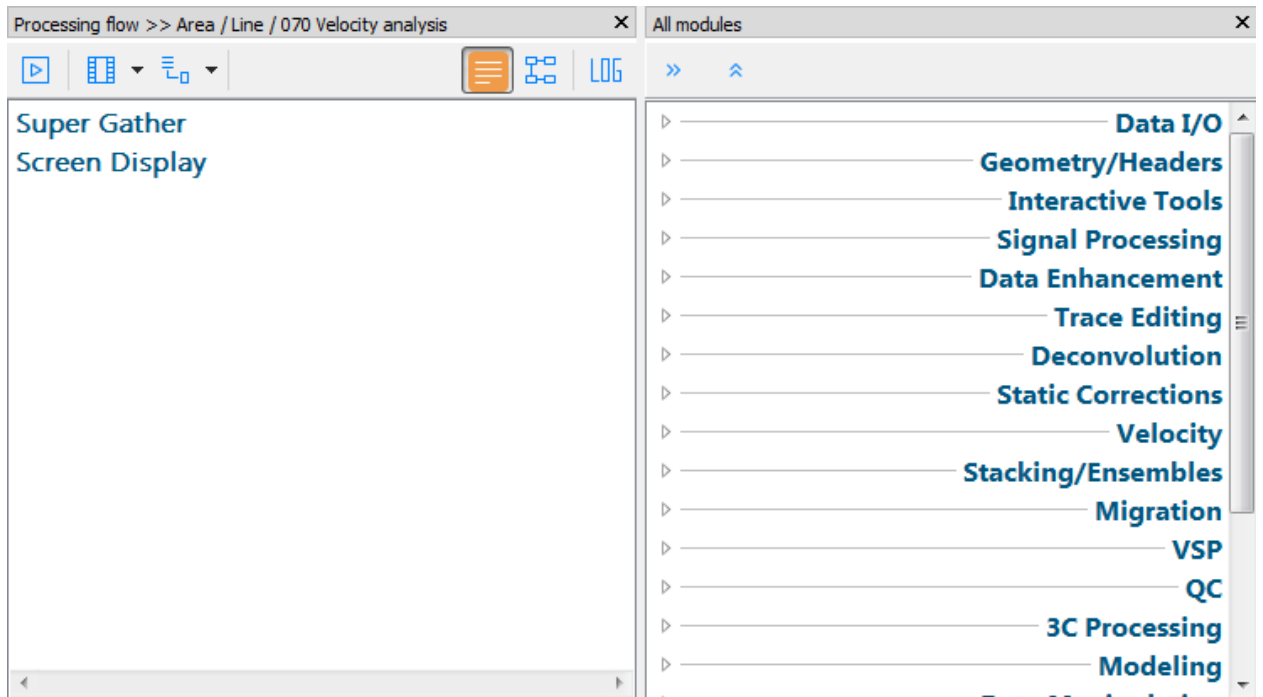
Перед получением суммарного временного разреза в данные нужно ввести кинематические поправки. Поэтому следующим этапом необходимо провести вертикальный скоростной анализ. Для этого создадим поток «070 Velocity analysis». Подробнее о работе модуля можно узнать в разделе «Работа с модулем интерактивного анализа скоростей».



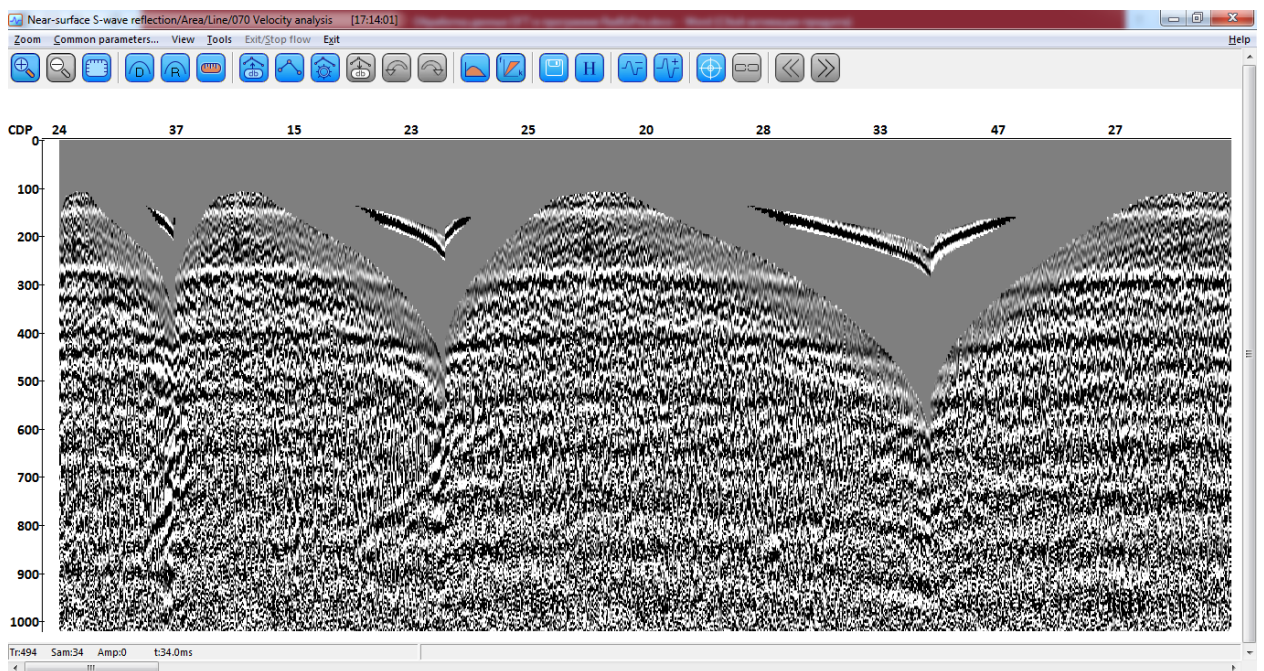
Для повышения отношения сигнал/шум и более уверенного выделения отраженных волн подготовим суперсейсмограммы – объединения нескольких соседних сейсмограмм ОГТ. Для этого добавим в поток модуль Super Gather. Зададим следующие параметры – начальная точка ОГТ = 0, шаг по точкам ОГТ = 50, число точек ОГТ в суперсейсмограмме = 15.



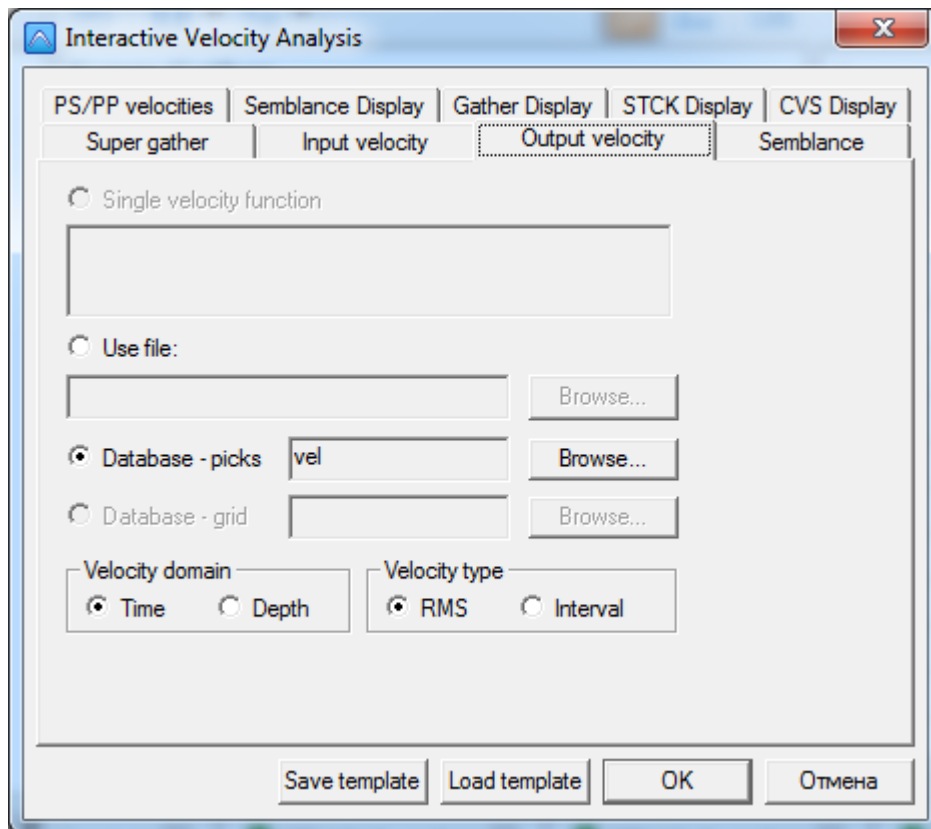
Посмотрим данные, полученные после выполнения модуля Super Gather с помощью модуля Screen Display. Поток будет иметь следующий вид:



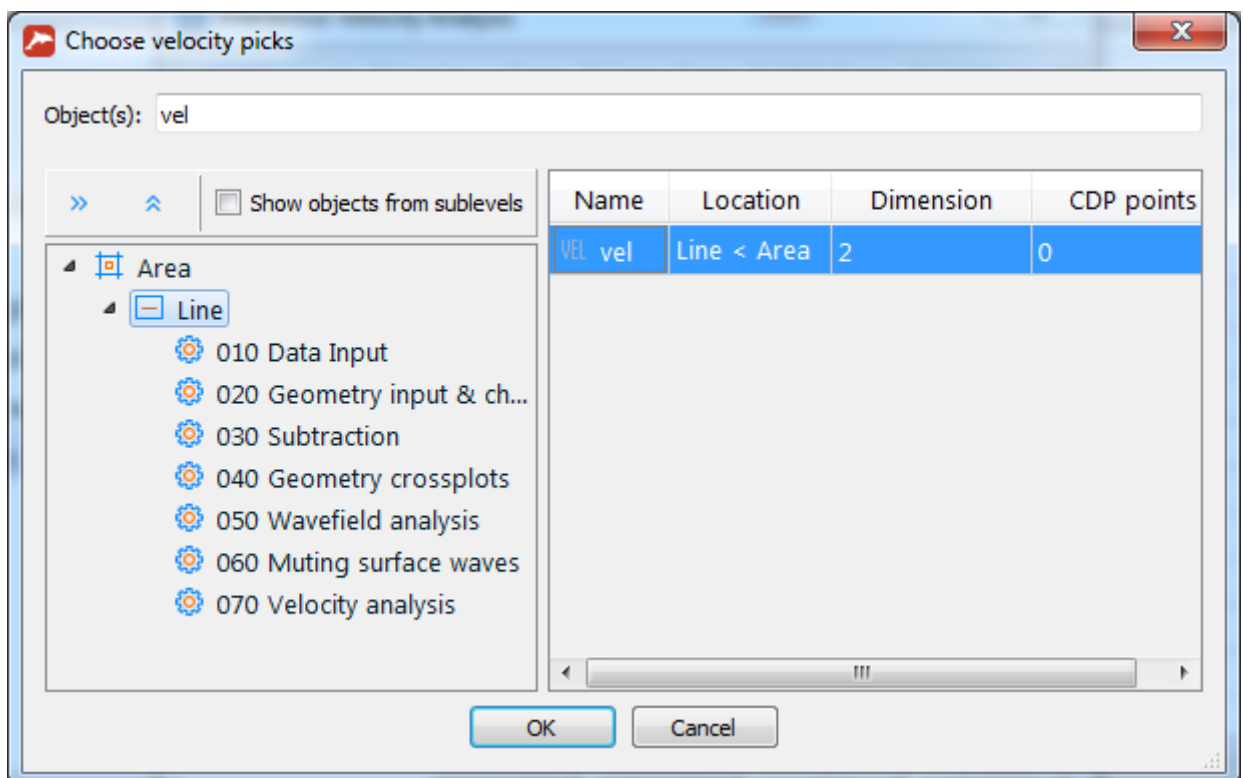
В результате получены суперсейсмограммы с заданным шагом:

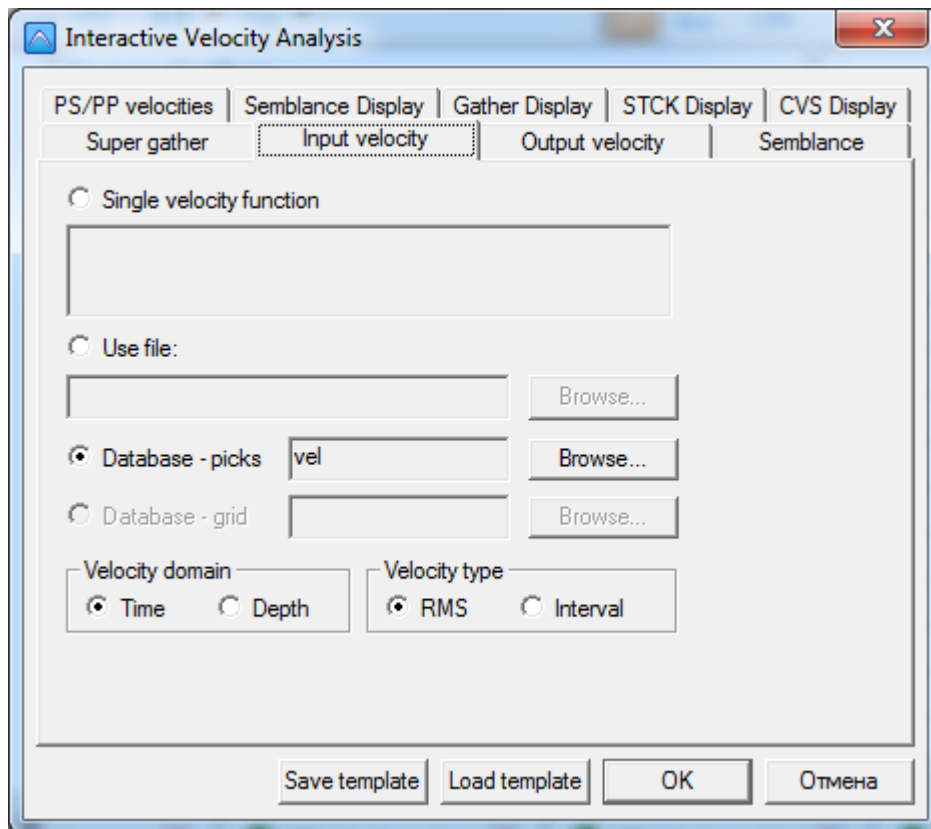


Скоростной анализ выполняется с помощью модуля Interactive Velocity Analysis. Сначала во вкладке Output velocity создадим объект базы данных для сохранения пикировок скоростей.

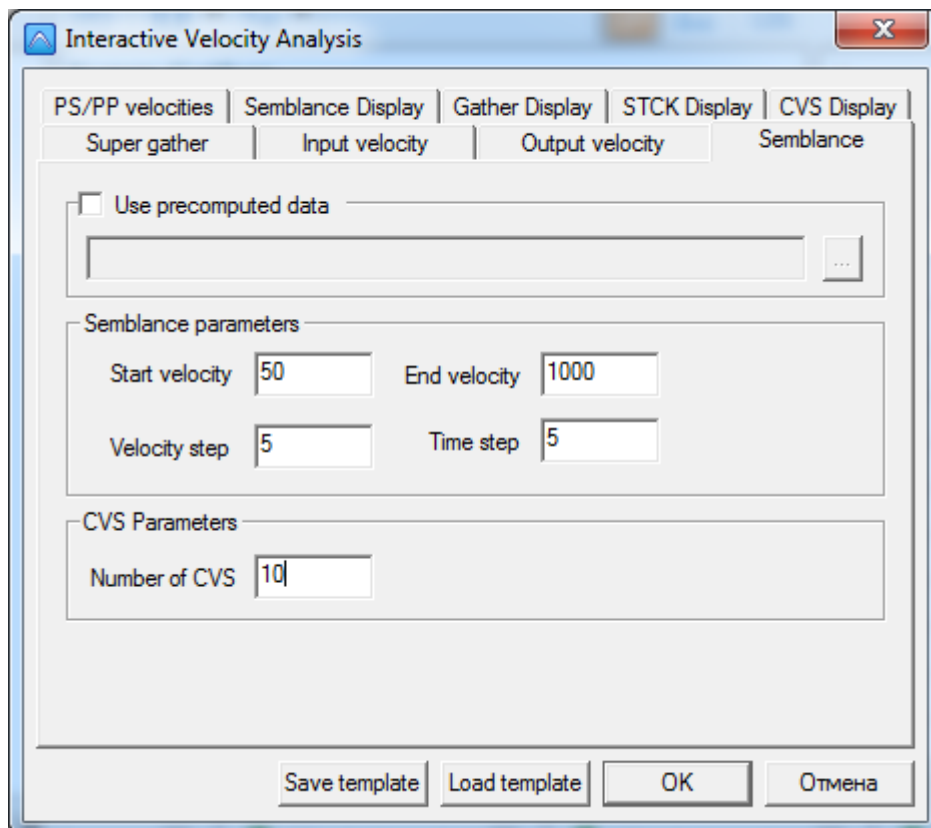


Во вкладке Input velocity также выберем созданную пикировку скоростей.

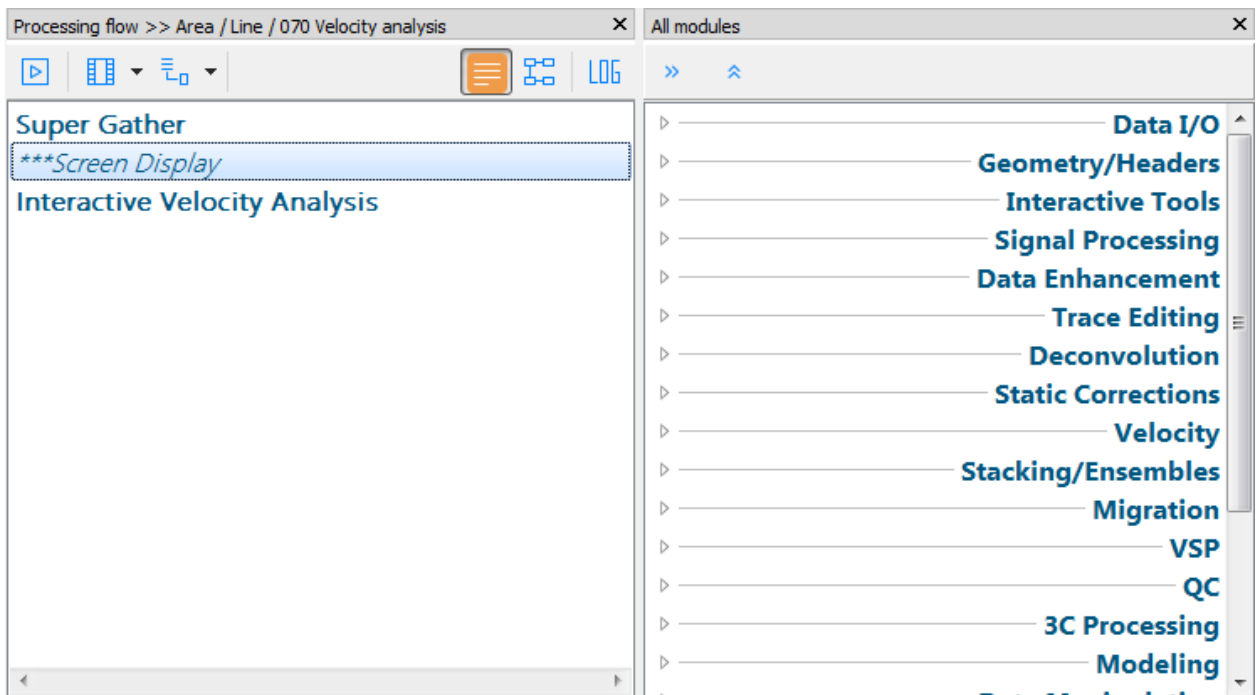




Во вкладке Semblance скорректируем настройки отображения амплитудного спектра скоростей.



Получившийся поток будет иметь следующий вид:



При запуске потока, содержащего модуль Interactive Velocity Analysis, открывается окно, подобное показанному на рисунке ниже. Окно разделено на 5 частей (слева направо):

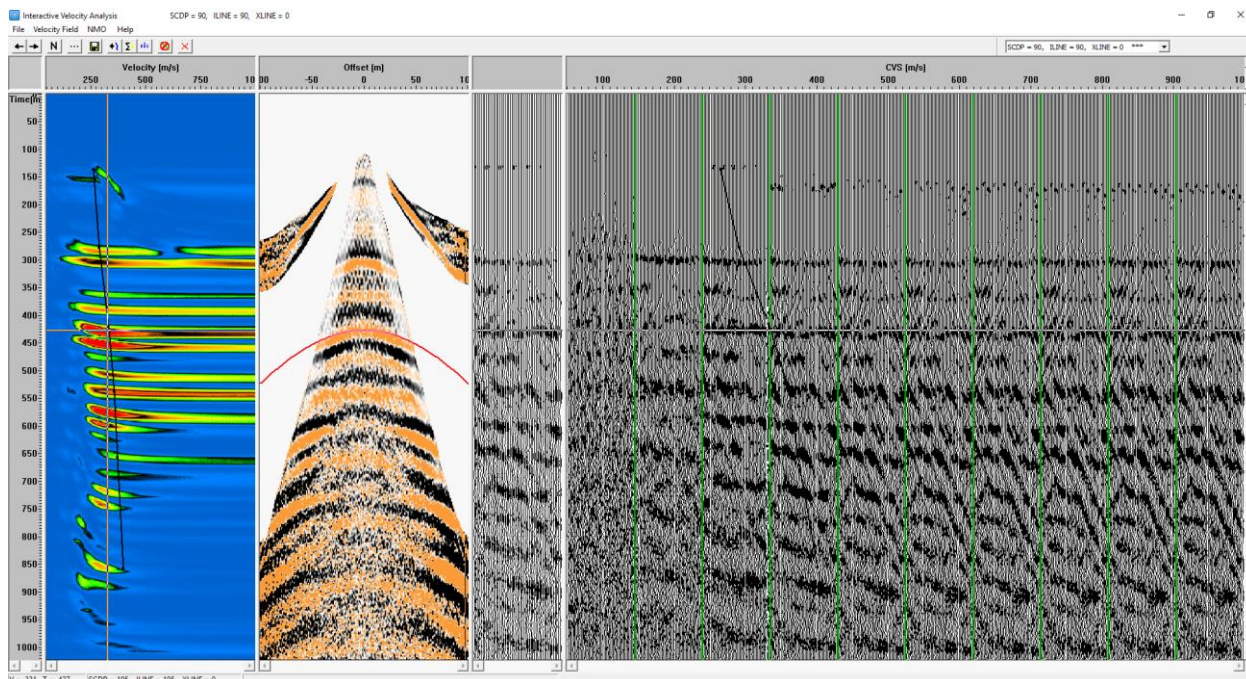
- Вертикальная шкала времени двойного пробега (в мс);
- Velocity - окно спектра скоростей;
- Offset - окно просмотра суперсейсмограммы;
- Фрагмент суммарного разреза -- окно суммотрасс, полученных с использованием текущей скоростной функции, отпикированной на спектре скоростей;
- CVS - окно сумм с постоянными скоростями.

На панели спектра скоростей от пикируем скоростной закон. Чтобы добавить точку, щелкните левой кнопкой мыши (MB1) в нужном месте спектра скоростей. Добавленную точку можно перемещать, захватывая и удерживая ее правой кнопкой мыши (MB2). При этом переместится точка, ближайшая к положению курсора.

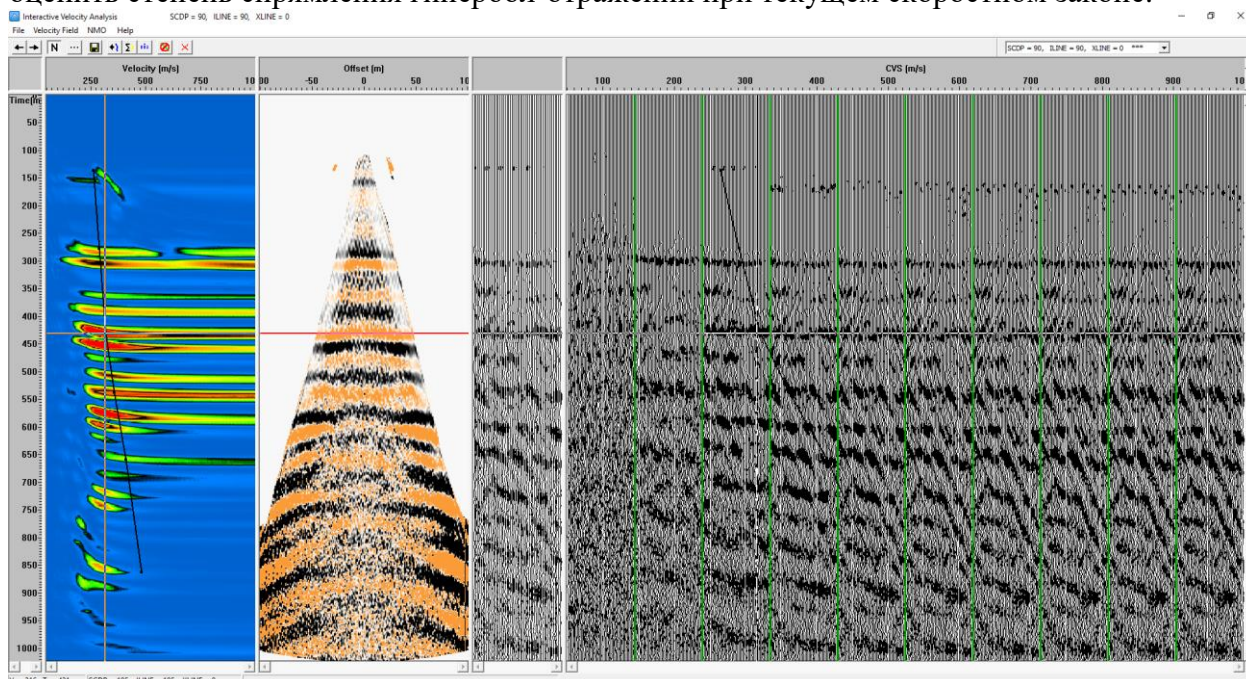
Удаление точки осуществляется двойным щелчком правой кнопкой мыши на точке, с одновременным удерживанием клавиши Ctrl (Ctrl+MB2 DblClick).

Первые суперсейсмограммы имеют недостаточную кратность, поэтому мы можем начать пикировать со второй или третьей (там, где максимумы амплитудного спектра имеют четкие границы).

Пикуем максимумы, начиная с первого по времени (сверху). В процесс пикирования следует одновременно обращать внимание на максимумы энергии спектра скоростей, попадание теоретической гиперболы отраженной волны, соответствующей данной скорости, на наблюдаемые отраженные волны на суперсейсмограмме, а так же на получающийся при этом фрагмент суммарного разреза.



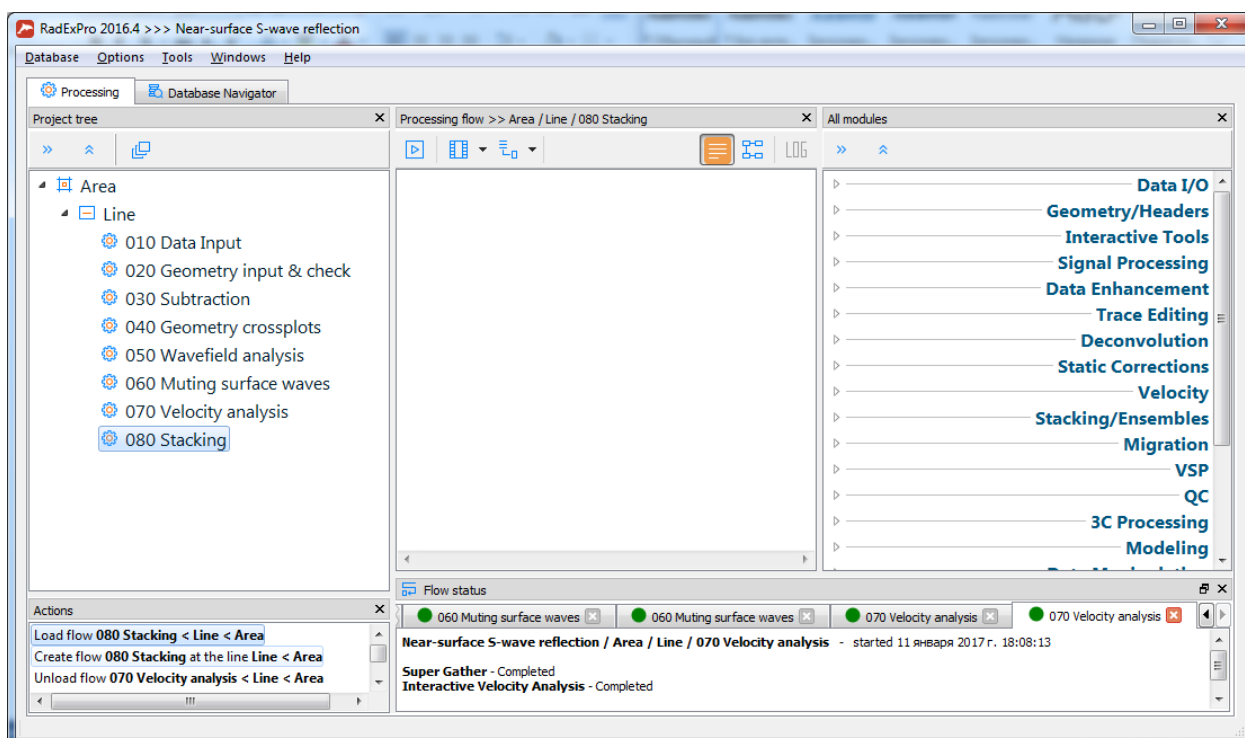
Чтобы проверить, насколько корректно мы выделили максимумы, необходимо нажать кнопку Apply NMO (расположена под главным меню на верхней панели). Это позволит оценить степень спрямления гипербол-отражений при текущем скоростном законе.



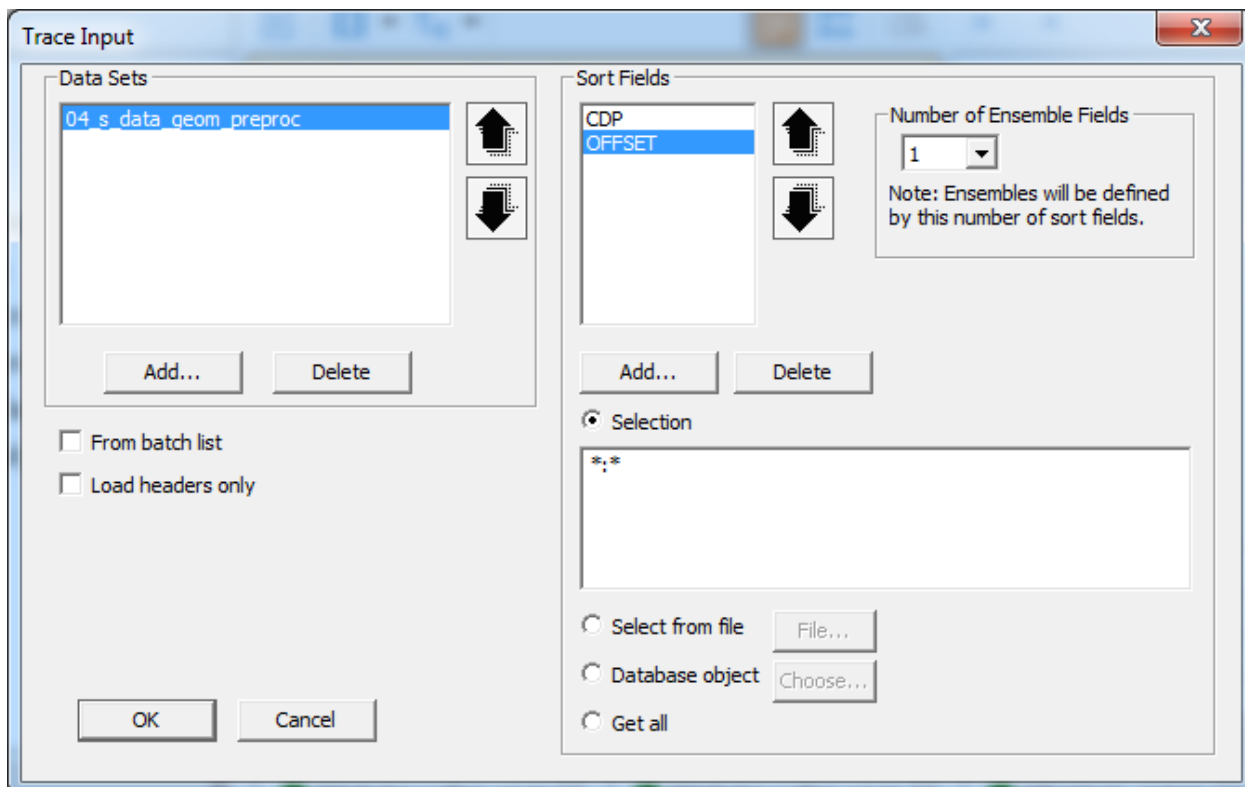
Важно соблюдать несколько правил при пикировке скоростей: скорости должны возрастать с глубиной. Понижение скоростей обычно связаны с кратными волнами, так же могут наблюдаться две линии максимумов – выше (от первичных отражений) и ниже (от кратных). Не стоит отмечать максимумы спектра, связанные с кратными волнами. Пикировка скоростей для соседних спектров не должны сильно различаться (для этого выбираем в меню пункт Velocity Field/Show Previous – отображать предыдущую пикировку). В конце работы со спектрами нужно нажать кнопку Save.

Обработка, получение сейсмического разреза

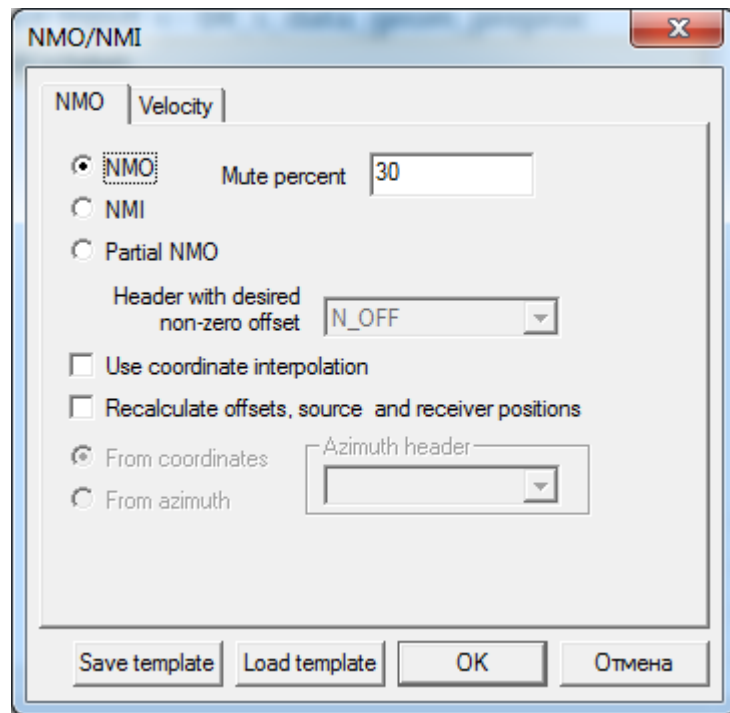
После выполнения скоростного анализа можем получить суммарный временной разрез. Создадим для этого поток «080 Stacking».



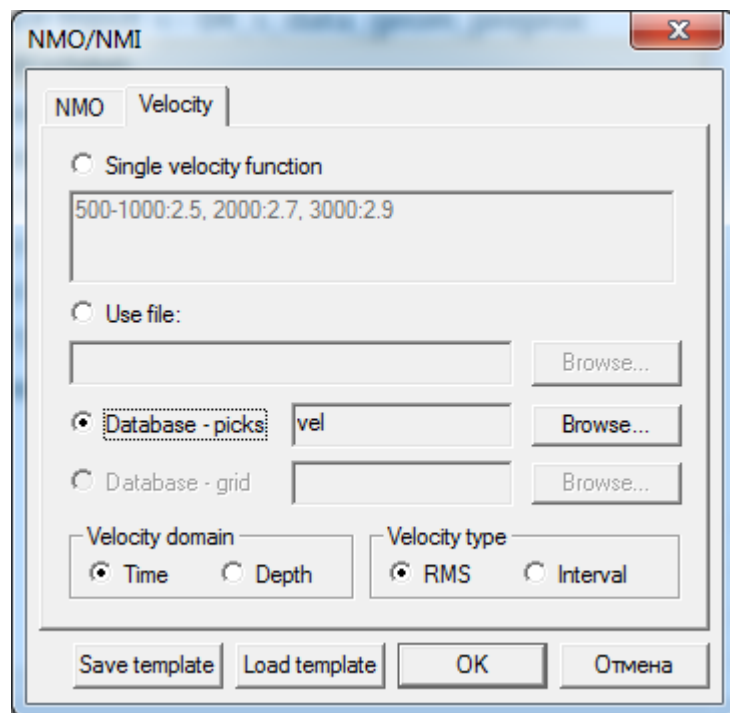
С помощью модуля Trace Input загрузим в поток набор сейсмических данных. Выберем сортировку сейсмограмм ОГТ (CDP:OFFSET).



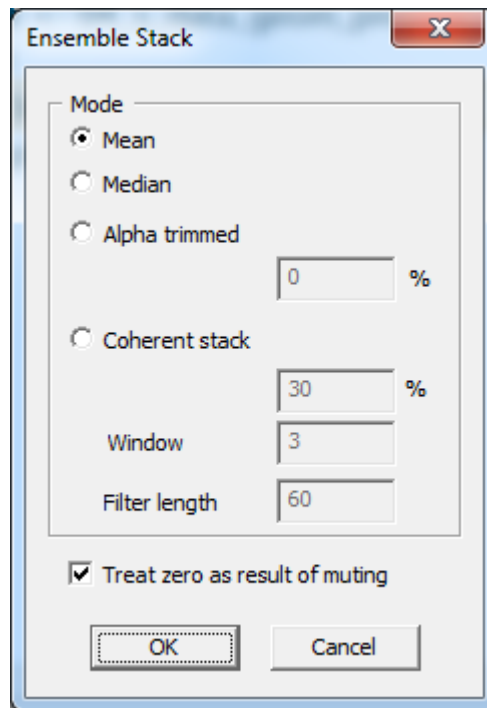
Далее введем кинематические поправки с помощью модуля NMO/NMI:



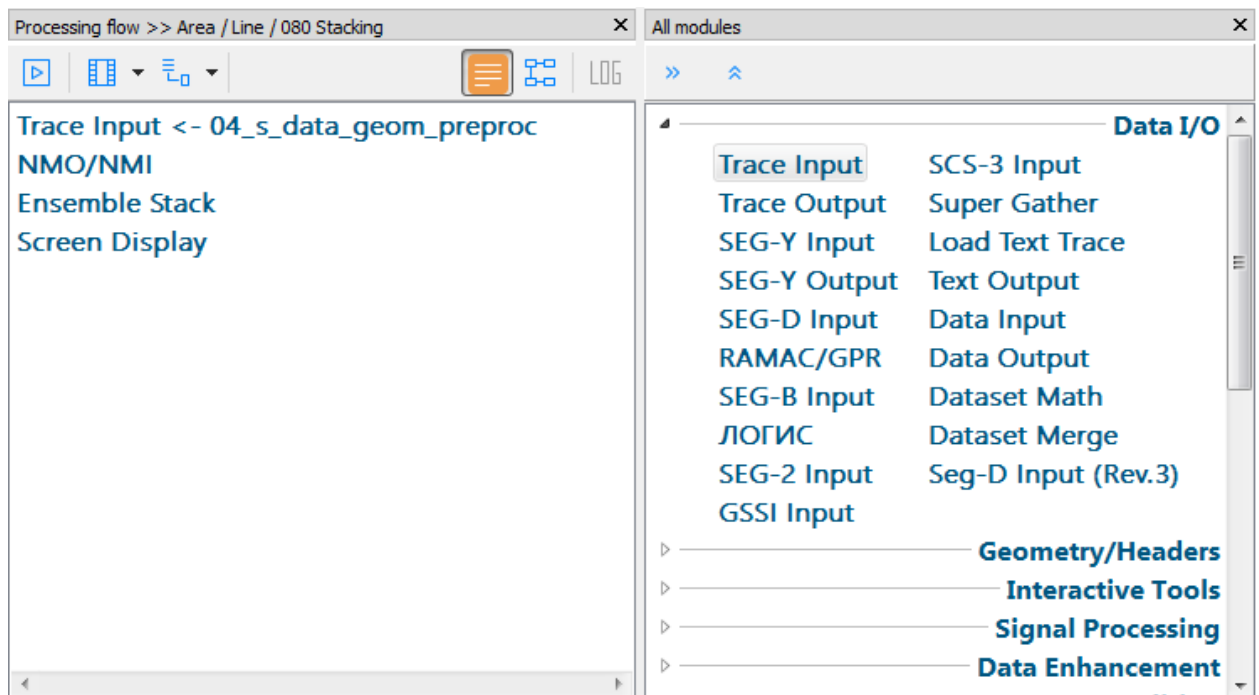
Выберем пикировку скоростей, полученную в результате скоростного анализа.



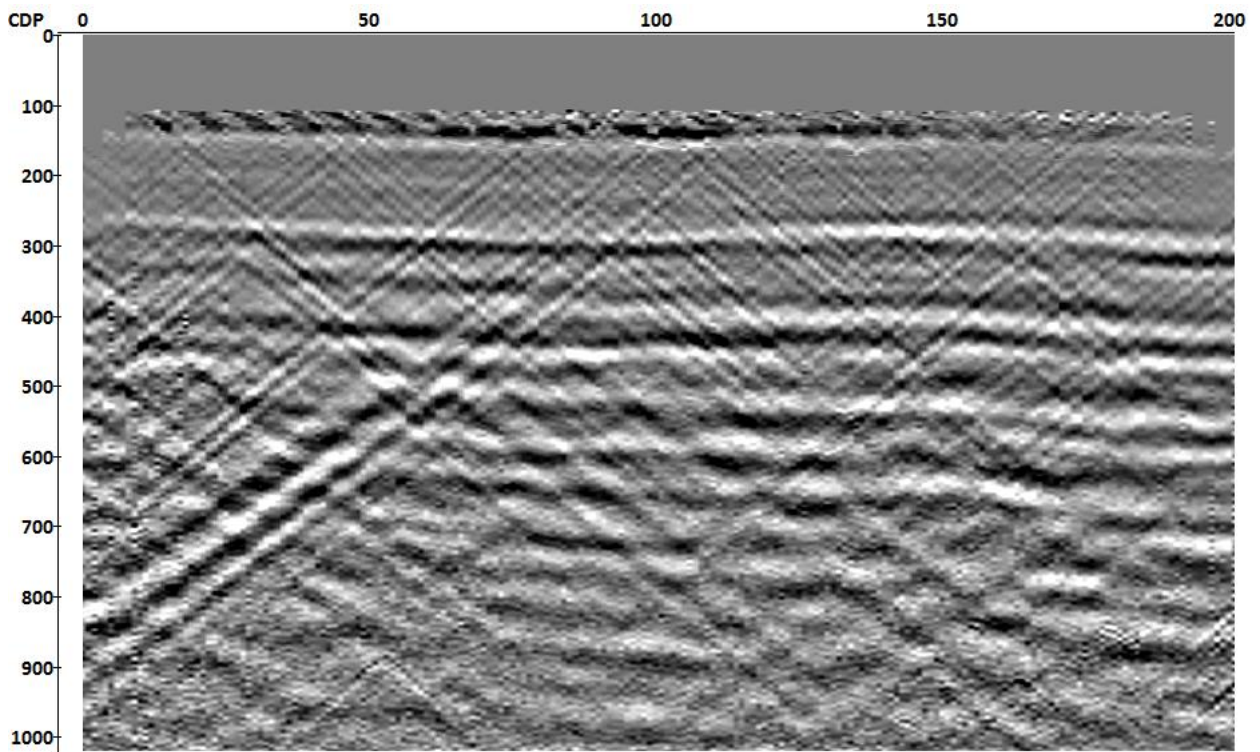
Для того чтобы просуммировать трассы каждой сейсмограммы ОГТ, добавим модуль Ensemble Stack.



В результате получим поток для суммирования данных по методу ОГТ:



Получим временной разрез:



На рисунке выше видно, что на временном разрезе остались волны-помехи с наклоном около 45 градусов, а также случайные шумы.

Для подавления случайных шумов и усиления когерентности отражений, добавим в поток модуль F-X Predictive Filtering. В потоке будем выполнять эту процедуру в 2 итерации, оба раза используем одинаковые параметры.

F-X Deconvolution ✕

Settings

| | | |
|-------------------|----|-----------|
| Filter Length | 7 | Number of |
| White Noise Level | 1 | % |
| Horizontal | 14 | Number of |
| Time | 0 | (ms) |
| Time Window | 0 | (ms) |
| Start Frequency | 0 | Hz |
| End Frequency | 0 | Hz |

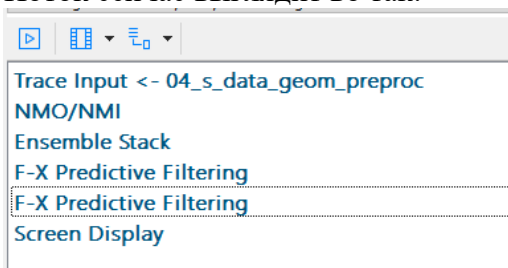
Divide by Ensembles
 Mute Hard Zeroes
 Number of threads 4

Notes

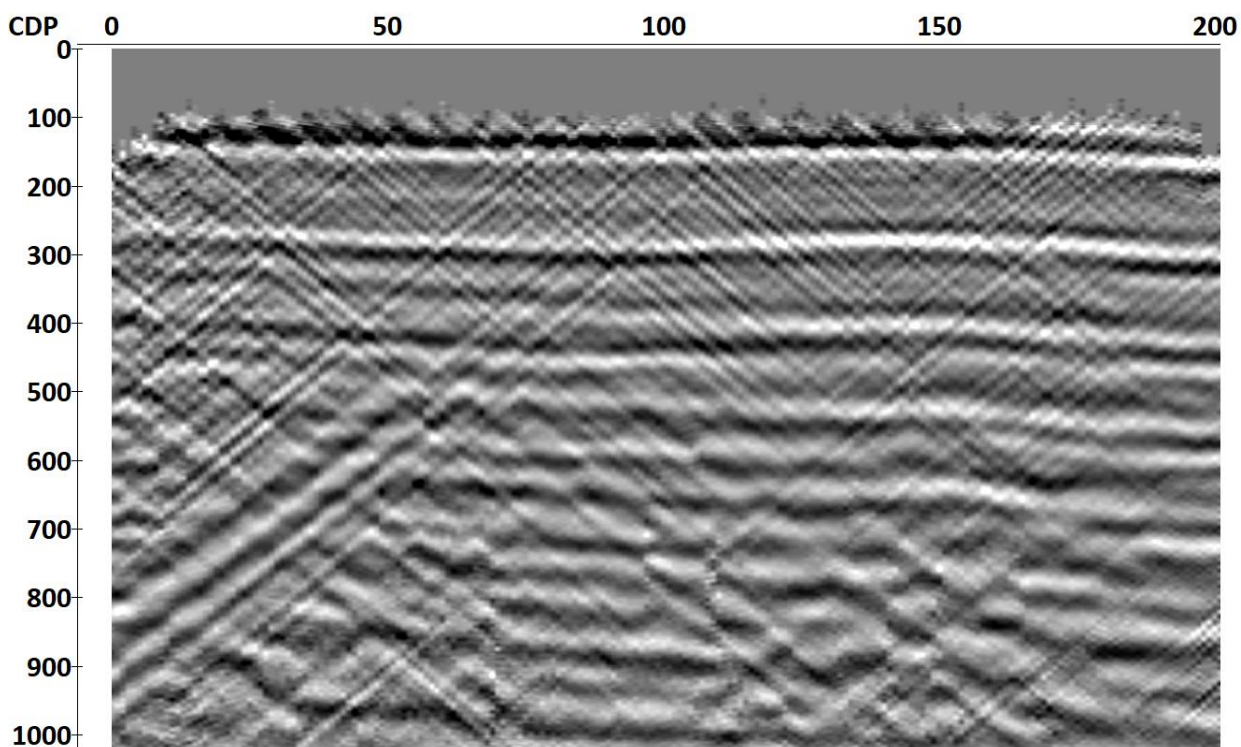
Zero in Time Window box, Start and End Frequency boxes means using the full range of values

OK
Cancel

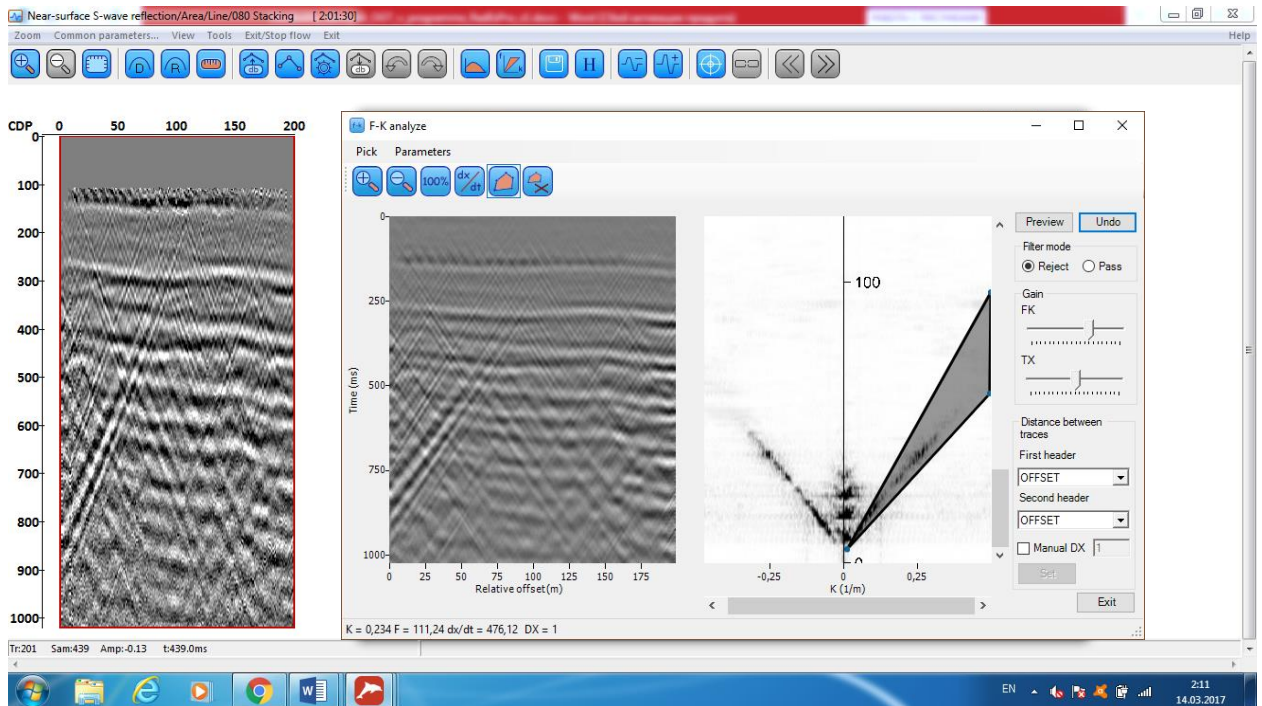
Поток сейчас выглядит во так:



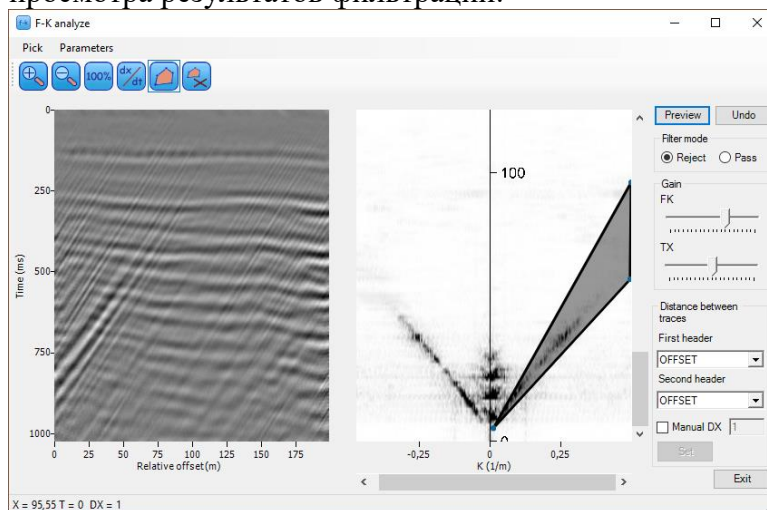
В результате выполнения этого потока получим следующий временной разрез:



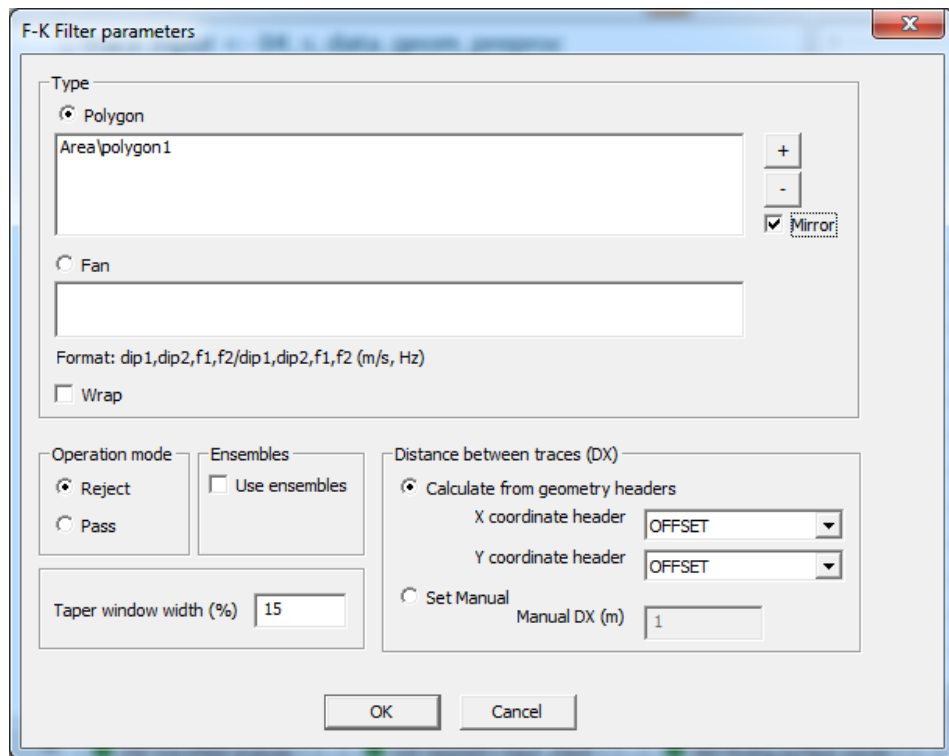
Теперь подавим наклонные помехи с помощью двумерной F-K фильтрации. В модуле Screen Display построим двумерный амплитудный спектр:



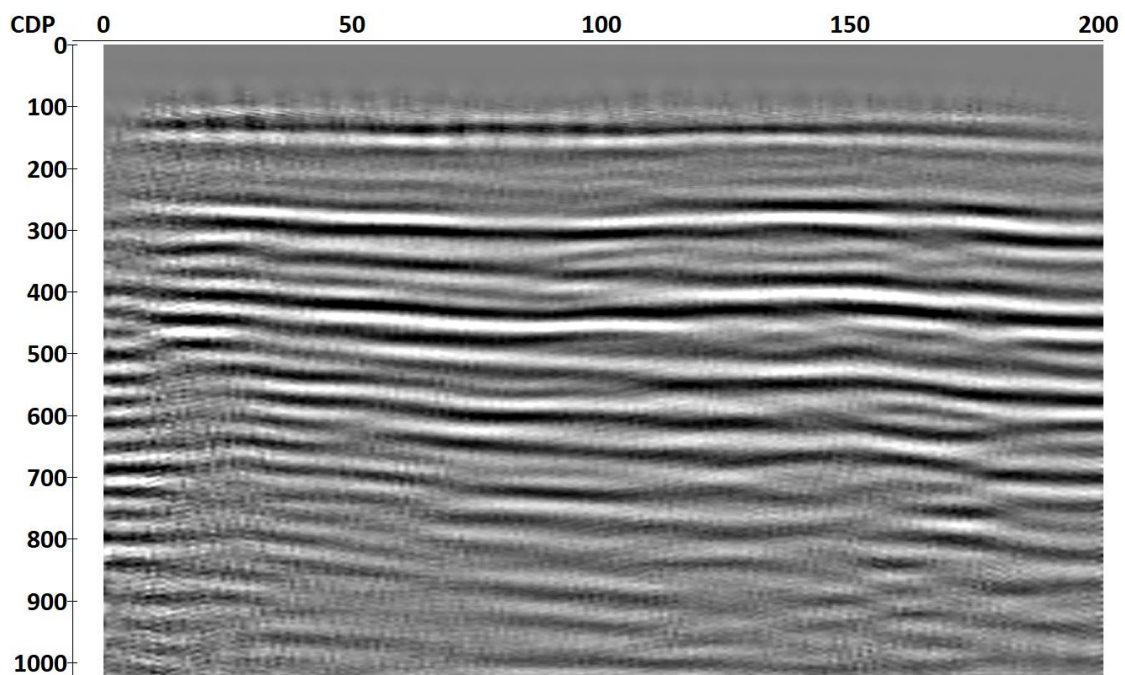
Для подавления волн-помех с наклоном около 45 градусов в окне F-K analyze выделим полигон, соответствующий волнам помехам. Можно нажать кнопку предварительного просмотра (Preview) и посмотреть результат применения F-K фильтрации с таким полигоном к данным. При наличии двух, симметричных относительно вертикальной оси зон помех (как в нашем случае), достаточно будет задать один полигон. После того, как результат предварительного просмотра нас удовлетворит (помехи одного направления эффективно удалились), полигон нужно сохранить в базе данных при помощи меню окна двумерного спектра Pick/Save Polygon. Ниже показан результат предварительного просмотра результатов фильтрации:



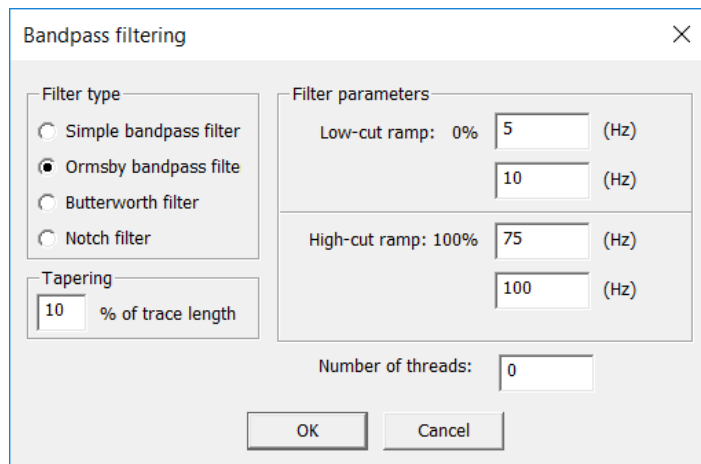
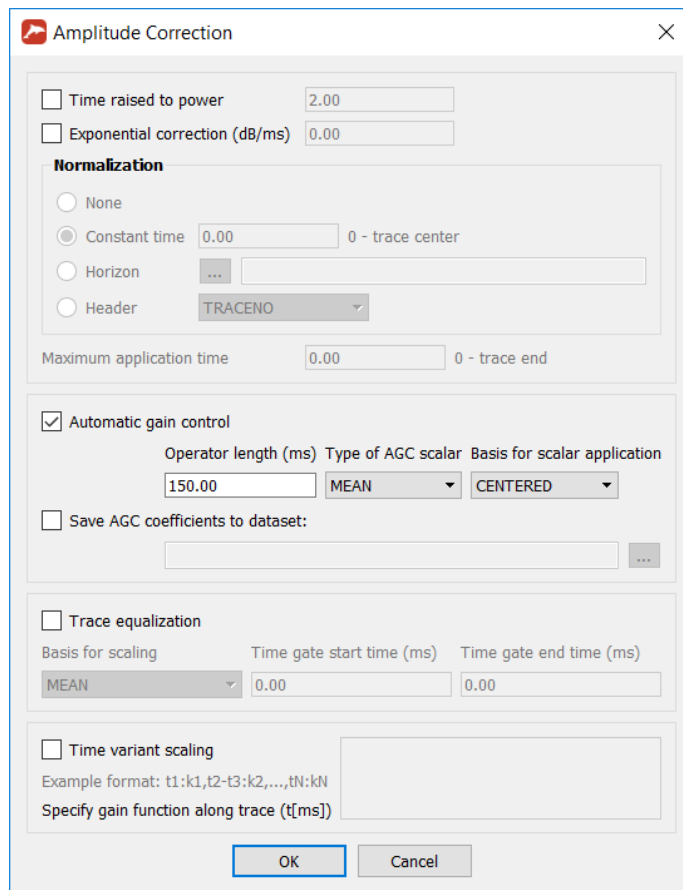
Теперь, когда у нас есть полигон для фильтра, добавим в поток модуль F-K Filter и в окне настройки параметров выберем созданный полигон. Чтобы подавить волны помехи, имеющие симметричное направление, поставим галочку Mirror (будет создан второй полигон, симметричный первому относительно вертикальной оси).



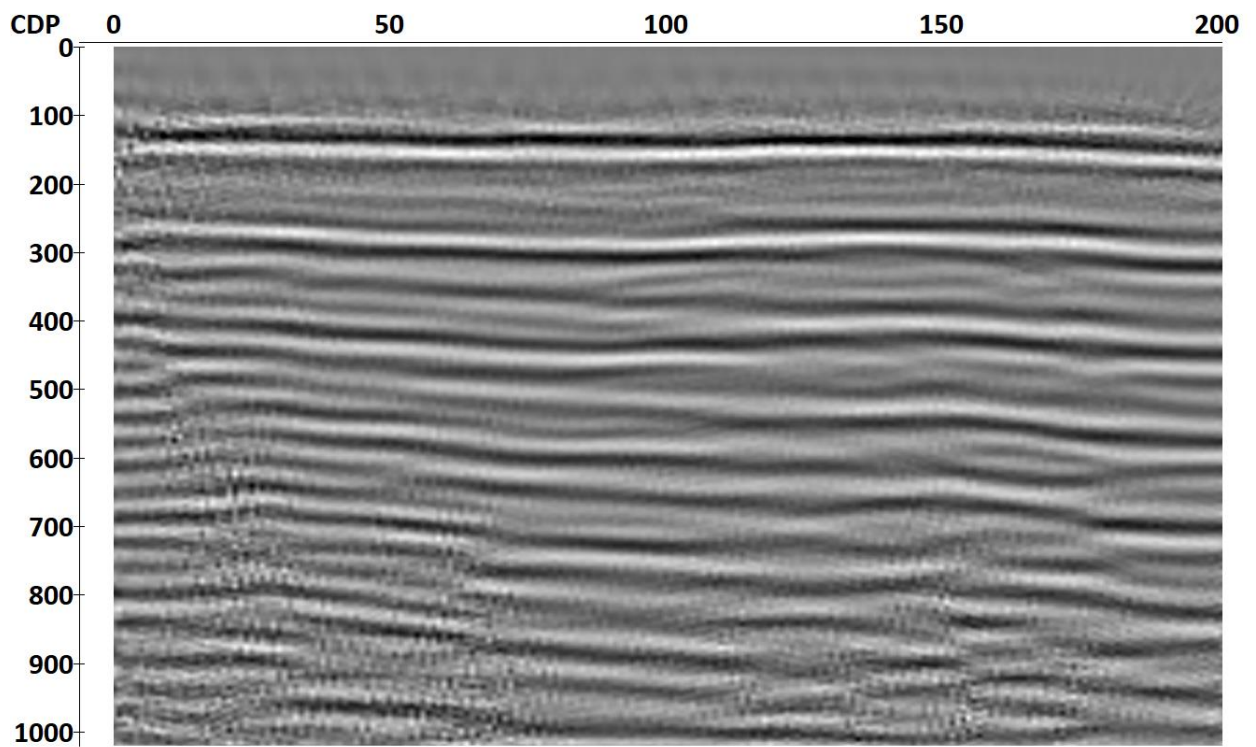
Результат двумерной фильтрации представлен ниже:



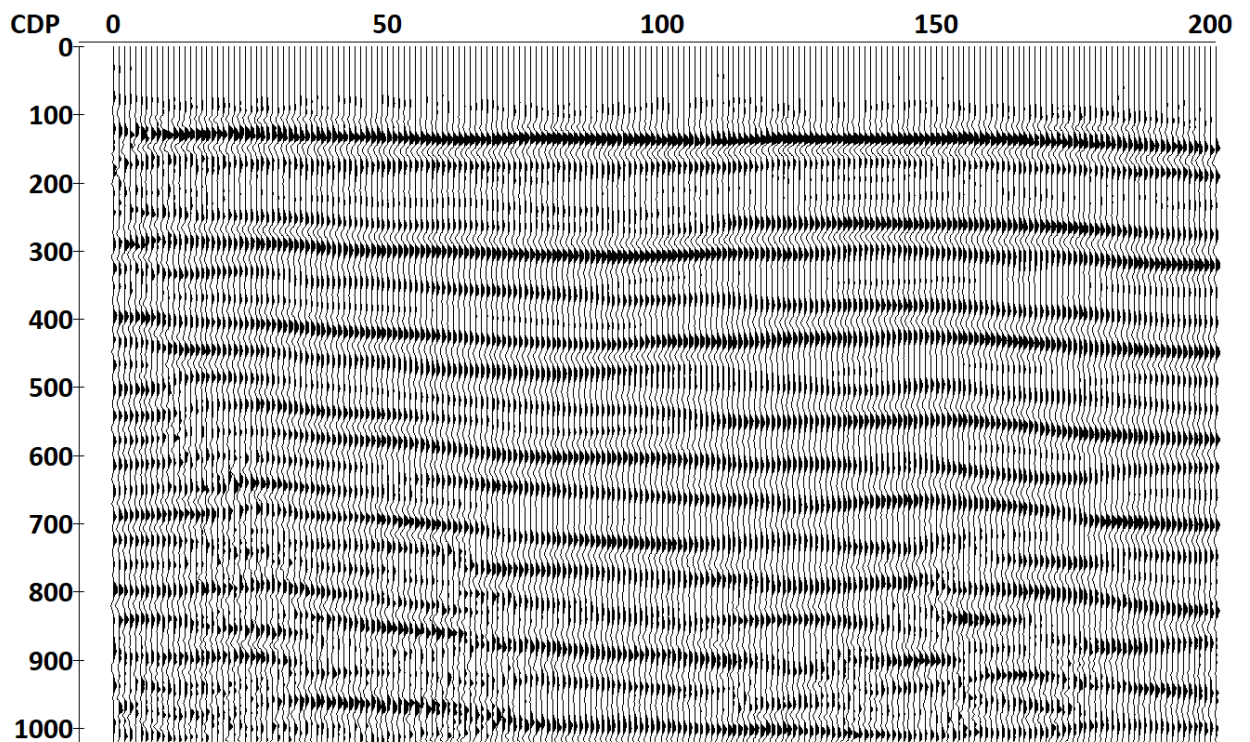
Финальную балансировку амплитуд (APУ) и фильтрацию осуществим следующим образом:



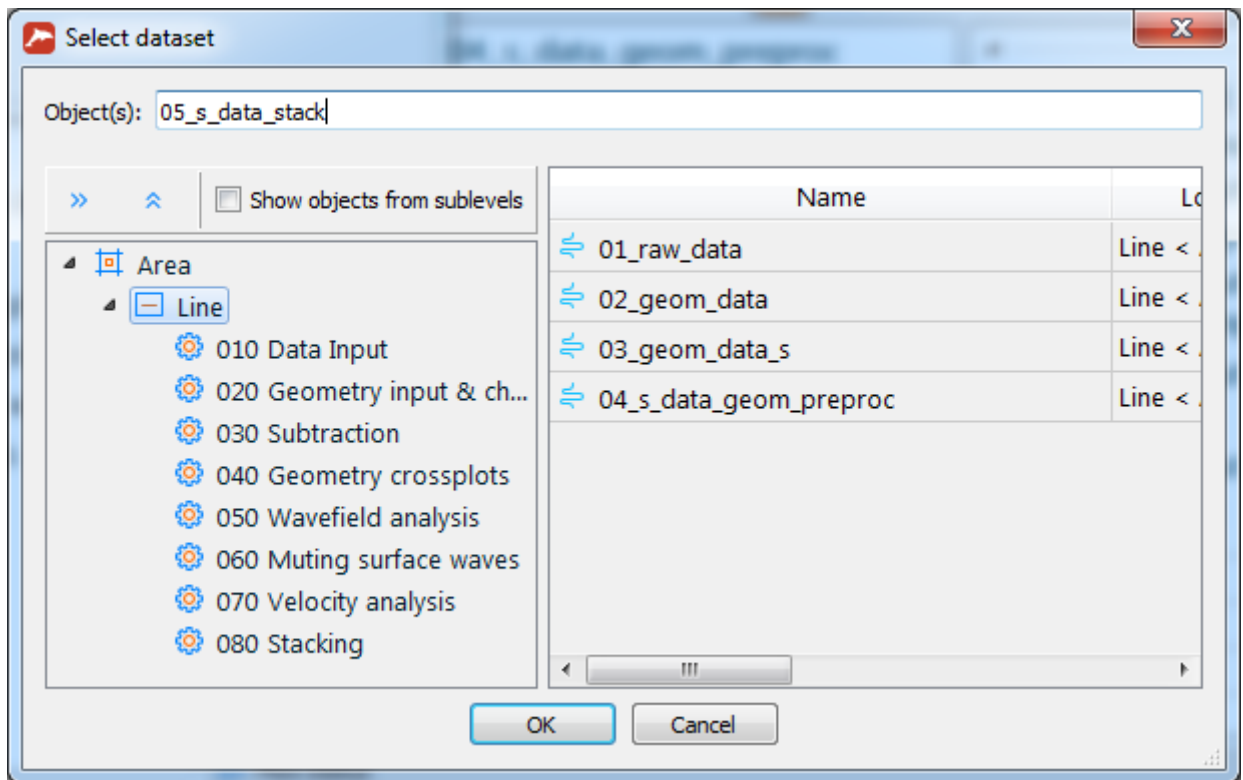
Результирующий временной разрез представлен на рисунке ниже:



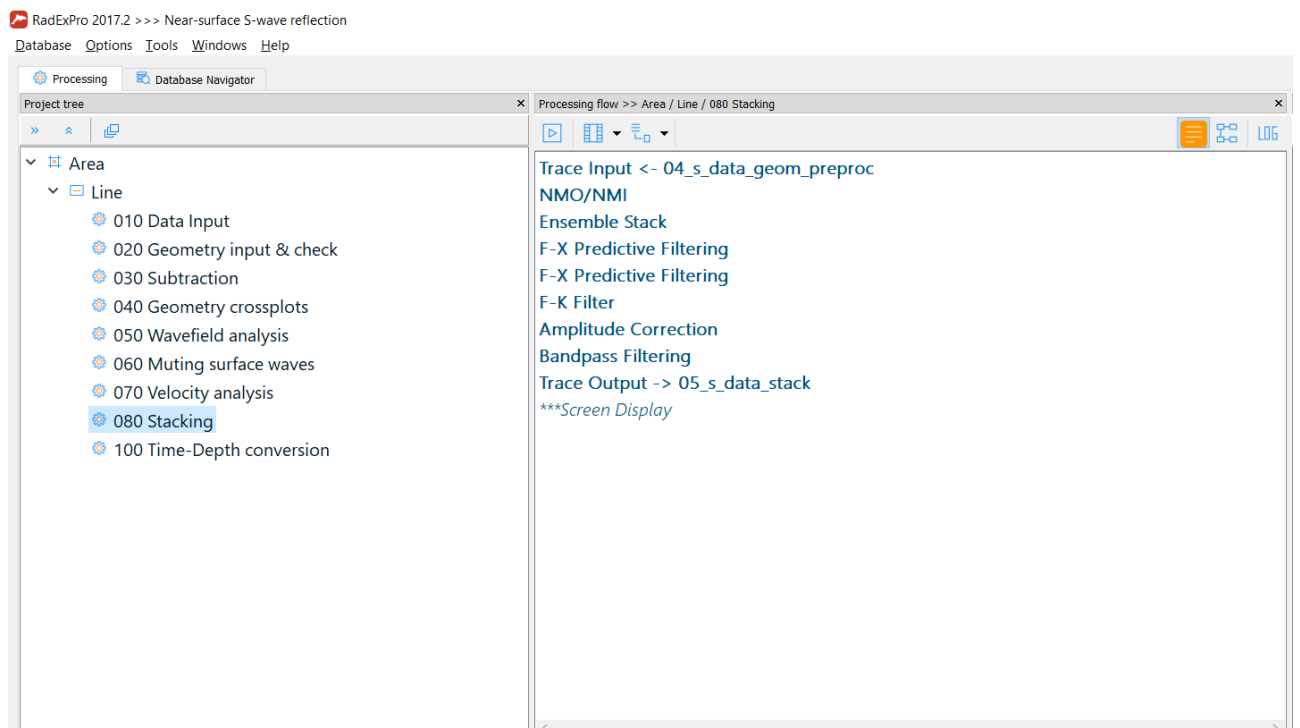
Часто в инженерной сейсморазведке результирующие суммарные разрезы отображают в режиме отклонений/переменной плотности. Разрез в таком виде представлен ниже:



Запишем данные на второй уровень дерева проекта под названием 05_s_data_stack.

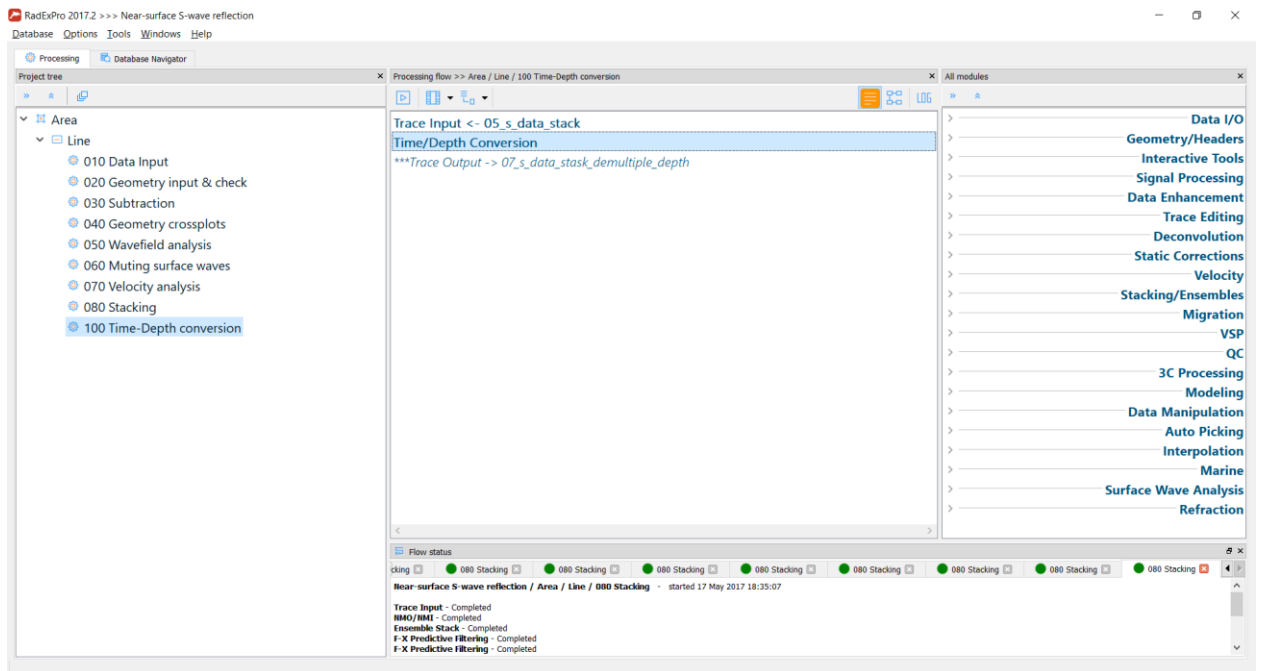


Окончательная версия потока будет выглядеть следующим образом:

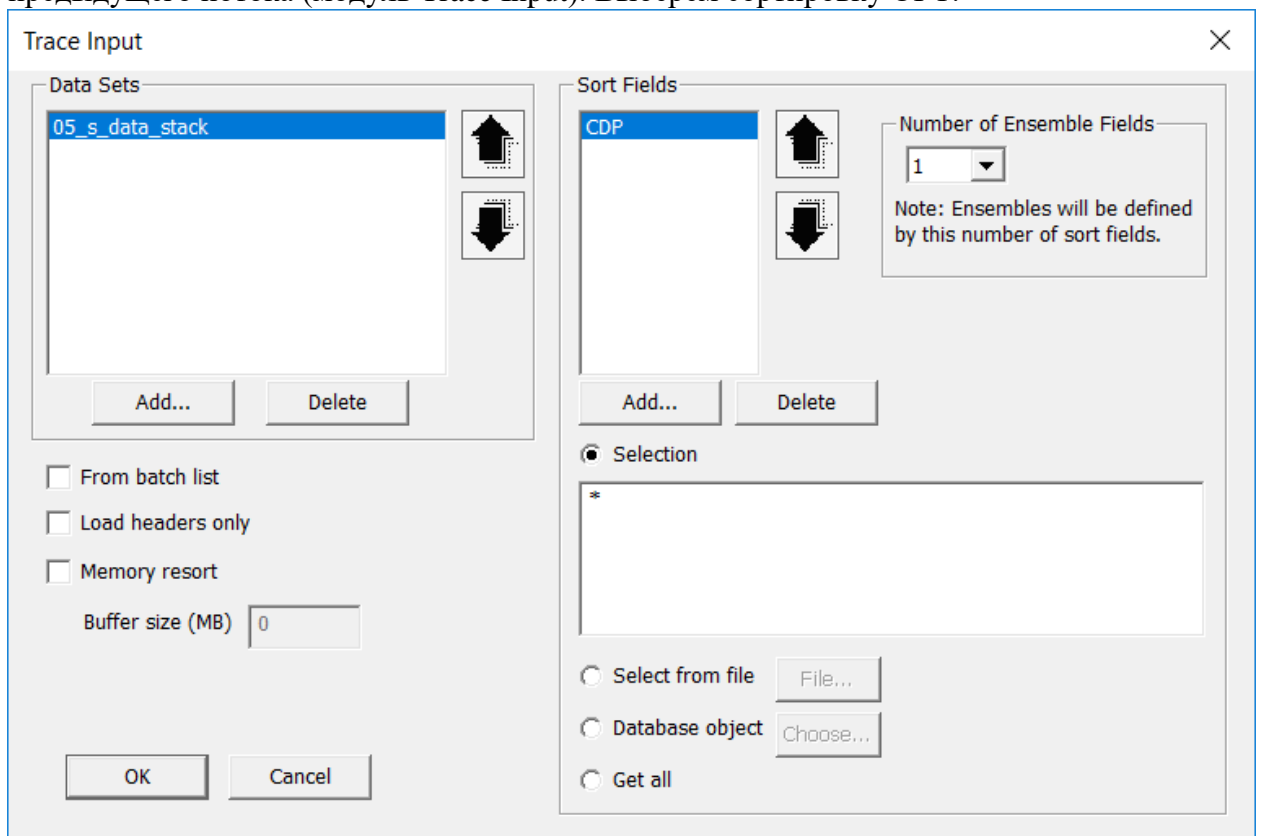


Трансформация временного разреза в глубинный

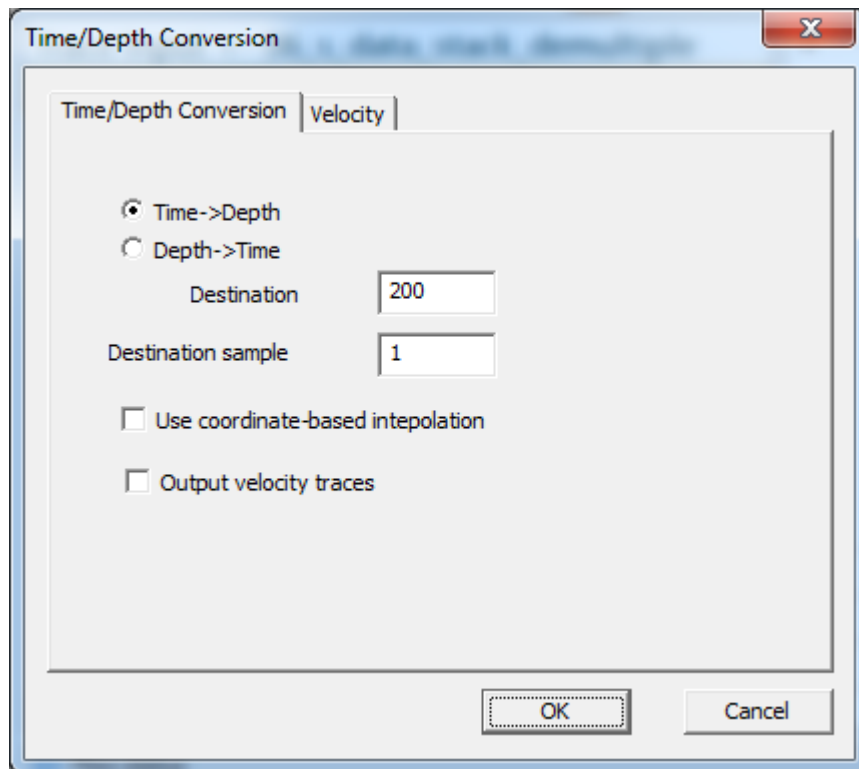
Завершающим этапом обработки является переход от временного масштаба в глубинный. Для пересчёта временного разреза в глубину воспользуемся скоростями, полученными ранее в результате скоростного анализа. Создадим поток «Time-Depth conversion».



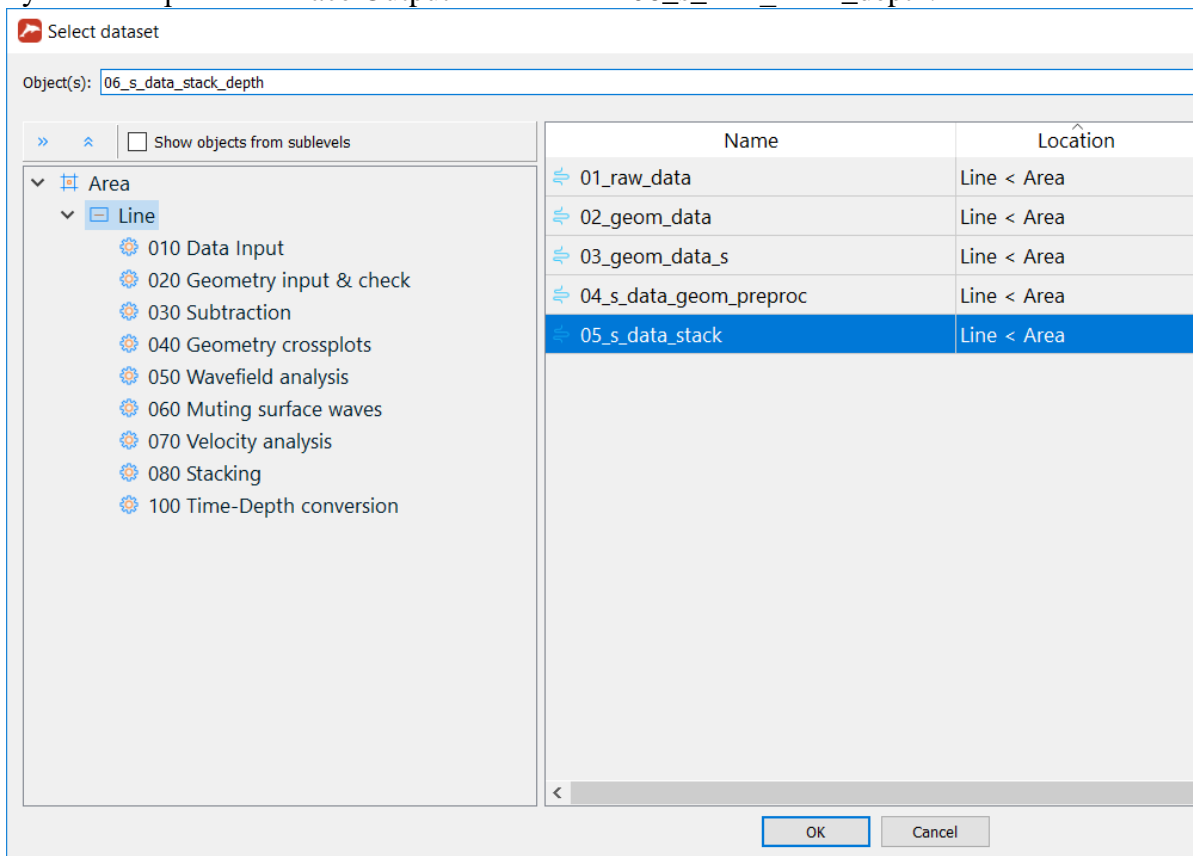
В начале загрузим суммарный временной разрез, полученный в результате работы предыдущего потока (модуль Trace Input). Выберем сортировку ОГТ.



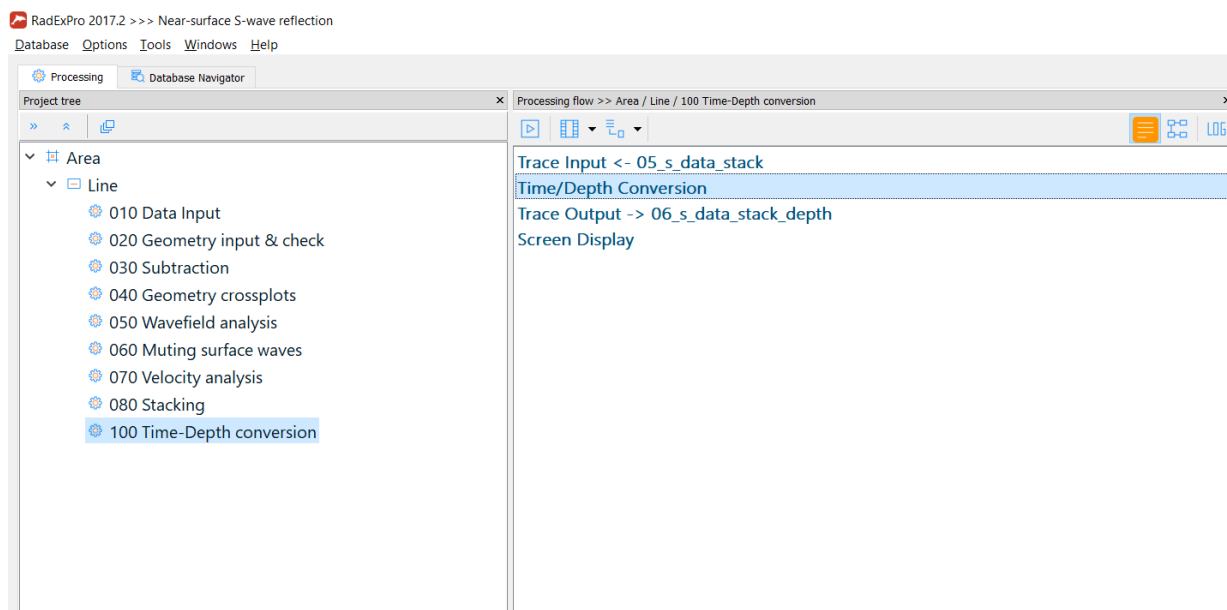
В модуле Time/Depth Conversion выберем следующие параметры и скоростную модель vel:



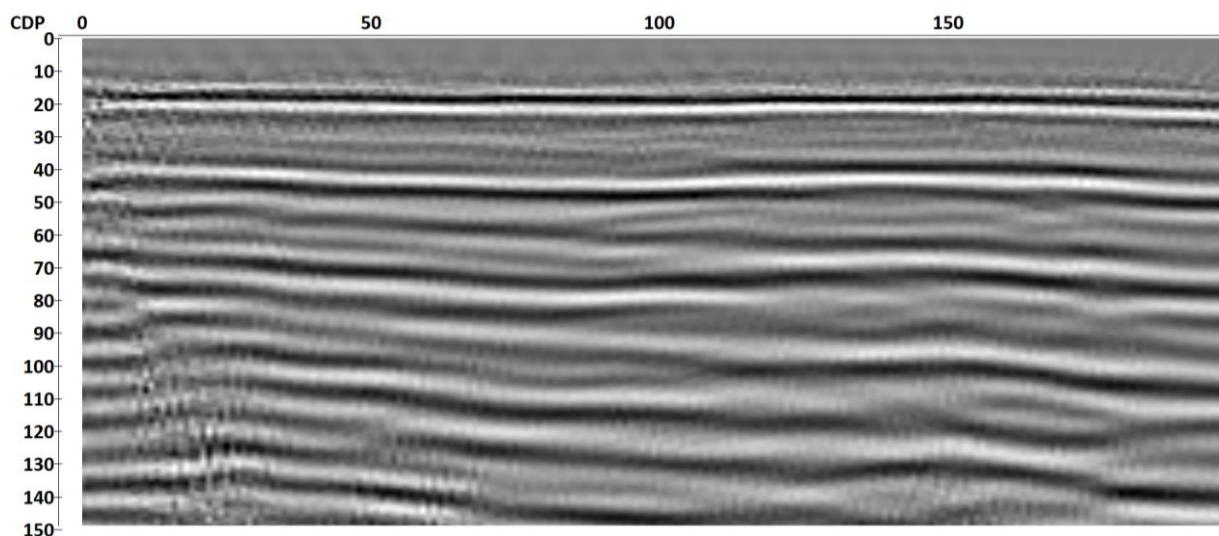
Результат сохраним в Trace Output с названием 06_s_data_stack_depth.



Добавим модуль Screen Display и в результате получим следующий поток:



Для выполнения потока нажмите Run. В результате получим глубинный разрез, показанный на картинке ниже.



Полученный разрез можно выгрузить в формате Seg-Y (см. модуль SEG-Y Output), сохранить в виде изображения в нужном формате, либо распечатать в заданном разрешении (см. модуль Plotting) в зависимости от требования заказчика.