



Обработка данных ВСП в программе RadExPro Plus – практическое руководство

(Редакция 08.10.2009 г.)

ООО «Деко-геофизика»
Научный парк МГУ,
Ленинские горы 1-77,
119992 Москва, Россия
Тел.: (+7 495) 930 84 14
E-mail: support@radexpro.ru
Интернет: www.radexpro.ru

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	4
СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА В RADExPRO PLUS.....	4
ОБРАБОТКА ПРОДОЛЬНОГО ВСП.....	8
<i>Ввод данных в проект (010 — data load).....</i>	9
<i>Присвоение геометрии</i>	12
<i>Импорт координат пунктов возбуждения и приема из текстового файла.....</i>	12
<i>Визуализация данных (020 — view data).....</i>	16
<i>Прослеживание первых вступлений P-волн (030 — fbpick).....</i>	19
<i>Ориентировка на пункт возбуждения и определение первых вступлений S-волны (040 — 3C orientation+S pick)</i>	23
<i>Определение импульса для детерминистической деконволюции по прямой волне (050 — signature for deconvolution).....</i>	32
<i>Тестирование параметров детерминистической деконволюции. (060 — deconvolution test.).....</i>	38
<i>Выделение поля отраженных PP волн (070 — ug PP)</i>	42
<i>Построение скоростной модели (080 — velocity model)</i>	66
<i>Редактирование границ слоев.....</i>	69
<i>Работа со шкалами.....</i>	70
<i>Визуализация поля отраженных волн и ввод кинематических поправок в данные для вывода поля отраженных волн на вертикаль. (090 — ug and ug nmo waves display).....</i>	71
<i>Построение трассы коридорного суммирования. (100 — cor stack trace u 110 — cor sum).....</i>	74
<i>Подготовка данных ВСП для привязки к данным сейсмоки (120 — ug vsp nmo waves for well tie u 130 — cor stack for well tie).....</i>	78
ОБРАБОТКА НЕПРОДОЛЬНОГО ВСП.....	81
<i>Построение мигрированных разрезов ВСП и разрезов ВСП-ОГТ (080 — migrations).....</i>	82
ПРИВЯЗКА ДАННЫХ ВСП К СЕЙСМИКЕ (WELL TIE).....	86
<i>Ввод сейсмических данных в проект (010 — seismic data load).....</i>	87
<i>Привязка данных ВСП к данным МОВ ОГТ (020 — well tie).....</i>	88
<i>Печать результатов обработки (030 — plotting).....</i>	93

Введение

Данное руководство предназначено для пользователей, начинающих обрабатывать данные вертикального сейсмического профилирования (ВСП) в программе RadExPro Plus. Рассматриваются все стандартные этапы базовой обработки ВСП от ввода данных до построения скоростной модели среды и привязки данных ВСП к данным сейсмоки. При этом, предполагается, что пользователь уже знаком с теорией метода ВСП и принципиальной технологией обработки таких данных. Информацию о теоретических основах метода ВСП и используемых процедурах обработки можно почерпнуть, например, из следующей литературы:

Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование М. «Недра» 1971

Hardage В.А. Vertical Seismic Profiling: Principles, Pergamon, 2000

Вся обработка проводится на примере реальных данных, которые можно загрузить с нашего сайта: <http://radexpro.ru/upload/File/tutors/vsp/InData.zip>

В архиве содержатся исходные данные для работы: сейсмограммы продольного и непродольного ВСП в формате SEG-Y (файлы sp0_raw.sgy, sp1_raw.sgy), текстовые файлы, содержащие геометрию (файлы sp0_geom.txt, sp1_geom.txt), каротажные кривые ГИС в формате LAS (файлы AK.las, RK.las), синтетическая сейсмограмма, построенная по каротажным данным, предназначенная для привязки данных ВСП, в формате SEG-Y (файл seismic data.sgy)

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

<http://radexpro.ru/upload/File/tutors/vsp/MyVSPProject.zip>

Следует отметить, что возможности программы не ограничиваются набором модулей, описанных в этом руководстве. Для получения детальной информации о параметрах модулей и ознакомления с другими возможностями программы RadExPro используйте “Руководство пользователя RadExPro Plus”, которое можно скачать с нашего сайта.

Исходные данные

К исходным данным относятся следующие файлы:

Ближний ПВ

sp0_geom.txt

sp0_raw.sgy

Дальний ПВ

sp1_geom.txt

sp1_raw.sgy

ГИС

AK.las

rk.las

Сейсмические данные:

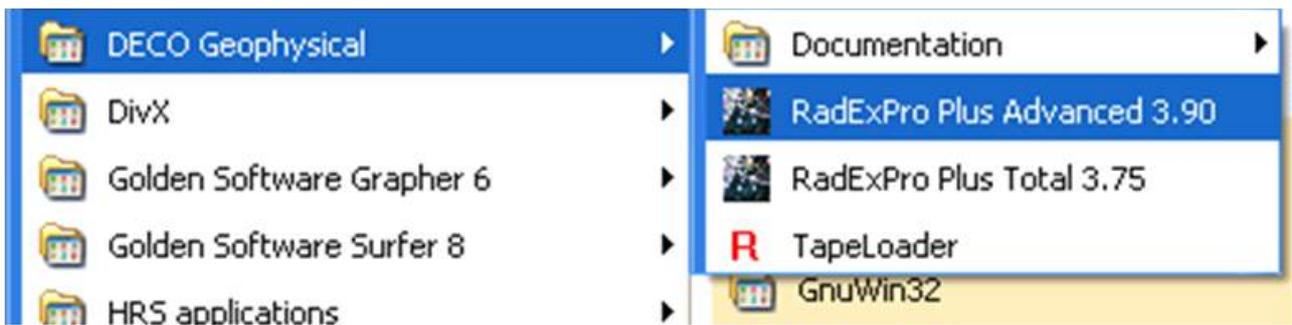
seismic data.sgy

Данные ГИС должны быть представлены в особом формате. В первой строке слева направо обязательным является присутствие символа ~А и заголовка DEPTH (кабельные глубины), далее следуют заголовки каротажных кривых.

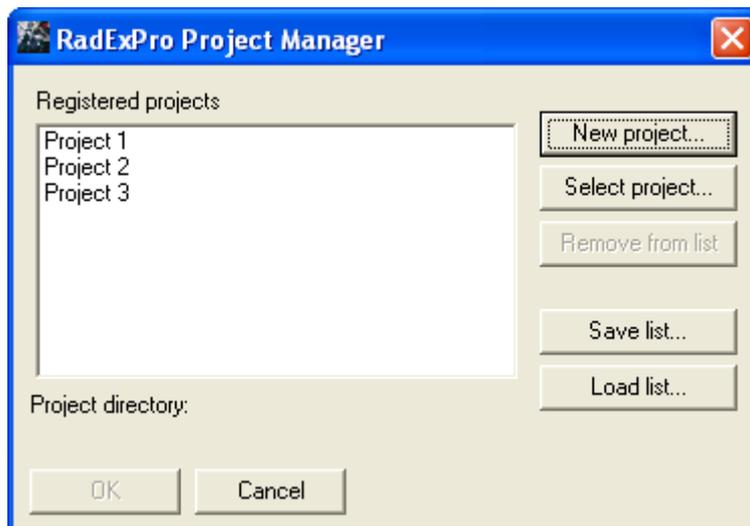
Создание проекта в RadExPro Plus

Вся обработка данных метода ВСП в программе RadExPro Plus производится в рамках проектов. Проект – это совокупность исходных данных, промежуточных и окончательных результатов обработки, потоков обработки, организованных в единую базу данных, используемую пакетом обработки сейсмических данных RadExPro Plus. Проекты хранятся в отдельных папках на диске, папка для проекта создается автоматически при создании проекта. Проект можно переносить с компьютера на компьютер простым копированием папки (при условии, что все используемые данные хранятся внутри этой папки).

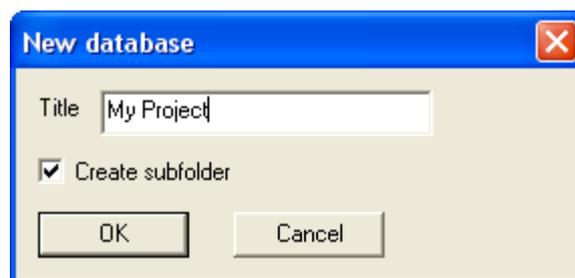
Создадим новый проект обработки. Запустите менеджер проектов. Для этого выберите в меню Windows Пуск пункт RadExPro Plus Total 3.90.



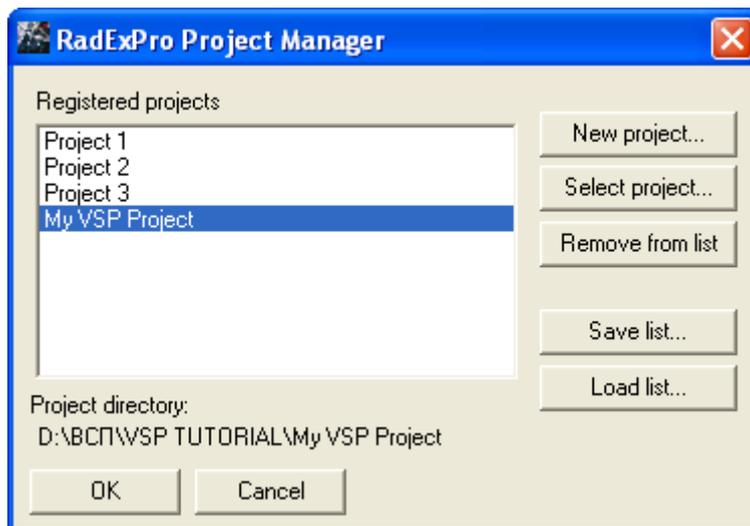
При запуске менеджера проектов открывается диалоговое окно, содержащее список зарегистрированных проектов.



Нажмите на кнопку New Project и выберите родительский каталог на диске, в котором будет создан подкаталог с проектом. После этого, в появившемся окне, введите имя проекта.

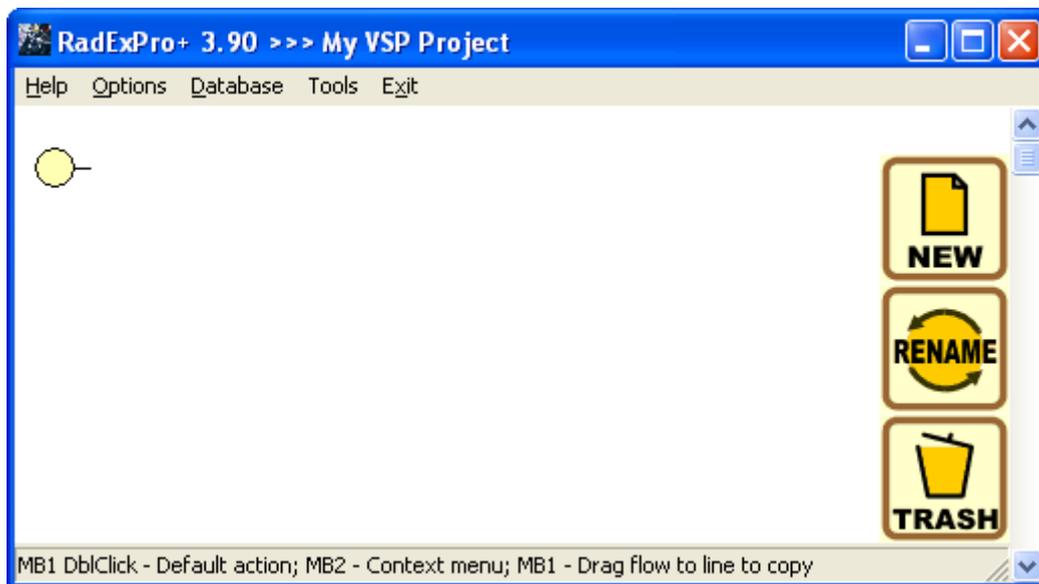


Убедитесь в том, что опция Create subfolder выбрана и нажмите Ok. В выбранном каталоге появится подкаталог с именем проекта. Также проект появится в списке доступных (зарегистрированных) проектов.

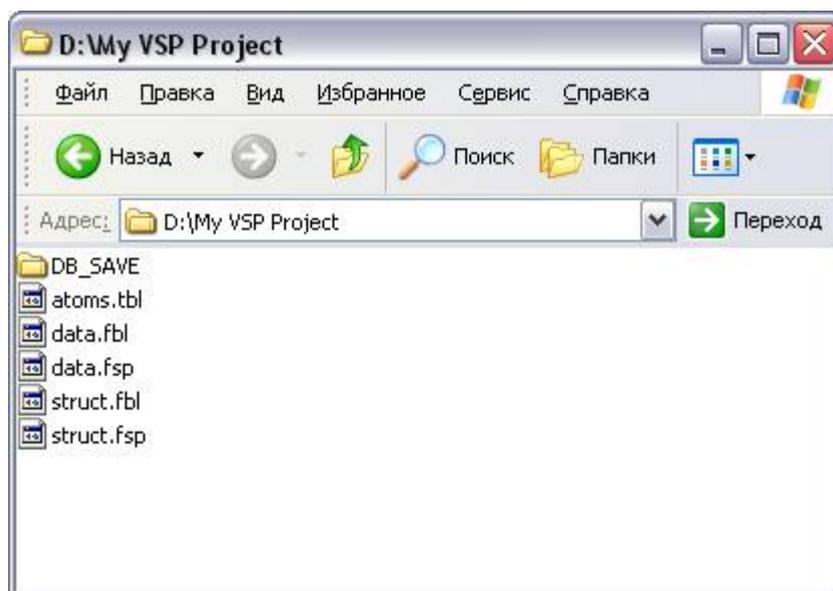


Выберите его и нажмите Ok.

Появится главное окно программы RadExPro, содержащее дерево проекта. Пока это дерево пусто.



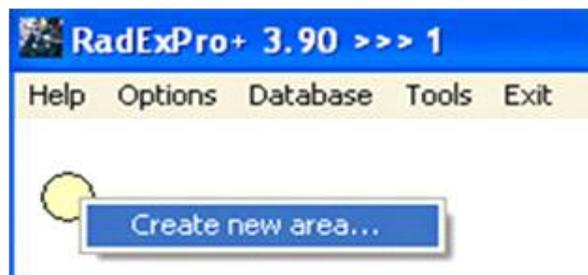
Перед началом работы с проектом, используя проводник Windows, перейдите в папку проекта:



Создайте в ней подкаталог Data и скопируйте в него исходные данные.

Хранение данных внутри каталога проекта позволяет пакету использовать относительные пути до файлов с данными вместо абсолютных, что облегчает перенос проектов с компьютера на компьютер.

Вернитесь к главному окну программы RadExPro. База данных RadExPro имеет 3 структурных уровня. Верхний уровень отвечает площади, на которой проводились работы, средний – профилю, нижний – потоку обработки. Кликните правой кнопкой мыши на желтом кружке, выберите опцию Create new area и введите название площади на которой проводились работы (или название скважины, для которой проведены работы ВСП).



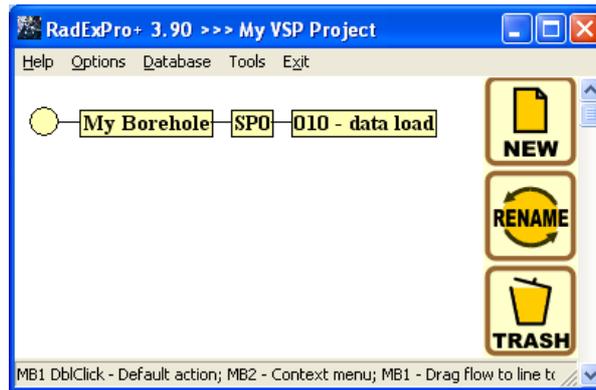
На следующем рисунке показано окно, в котором необходимо ввести название площади (скважины):



Обработка продольного ВСП

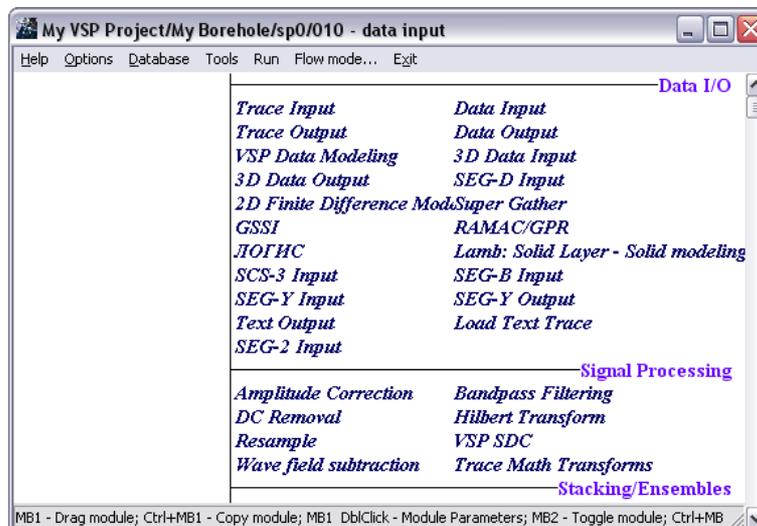
Целью обработки продольного ВСП является выделение поля отраженных Р- волн, получение скоростной модели среды и построение трассы коридорного суммирования.

Кликнув правой кнопкой мыши на желтом прямоугольнике с названием площади, выберите пункт Create line и создайте новый профиль. Назовите его по имени первого пункта взрыва SP0. По аналогии с созданием площади и профиля, создайте поток обработки **010 – data load**.



Процесс обработки сейсмических данных происходит в несколько этапов, выполняемых последовательно. В силу того что программа RadExPro Plus располагает названия структурных элементов базы данных в алфавитном порядке, разумно нумеровать потоки, чтобы они отображались в верной логической последовательности.

Перейдите в режим редактирования потоков, дважды кликнув левой кнопкой мыши по названию потока. Откроется окно редактора потока. В левой части окна располагается сам поток (пока он пуст), справа – библиотека доступных процедур (модулей), разделенная на смысловые группы.

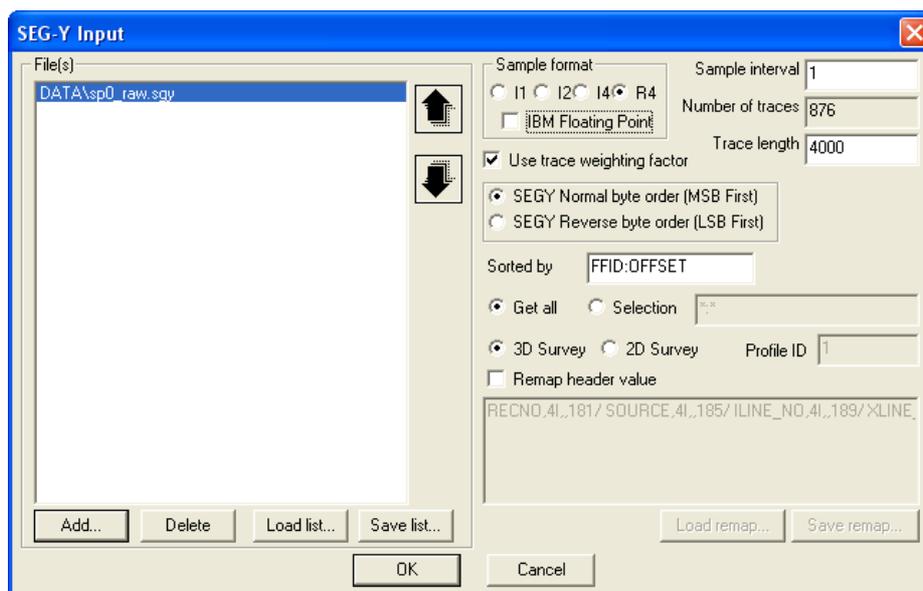


Ввод данных в проект (010 — data load)

Мы создадим поток, состоящий из модулей *SEG-Y Input*, *Trace Output*, *Screen Display* (модули *SEG-Y Input*, *Trace Output* располагаются в группе Data I/O – ввод-вывод данных, модуль *Screen Display* — в группе Interactive Tools). Этот поток будет читать данные из SEG-Y-файла на диске и записывать их в базу данных проекта в виде объекта базы – «набора данных».

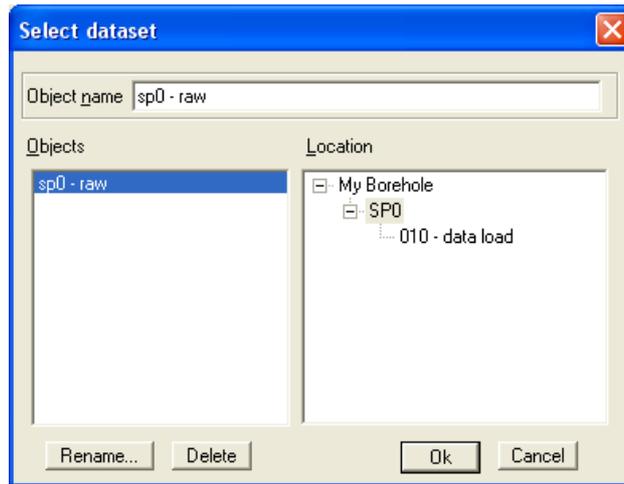
Модули добавляются в поток по-одному. Для того, чтобы добавить модуль в поток просто перетащите его при помощи мыши из библиотеки справа в область потока слева. При этом откроется диалог настройки параметров модуля. (В дальнейшем, тот же диалог параметров модуля в потоке можно вызвать двойным щелчком мыши на имени модуля). Модули, уже находящиеся в потоке, можно перемещать вверх-вниз относительно друг друга, перетаскивая их мышью.

В группе Data I/O найдем модуль *SEG-Y Input* и добавим его в поток. При добавлении модуля в открывшемся диалоговом окне зададим параметры чтения данных. Для этого, выберем файл с данными **Sp0_raw.sgy**.



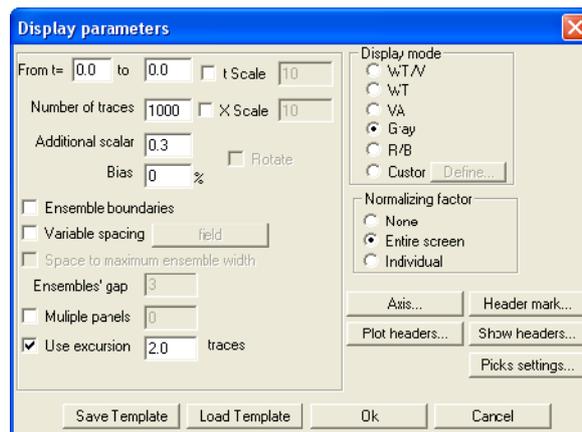
После модуля *SEG-Y Input* в поток добавим модуль *Trace Output*, который должен сохранить прочитанные данные в базу данных. Объект, который будет содержать эти данные назовите **sp0 – raw** и разместите его на втором уровне базы данных в профиль **Sp0**.

Замечание. Название любого объекта базы данных (сейсмического набора данных, потока обработки и т.д.) должно отражать его суть, а не состоять из нескольких букв. Для наборов сейсмических данных название следует формировать из 2-х частей – идентификатора исходных данных и этапа обработки, на котором они находятся. Так, при вводе полевых данных, здесь было выбрано название **sp0 – raw**.

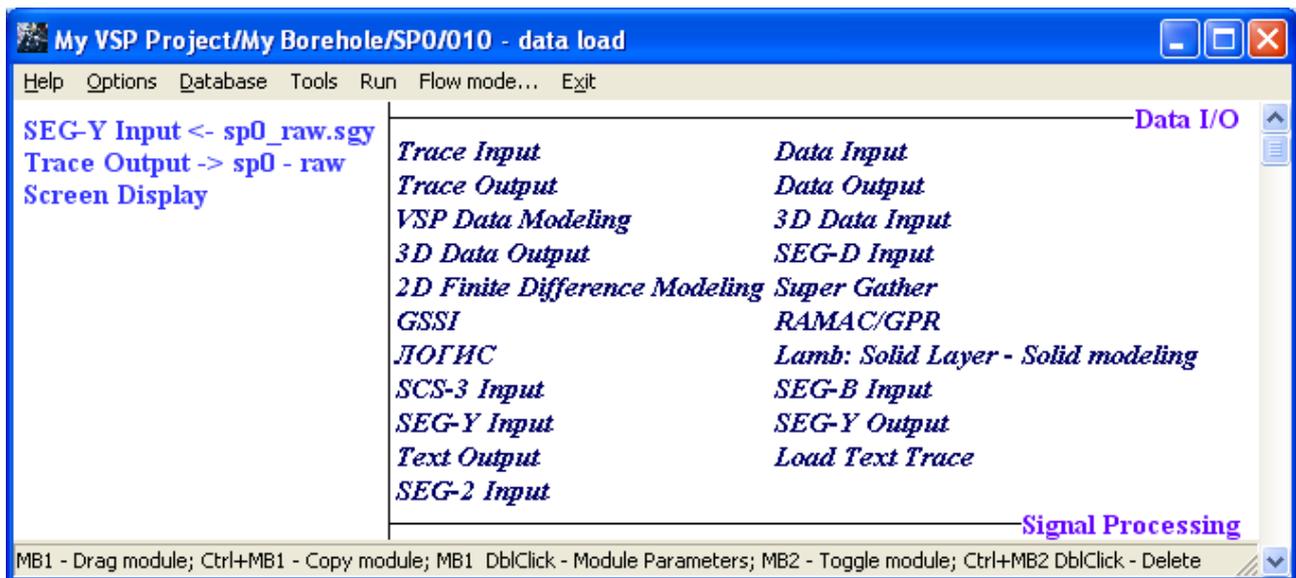


Рекомендация: Для того, чтобы избежать нежелательной перезаписи данных в датасет **Sp0-raw** рекомендуется комментировать модуль **Trace Output** после первого запуска.

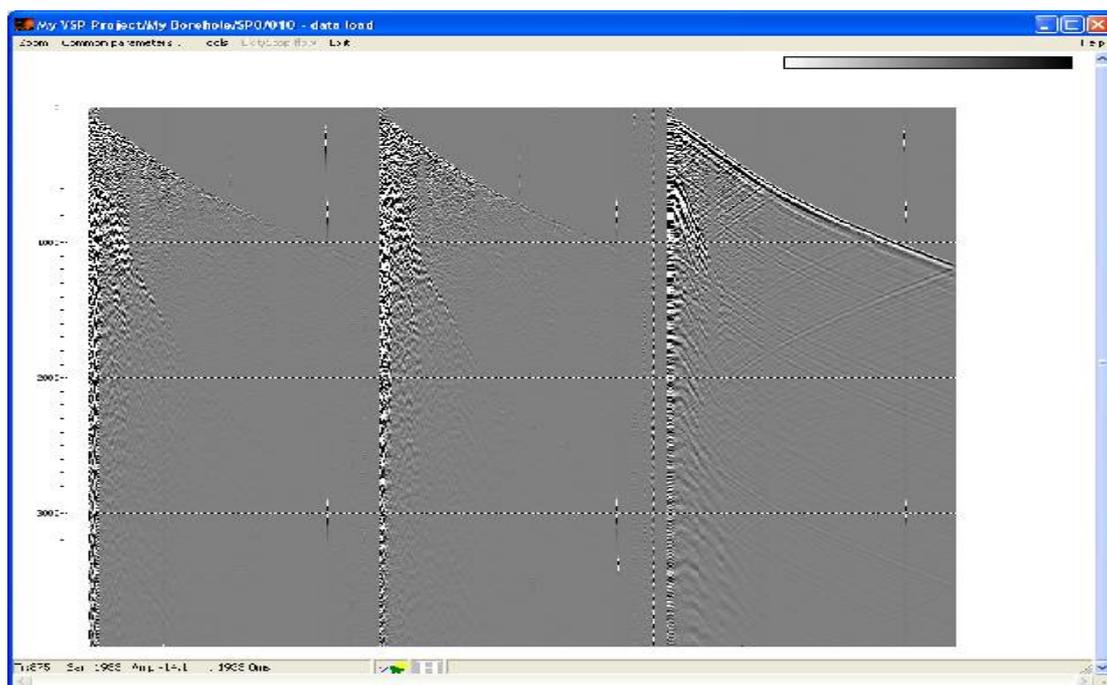
Чтобы проконтролировать выполнение потока после модуля **Trace Output** добавьте в поток модуль **Screen Display** с параметрами, указанными на рисунке.



Полученный поток должен выглядеть следующим образом:



Для выполнения потока выберите команду меню **Run**. В результате должно открыться окно *Screen Display*, отображающее вводимые данные, а сами данные будут прочитаны из файла на диске и записаны в базу данных. Окно *Screen Display*, которое должно возникнуть на экране приведено ниже.



Замечание. В тех случаях, когда объем считываемых из файла данных велик (сопоставим или превосходит объем оперативной памяти ПК или просто близок или больше 1 Гб), необходимо использовать покадровый режим (**Framed mode**), который позволяет считывать данные в память не целиком, а кусками. Перейти в этот режим и определить размер порций можно при помощи пункта меню **Framed mode**, доступного из редактора потоков.

Присвоение геометрии

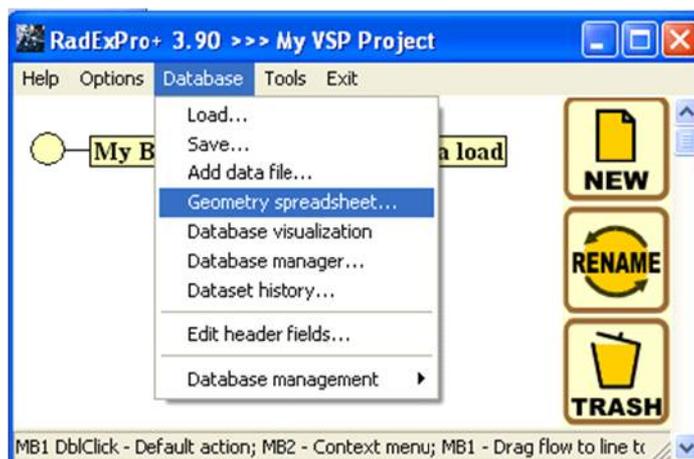
Присвоение геометрии к данным ВСП заключается в том, что для каждой трассы определяется ряд значений, которые затем сохраняются в указанные поля заголовков набора данных в базе данных проекта. Список необходимых значений и соответствующие им поля заголовков приведены ниже:

1. Глубина (DEPTH)
2. Высота поверхности в пункте возбуждения (SOU_ELEV)
3. X-координата пункта возбуждения (SOU_X)
4. Y-координата пункта возбуждения (SOU_Y)
5. Высота поверхности в пункте приема (REC_ELEV)
6. X-координата пункта приема (REC_X)
7. Y-координата пункта приема (REC_Y)
8. Номер канала (CHAN)

В практической работе может встречаться абсолютно любое сочетание заполненных заголовков трасс.

Импорт координат пунктов возбуждения и приема из текстового файла

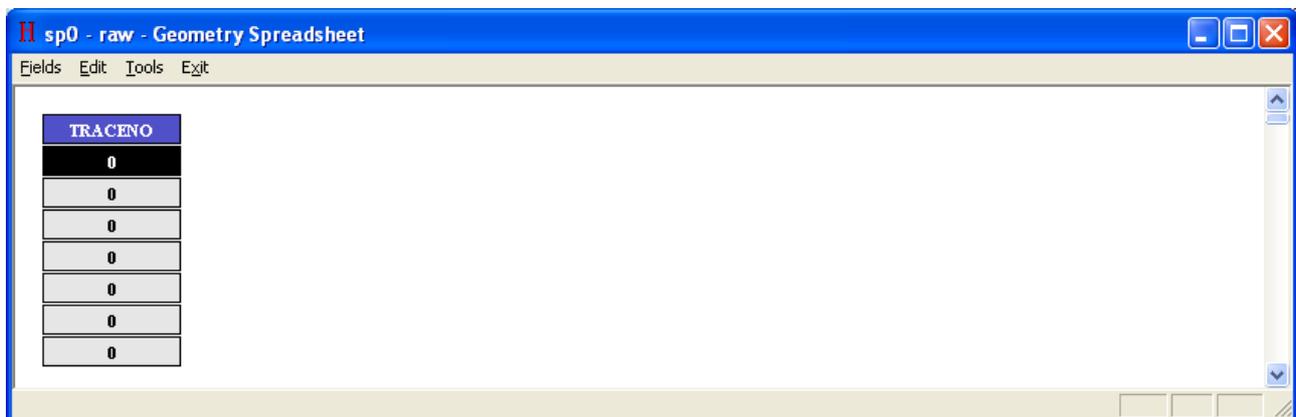
Для манипуляций с полями заголовков сейсмических данных, в том числе, для импорта значений из текстовых таблиц, в пакете RadExPro используется средство *Geometry Spreadsheet*. Выберите пункт меню **Database/Geometry Spreadsheet**.



Затем выберите набор данных, геометрию которых нужно редактировать.



На следующем рисунке приведен внешний вид окна Geometry Spreadsheet.

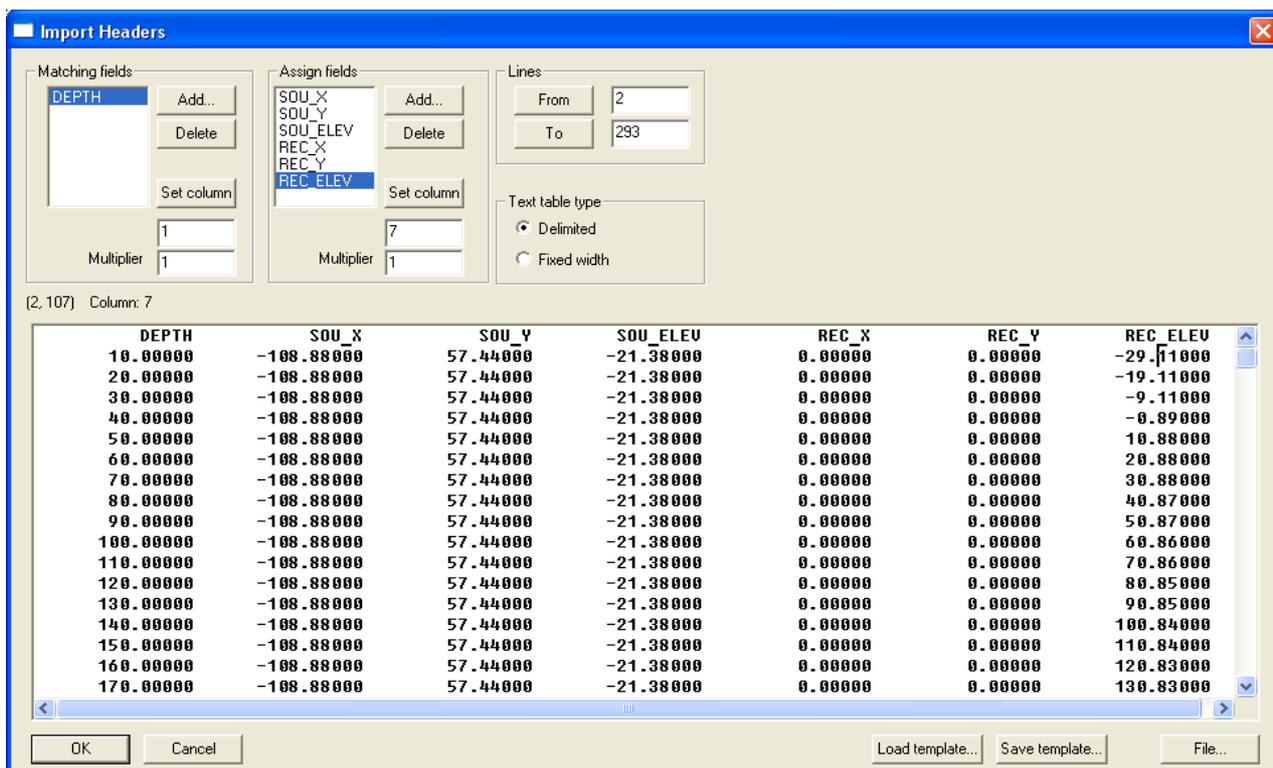


Для того чтобы отобразить требуемые поля заголовков (все объявленные в базе данных поля заголовков уже существуют, но не отображаются) воспользуйтесь опцией меню **Fields / Add fields**. В открывшемся диалоговом окне, удерживая нажатой кнопку Ctrl, выберите следующие поля заголовков: DEPTH (кабельная глубина), SOU_X (X-координата источника), SOU_Y (Y-координата источника), SOU_ELEV (абсолютная глубина источника), REC_X (X-координата приемника), REC_Y (Y-координата приемника), REC_ELEV (абсолютная глубина приемника), CHAN (номер канала).

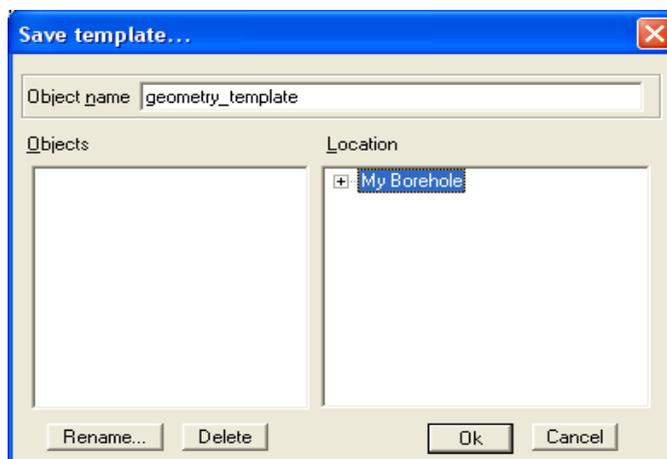
В результате окно редактора заголовков должно выглядеть так:

DEPTH	SOU_X	SOU_Y	SOU_ELEV	REC_X	REC_Y	REC_ELEV	CHAN
10.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1
20.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1
30.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1
40.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1
50.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1
60.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1
70.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1
80.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1

Для импорта значений заголовков из текстового файла выберите пункт меню **Tools/Import**. Откроется диалог настройки параметров импорта. В нем будет необходимо открыть файл sou_geom.txt и описать правила заполнения полей заголовков. Для этого нужно добавить в список **Matching fields** поле SOURCE (нажав на соответствующую кнопку **Add** и выбрав его из списка), в поле **Assign Fields** - поле SOU_X. Затем нужно будет указать из каких колонок текстового файла читать указанные поля в текстовых строках под кнопками **Set column**. (Кстати, если установить курсор в соответствующую колонку и кликнуть на **Set column**, то номер колонки будет туда занесен автоматически). Наконец, следует указать диапазон строк, из которых программа будет получать значения в группе параметров **Lines: From, To**. Пример правильного заполнения приведен на рисунке.



При импорте значений полей заголовка из текстового файла программа работает следующим образом. Для каждой строки текстового файла из указанных колонок считываются все поля, по которым будет определяться трасса (**matching fields**), а также поля, которые будут изменены (**assign fields**). В указанном наборе сейсмических данных определяются все трассы, у которых значения полей заголовков, перечисленных в **Matching fields** *точно* совпадают со значениями из прочитанной строки. Затем, у этих трасс в поля изменяемых заголовков **Assign fields** заносятся значения из прочитанной строки. Перед тем, как импортировать геометрию, нажмите **Save template...** в нижнем правом углу окна. В появившемся окне в поле **Location** выделите **My Borehole** введите имя (**geometry_template**) в поле **Object name**. После этого все значения заголовков будут сохранены в базе данных в виде темплейта.



После сохранения темплейта нажмите Ok в окне **Import Headers**. В окне **sp0_raw-Geometry Spreadsheet** дважды щелкните на поле DEPTH. При этом глубины отсортируются по возрастанию. Как можно теперь видеть, каждое значение глубины повторяется 3 раза, для каждого из каналов.

DEPTH	SOU_X	SOU_Y	SOU_ELEV	REC_X	REC_Y	REC_ELEV	FFID	CHAN
10.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-29.11000	152	1
10.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-29.11000	152	2
10.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-29.11000	152	3
20.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-19.11000	151	1
20.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-19.11000	151	2
20.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-19.11000	151	3
30.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-9.11000	152	1
30.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-9.11000	152	2
30.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-9.11000	152	3
40.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-0.89000	151	1

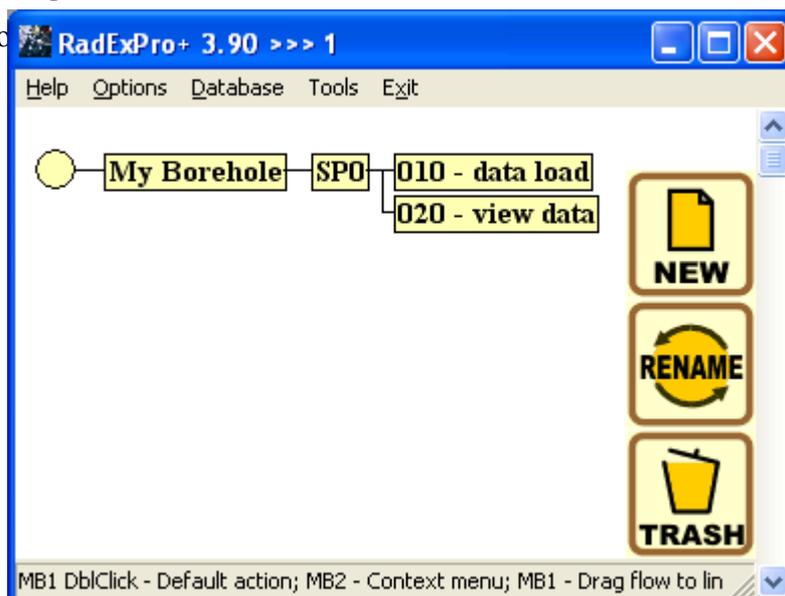
Для того, чтобы сохранить изменения в базе данных можно воспользоваться опцией меню **Edit/Save changes** или нажать **Yes** на предложение сохранить изменения при выходе из **Geometry Spreadsheet**.



Визуализация данных (020 — view data)

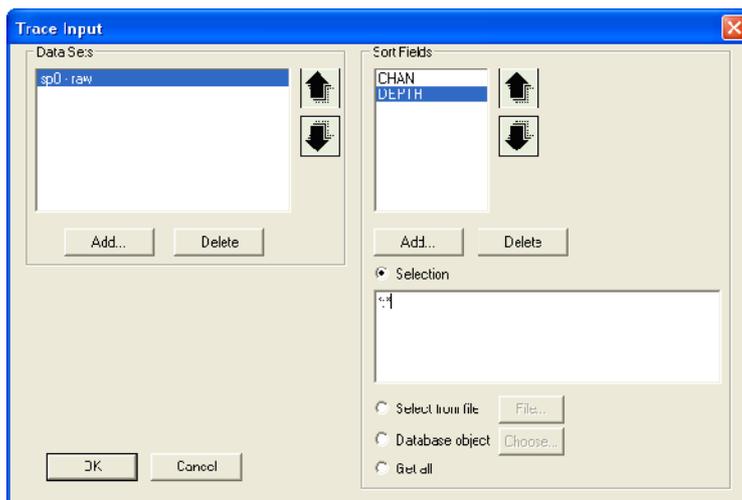
Создайте в дереве проекта новый поток **020 – view data**.

Данный поток со



Trace Input

В диалоговом окне настройки параметров модуля выберите набор данных под названием **sp0-raw**. В поле сортировки **Sort Fields** задайте заголовки **CHAN** и **DEPTH** — данные будут сортироваться на входе в поток по номеру канала, а внутри одного канала — по глубине. В поле **Selection** задайте диапазон выбора: впишите ***:*** (эти символы означают чтение всего диапазона данных по обоим заголовкам)



Замечание

Исходные данные ВСП могут состоять из компонент (X,Y,Z), показаний контрольных приборов, записей служебных каналов. Вся эта информация может храниться в заголовках (CHAN, COMP...). Компоненты X, Y, Z из общего набора информации можно выделить при помощи сортировки.

Но встречаются ситуации, когда это не так, и для выделения компонент X,Y,Z необходимо пользоваться модулем математических операций со значениями заголовков — **Trace Header Math**. Операции задаются в виде уравнений (подробнее модуль описан в Руководстве пользователя RadExPro Plus 3.90).

Пусть мы имеем дело с ситуацией, когда номера каналов с 1го по 3й содержат показания контрольных приборов, а остальные каналы содержат информацию о X,Y,Z компонентах. В таком случае сконструируем следующее выражение, позволяющее заполнить поля нового заголовка **comp** (если оно не было заполнено ранее) компонентами Z,Y,Z.

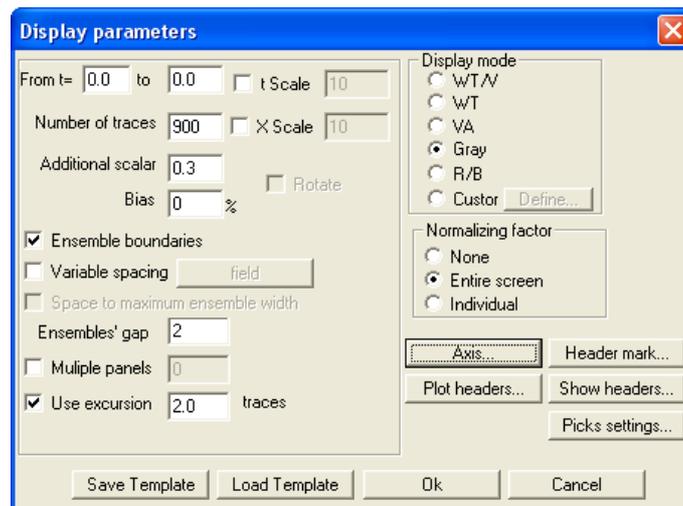
$$comp = cond([chan] > 3, fmod([chan]-(3+1),3)+1, -1)$$

В данном случае мы использовали функцию $cond(c, x, y)$ — если условие c истинно, она возвращает x , в противном случае — y , и функцию $fmod(x, y)$ — возвращает остаток от деления x на y . Таким образом, теперь компоненте X будет соответствовать значение поля заголовка COMP=1, Y: COMP=2, Z: COMP=3. После этих преобразований, последующие потоки и модули, работающие с компонентами X,Y,Z будут использовать сортировку по полю COMP)

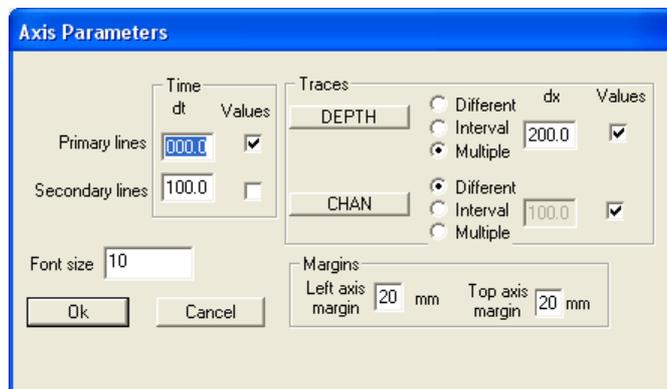
В данном случае мы имеем дело с упрощенным примером, в котором первый канал (CHAN=1) соответствует компоненте X, второй — компоненте Y, третий — компоненте Z, поэтому в дальнейшем мы будем сортировать данные по этому заголовку.

Screen Display

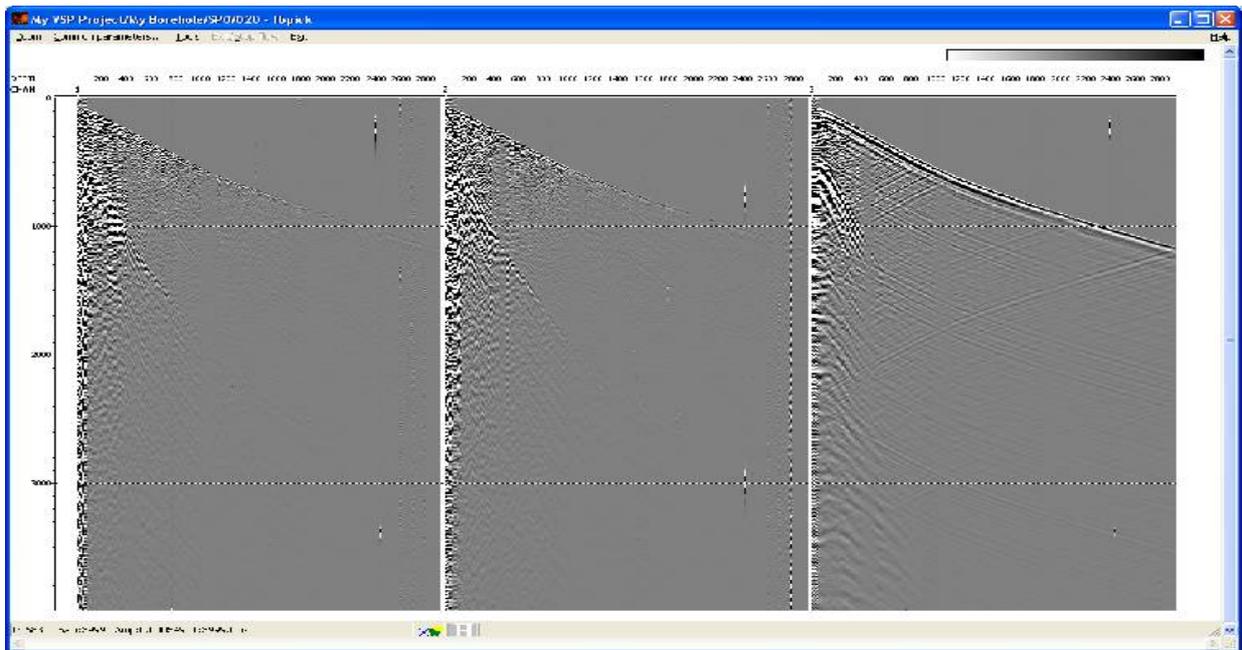
Параметры визуализации указаны ниже



Нажмите кнопку **Axis** для настройки параметров осей.

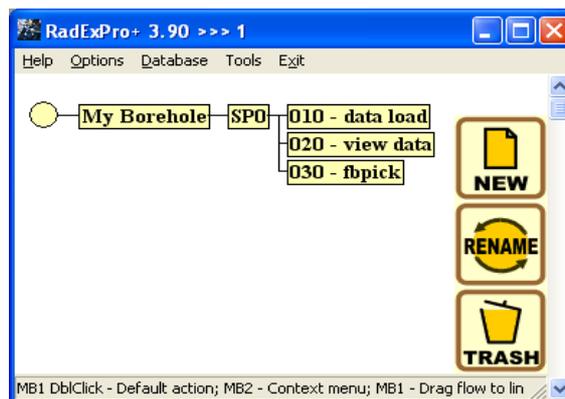


Для выполнения потока выберите команду меню **Run**. Результат должен выглядеть следующим образом.



Мы видим данные, отсортированные по каналам (компонентам).

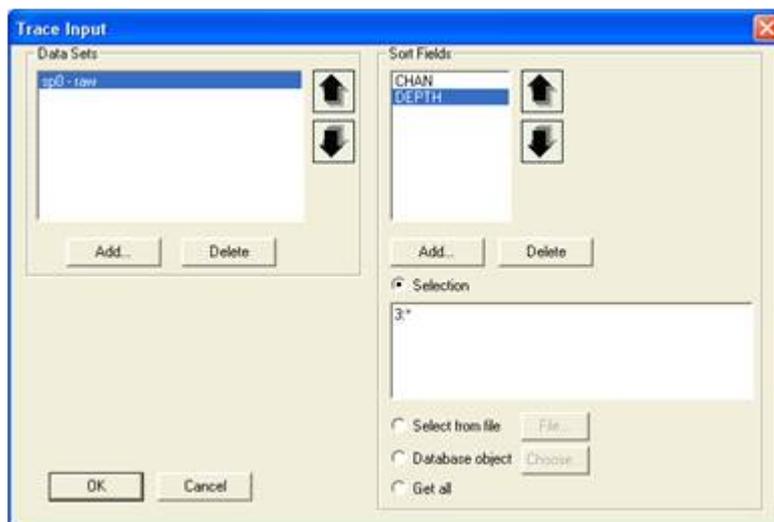
Прослеживание первых вступлений P-волн (030 — fbpick)



Создайте новый поток 030-fbpick состоящий из следующих процедур:

```
Trace Input <- sp0 - raw
Resample
Trace Length
Screen Display
```

Выберите параметры модуля **Trace Input** как указано ниже. Как и в предыдущем потоке, выберите сортировку по номеру канала и глубине — CHAN:DEPTH. В данном потоке будет рассматриваться только Z-компонента. Для этого ограничим диапазон выбора только третьим каналом — в области **Selection** поставьте сортировку 3.*.

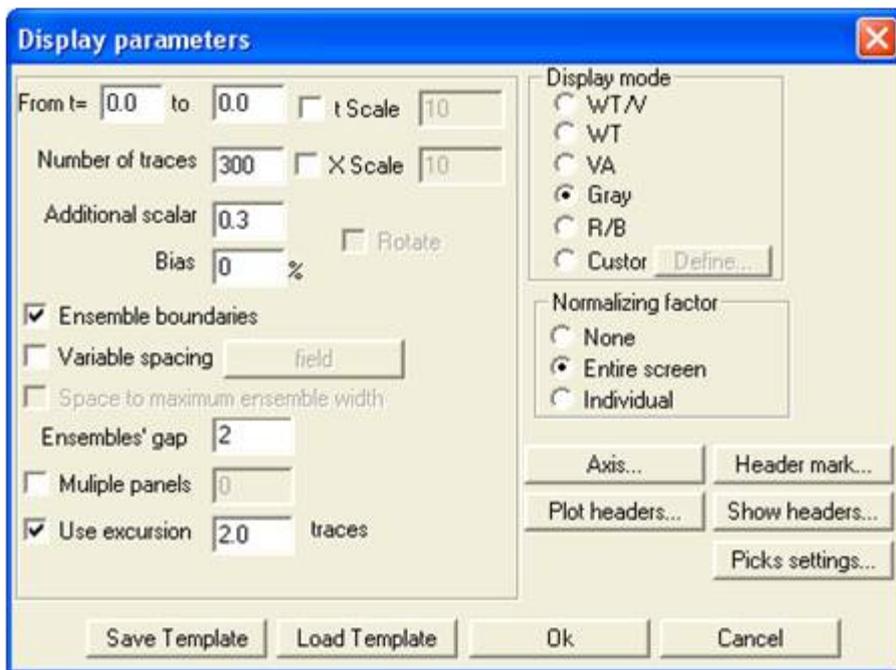


Для увеличения точности определения времен первых вступлений рекомендуется предварительно передискретизировать данные на значительно меньший интервал дискретизации. Для этого воспользуемся модулем *Resample*. В окне параметров модуля в поле **New sample rate** введите значение нового шага дискретизации — 0.1.

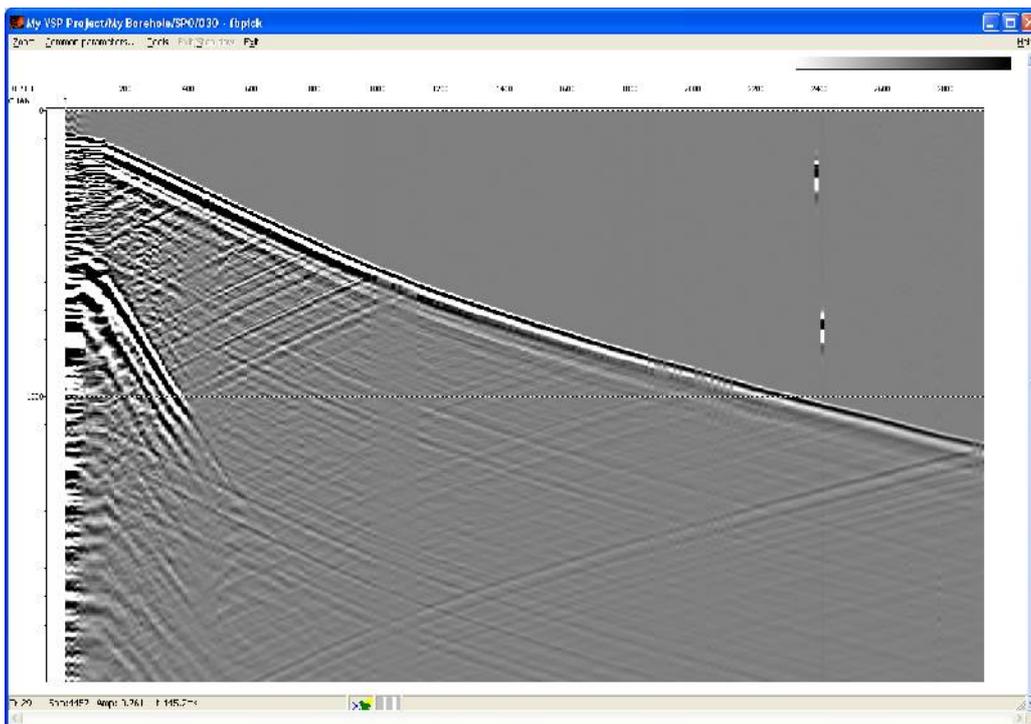
Поскольку на данном этапе нас интересуют только времена первых вступлений, для увеличения скорости выполнения потока мы ограничим длину записи временем 2000 мс. Для этого воспользуйтесь модулем **Trace Length**,

задав соответствующее значение в поле **New trace length**.

Поток завершает модуль **Screen Display**, в окне которого мы будем в интерактивном режиме прослеживать первые вступления. Задайте параметры модуля как показано на рисунке



Нажмите Run, результат выполнения потока риведен ниже:



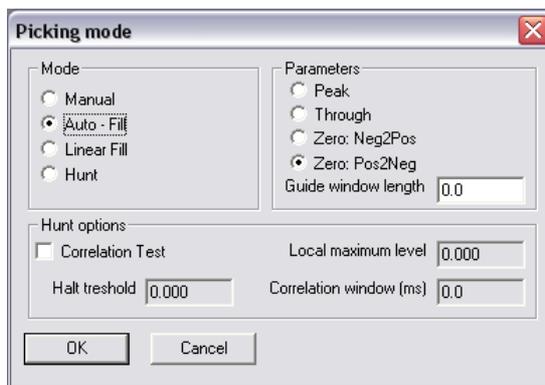
Для пикировки первых вступлений настройте масштаб изображения при помощи пункта меню **Zoom**.

Перед тем как создать новую пикировку, необходимо задать поля заголовков, по которым пикировка будет привязываться к трассам. Пикировка в RadExPro привязывается к трассам по 2-м заголовком, т.к. как правило два заголовка позволяют

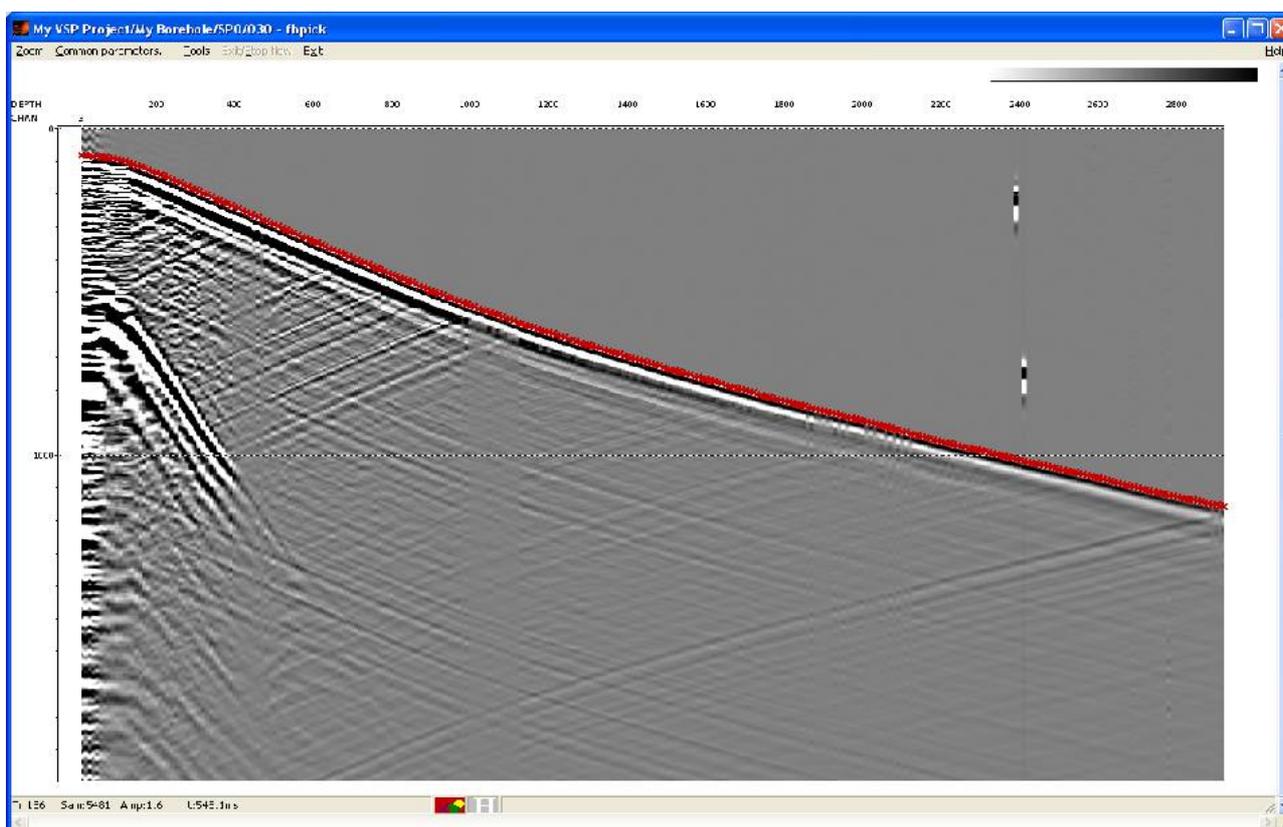
однозначно идентифицировать трассу (например, в ВСП: номер канала — кабельная глубина, или в сейморазведке МОВ ОГТ: номер точки ОГТ — вынос). Однако, в данном случае мы хотим создать пикировку, которая будет привязана только к кабельной глубине, чтобы ее можно было использовать для всех компонент.

Для задания полей заголовков пикировки воспользуйтесь пунктом меню /Tools/Pick/Pick headers. В открывшемся окне **Pick headers** как в левом, так и в правом полях выберите заголовки DEPTH, содержащие значения кабельной глубины.

Пункт меню **Pick/New pick** позволяет создать новую пикировку. Для того, чтобы выбрать параметры пикировки, выберите пункт меню **Pick/Picking mode**. Мы будем пикировать первый переход через ноль (с + на -) в режиме автопрослеживания фазы между точками — для этого установите следующие параметры пикировки (подробнее о параметрах и работе с пикировками можно прочитать в Руководстве пользователя RadExPro Plus 3.90):



Пропикируйте первые вступления, как показано ниже:

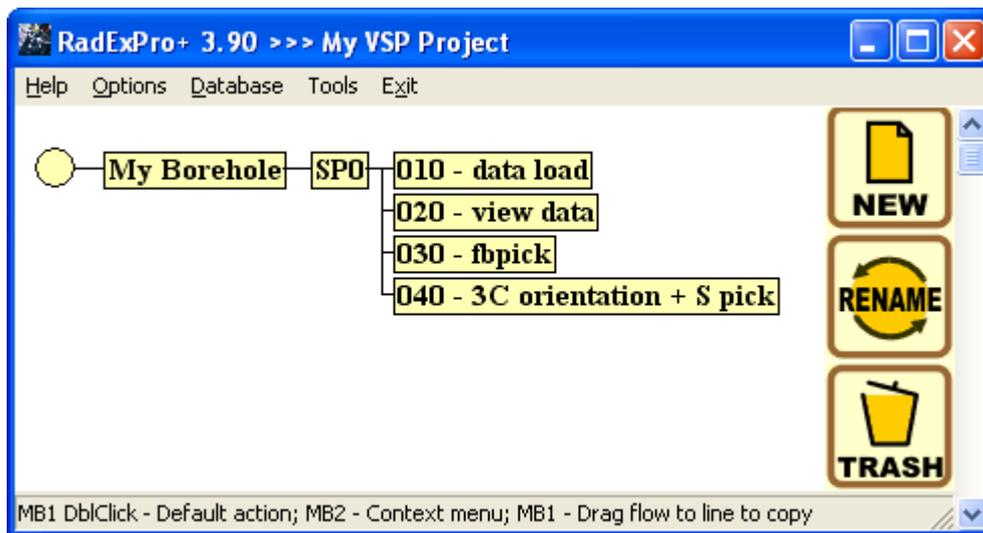


Используйте пункт меню **Tools/Pick/Save as** для сохранения пикировки под именем **fbpick** на втором уровне (уровне SP0) базы данных.

Ориентировка на пункт возбуждения и определение первых вступлений S-волны (040 — 3C orientation+S pick)

Для более точного определения первых вступлений P- и S- волн удобно использовать пересчет сейсмограмм ПМ-ВСП в систему PRT путем ориентировки P-компоненты на максимум энергии в окне. В такой ориентированной системе P-компонента оказывается ориентированной на источник, таким образом на ней концентрируется максимум энергии P-волн. Перпендикулярная R-компонента содержит максимум энергии S-волн, поэтому по этой компоненте, как правило, удобно пикировать падающие и отраженные S-волны. T-компонента содержит энергию шумов и незначительное количество остаточной энергии полезных волн.

Для пересчета сейсмограммы ВСП в систему PRT и последующего определения времен вступления S-волны создайте поток **3C Orientation+S pick**.



Поток будет состоять из следующих процедур:

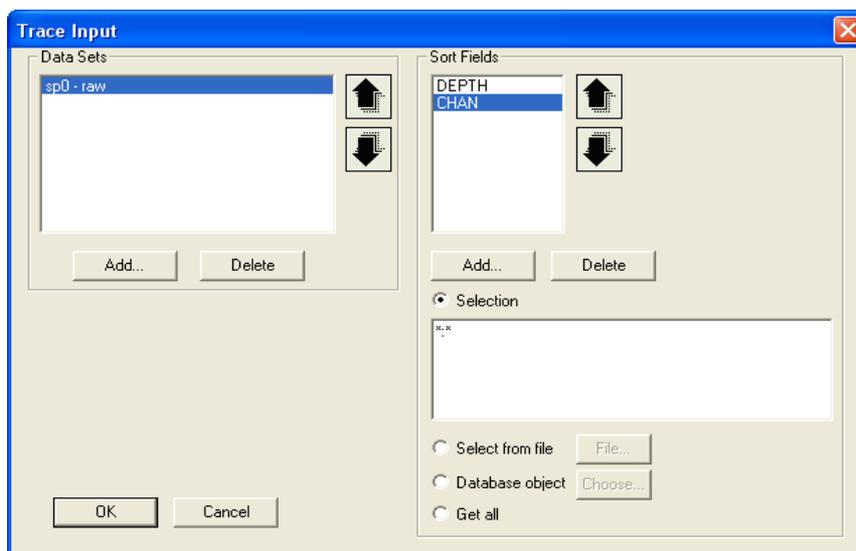
```
Trace Input <- sp0 - raw
SSAA
3C Orientation
Trace Output -> sp0 - PRT
Data Filter
Screen Display
```

Основной модуль потока **3C Orientation** позволяет произвести пересчет сейсмограмм ПМ-ВСП в систему PRT путем ориентировки Р-компоненты на максимум энергии в окне, содержащем падающую Р-волну..

Для того, чтобы произвести пересчет в PRT -систему, модуль получает трассы последовательно от компонент X, Y и Z, соответствующие одинаковым глубинам. Длина окна, в котором рассчитывается энергия, указывается пользователем в диалоге параметров модуля. Начало окна для каждой трассы располагается на времени первого вступления Р-волны для текущей глубине. Это время для каждой трассы должно быть записано в ее поле заголовка FBPICK.

Перед процедурой ориентировки в PRT -систему в потоке должны стоять модули **Trace Input** (для ввода данных в поток в нужной сортировке) и SSAA (для перевода пикировки первых вступлений в поле заголовка FBPICK). После пересчета, сейсмотрассы выписываются в новый набор данных и результат отображается на экране.

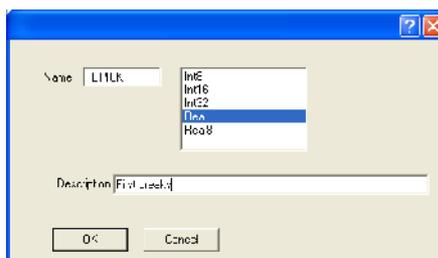
В диалоге настройки параметров модуля **Trace Input** выберите набор данных **sp0-raw** и сортировку DEPTH:CHAN как показано на рисунке.



Замечание

Перед ориентировкой в PRT-систему необходимо убедиться в существовании в списке поля заголовка **FBPICK**, и если его нет, то создать его. _

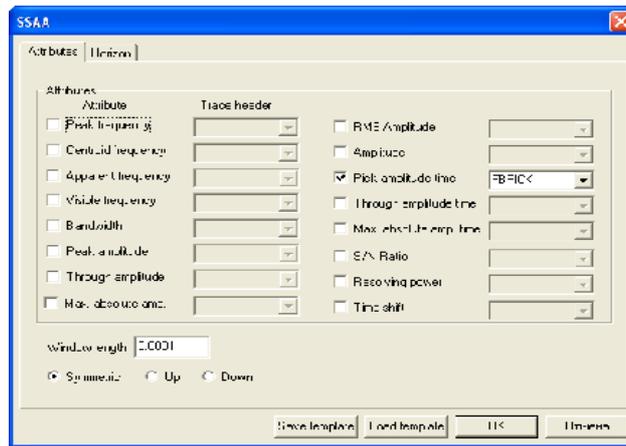
Создание поля заголовка FBPICK В окне с деревом потоков откройте закладку **Database** и пункт **Edit header fields...** После этого нажмите на клавиатуре кнопку Insert и введите в открывшееся окно параметры как показано на рисунке.



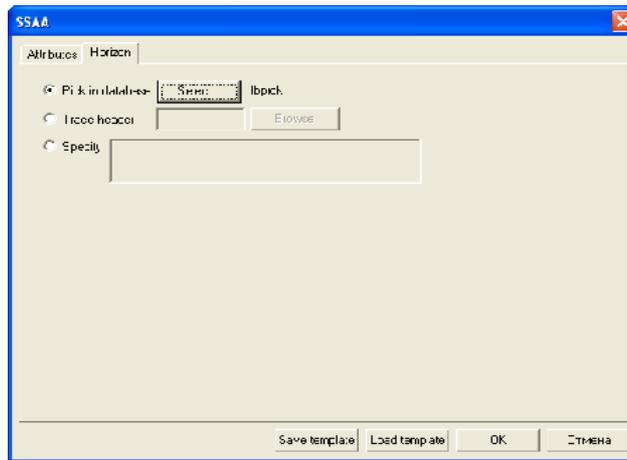
После этого в таблице заголовков появится соответствующий заголовок **FBPICK**

Модуль SSAA предназначен для расчета сейсмических атрибутов в пределах окна заданного размера вдоль заданного горизонта. Рассчитанные атрибуты записываются в заголовки сейсмических трасс. В нашем случае, мы используем модуль для записи времен пикировки fbpick в поле заголовка FBPICK для каждой трассы в потоке. Для этого выберите атрибут **Pick amplitude time**, который будет вычислен и сохранен в поле заголовков **FBPICK**. Выберите достаточно маленькую ширину окна (0.0001 мс), в которое попадет только пикировка первых вступлений.

Первая вкладка диалогового окна параметров модуля **Attributes** должна выглядеть так:



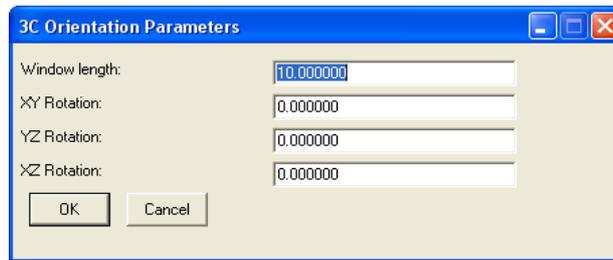
Во второй вкладке **Horizon** выберите горизонт **fbpick** как показано на рисунке:



В диалоге настройки параметров модуля **3C Orientation** укажите значение **Window length** равным 10 мс. Это размер окна, которое отсчитывается вниз от первых вступлений, и внутри которого будет измеряться энергия. Ширина окна (отступ от первых вступлений в мс) должна соответствовать длине импульса первого вступления Р-волны. Слишком маленькое окно приведет к неустойчивой работе процедуры. В слишком большое окно, кроме прямой продольной волны, попадут еще отраженные от соседних границ, преломившиеся на них с обменом и другие волны.

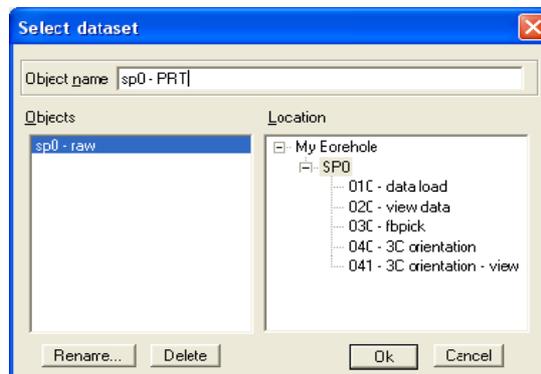
Остальные параметры данного модуля (XY Rotation, YZ Rotation, ZX Rotation) изменять в данном случае не надо. Эти параметры, заданные в градусах, позволяют дополнительно поворачивать систему координат в соответствующих направлениях.

Диалоговое окно настройки параметров модуля должно выглядеть следующим образом.

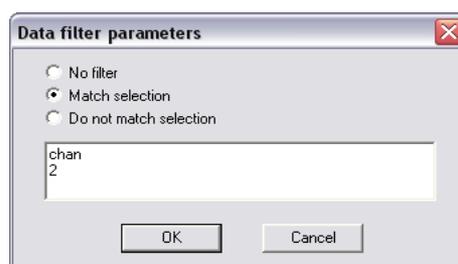


В результате выполнения процедуры, трассы с значениями CHAN=3 будут содержать P-компоненту, трассы с значениями CHAN=2 будут содержать R-компоненту, трассы с значениями CHAN=1 будут содержать T-компоненту.

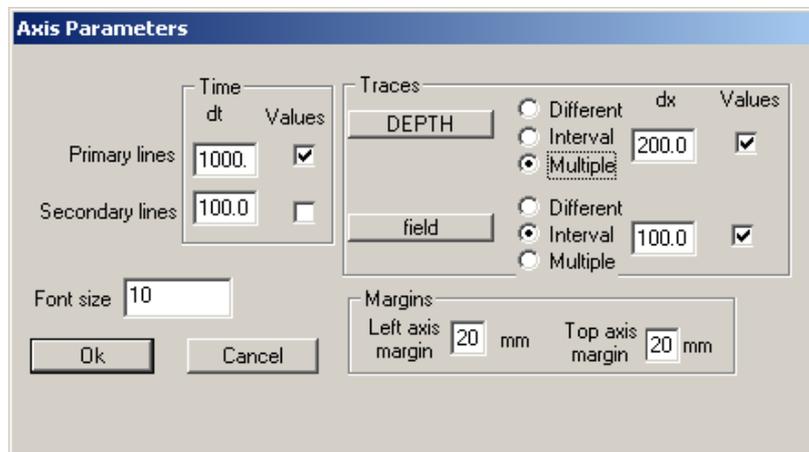
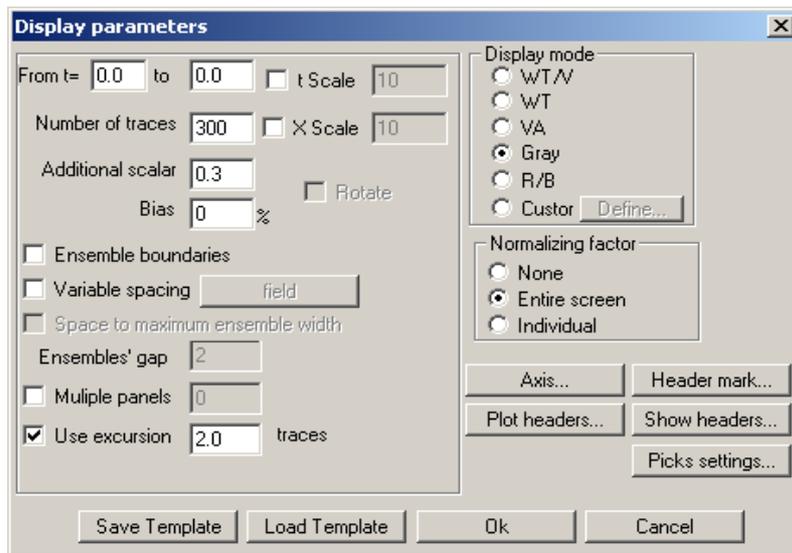
Следующей процедурой в потоке выберите **Trace Output** для сохранения результатов ориентировки в базу данных на уровне SP0 с именем sp0-PRT, как показано на рисунке.



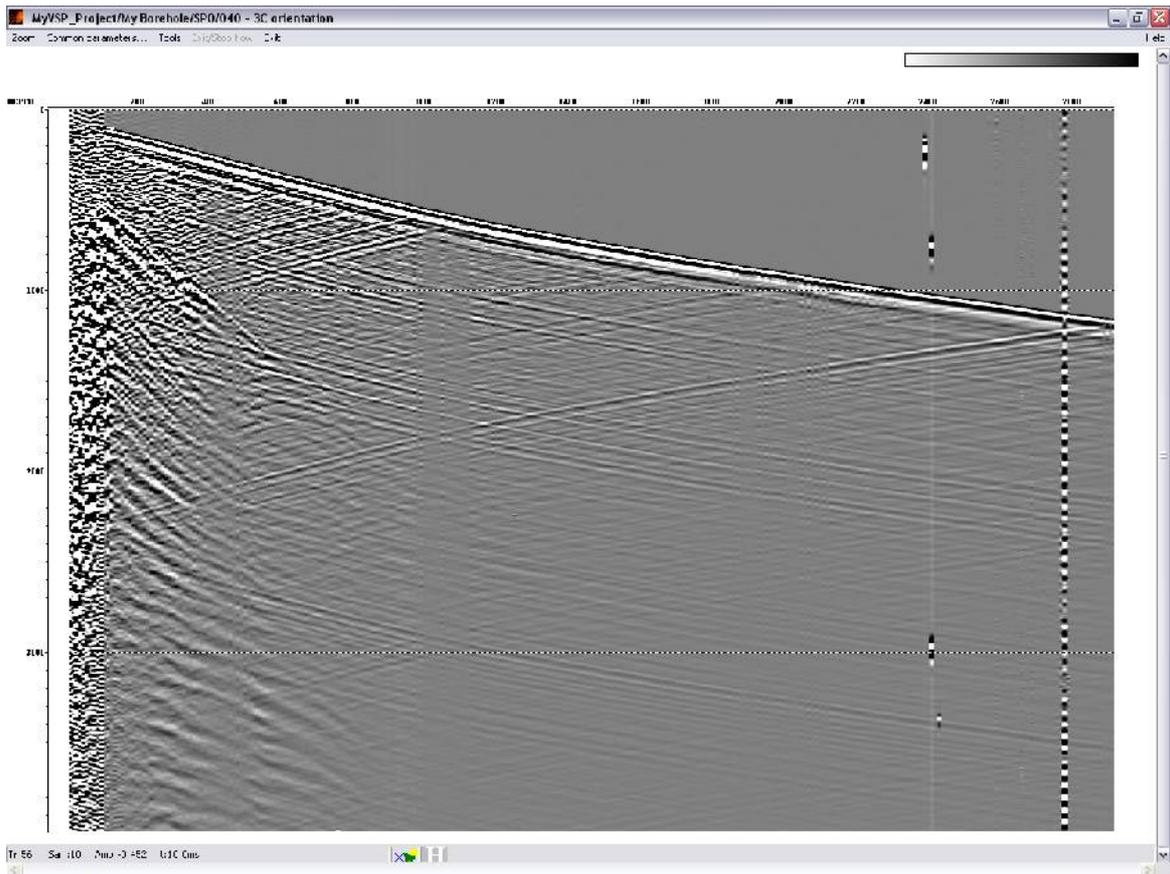
Остальные процедуры потока обеспечивают отображение результатов на экране. Модуль **Data Filter** позволяет выделять нужные трассы, исходя из значений в полях заголовка. В нашем случае необходимо отобразить данные для каждой компоненты отдельно. На рисунке показаны параметры модуля, позволяющие выделить из данных R-компоненту.



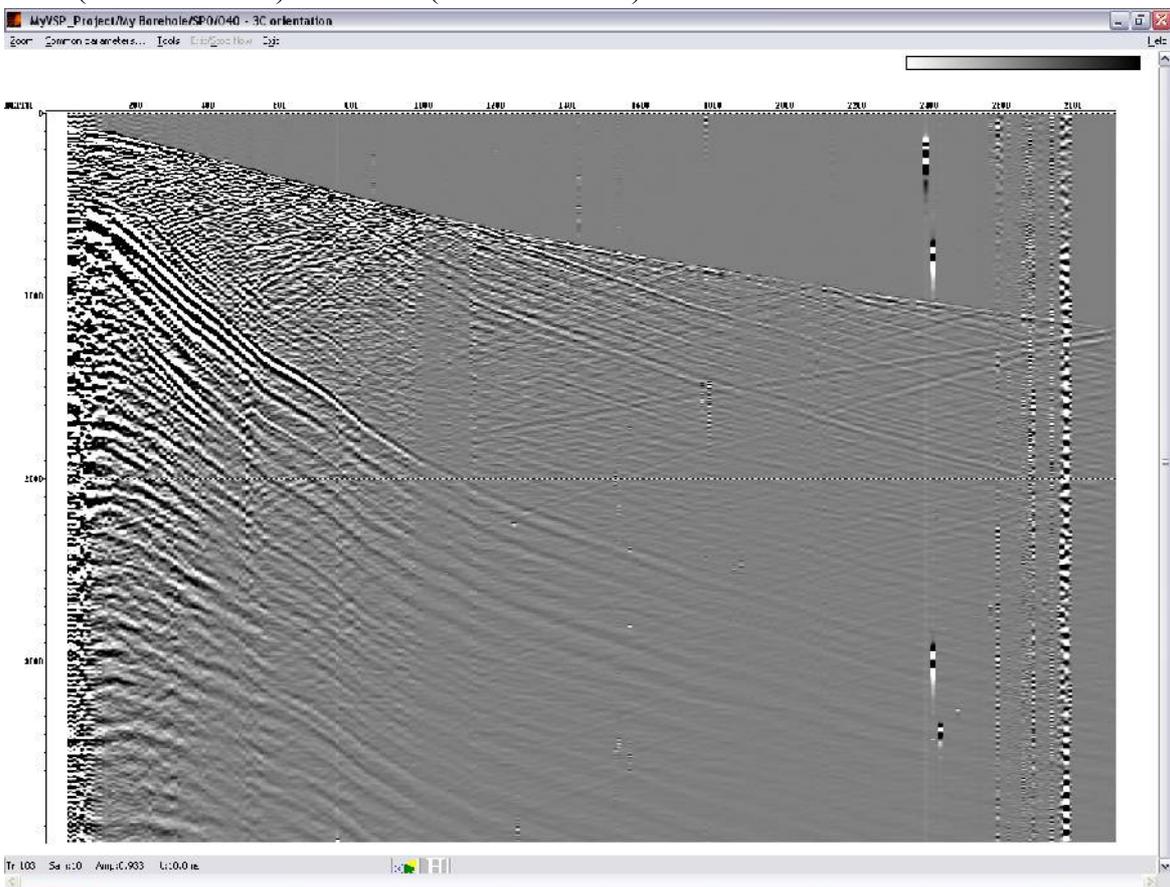
Завершающей процедурой в потоке поставьте **Screen Display** для визуализации данных. Параметры окна показаны ниже.

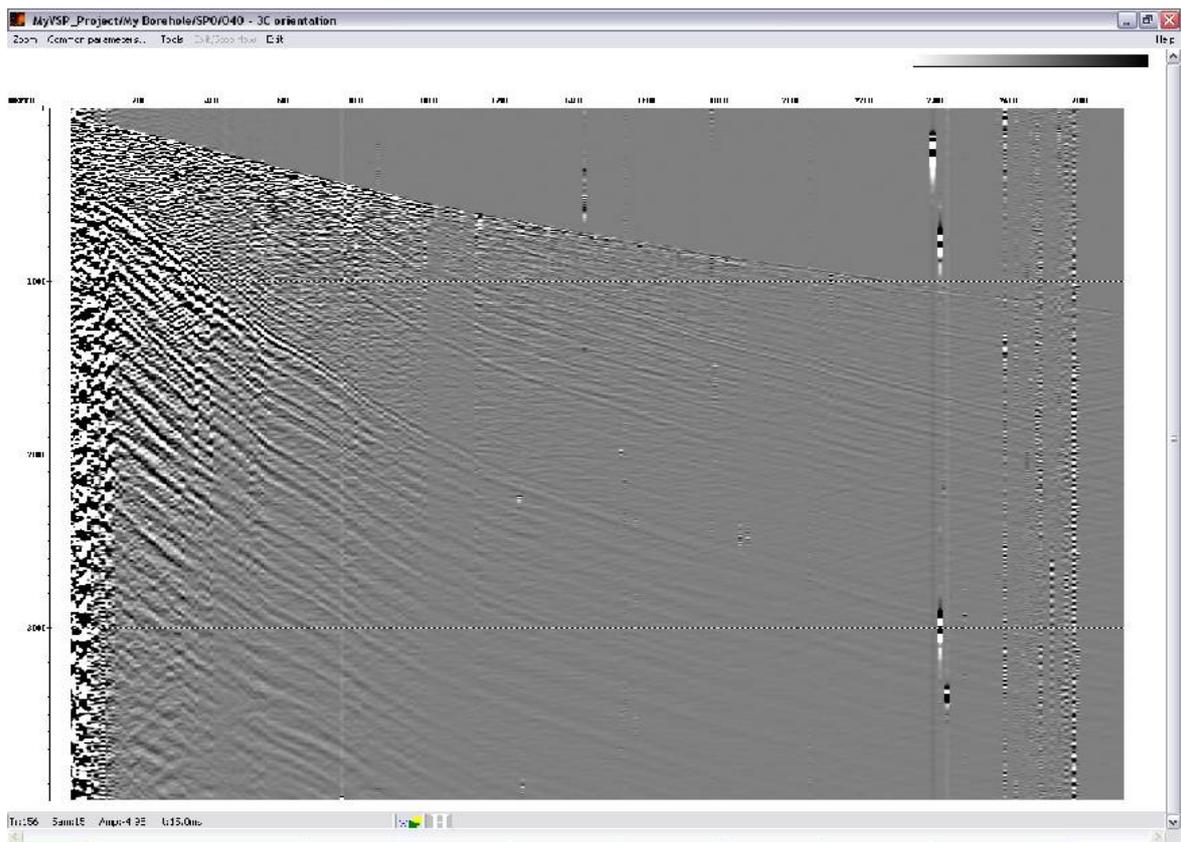


Меняя значения CHAN в модуле **Data Filter** получите соответствующие изображения Р, R и T компонент, как показано на рисунках.



CHAN=3 (P-компонента) CHAN=2 (R-компонента)

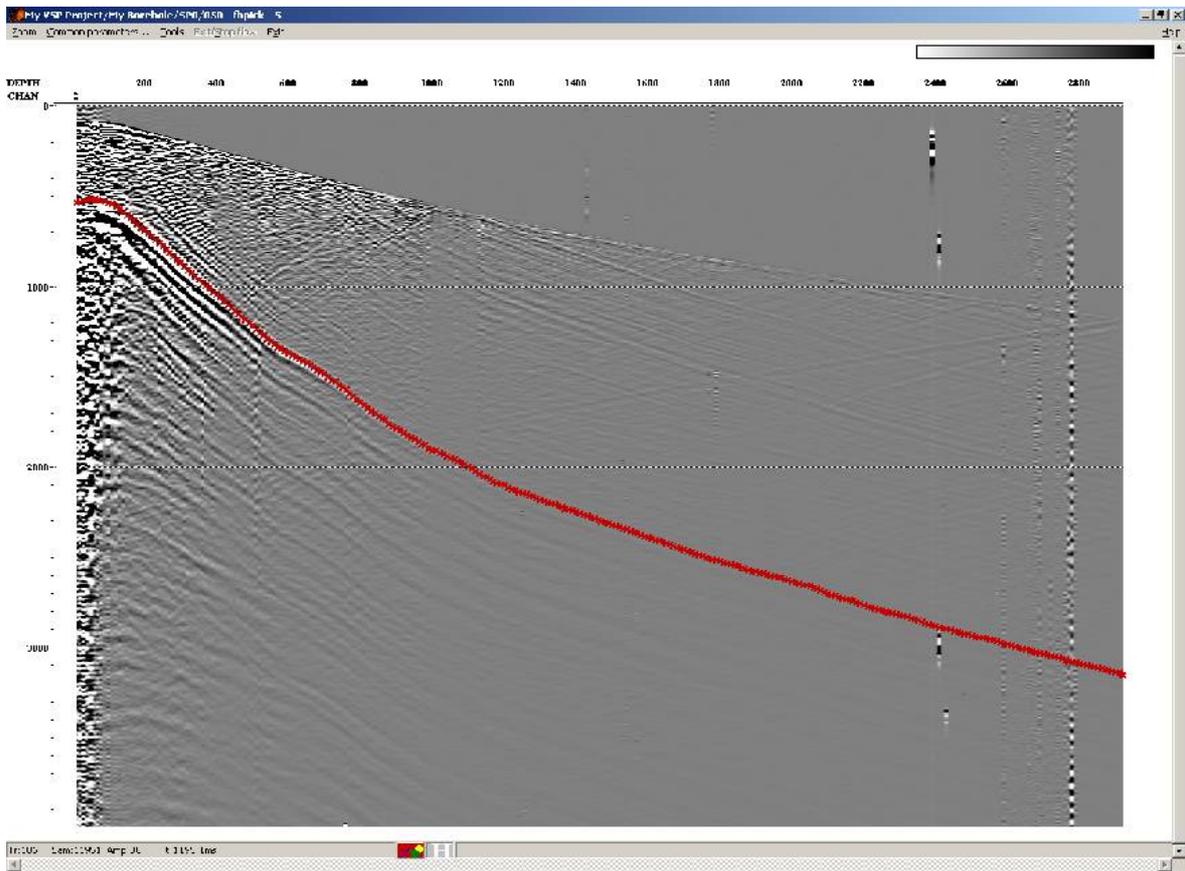




CHAN=1 (Т-компонента)

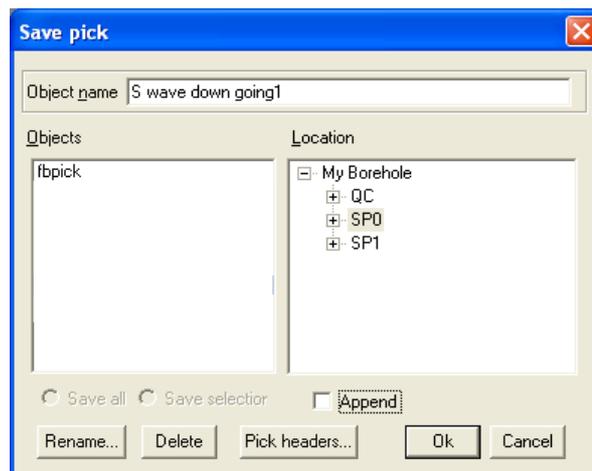
Используем результаты ориентации данных в PRT-систему для пикировки падающих и отраженных S-волн.

Для прослеживания первых вступлений S-волны, при помощи модуля *Data Filter* выделите только R-компоненту и отобразите ее на экране в окне *Screen Display*.

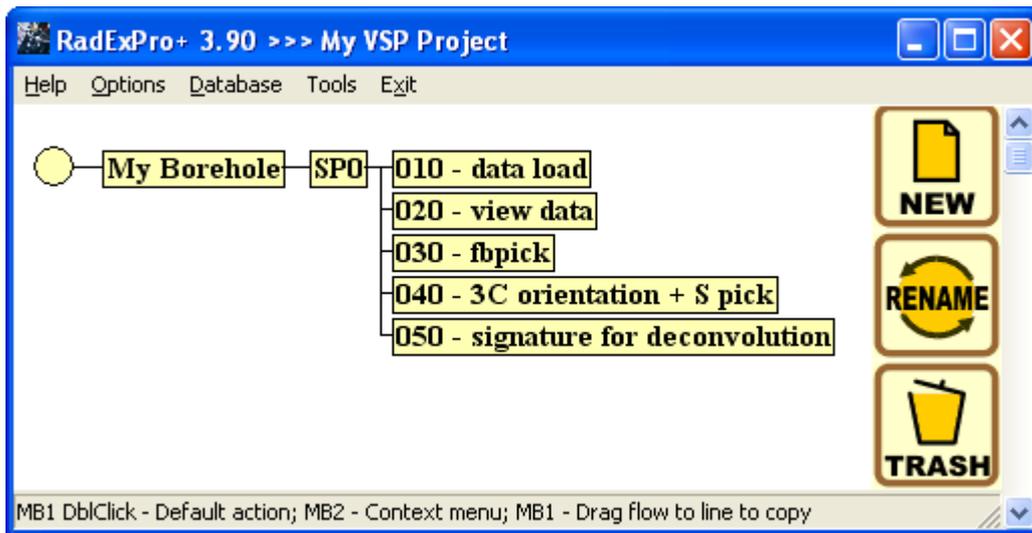


Пропикируйте падающую S-волну, используя команды меню Tools/Pick, по аналогии с пикировкой падающей P-волны, описанной выше. Результат показан на рисунке.

Убедитесь, что пикировка S-волны привязана к кабельным глубинам (так же, как и описанная выше пикировка падающей P-волны). После этого, сохраните пикировку под именем S wave down going1:



Определение импульса для детерминистической деконволюции по прямой волне (050 — signature for deconvolution)



Создайте поток **050 — signature for deconvolution**, состоящий из следующих модулей:

```
Trace Input <- sp0 - raw  
Amplitude Correction  
Apply Statics  
Amplitude Correction  
Ensemble Stack  
***Screen Display  
Trace Output -> sp0 - signature for deconvolution  
Screen Display
```

В этом потоке мы получим импульс, который затем будет использоваться в процедуре детерминистической деконволюции. Для того, чтобы получить такой импульс, необходимо провести ряд предварительных процедур: ввести в данные коррекцию за сферическое расхождение, сдвинуть первые вступления на одно время при помощи статических поправок, при необходимости выровнять амплитуды в окне для областей, где по тем или иным причинам резко изменялось усиление. После этого можно будет просуммировать все трассы потока синфазно, относительно прямой волны, и выписать результирующую трассу.

Сначала создадим поток, показанный ниже:

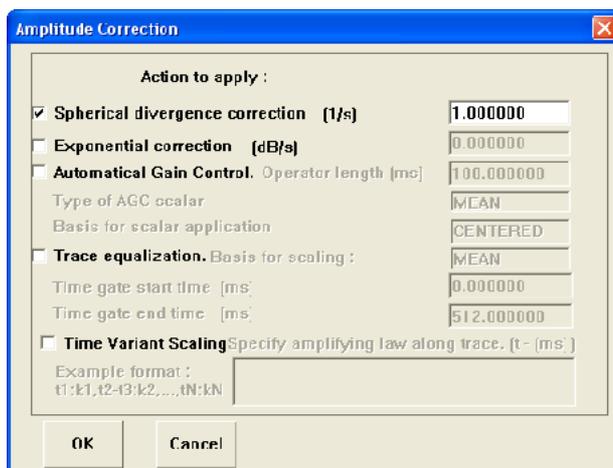
```
Trace Input <- sp0 - raw  
Amplitude Correction  
Apply Statics  
Amplitude Correction  
Screen Display
```

В диалоге параметров модуля **Trace Input** выберите сортировку **CHAN:DEPTH**. В поле

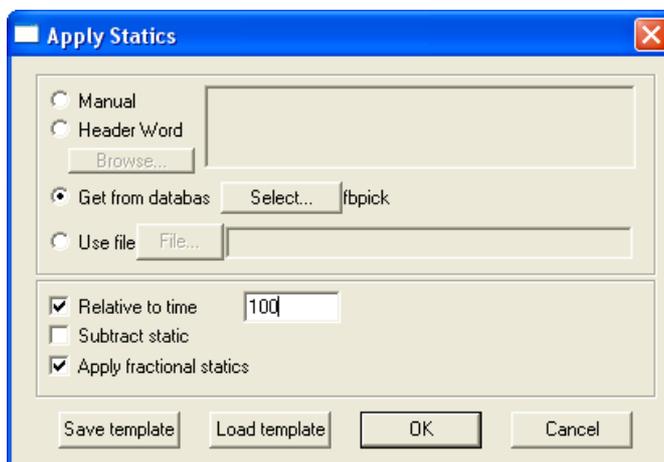
Selection укажите следующие диапазоны выбора: 3:400-50000. Число 3 означает, что рассматриваться будет только Z-компонента, записанная в трассах с CHAN=3. Диапазон выбора по глубине 400-50000 сделан для того, чтобы отбросить самые верхние зашумленные трассы, отвечающие кабельным глубинам до 400 м. Нижняя граница диапазона выбрана заведомо больше, чем максимальная кабельная глубина в скважине.



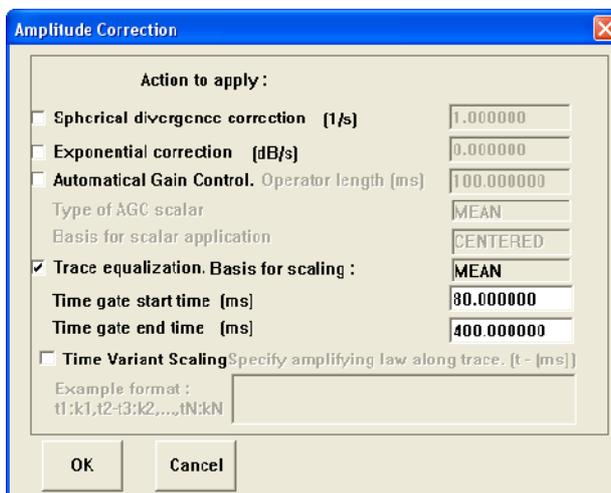
Модуль *Amplitude Correction* применяется здесь для коррекции за сферическое расхождение. В его диалоговом окне включите соответствующую опцию:



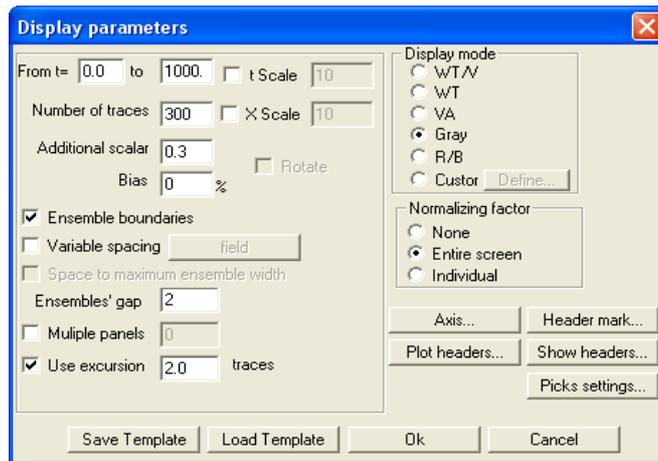
При помощи модуля *Apply Statics* введем в трассы статические сдвиги таким образом, чтобы прямая волна везде оказалась на одном и том же времени (в данном случае это 100 мс). Сдвиг, введенный в каждую трассу будет равен разнице между временем прихода Р-волны, определенным из пикировки fbpick и заданным постоянным временем (100 мс). Установите параметры модуля как показано на рисунке:



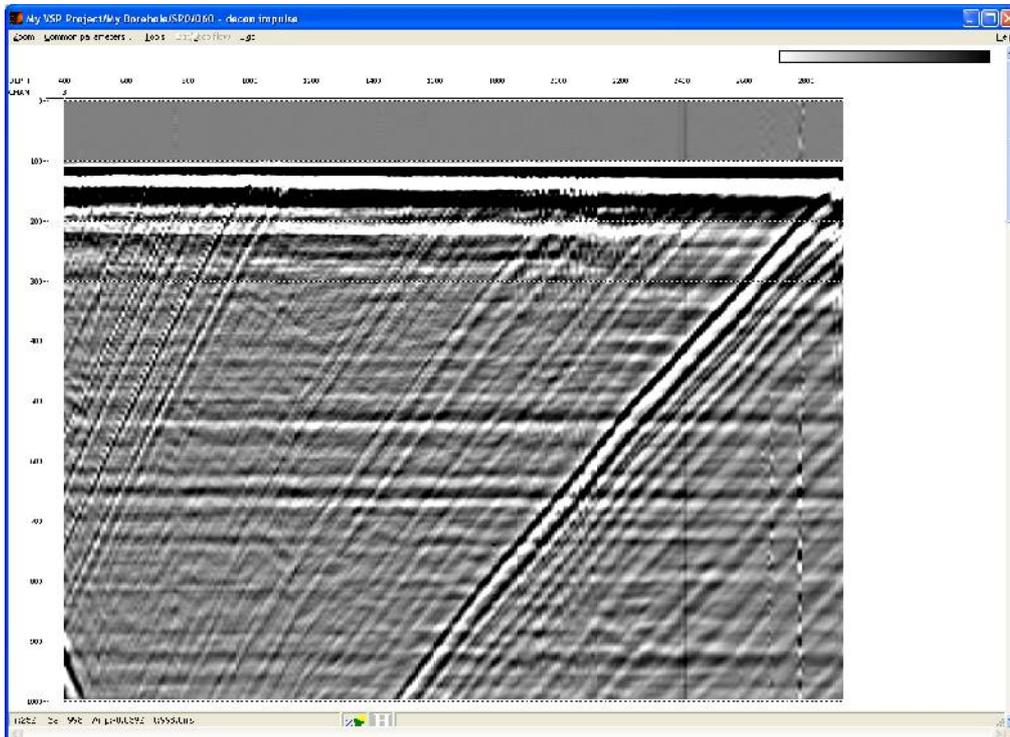
После сдвига трасс необходимо выровнять их амплитуды, т.к. в записи присутствуют интервалы с существенно более низким усилением. Для этого добавьте в поток еще один экземпляр модуля *Amplitude Correction* и используйте его опцию балансировки усиления трасс **Trace equalization** во временном окне 80-400 мс.



Посмотрите на результат применения процедур при помощи модуля *Screen Display* с параметрами как указано ниже.



Запустите поток, результат должен выглядеть следующим образом:



Теперь можно просуммировать трассы для получения сейсмического импульса. При таком суммировании прямая волна сложится синфазно, в то время как большая часть остальных волн и шумов подавятся.

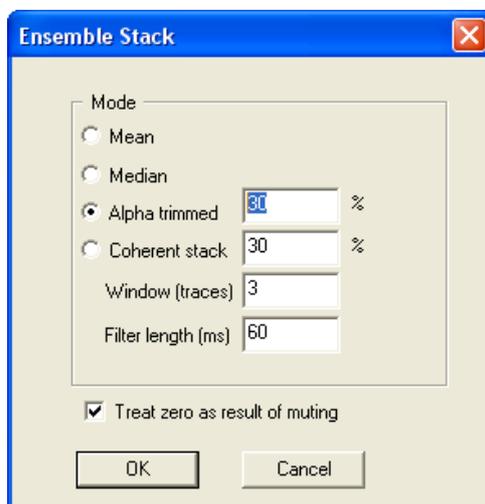
Закомментируйте модуль *Screen Display*.

Добавьте в поток модуль **Ensemble Stack**, предназначенный для суммирования трасс внутри ансамблей.

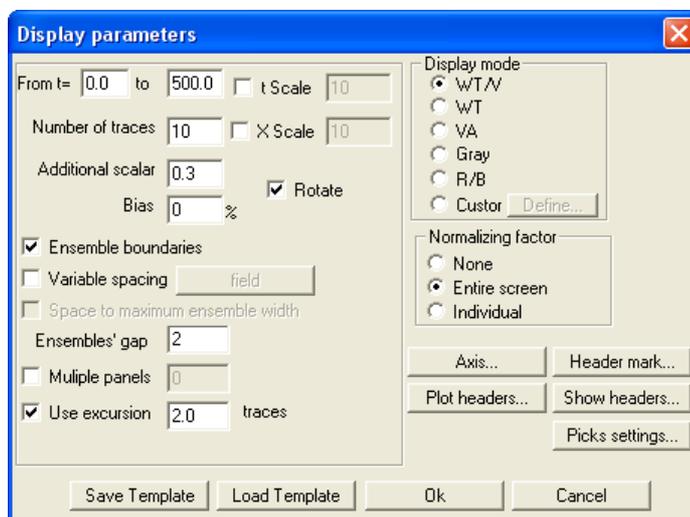
В RadExPro трассы объединяются в ансамбли по одинаковым значениям первого поля сортировки, указанного в модуле **Trace Input**. В нашем случае таким полем заголовка является CHAN. Поскольку у всех трасс потока значение этого заголовка одинаково (равно

3), в результате работы модуля просуммируются все трассы.

Выберите параметры модуля как показано ниже. Параметр **Alpha trimmed** позволяет перед суммированием удалить указанный процент минимальных и максимальных значений амплитуд, что позволяет избавиться от влияния на результат высокоамплитудных выбросов и ураганных шумов.

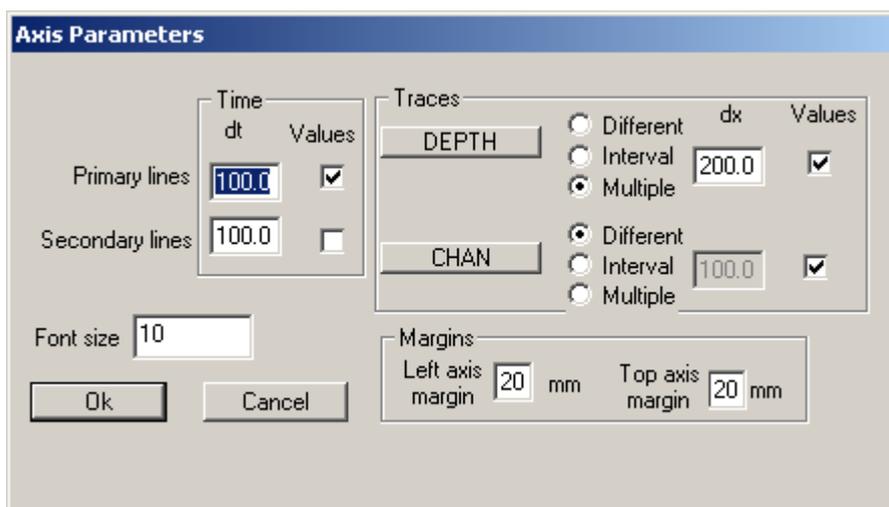


При помощи модуля **Trace Output** сохраните полученный набор данных в базу данных с именем **sp0-decon impulse**. Для визуализации результата используйте модуль **Screen Display** с параметрами как показано на рисунке.



Выберите отображения трасс комбинированным методом отклонений и переменной ширины (в поле **Display mode** выберите **WT/VA**). Опция **Rotate** позволяет отобразить трассу горизонтально.

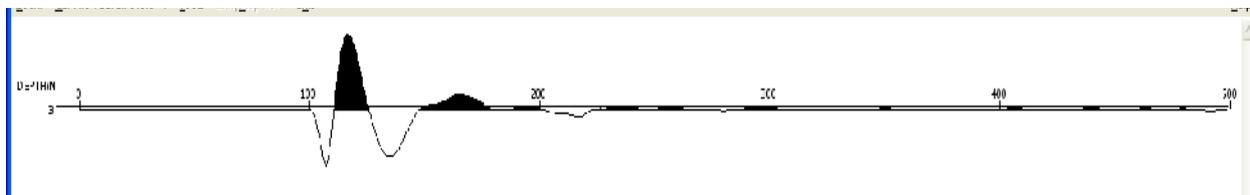
Нажмите кнопку **Axis** и настройте параметры осей:



Получившийся поток должен выглядеть следующим образом:

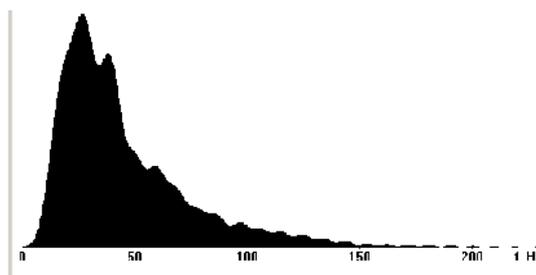
```
Trace Input <- sp0 - raw
Amplitude Correction
Apply Statics
Amplitude Correction
***Screen Display
Ensemble Stack
Trace Output -> sp0 - decon impulse
Screen Display
```

Запустите поток. Результат выполнения потока показан на рисунке



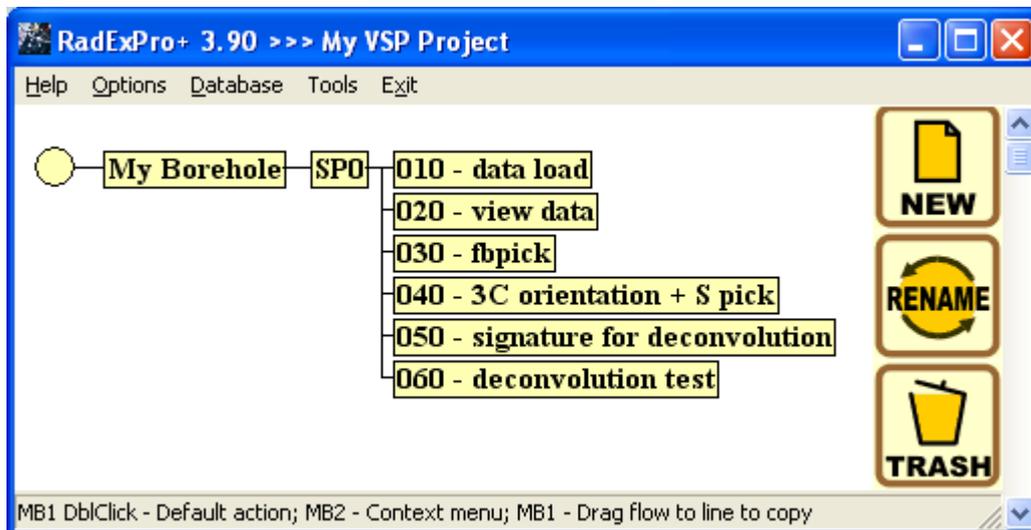
Из рисунка можно предположить, что длительность импульса составляет около 80 мс, начало импульса находится на 100 мс.

Для того, чтобы посмотреть амплитудный спектр полученного импульса, в параметрах окна визуализации выберите пункт меню **Tools -> Spectrum -> Average**. После этого с нажатием левой кнопки мыши можно выделять участок трассы (или сейсмограммы), спектр которого отобразится во всплывающем окне.



Тестирование параметров детерминистической деконволюции. (060 — deconvolution test.)

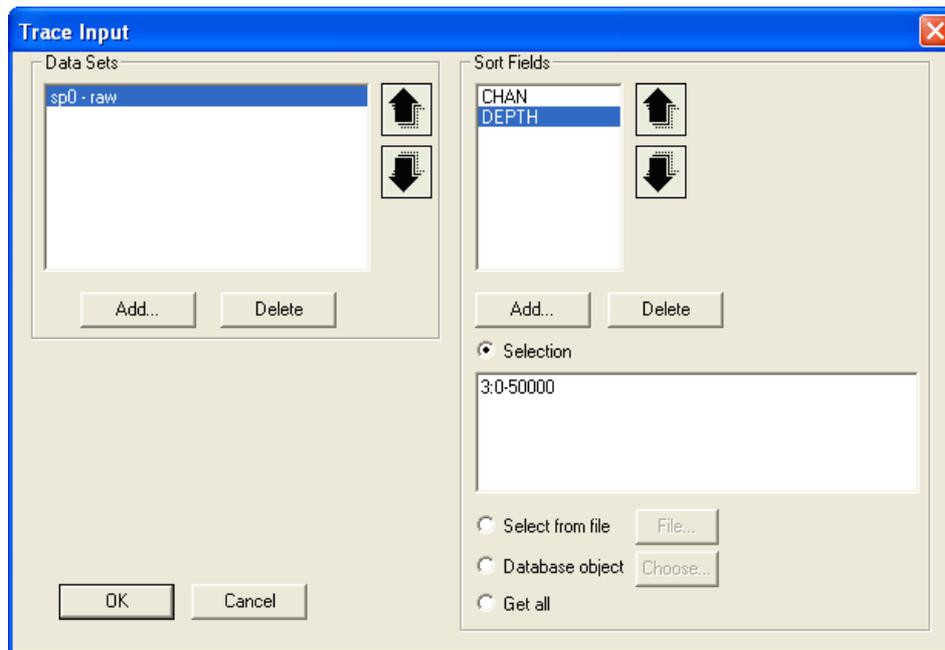
Создайте поток **060-deconvolution test**.



Этот поток будет состоять из следующих модулей

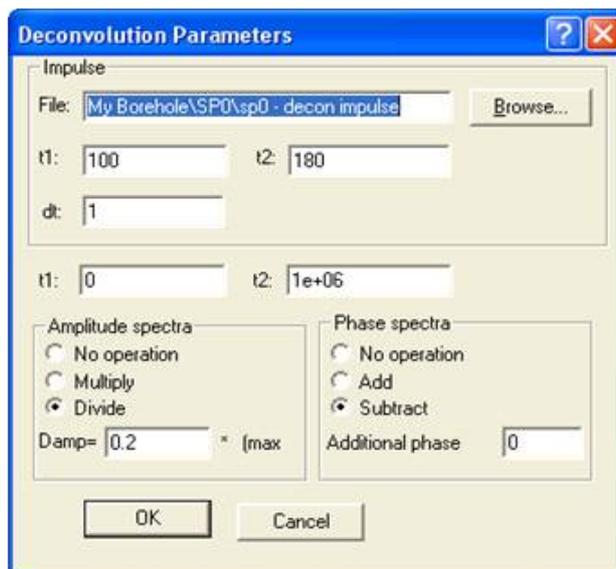
```
Trace Input <- sp0 - raw  
Amplitude Correction  
Deconvolution  
Screen Display
```

Задайте параметры модуля *Trace Input*, как показано на рисунке.



При помощи модуля *Amplitude Correction* введем поправку в данные за сферическое расхождение (включите опцию **Spherical divergence correction**).

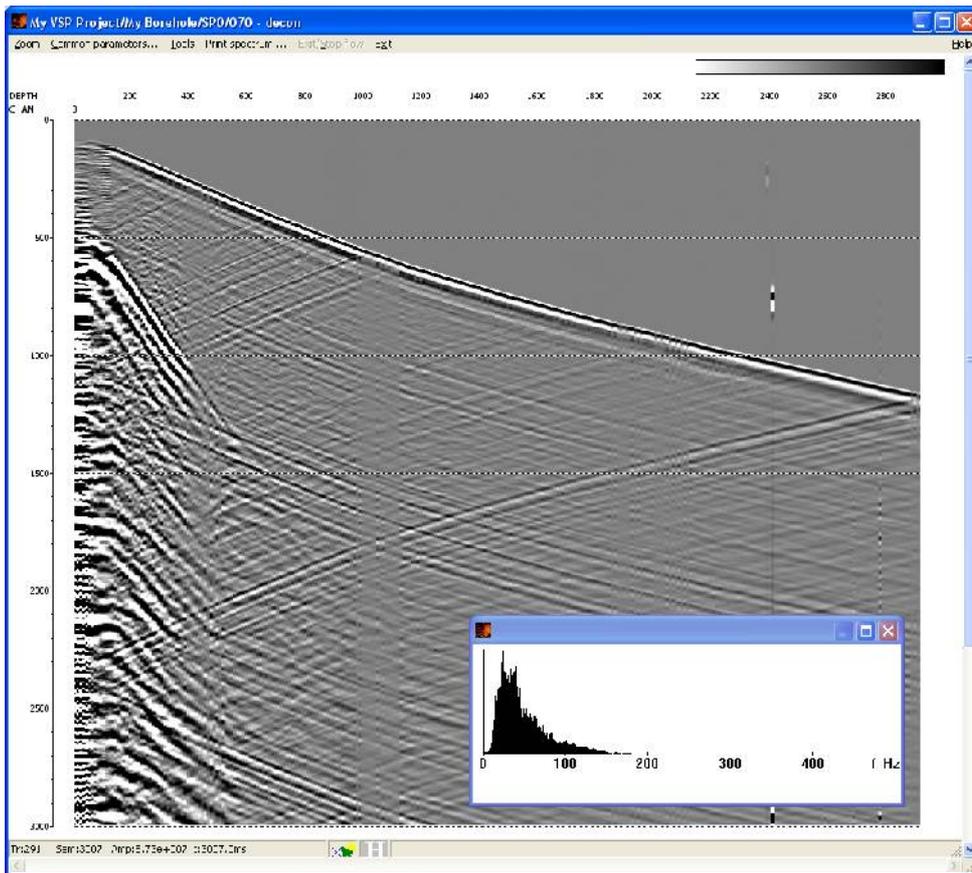
Детерминистическую деконволюцию можно выполнить при помощи модуля *Deconvolution*. В параметрах модуля нужно указать имя файла с импульсом. Это должен быть бинарный файл с форматом представления числа R4 IEEE без каких-либо заголовков. Шаг дискретизации у трассы с импульсом должен быть таким же, как и у трасс, к которым будет применяться деконволюция. RadExPro Plus при создании выходного набора данных при помощи модуля *Trace Output* по умолчанию выписывает как раз бинарный файл в формате R4 IEEE (заголовки хранятся отдельно). Поэтому здесь можно указать непосредственно файл в папке проекта, соответствующий набору данных, созданному на предыдущем шаге. Этот файл легко найти — структура директорий папки проекта повторяет структуру базы данных. Параметры модуля показаны на рисунке:



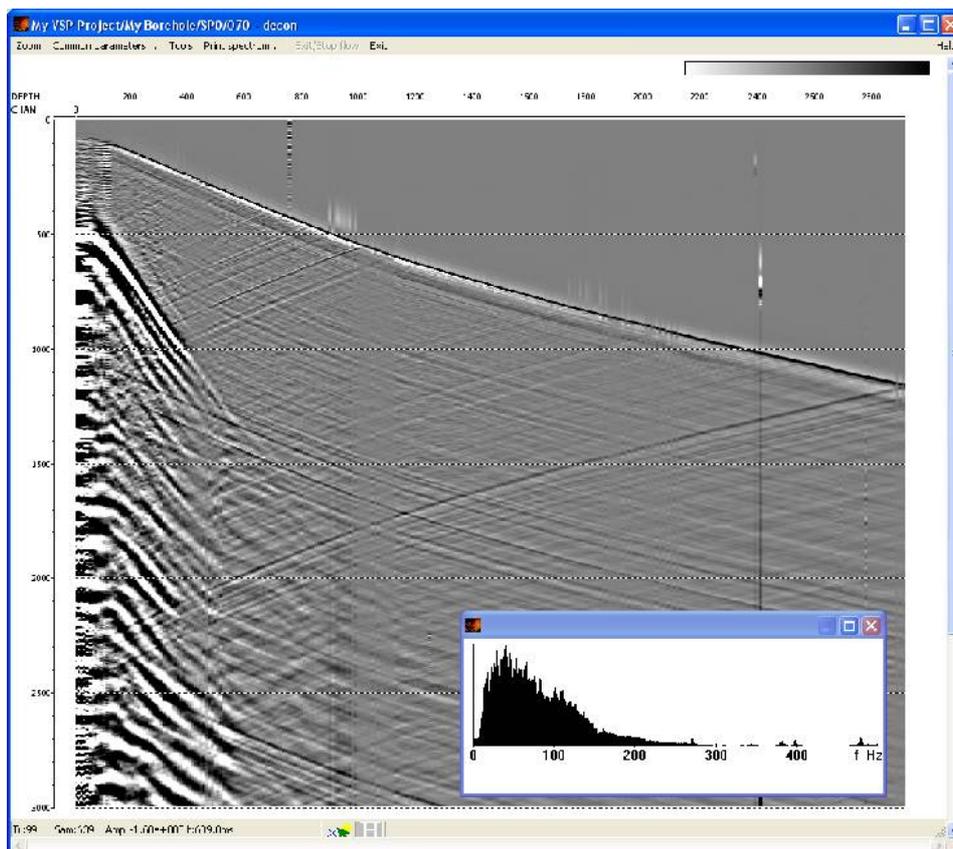
Для отображения результатов на экране, добавьте в поток модуль *Screen Display*. Выберите режим отображения переменной плотности в оттенках серого (Grey), количество трасс на экране - 300.

Для того, чтобы сравнить результат применения деконволюции с исходными данными, сначала прокомментируйте модуль *Deconvolution* и запустите поток на выполнения.

Данные перед применением деконволюции выглядят так:



Теперь, не закрывая окно **Screen Display** вернитесь в поток, «разкомментируйте» модуль **Deconvolution** и запустите поток еще раз. Откроется еще одно окно **Screen Display** с результатами применения деконволюции:

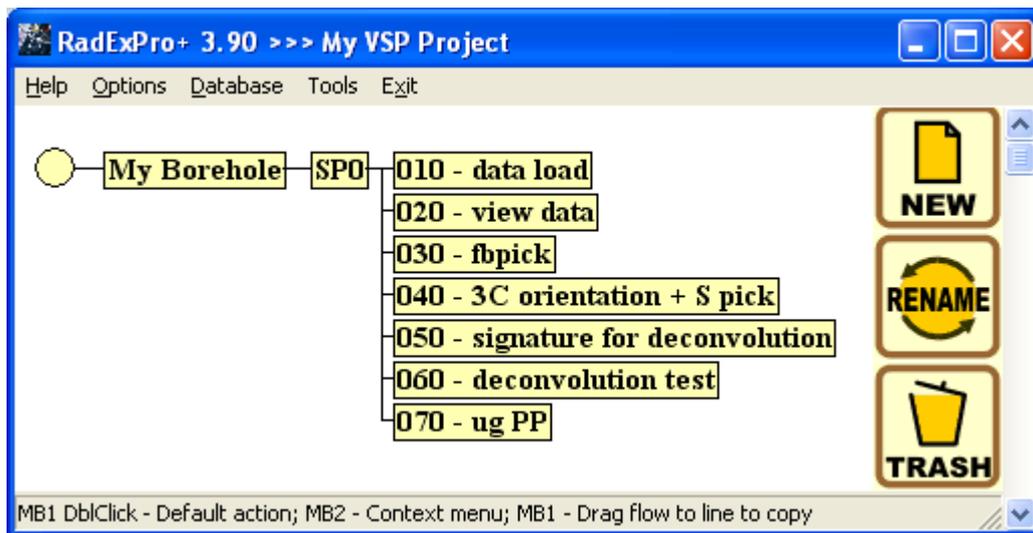


Теперь, переключаясь между окнами можно сравнить данные до и после деконволюции. Для просмотра спектров записей воспользуйтесь командой меню **Tools/Spectrum/Average**.

Выделение поля отраженных PP волн (070 – ug PP)

Для выделения поля отраженных волн будут использованы данные Z-компоненты. В общем виде процедура выделения отраженных волн заключается в постановке годографа волны-помехи (любой волны, отличной от отраженной), выведении годографа волны-помехи на вертикаль статическими поправками и последующем вычитании этой волны из волнового поля двумерным пространственным фильтром, введении обратных статических поправок.

Создайте новый поток для выделения поля отраженных волн: **070 — ug PP**.

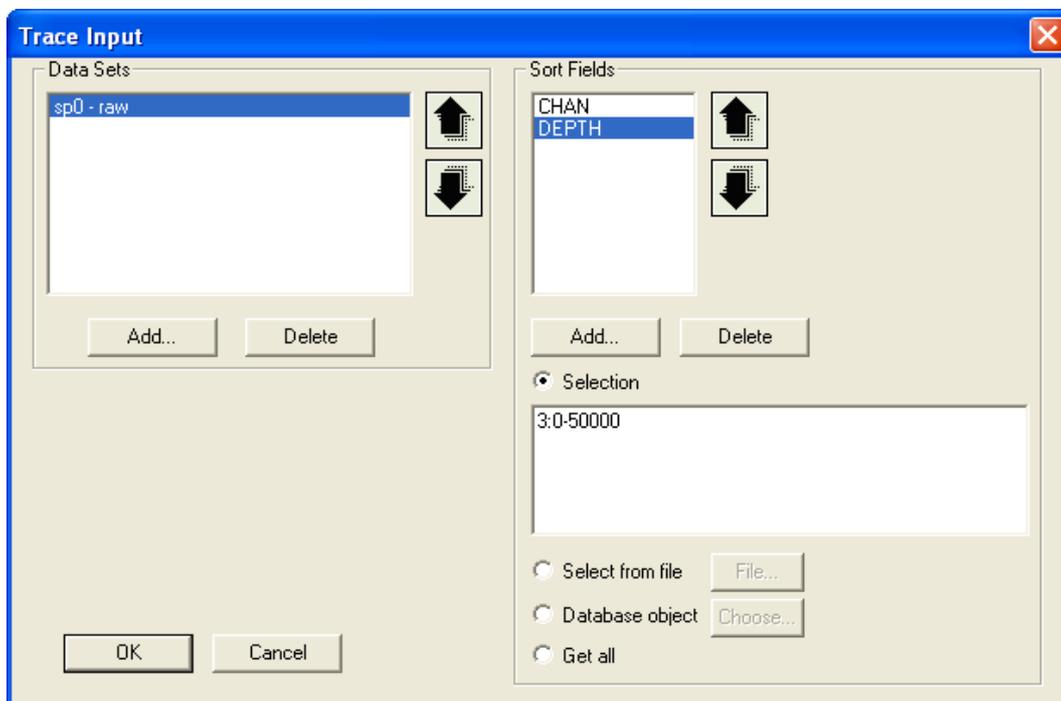


Проанализируем исходные данные. Для этого сконструируем поток, состоящий из следующих процедур:

```
Trace Input <- sp0 - raw
Amplitude Correction
Screen Display
```

Параметры процедур приведены ниже.

Trace Input



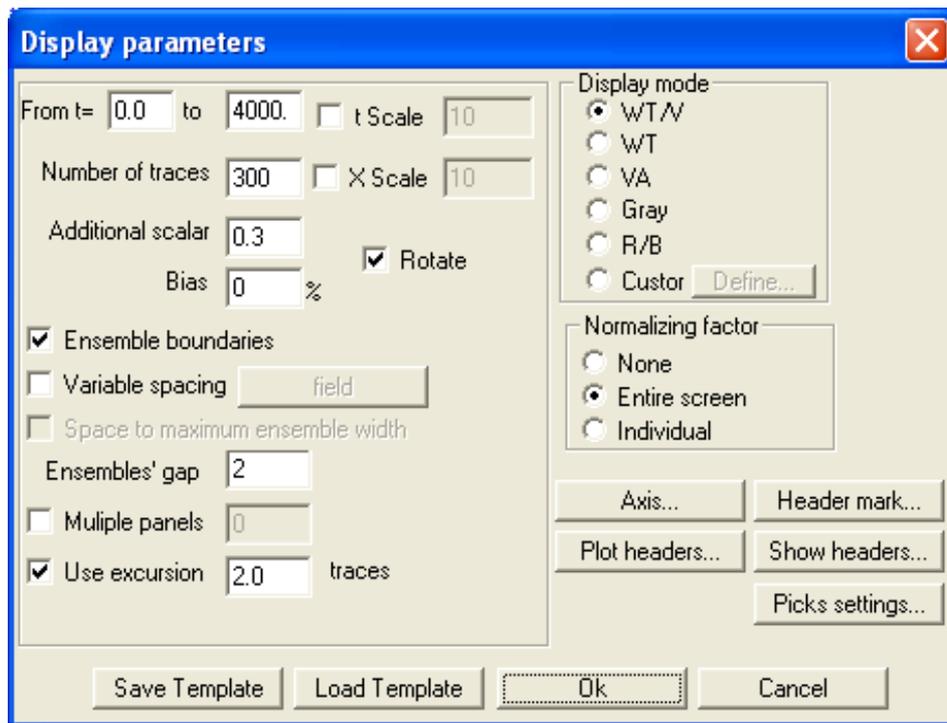
Amplitude Correction

Amplitude Correction [Close]

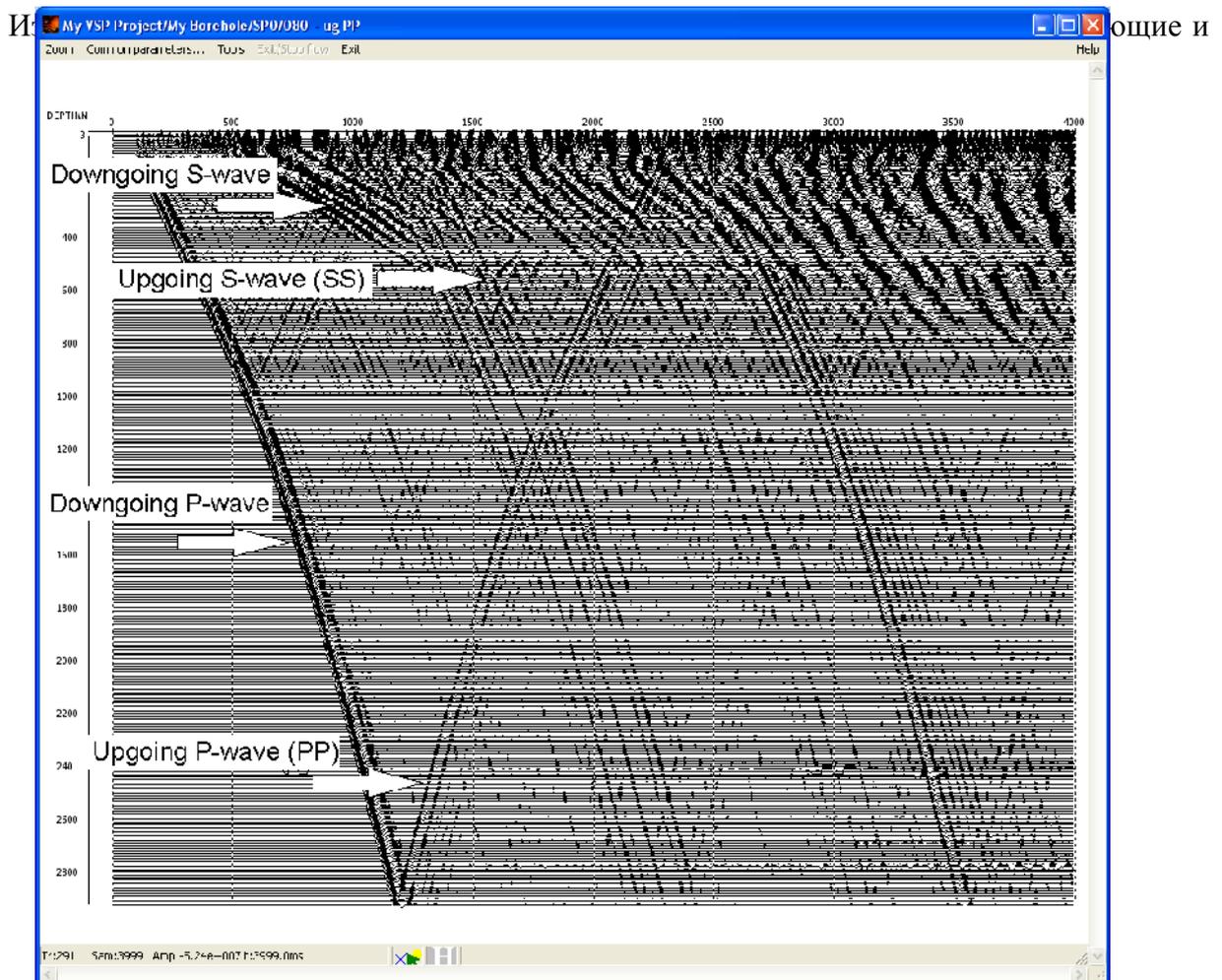
Action to apply :

<input checked="" type="checkbox"/> Spherical divergence correction (1/s)	<input type="text" value="1.000000"/>
<input type="checkbox"/> Exponential correction (dB/s)	<input type="text" value="0.000000"/>
<input type="checkbox"/> Automatic Gain Control. Operator length (ms)	<input type="text" value="100.000000"/>
Type of AGC scalar	<input type="text" value="MEAN"/>
Basis for scalar application	<input type="text" value="CENTERED"/>
<input type="checkbox"/> Trace equalization. Basis for scaling :	<input type="text" value="MEAN"/>
Time gate start time (ms)	<input type="text" value="0.000000"/>
Time gate end time (ms)	<input type="text" value="512.000000"/>
<input type="checkbox"/> Time Variant Scaling Specify amplifying law along trace. (t - [ms])	
Example format : t1:k1,t2-t3:k2,...,tN:kN	<input type="text"/>

Screen Display



Результат применения процедур показан на рисунке:

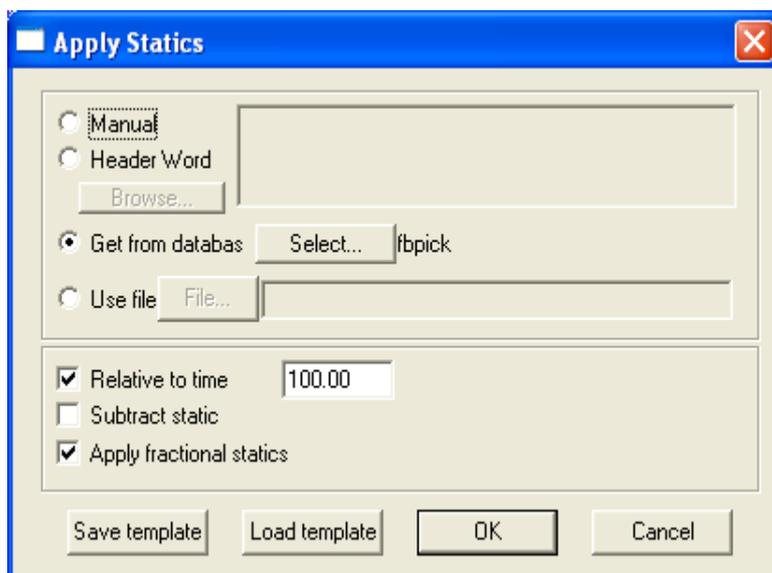


Прежде всего выровняем усиление трасс при помощи опции Trace equalization модуля *Amplitude Correction*. Эта функция рассчитывает для каждой трассы среднюю амплитуду в заданном окне, после чего делит все отсчеты трассы на значение средней амплитуды. Понятно что для того, чтобы в результате этой операции усиление различных трасс корректно выровнялось, нужно чтобы в окно, в котором оценивается средняя амплитуда, на всех трассах попадала запись одного и того же характера.

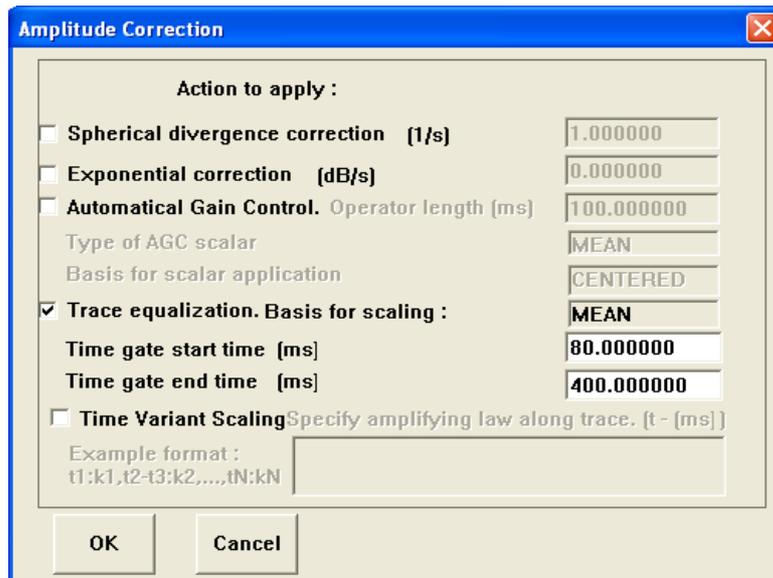
Мы будем выравнивать амплитуды по падающей Р-волне. Для этого мы сначала введем статические поправки, чтобы вывести ее на вертикаль, затем выполним балансировку амплитуд трасс (Trace Equalization) в окне, содержащем прямую волну, и в конце вернем все волны на правильные времена обратными статическими поправками.

Для этого добавим в поток следующие модули :

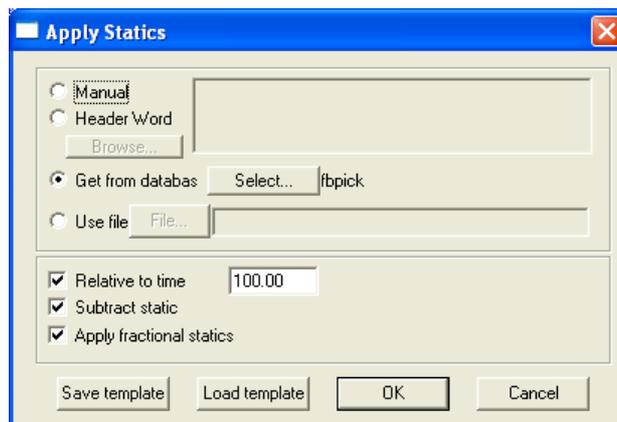
Apply Statics — выберите пикировку первых вступлений fbpick и время, относительно которого будут вводиться поправки — 100 мс. Сдвиг, введенный в каждую трассу будет равен разнице между временем прихода Р-волны, определенным из пикировки и заданным постоянным временем.



Amplitude Correction — включите опцию Trace Equalization. Выберите границы окна так, чтобы в него попала падающая Р-волна (которая после введения статики окажется на постоянном времени 100 мс). При этом окно не должно быть слишком узким, т.к. в этом случае оценка средних амплитуд окажется неустойчивой. Установите параметры, как показано на рисунке:



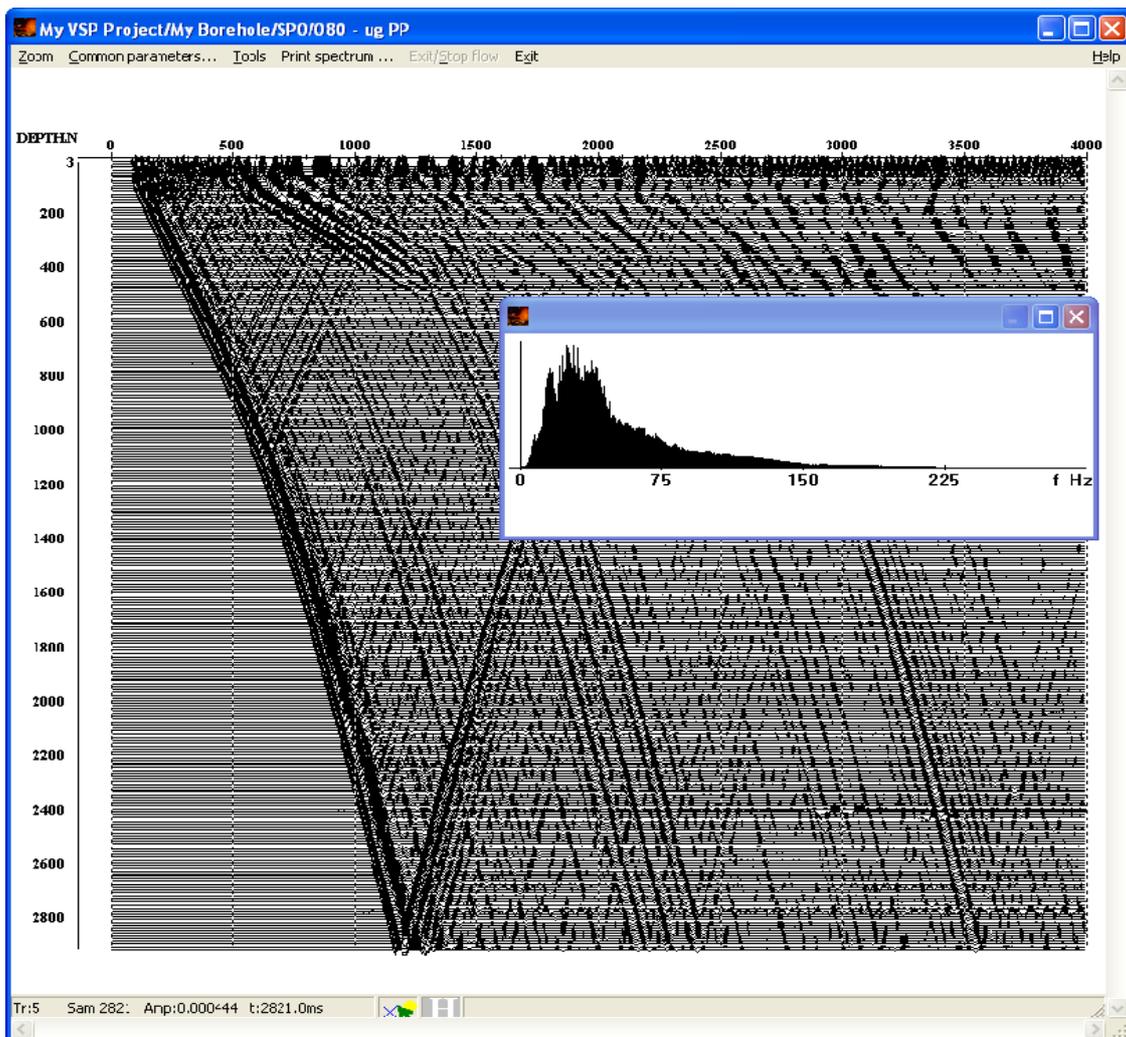
Добавьте еще один экземпляр модуля **Apply Statics** для введения обратных статических поправок. Его параметры должны быть такими же, как и у первого экземпляра, с одним отличием: включите опцию **Subtract static**, для того, чтобы статические поправки вводились с обратным знаком:



Поток на данном этапе должен выглядеть следующим образом.

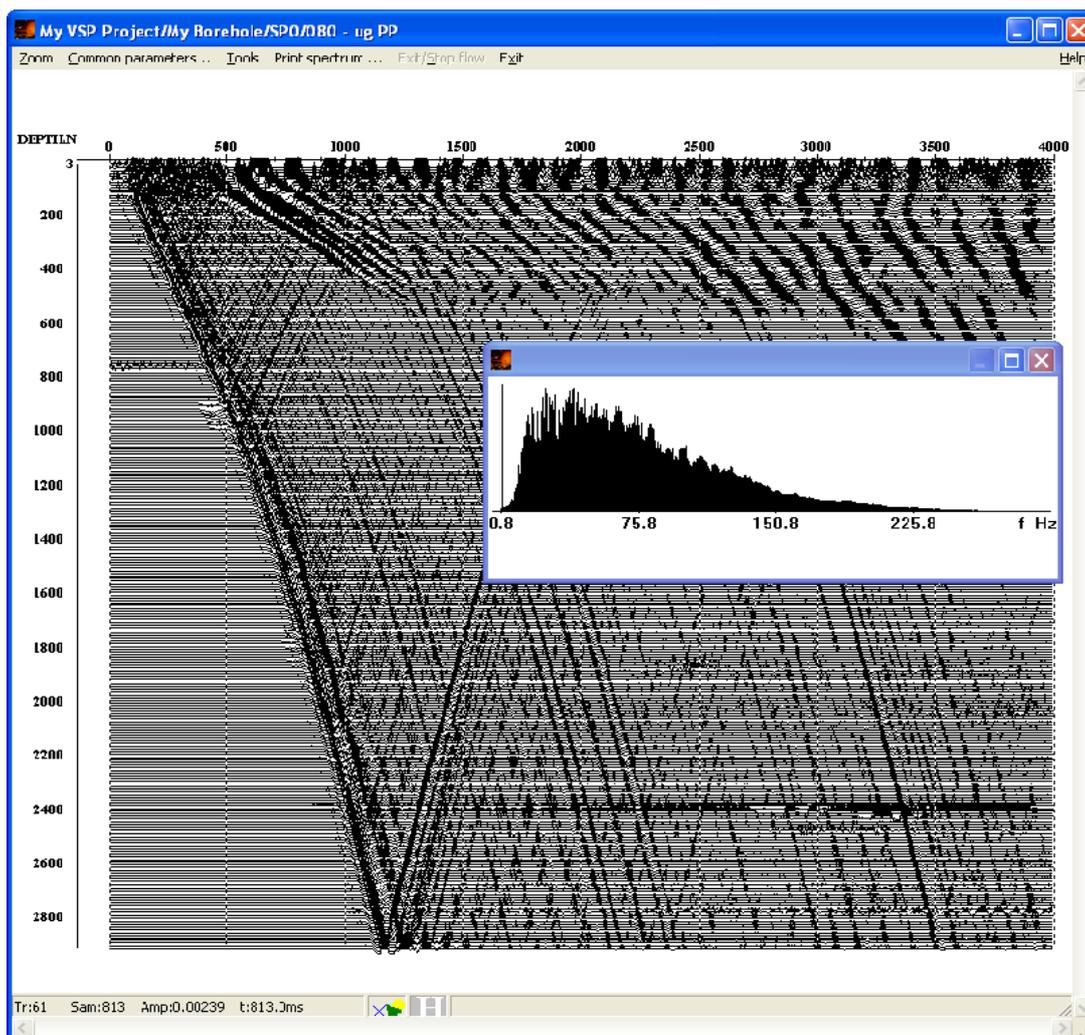
```
Trace Input <- sp0 - raw
Amplitude Correction
Apply Statics
Amplitude Correction
Apply Statics
Screen Display
```

Результат выполнения потока показан на рисунке:

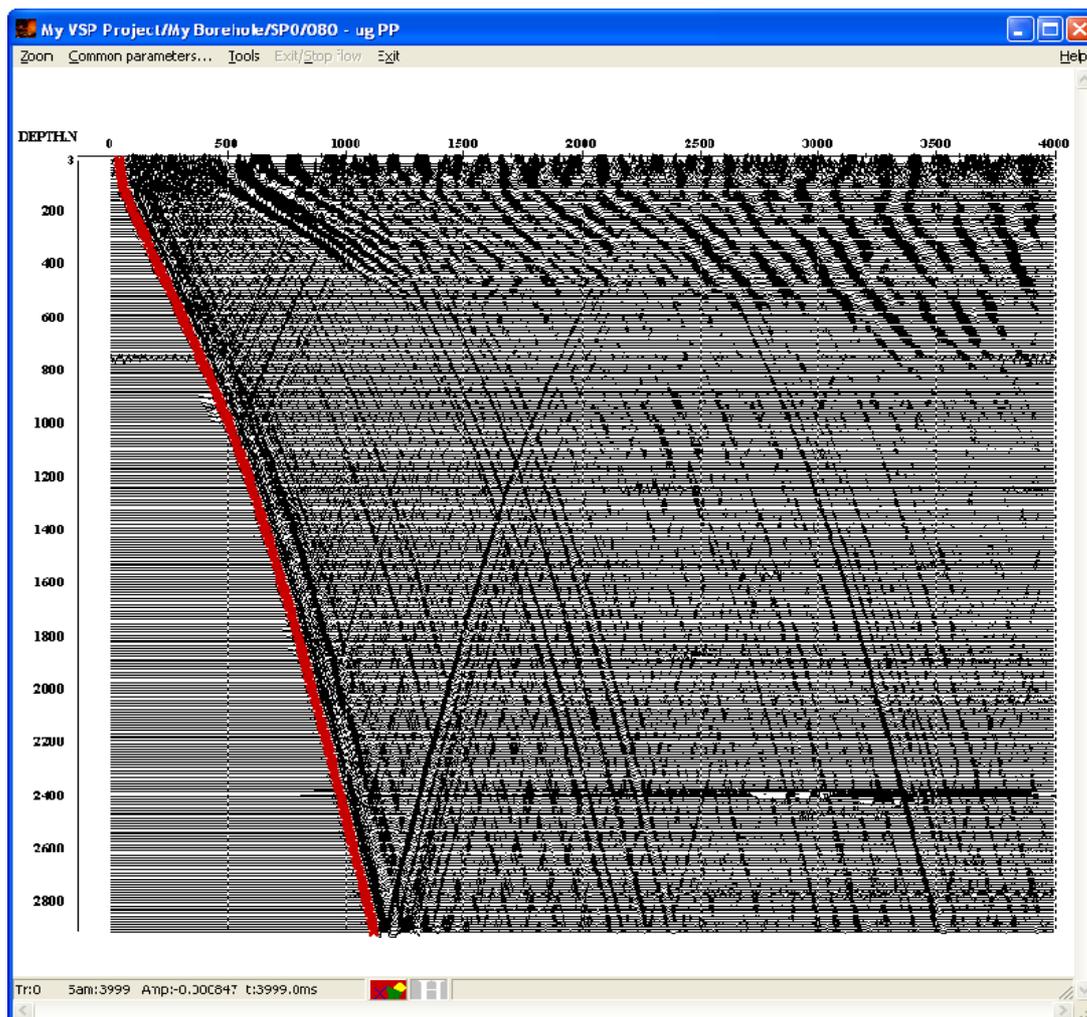


Видно, что в результате применения процедур усиление различных трасс выровнялось.

Выполним детерминистическую деконволюцию данных с параметрами, выбранными в предыдущем потоке. Результат показан на рисунке:



Поскольку в результате применения детерминистической деконволюции импульс падающей Р-волны становится близким к нуль-фазовому, времена первых вступлений волны теперь соответствуют не первому переходу через ноль, а центральному экстремуму импульса. Таким образом, первый переход чрез ноль оказывается сдвинут на меньшие времена. Т.к. пикировка первых вступлений в дальнейшем будет использоваться для мьютинга, для того, чтобы после мьютинга сохранить форму импульса необходимо сдвинуть пикировку на меньшие времена, как показано на рисунке:

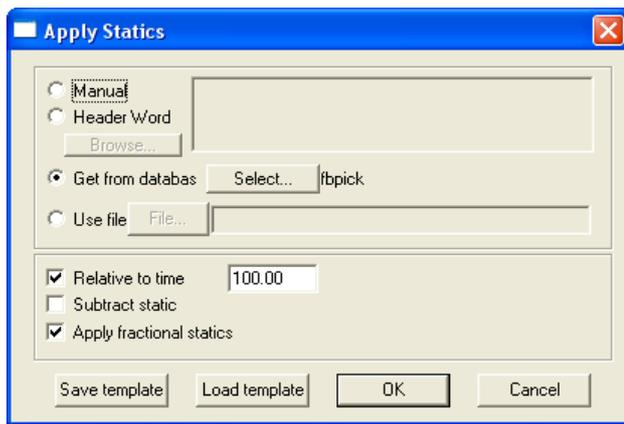


Для этого загрузите пикировку первых вступлений **fbpick** при помощи пункта меню **Tools/Pick/Load pick**. Далее, одновременным нажатием и удерживанием правой кнопки мыши и клавиши Shift переместите пикировку на нужное место. Сохраните ее под именем **fbpick after deconvolution** на втором уровне базы данных.

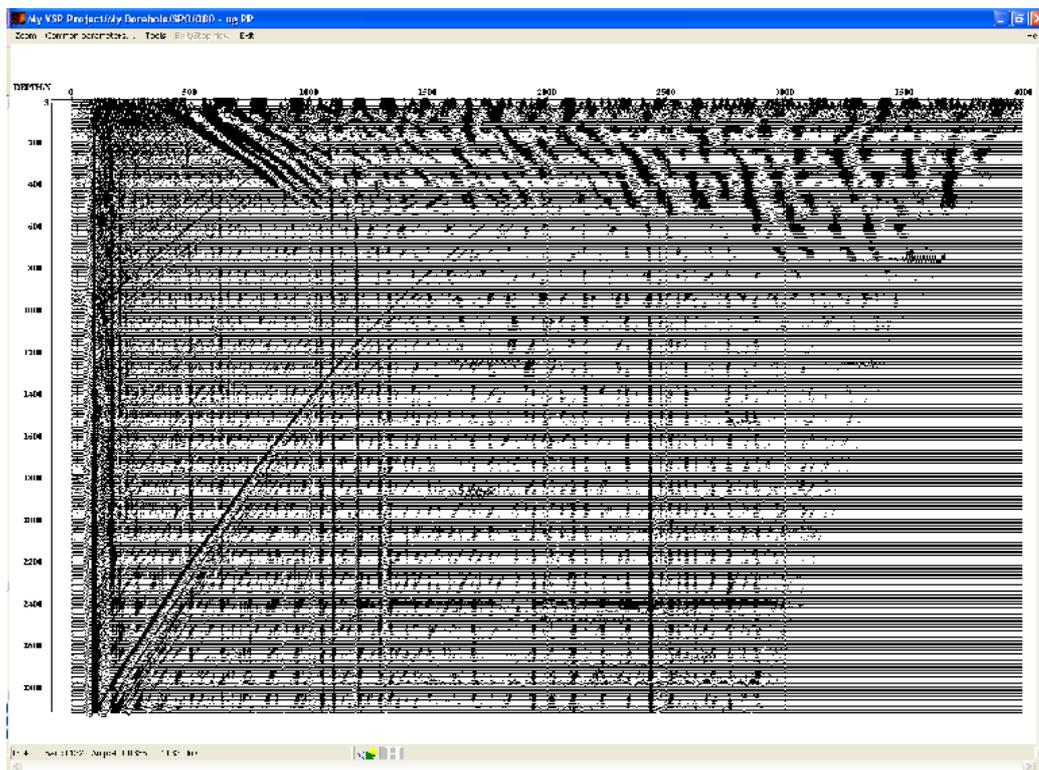
Теперь удалим из записи падающие Р-волны. Для этого выведем на вертикаль годограф падающей Р-волны статическими поправками (**Apply Statics**), вычтем эту волну из волнового поля двумерным пространственным фильтром (**2D Spatial Filtering**), и введем обратные статические поправки (**Apply Statics**).

Будем добавлять процедуры в поток последовательно и смотреть результаты их выполнения:

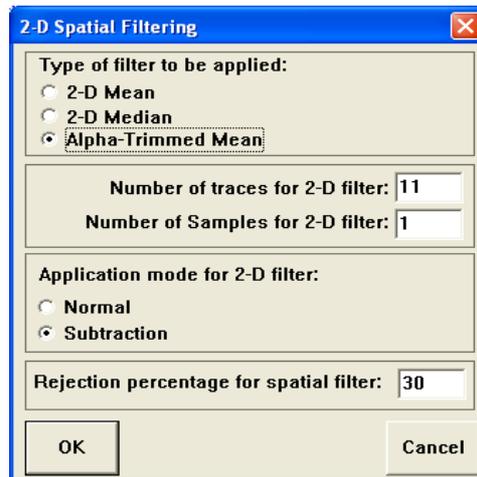
Apply Statics:



Результат применения процедуры:

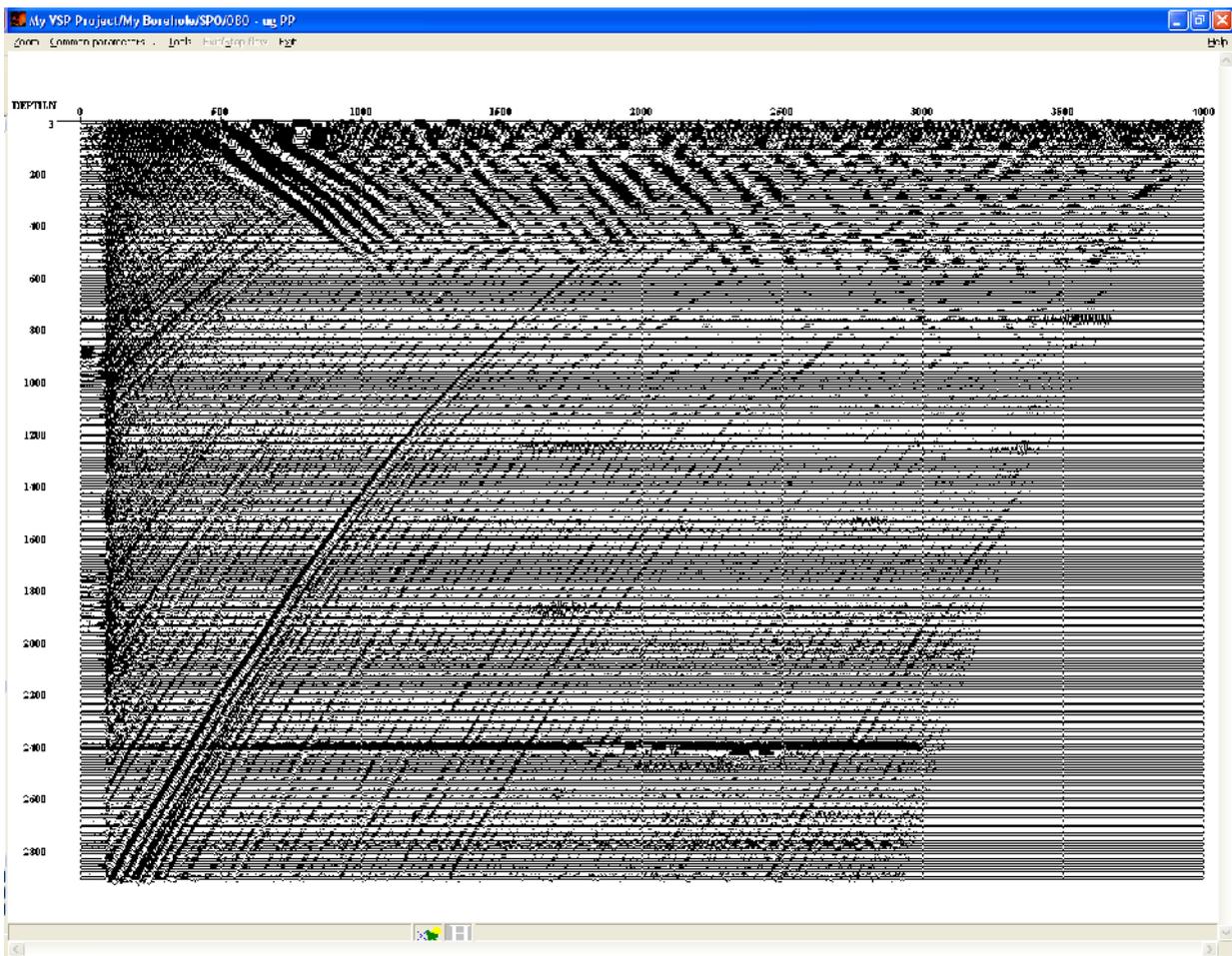


2D Spatial Filtering:



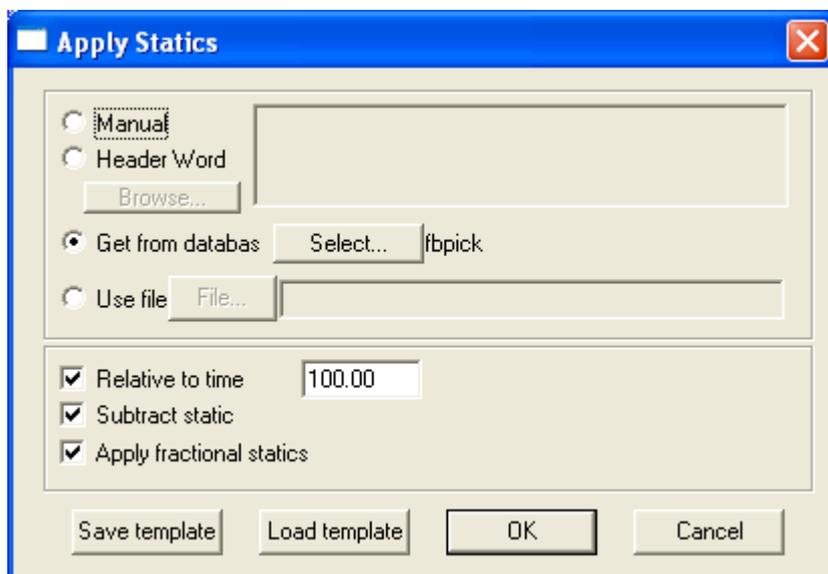
В диалоговом окне настройки параметров модуля выберите режим вычитания (**Application mode for 2D filter: Subtraction**) — в этом режиме полученное в окне среднее значение будет вычитаться из центрального отсчета окна. Выберите тип фильтра **Alpha-Trimmed Mean** для того, чтобы уменьшить влияние на результат случайных выбросов.

Результат применения процедуры показан на рисунке:

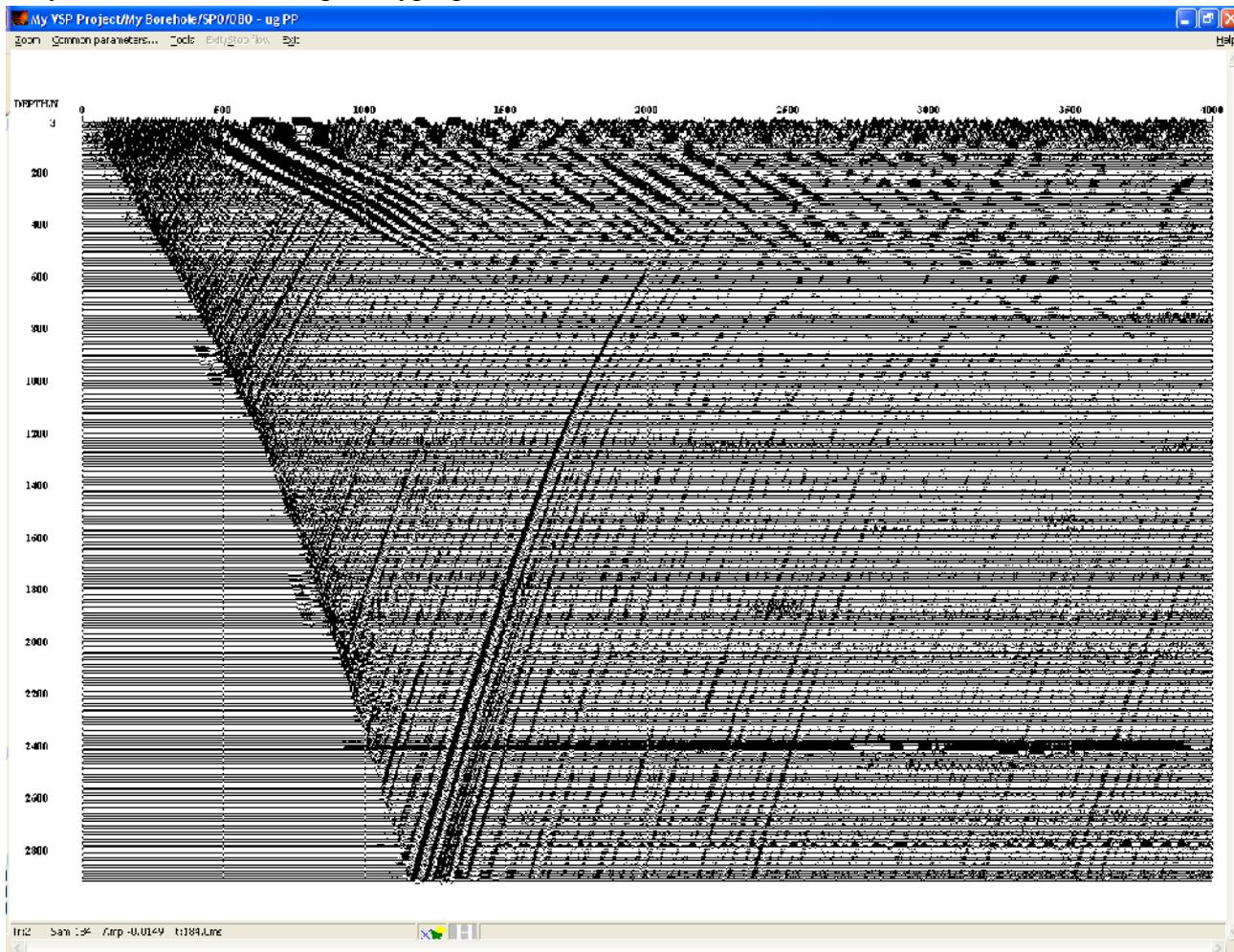


Видно, что падающая Р-волна была успешно вычтена из записи.

Далее необходимо ввести обратные статические поправки, чтобы вернуть оставшиеся волны на правильные времена. Для этого добавим в поток еще один экземпляр модуля **Apply Statics**:



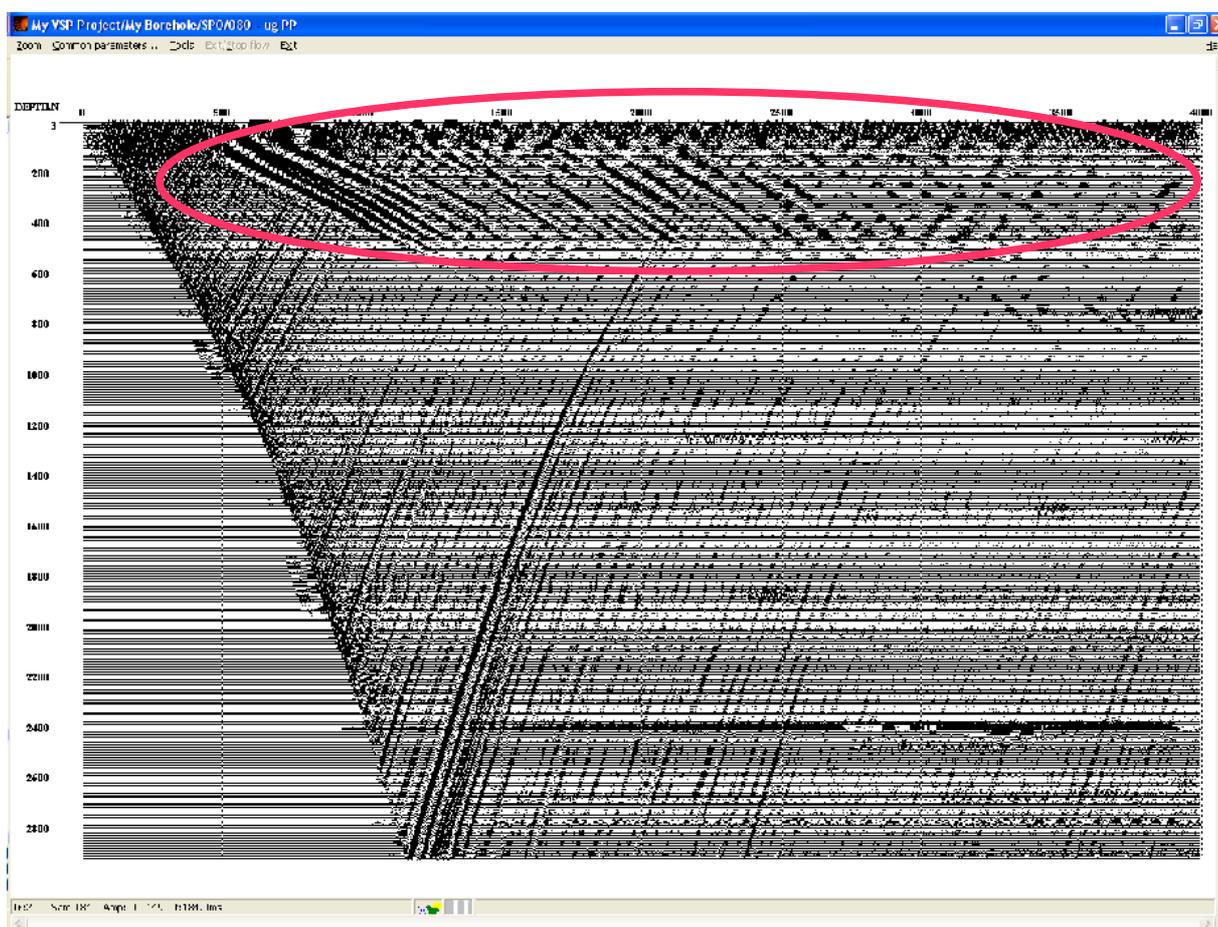
Результат выполнения процедур приведен ниже:



Поток обработки на данном этапе должен выглядеть следующим образом.

```
Trace Input <- sp0 - raw
Amplitude Correction
Apply Statics
Amplitude Correction
Apply Statics
Deconvolution
Apply Statics
2D Spatial Filtering
Apply Statics
Screen Display
```

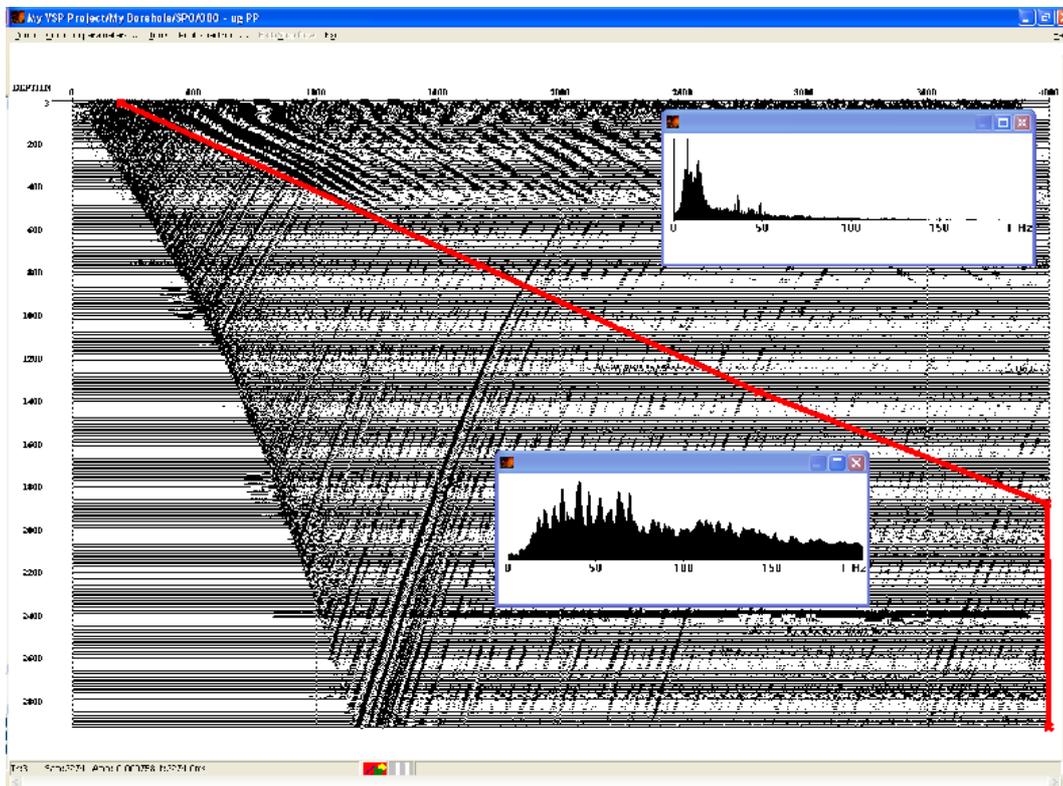
Заметим, что фрагмент данных, выделенный красным на следующем рисунке отличается от всей записи наличием низкочастотной составляющей.



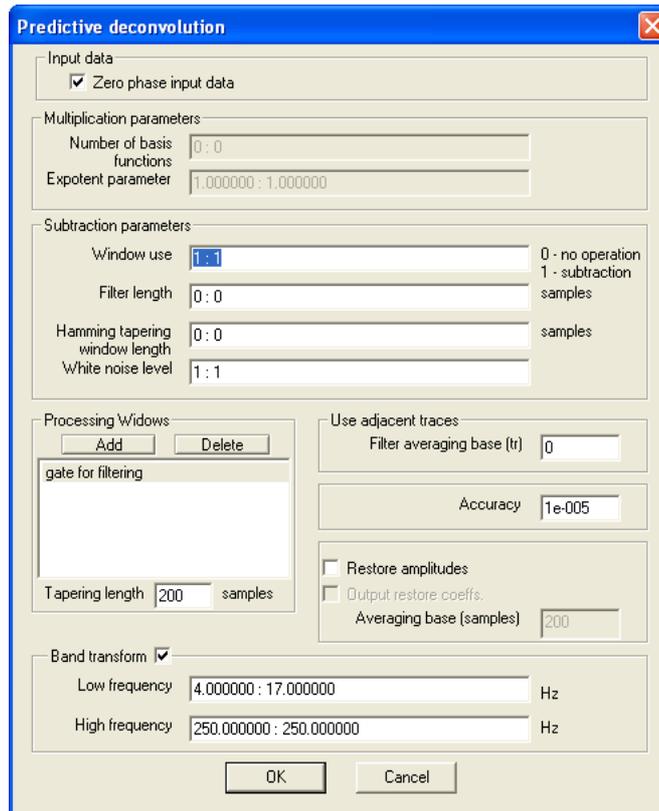
Поэтому перед дальнейшим вычитанием волн-помех применим полосовую фильтрацию в окне. Для этого вначале необходимо пикировкой выделить область, содержащую низкочастотную составляющую, а затем воспользоваться модулем **Nonstationary Predictive Deconvolution**. Этот модуль предназначен для выполнения нестационарной предсказывающей деконволюции с ограничением частотного диапазона. Поскольку он

позволяет проводить обработку по окнам, с выбором разных параметров (и, в том числе, разных частотных диапазонов) для разных окон, то его можно использовать для полосовой фильтрации в окне.

Создайте пикировку, ограничивающую низкочастотную область, как показано на рисунке. Сохраните пикировку в проекте под именем **decon gate**.

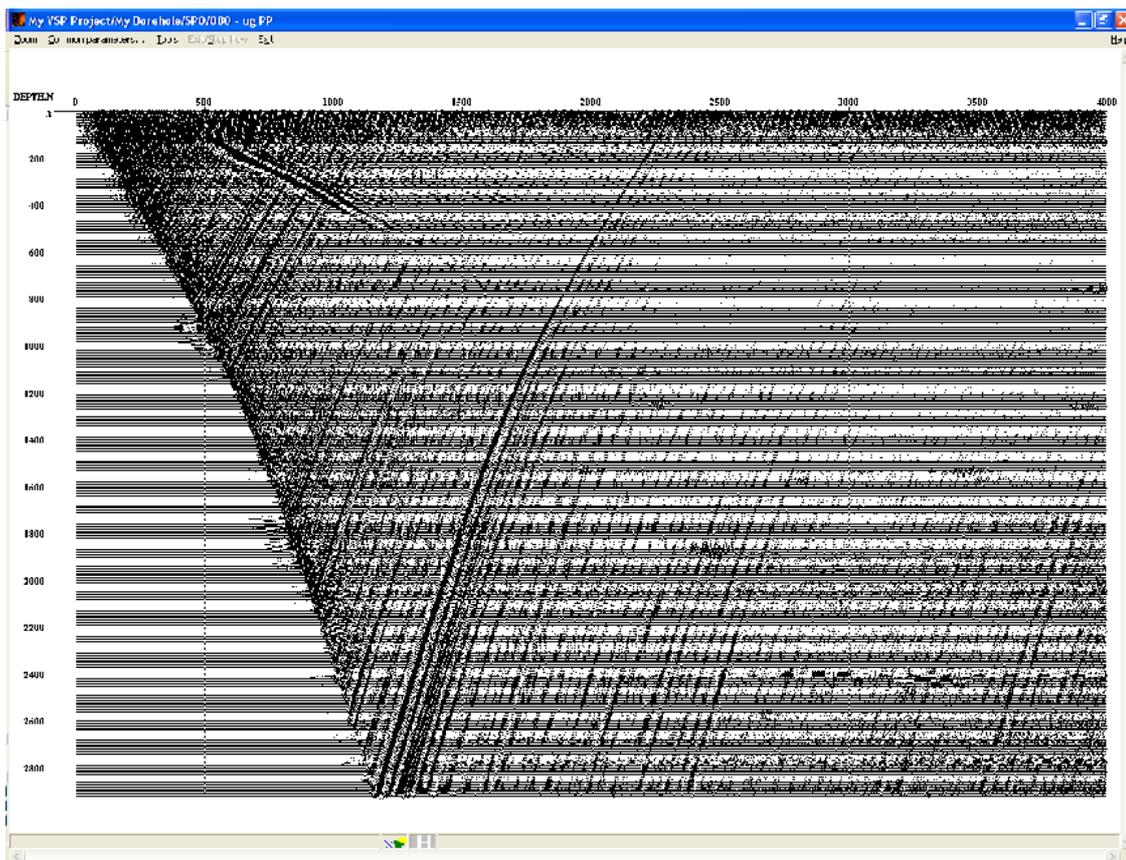


Эта пикировка разделила данные на 2 фрагмента, которые мы хотим обрабатывать по-разному. Для того чтобы применить фильтрацию к выделенному фрагменту, задайте параметры модуля *Nonstationary Predictive Deconvolution* следующими:



Здесь пикировка **gate for filtering** задает границу между двумя окнами — слева от пикировки и справа от пикировки. Параметры для каждого из окон пишутся в одной строке, разделенные двоеточием. Для обоих окон указывается длина оператора деконволюции равная нулю (**Filter length** 0:0). Это означает, что собственно деконволюция делаться не будет, только ограничение полосы частот. Включите опцию **Band transform** и, как показано на рисунке, укажите полосу пропускания 4-250 Гц для первого окна (до пикировки) и 17-250 Гц для второго окна (после пикировки) (**Low frequency** 4:17, **High frequency** 250:250).

Результат применения процедуры показан на рисунке:



Теперь вычтем из волнового поля падающую S-волну. Для этого мы используем тот же прием, который мы уже применяли ранее, когда вычитали P-волну. Однако из-за большой разницы во временах прихода поперечной волны на верхних и нижних приборах, выведение ее на вертикаль может привести к потере информации — некоторое количество отсчетов, содержащих полезные сигналы, могут оказаться сдвинутыми за пределы трассы. Чтобы этого не произошло, перед вводом статических поправок нужно увеличить длину трассы.,.

Для этого добавьте в поток модуль **Trace Length** и укажите новую длину трассы равной 9000 мс.

После этого, для вычитания S-волны выведем ее годограф на вертикаль на время равное 2500 мс, вычтем волну, и введем обратные статические поправки.

Результирующий поток на данном этапе должен выглядеть так:

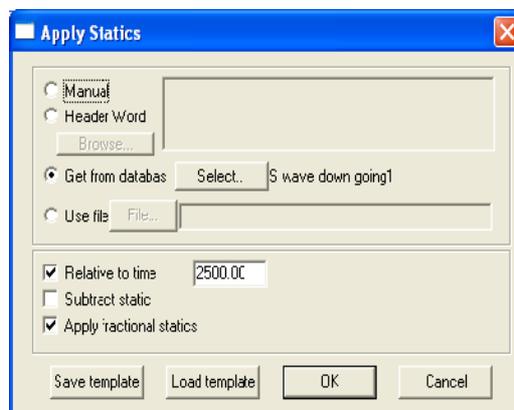
```
Trace Input <- sp0 - raw
Amplitude Correction
Apply Statics
Amplitude Correction
Apply Statics
Deconvolution
Apply Statics
2D Spatial Filtering
Apply Statics
Nonstationary predictive deconvolution
Trace Length
Apply Statics
2D Spatial Filtering
Apply Statics
Screen Display
```

Параметры модулей, позволяющих вычесть S-волну, приведены ниже:

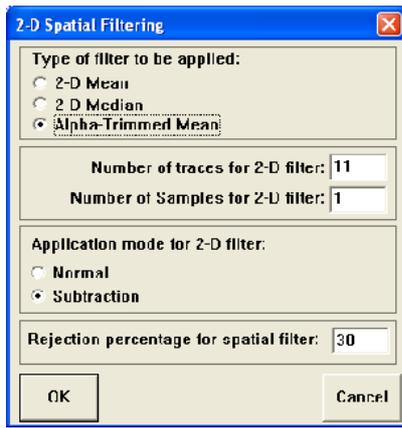
Trace Length



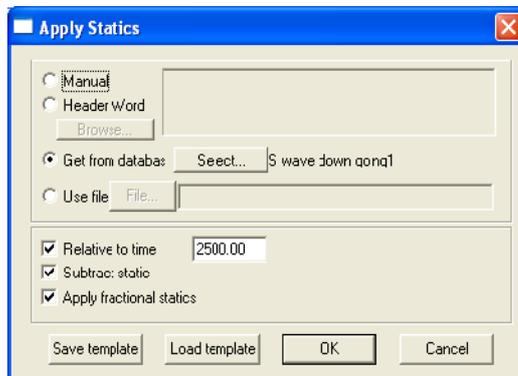
Apply Statics



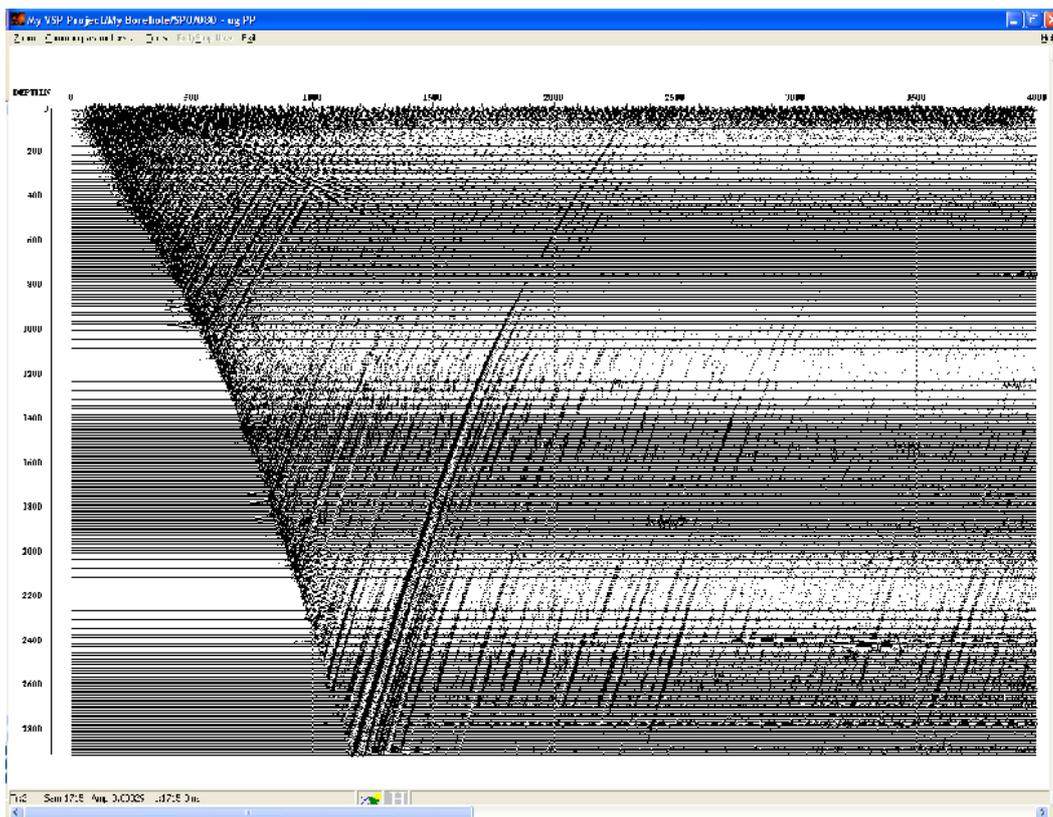
2D Spatial Filtering



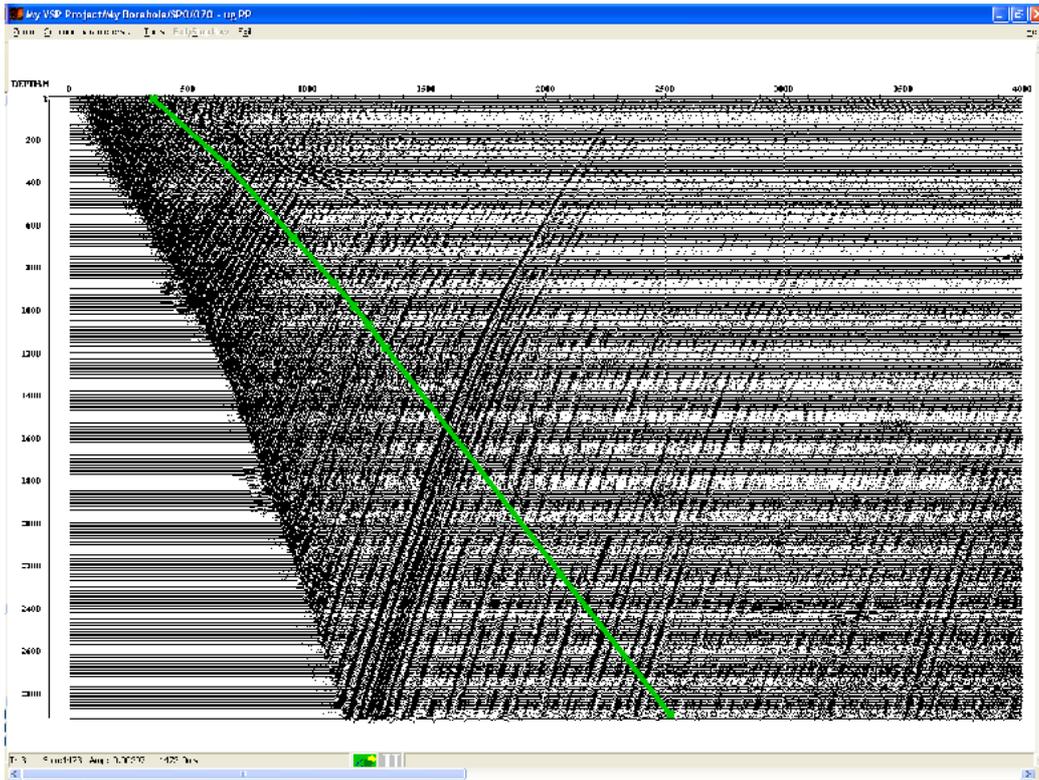
Apply Statics



Результат применения процедур приведен на рисунке:

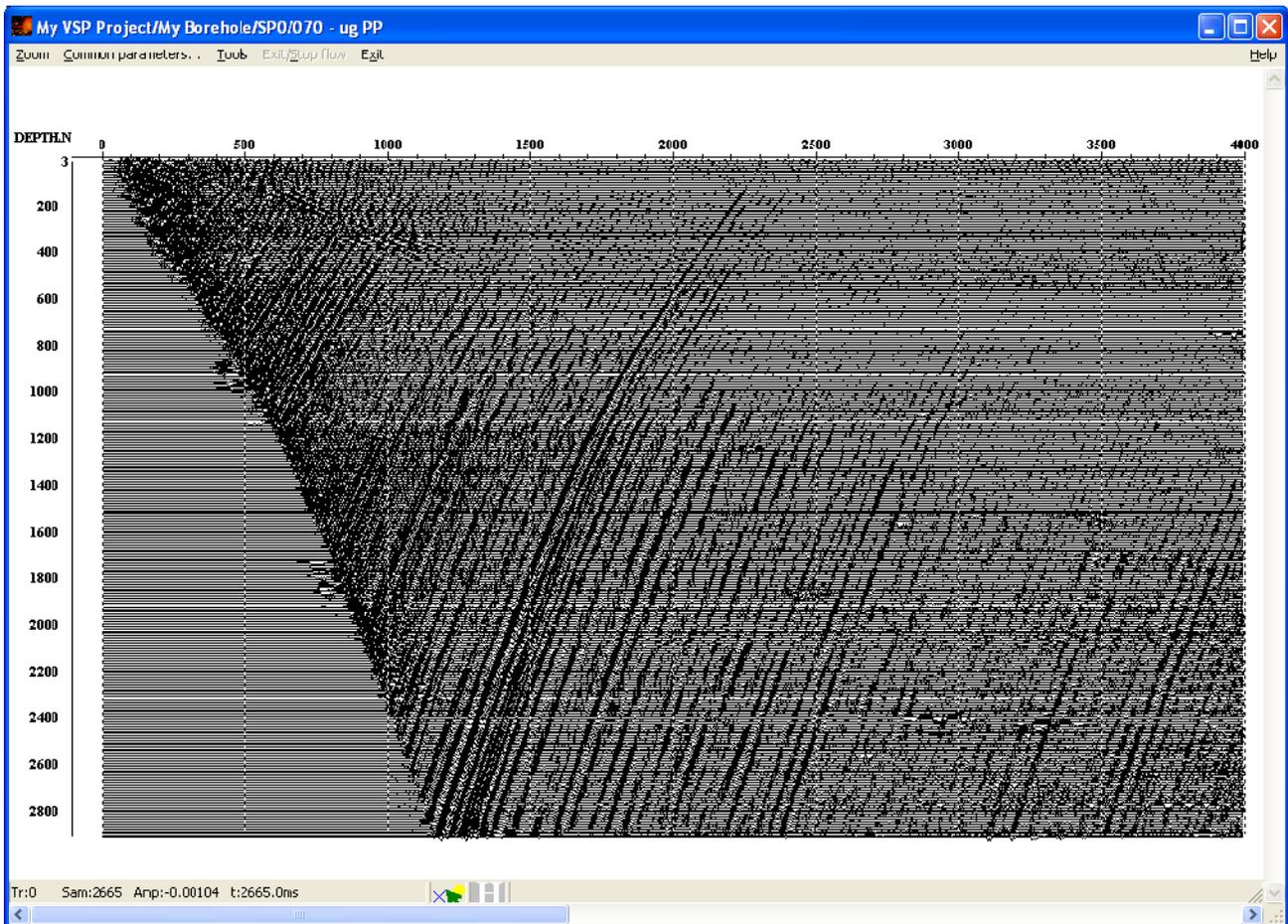


Видно, что после вычитания падающей S-волны в волновом поле все еще остались отдельные фрагменты падающих S-волн. Прокируйте один из таких фрагментов, как показано на следующем рисунке. Пикировку сохраните на втором уровне проекта под именем **S wave down going2**.



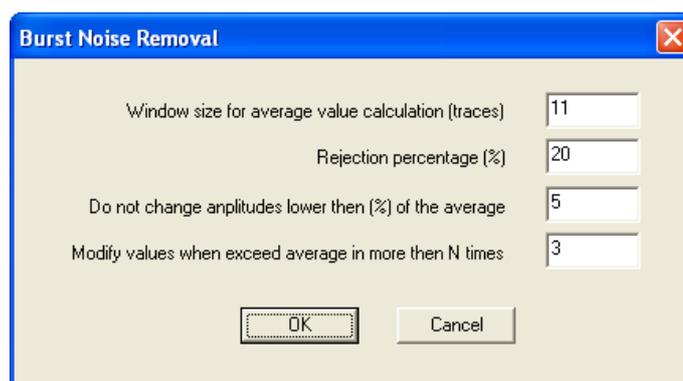
Для вычитания этих фрагментов используйте тот же самый набор модулей: **Apply Statics** (пикировка **S wave down going2, Relative to time 4000**), **2-D Spatial Filtering** (тип фильтра **Alpha-Trimmed Mean**, размер окна: 9 трасс на 1 отсчет, режим **Subtraction**), еще один **Apply Statics** (параметры как у первого, но включена опция **Subtract Statics**).

Результат применения процедур приведен на следующем рисунке:

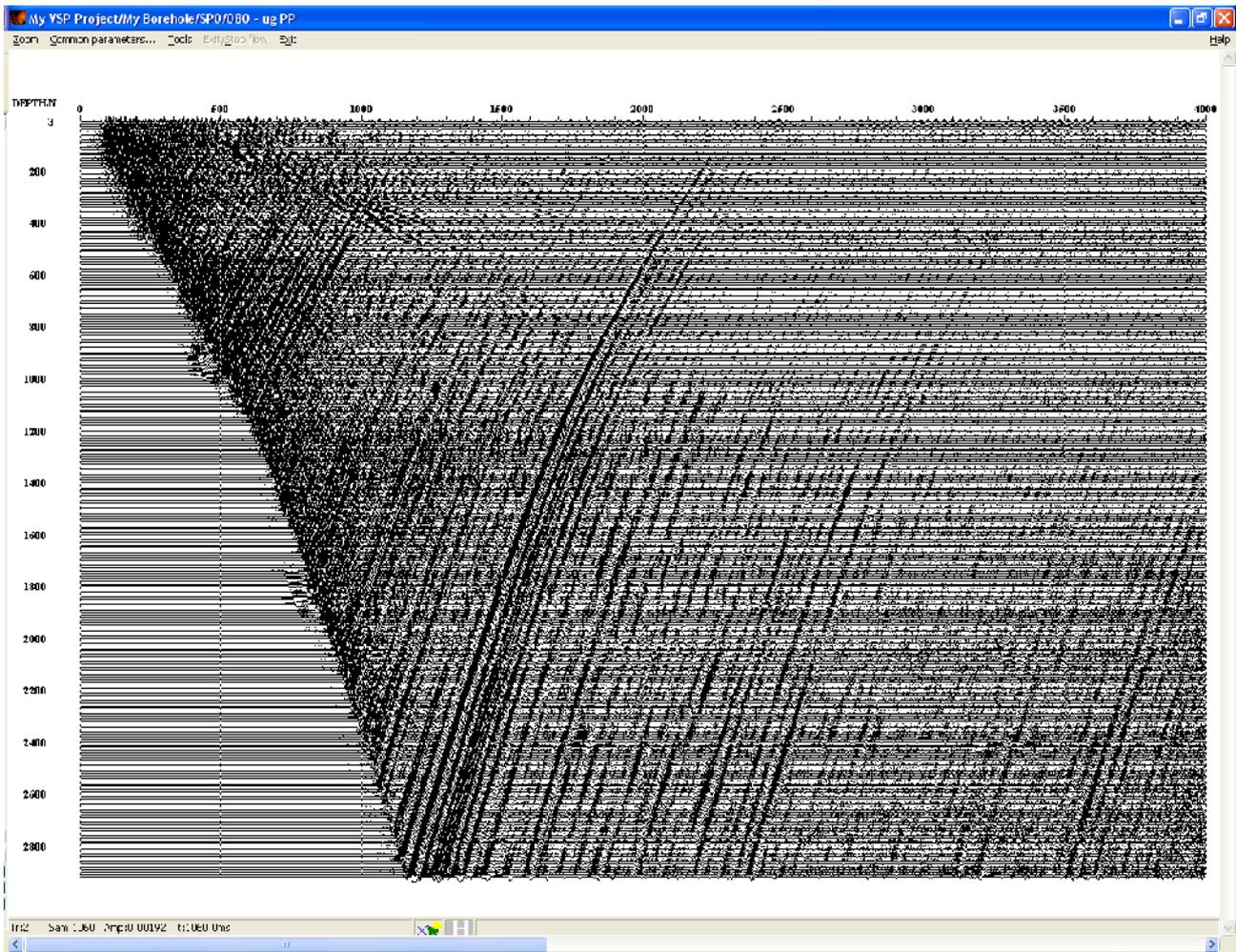


Далее добавим в поток ряд «косметических» процедур для улучшения соотношения сигнал-шум и обеспечения правильной полярности отражений.

Для подавления высокоамплитудных локализованных помех-выбросов воспользуемся модулем *Burst Noise Removal*. Параметры модуля показаны ниже:

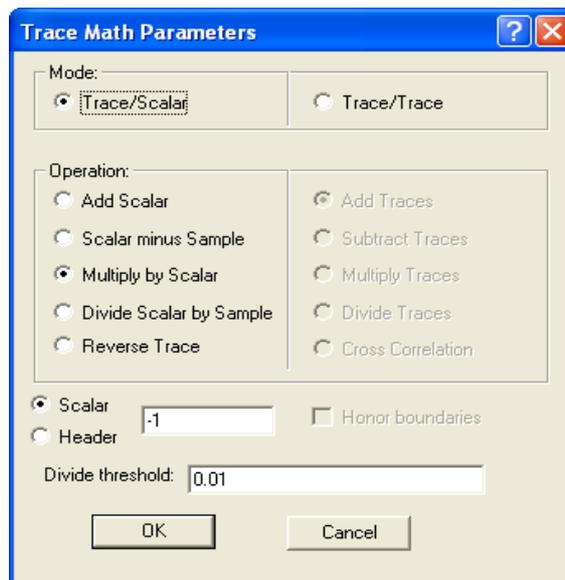


Результат выполнения процедуры показан на следующем рисунке:.

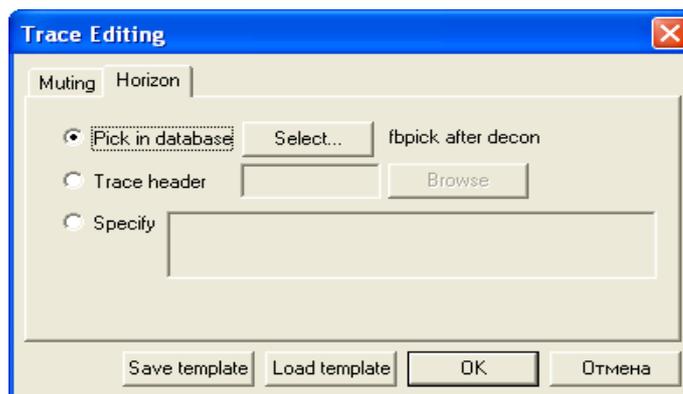
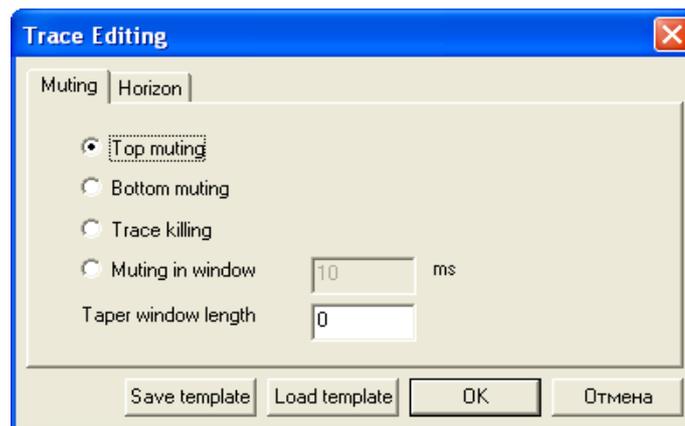


Далее воспользуемся модулем **Bandpass Filtering** для того, чтобы применить к данным полосовую фильтрацию в широкой полосе частот. В диалоге параметров модуля выберите фильтр Ормсби (**Ormsby Bandpass Filter**) с частотами 5-10-70-150 Гц.

Для соблюдения принятого в сейсморазведке соглашения о полярности (*отраженные волны от положительных, т.е. отвечающих увеличению импеданса в нижней среде по отношению к импедансу в верхней, границ должны отображаться на сейсмограмме Z-компоненты положительными экстремумами*), нужно инвертировать фазу волнового поля, т.е. умножить каждое значение каждой трассы на -1. Для этого воспользуемся модулем **Trace Math** со следующими параметрами:

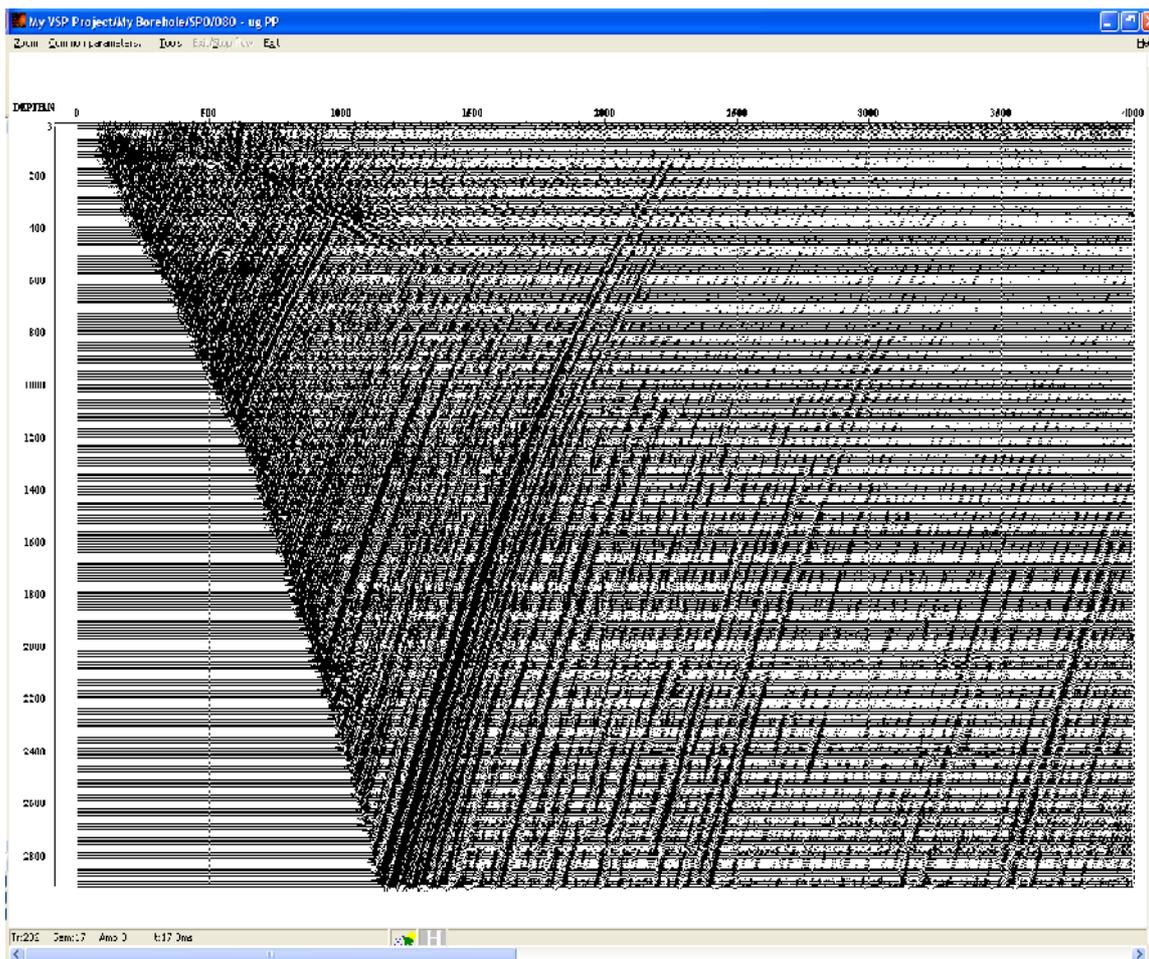


Теперь сделайте мьютинг сейсмических трасс до первых вступлений при помощи модуля *Trace Editing* с параметрами, указанными ниже:

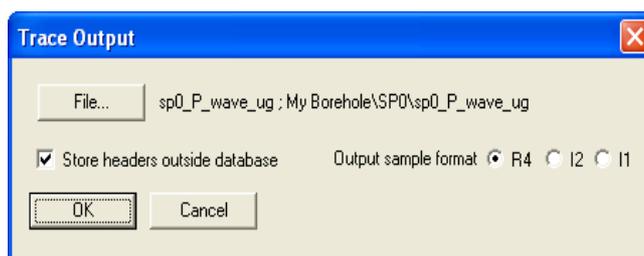


В качестве горизонта, задающего мьютинг, используйте сдвинутую после деконволюции пикировку первых вступлений **fbpick after decon**.

Результат выполнения процедур показан на рисунке:



Наконец, выпишите получившееся в результате поле отраженных Р-волн в базу данных под именем **sp0_PPwave_ug** используя модуль *Trace Output*.



Результирующий поток должен выглядеть следующим образом:

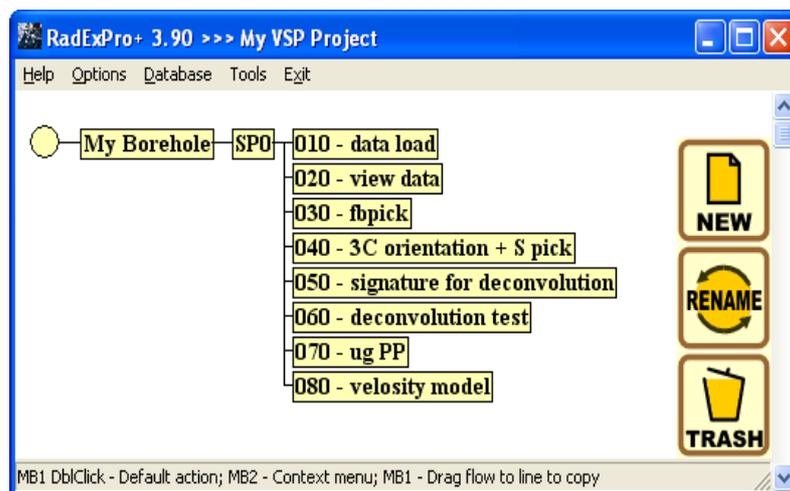
```

Trace Input <- sp0 - raw
Amplitude Correction
Apply Statics
Amplitude Correction
Apply Statics
Deconvolution
Apply Statics
2D Spatial Filtering
Apply Statics
Nonstationary predictive deconvolution
Trace Length
Apply Statics
2D Spatial Filtering
Apply Statics
Apply Statics
2D Spatial Filtering
Apply Statics
Burst Noise Removal
Bandpass Filtering
Trace Math
Trace Editing
Trace Output -> sp0_P_wave_ug
Screen Display

```

Заметим, что процесс выделения поля отраженных волн может быть усовершенствован путем добавления новых процедур вычитания оставшихся волн-помех (например S-волн, имеющих немного отличный наклон от пропикированного годографа) Поэтому процесс выделения поля отраженных волн может быть итеративным.

Построение скоростной модели (080 — velocity model) .



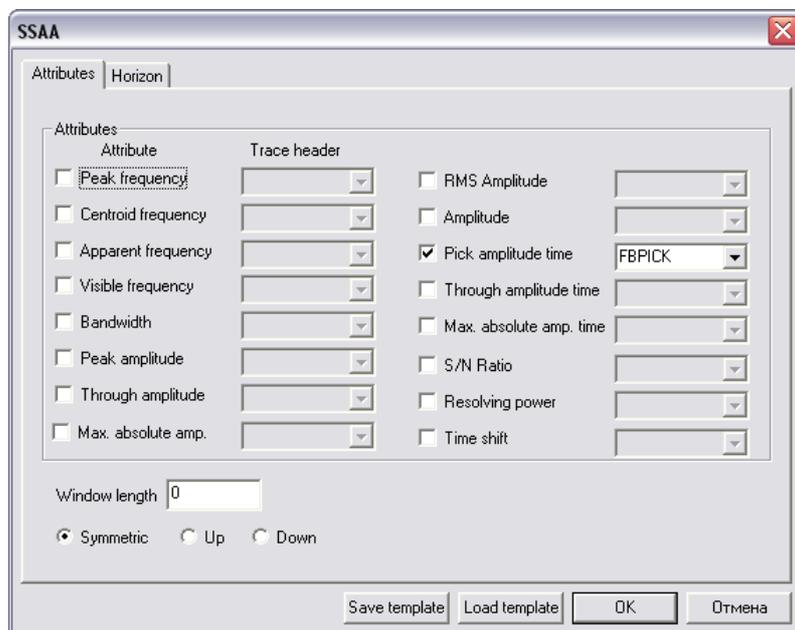
Создадим новый поток для построения скоростной модели по выделенному полю отраженных волн — **080 — velocity model**. Поток будет состоять из следующих модулей:

Trace Input <- sp0_P_wave_ug
SSAA
Advanced VSP Display

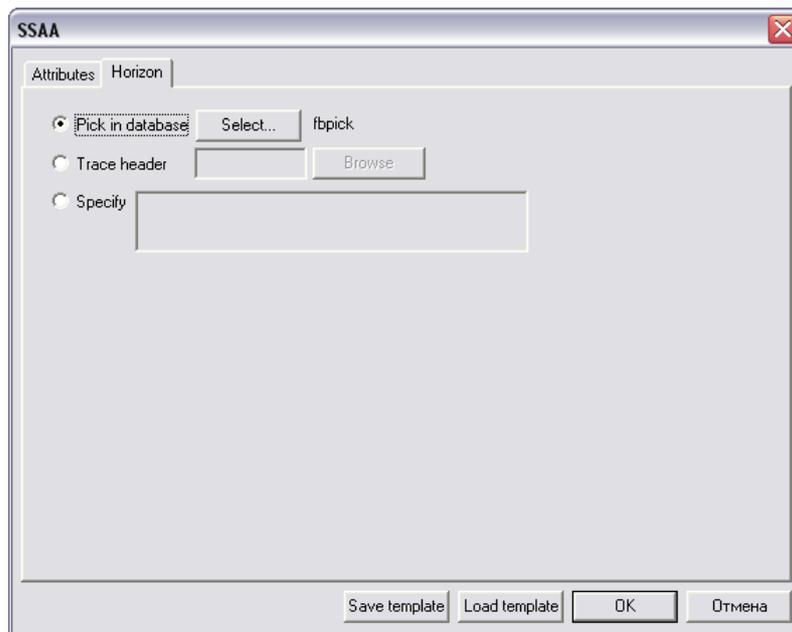
В модуле **Trace Input** выберите созданный в предыдущем потоке набор данных, содержащий отраженные **P-волны sp0_P_wave_ug**. Выберите один ключ сортировки: DEPTH, в поле Selection напишите *, т.к. мы будем читать весь диапазон данных.

Непосредственно построение пластовой скоростной модели производится в модуле **Advanced VSP Display**. Поступающая на вход модуля сейсмограмма должна в поле заголовка FBPICK содержать времена первых вступлений падающей P-волны волны. Для того, чтобы переписать их туда из пикировки **fbpick** мы воспользуемся модулем **SSAA**.

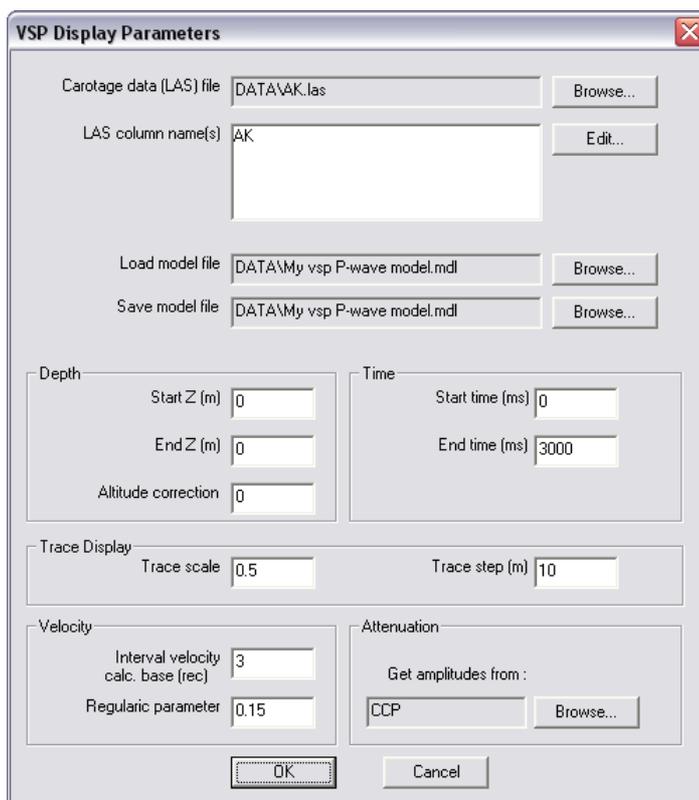
На первой вкладке диалога модуля **SSAA** диалога выберите атрибут **Peak amplitude time** (время, соответствующее максимальной амплитуде в окне), а так как в данном случае нас интересует точное время пикировки, то в поле **Window length** (длина окна поиска) поставьте 0. В выпадающем списке справа от названия атрибута выберите поле заголовка FBPICK, в который будут записаны полученные значения.



На второй вкладке диалога укажите в качестве горизонта пикировку первых вступлений **fbpick**.



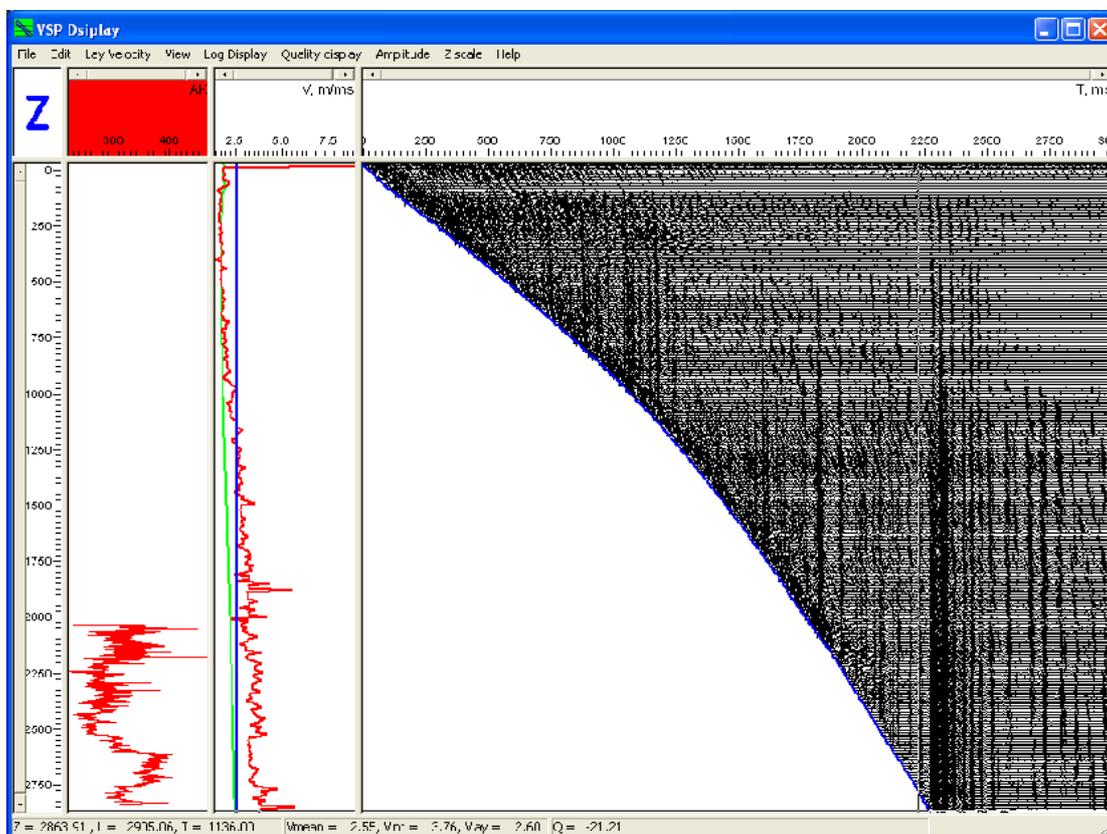
Теперь добавьте в поток модуль **Advanced VSP Display**. Выберите следующие параметры:



В поле **Save model file** укажите имя файла на диске, в который будет автоматически сохраняться построенная модель.

ВНИМАНИЕ: После первого выполнения потока рекомендуется то же имя файла модели, которое указано в поле **Save model file**, указать и в поле **Load model file** – тогда при последующих запусках потока можно будет продолжить работу с места последних изменений. Кроме того, поскольку при выходе из модуля *Advanced VSP Display* выходной файл модели автоматически сохраняется, указание его же в качестве входного файла поможет избежать нежелательной потери ранее созданной модели.

Запустите поток на выполнение. Откроется окно модуля **Advanced VSP Display**, подобное показанному ниже:



Построение скоростной модели включает в себя добавление и редактирование границ слоев и работу со шкалами, которые позволяют менять масштабы изображения.

Редактирование границ слоев

Границы слоев можно добавлять, удалять или перемещать.

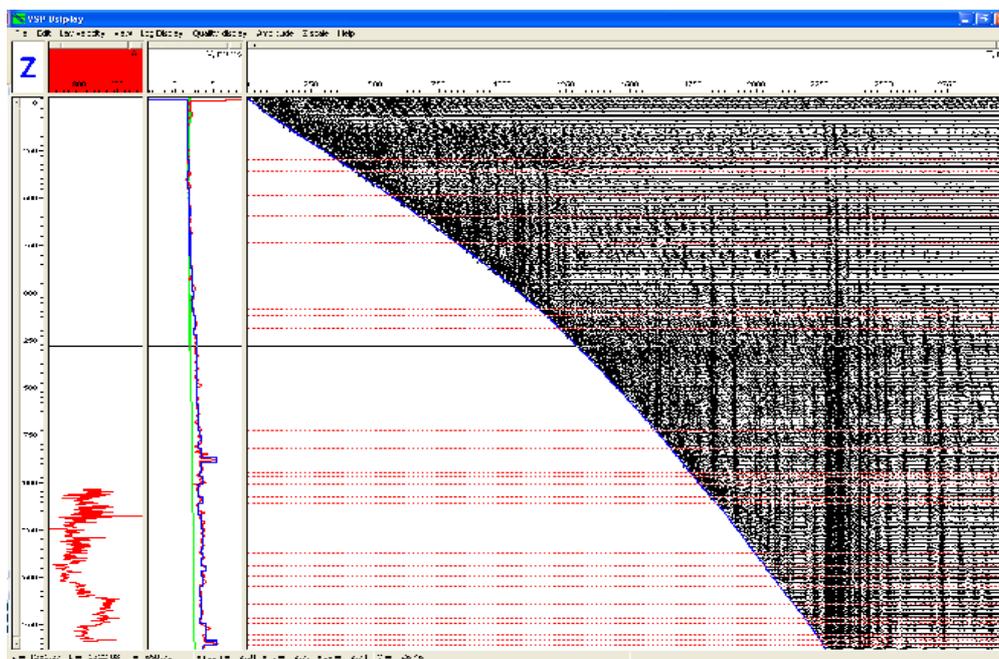
- Для добавления границы слоя щелкните левой кнопкой мыши в окне с сейсмограммой в том месте, куда должна быть добавлена граница.

- Для перемещения границы слоя захватите ее левой кнопкой мыши, перетащите границу в новое положение, после чего отпустите кнопку мыши.
- Для удаления границы используйте двойной щелчок правой кнопки мыши на границе.

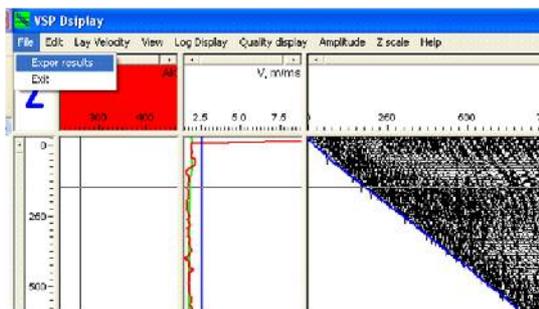
Работа со шкалами

Шкалы глубин, времен, значений параметров являются элементами управления и позволяют изменять соответствующий масштаб. Для этого нажмите левую кнопку мыши на начальном значении шкалы, удерживая ее нажатой переведите курсор на новое конечное значение шкалы, после чего отпустите кнопку. Для возврата к исходному масштабу по выбранной оси, щелкните на соответствующей шкале правой кнопкой мыши.

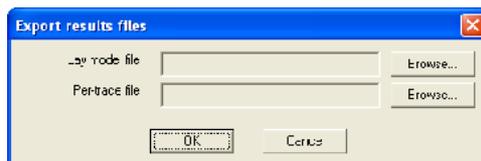
После построения скоростной модели результат должен выглядеть следующим образом



Результаты построения скоростной модели могут быть экспортированы в текстовый файл при помощи пункта меню **File/Export result**.



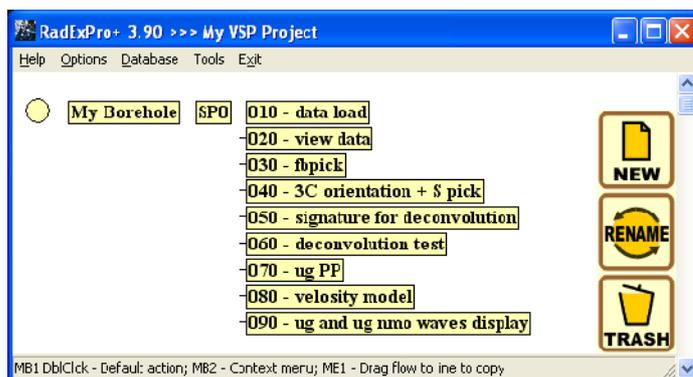
При выборе этого пункта меню открывается диалоговое окно, в котором пользователь задает имена текстовых файлов, в которые будут экспортированы результаты.



Lay model file — файл, содержащий пластовую скоростную модель

Per-trace file — файл, содержащий потрассную таблицу со значениями удвоенного вертикального годографа, средней и пластовой скоростей.

Визуализация поля отраженных волн и ввод кинематических поправок в данные для вывода поля отраженных волн на вертикаль. (090 — ug and ug nmo waves display)



Создайте новый поток **090 — ug and ug nmo waves display**. Поток будет содержать следующие модули:

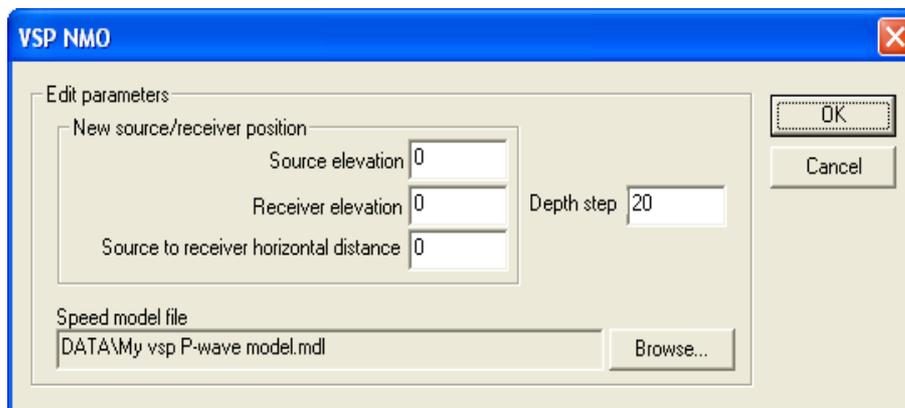
Trace Input <- sp0_P_wave_ug
Amplitude Correction
Trace Editing
VSP NMO
Trace Length
Resample
Trace Output -> sp0_ug_nmo
Screen Display

В модуле **Trace Input** укажите входной набор данных **sp0_P_wave_ug**, сортировку по полю DEPTH.

В модуле **Amplitude Correction** включите автоматическую регулировку усиления (**Automatic Gain Control**), установив длину оператора 200 мс.

Модуль **Trace Editing** мы используем для мьютинга записи в интервале до первых вступлений падающей Р – волны. В его диалоге выберите опцию **Top muting**, в качестве горизонта для мьютинга установите пикировку **fbpick for mute**.

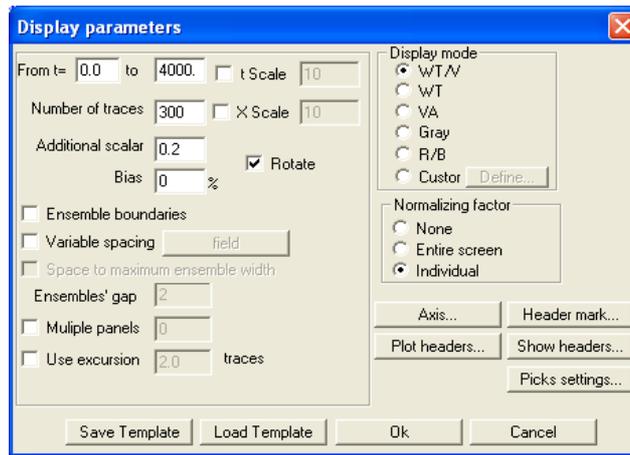
Для ввода кинематических поправок в данные ВСП воспользуйтесь модулем **VSP NMO**. Параметры модуля приведены на рисунке:



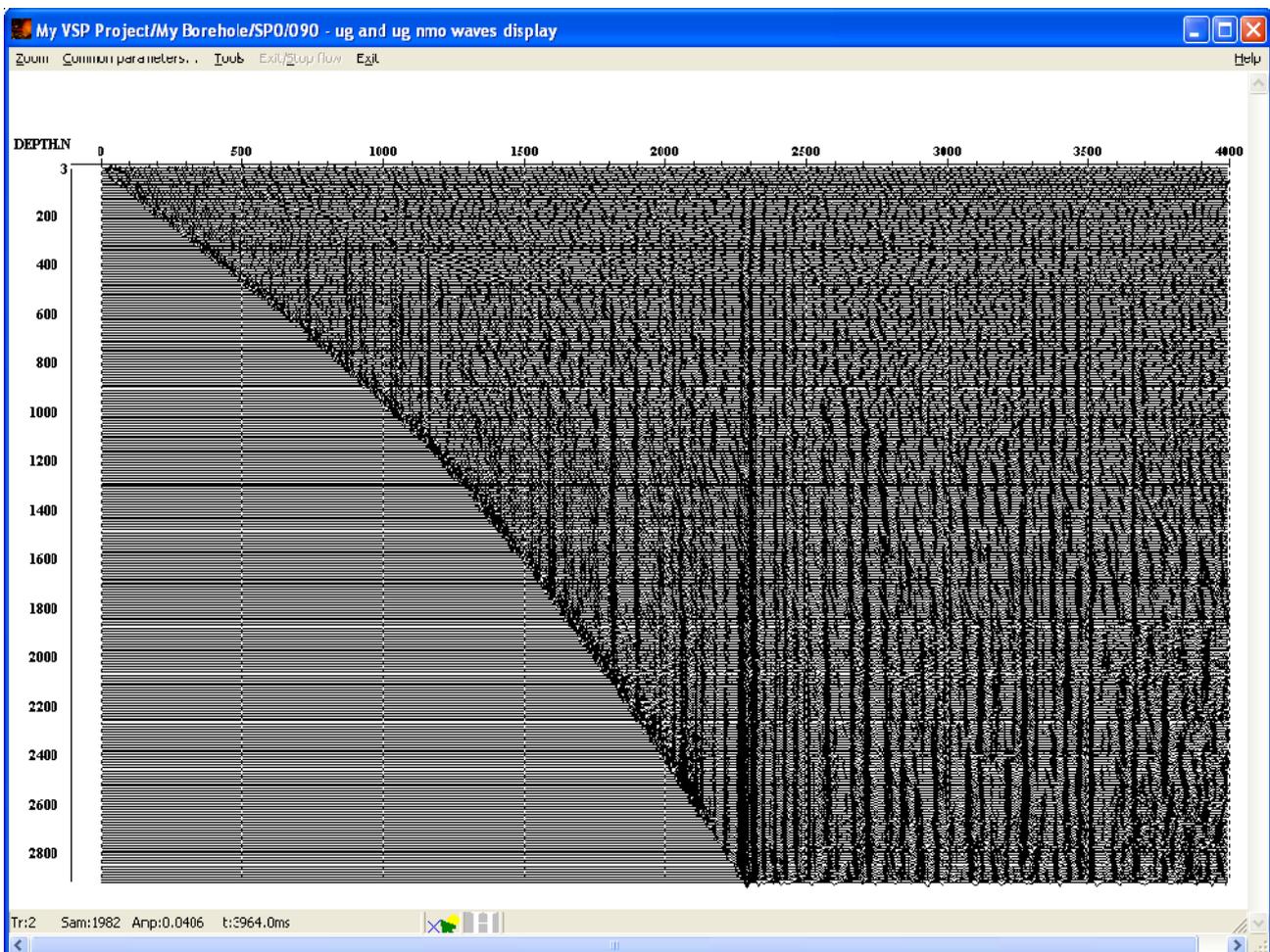
После этого, перед сохранением результата в базе данных и отображением его на экране вернемся к исходной длине трасс — 4 с. Для этого воспользуйтесь модулем **Trace Length**.

При помощи модуля **Trace Output** выпишите полученный результат в набор данных **sp0_ug_nmo**.

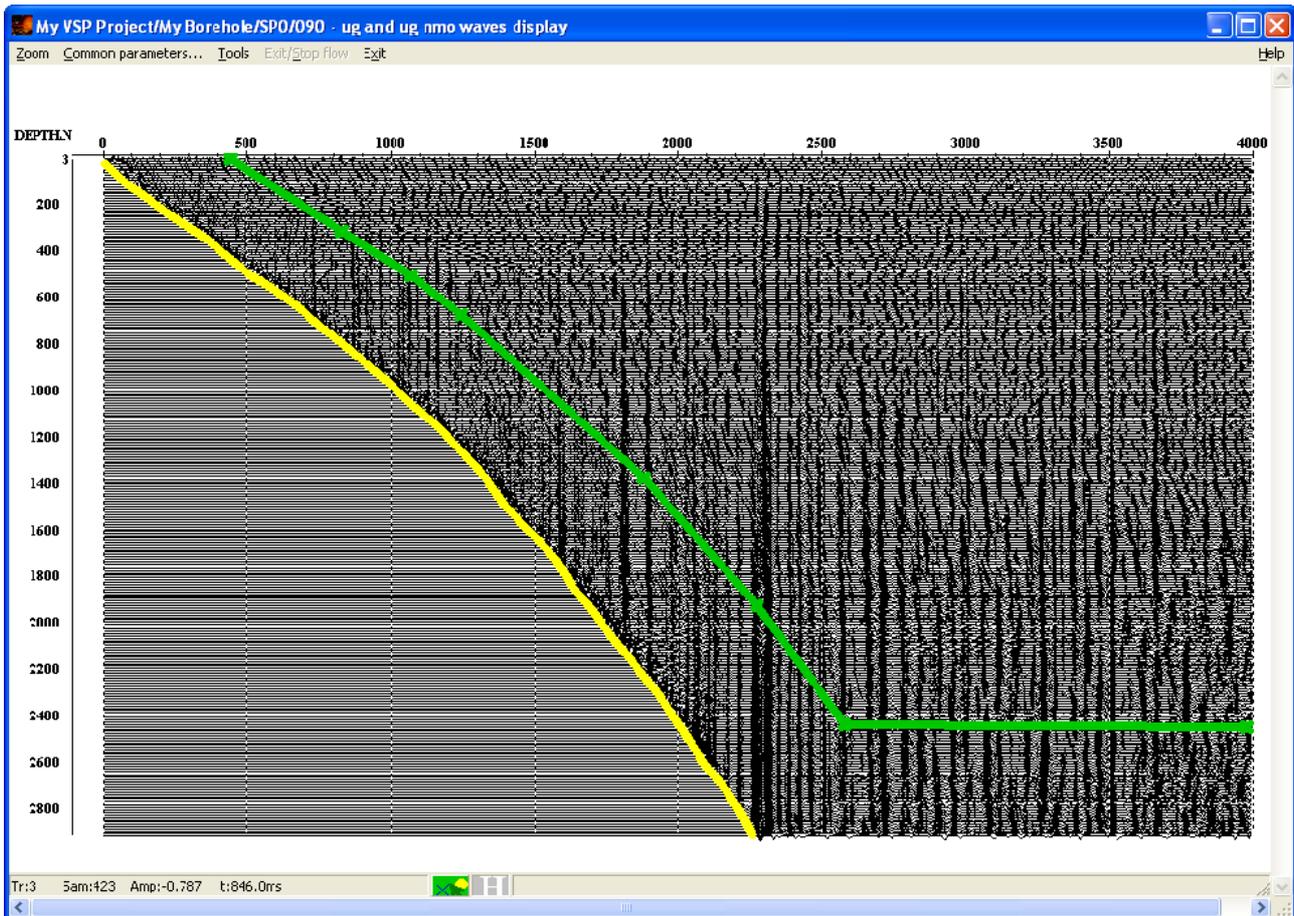
В конце потока для визуального контроля поставьте модуль **Screen Display** со следующими параметрами:



Результат выполнения потока представлен на рисунке:



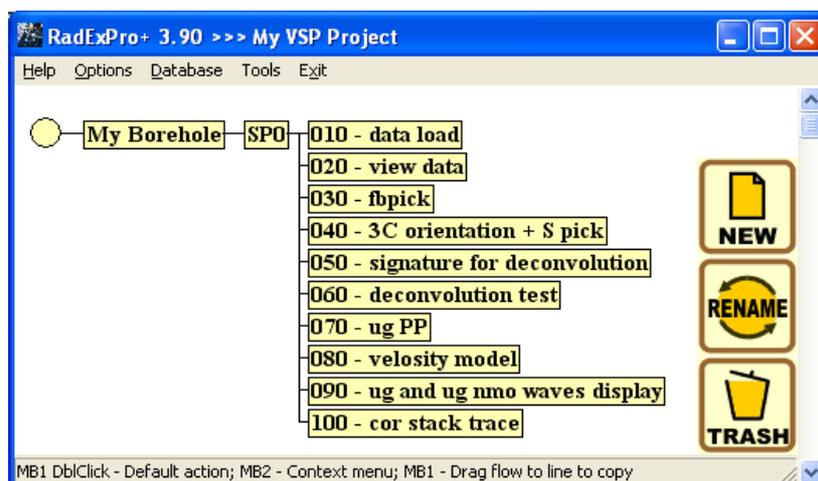
При помощи двух пикировок выделите окно для последующего построения трассы коридорного суммирования, как показано на следующем рисунке.



Сохраните пикировку первых вступлений (обозначена на рисунке желтым цветом) под именем **tw**, а пикировку, определяющую ширину окна для построения трассы коридорного суммирования (обозначена на рисунке зеленым цветом) под именем **cor summ** (сохраните обе пикировки на втором уровне дерева проекта).

[Построение трассы коридорного суммирования.](#)(100 — cor stack trace и 110 — cor sum)

Трасса коридорного суммирования получается путем суммирования данных в заданном окне вдоль годографа первых вступлений. Создайте новый поток **100 — cor stack trace**.

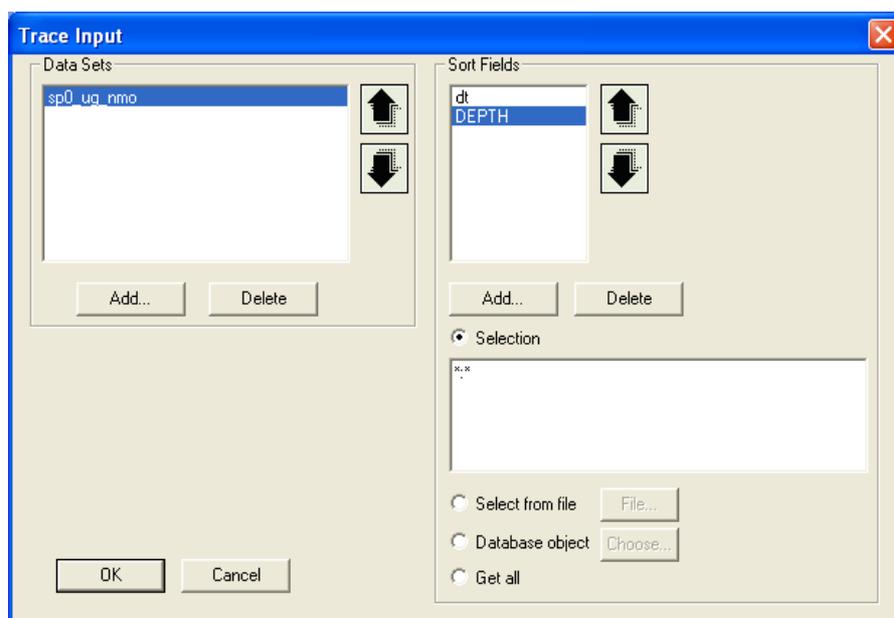


Поток будет содержать модули, перечисленные на рисунке:

```
Trace Input <- sp0_ug_nmo
Trace Editing
Trace Editing
Ensemble Stack
Amplitude Correction
Trace Output -> sp0-cor stack
Screen Display
```

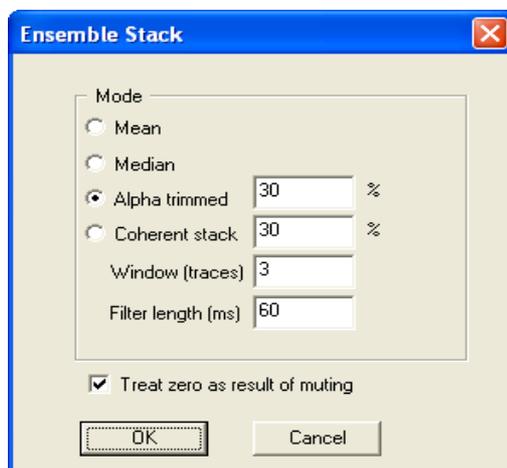
В этом потоке мы считаем поле отраженных Р-волн с введенными кинематическими поправками, при помощи верхнего и нижнего мьютингов вырежем из него интервал вдоль годографа первых вступлений, просуммируем все трассы в одну, выровняем амплитуды вдоль трассы и выпишем полученный результат.

Модуль **Ensemble Stack** суммирует трассы в пределах ансамбля, определяемого первым ключом сортировки. Поскольку сейчас мы хотим просуммировать все трассы, первым ключом сортировки в модуле **Trace Input** следует указать такое поле заголовка, значение которого заведомо одинаково у всех трасс, например шаг дискретизации DT:

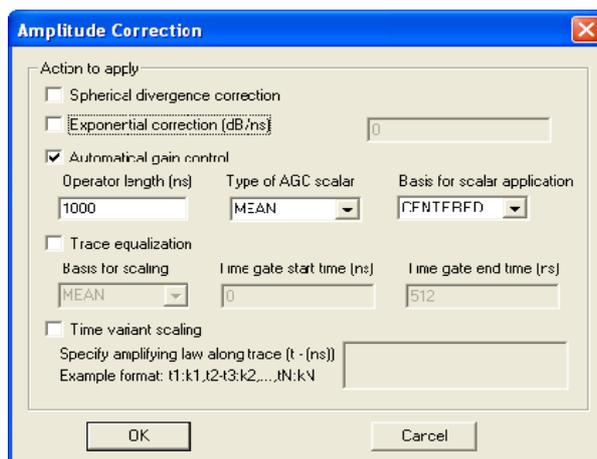


Далее, два модуля **Trace Editing** предназначены для последовательного выполнения верхнего и нижнего мьютинга. Верхний мьютинг (Top muting) выполняется вдоль пикировки **wt**, нижний мьютинг (Bottom muting) выполняется вдоль пикировки **cor_summ**.

В модуле **Ensemble Stack** выберите опцию Alpha trimmed с порогом отсечения 30%. Это позволит избежать влияния выбросов на результаты суммирования:



В модуле **Amplitude correction** включите автоматическую регулировку усиления в окне 1000 мс (Automatical gain control).



Выпишите полученную трассу при помощи модуля *Trace Output* в отдельный набор данных под именем **sp0-cor stack**.

В конце потока модуль *Screen Display* обеспечивает визуальный контроль результата.

Результат выполнения потока показан на рисунке:

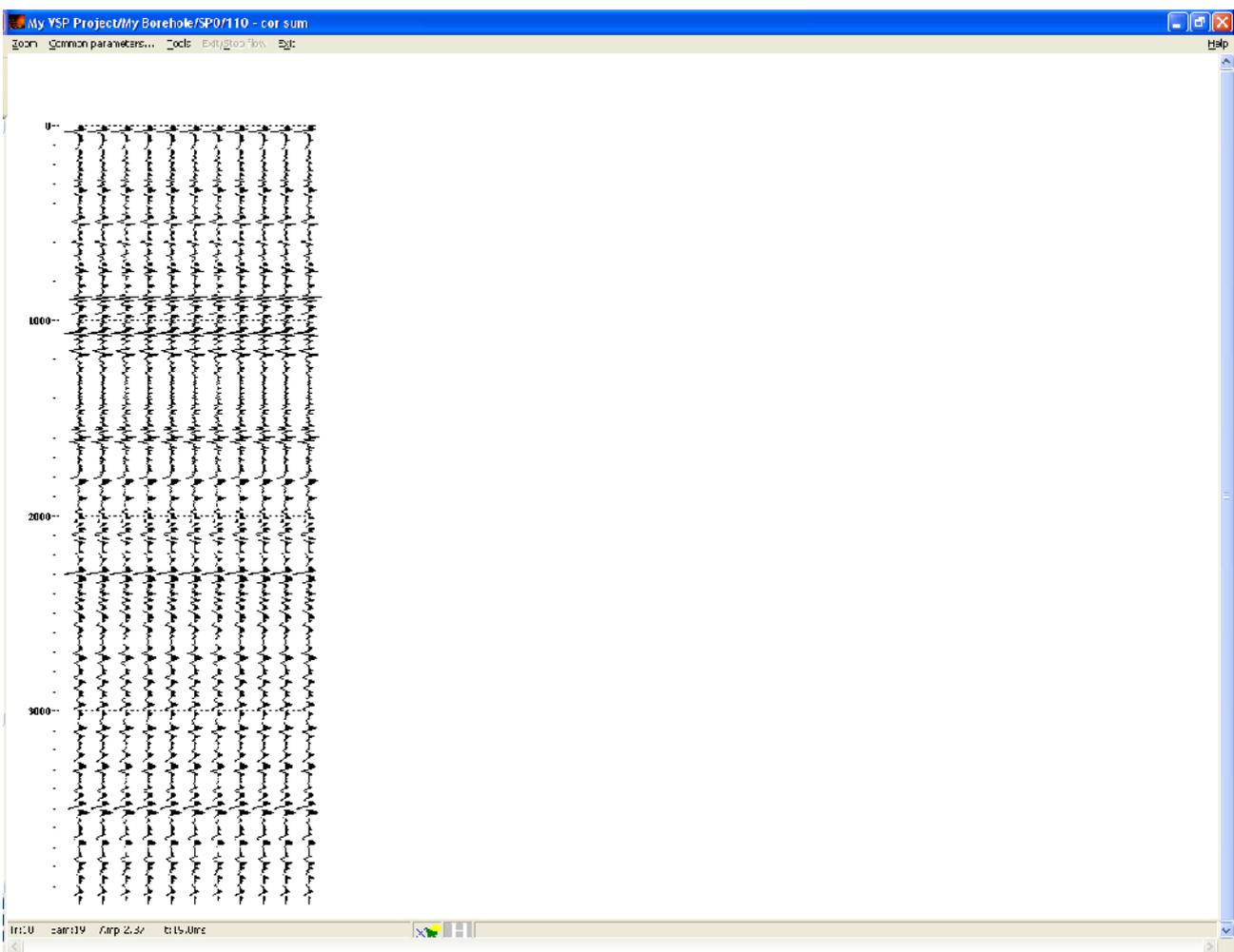


Полученная трасса коридорного суммирования в дальнейшем будет использоваться для привязки данных ВСП к данным сейсмоки. Такую привязку гораздо удобнее проводить не по одной трассе, а по «псевдо-разрезу», составленному из нескольких одинаковых трасс. Для создания такого «псевдо-разреза» мы создадим новый поток — **110 — cor sum**.

В этом потоке поставьте несколько одинаковых модулей *Trace Input*, каждый из которых будет загружать в поток одну и ту же трассу коридорного суммирования. Результат при помощи модуля *Trace Output* сохраните в новый набор данных — **sp0-cor stack**. В конце поставьте модуль *Screen Display* для визуализации сохраняемого набора данных на экране. Поток будет выглядеть следующим образом:

```
Trace Input <- sp0-cor stack
Trace Output -> sp0-cor summ
Screen Display
```

Получаемый в результате выполнения потока «псевдо-разрез» может выглядеть так:



Подготовка данных ВСП для привязки к данным сейсмоки (120 — ug vsp nmo waves for well tie и 130 — cor stack for well tie).

Перед привязкой данных ВСП (как поля отраженных волн, так и трассы коридорного

суммирования) к наземной сейсморазведке необходимо привести волновое поле ВСП к виду, максимально похожему на данные наземной сейсморазведки. В частности, нужно сделать так, чтобы трассы ВСП были записаны с тем же интервалом дискретизации, что и сеймика, имели бы такую же длину и сходный частотный состав.

Для подготовки поля отраженных волн создадим поток **120 - ug vsp nmo waves for well tie**. Он будет состоять из следующих модулей:

```
Trace Input <- sp0_ug_nmo
Resample
Trace Length
Bandpass Filtering
Trace Header Math
Trace Editing
Trace Output -> sp0-ug nmo for well tie
Screen Display
```

При помощи **Trace Input** загрузим в поток поле отраженных Р-волн с введенными в него кинематическими поправками. При помощи модуля **Resample** передискретизируем данные ВСП на новый интервал дискретизации, такой же как в данных наземной сеймики (2 мс). При помощи модуля установим **Trace Length** новую длину трассы — 3700 мс.

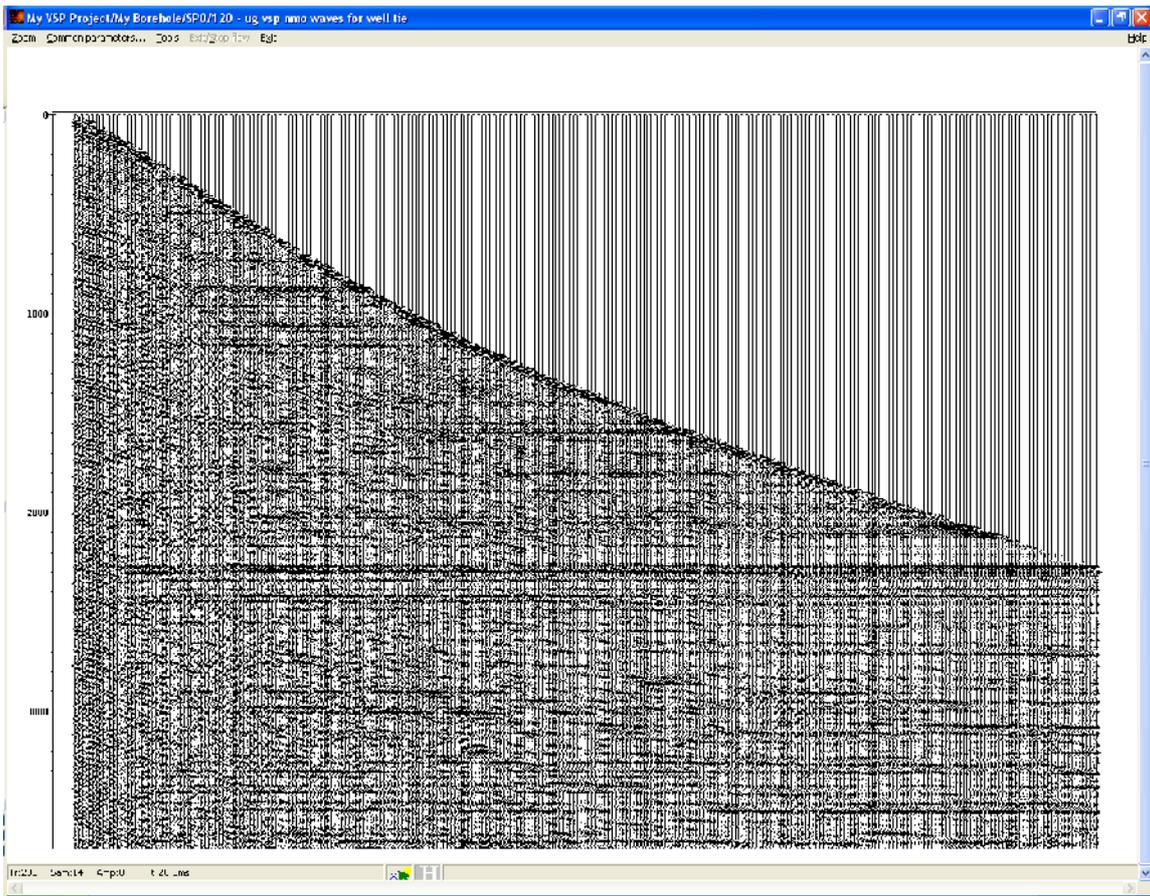
Для коррекции частотного состава данных ВСП воспользуемся модулем **Bandpass Filtering**. Как правило, сейсмические данные, по сравнению с данными ВСП, отличаются более низкочастотным спектром. Выравнивание спектров данных ВСП и сеймики улучшает качество привязки. Параметры фильтра должны быть подобраны опытным путем после анализа данных сеймики. В данном случае мы остановились на следующих параметрах фильтра:



Воспользуемся модулем *Trace Header Math* для того, чтобы присвоить рассматриваемому полю отраженных волн уникальный порядковый номер — это поможет нам в дальнейшем отличать данные разных типов при их совместной визуализации. Для присвоения порядкового номера выберите один из незаполненных заголовков целого типа (integer). В этом примере мы использовали заголовок `spfind`. Присвойте ему значение равное 3.

Далее при помощи модуля *Trace Editing* выполним верхний мьютинг. В качестве горизонта, задающего мьютинг, используем пикировку первых вступлений после кинематических поправок — `tw`.

Наконец сохраним подготовленные таким образом данные под именем `sp0-ug nmo for well tie` при помощи модуля *Trace Output* и выведем их на экран при помощи модуля *Screen Display*. Результат выполнения потока показан на рисунке:



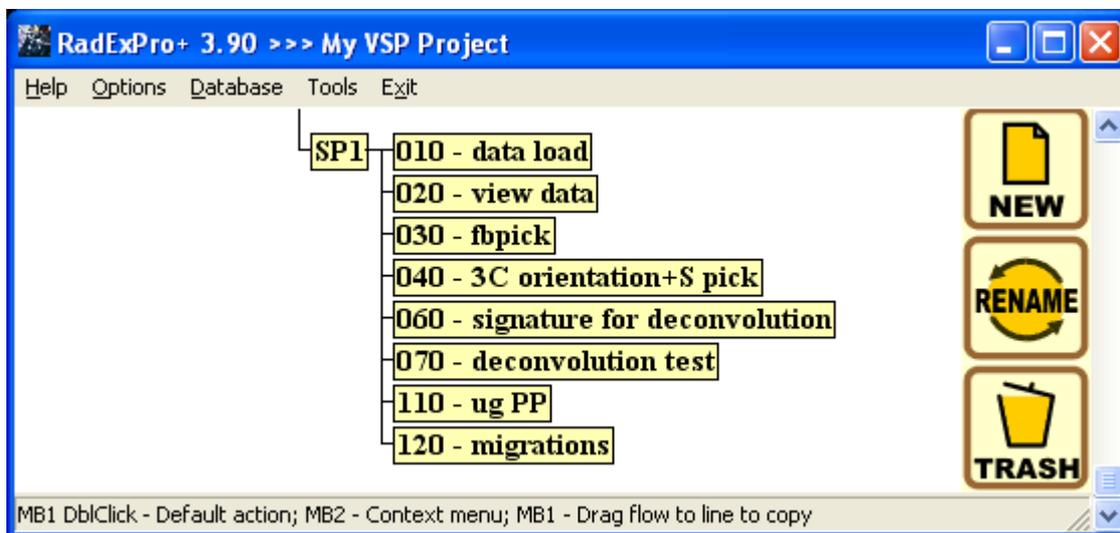
Аналогичным образом подготовим разрез трасс коридорного суммирования. Мы сделаем это в отдельном потоке — **130 — cor stack for well tie**. Этот поток состоит из тех же модулей с теми же параметрами, только на вход потока подается разрез трасс коридорного суммирования, и в модуле *Trace Header Math* в заголовок `sfrind` этих трасс присваивается порядковый номер 2. Результат выпишем в набор данных **sp0-cor summ for WT**.

```
Trace Input <- sp0-corr summ
Resample
Trace Length
Bandpass Filtering
Trace Header Math
Trace Editing
Trace Output -> sp0-cor summ for WT
Screen Display
```

Обработка непродольного ВСП

Обработка непродольного ВСП нацелена на выделение поля отраженных Р- волн и

построения мигрированных разрезов ВСП и ВСП-ОГТ. Для обработки этих данных мы создадим в базе данных проекта второй пункт взрыва – SP1. Структура потоков обработки данных непродольного ВСП показана ниже:



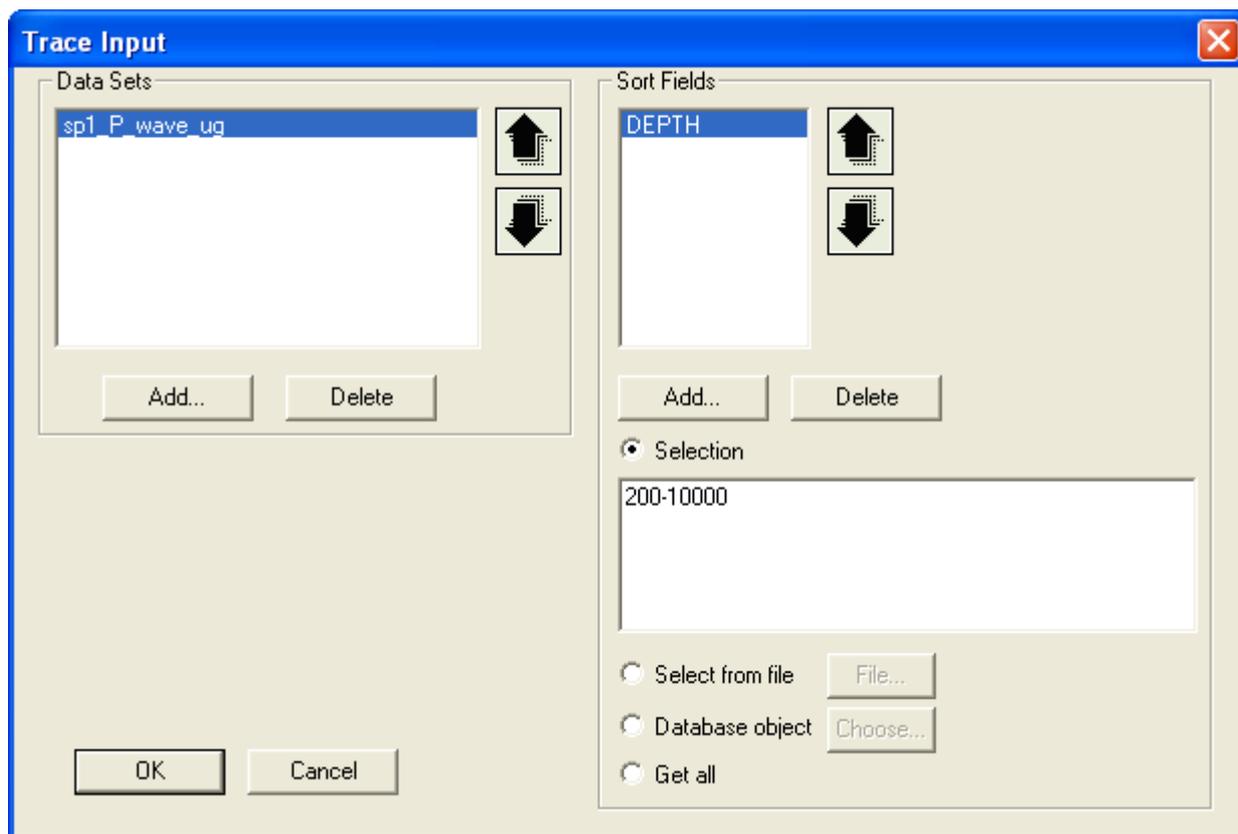
Как видно уже из структуры потоков и их названий, обработка данных непродольного ВСП до этапа миграции в целом проводится точно так же, как и обработка данных продольного ВСП — загружаются данные, пикируются первые вступления, проводится ориентация компонент на пункт возбуждения, тестируются параметры деконволюции, и в результате производится выделение поля отраженных волн. Набор процедур в потоках и их параметры иногда несколько отличаются от использованных в предыдущем случае. Это связано с особенностями конкретных данных, характером помех и т.п. Однако общая логика обработки остается неизменной, поэтому мы не будем здесь останавливаться на этих потоках и предлагаем Вам ознакомиться с ними самостоятельно. Мы же перейдем непосредственно к описанию потока **120 — migrations**, в котором проводится построение мигрированных разрезов и разрезов ВСП-ОГТ.

Построение мигрированных разрезов ВСП и разрезов ВСП-ОГТ (080 — migrations).

Данный поток будет состоять из следующих модулей:

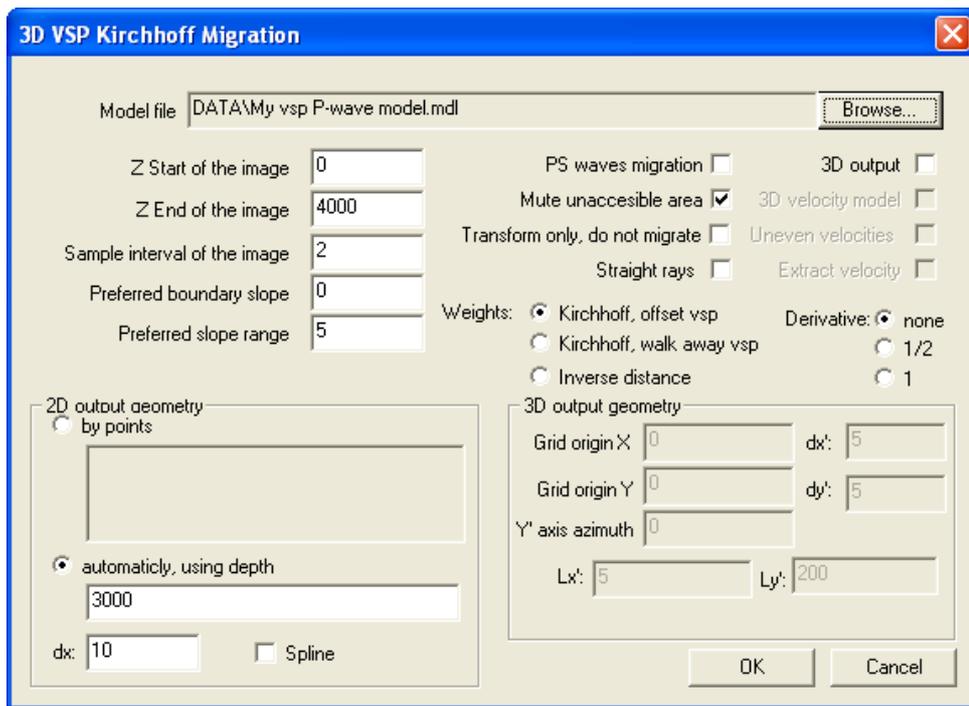
```
Trace Input <- sp1_P_wave_ug
2D-3D VSP Migration
***2D-3D VSP Migration
Screen Display
```

В модуле *Trace Input* прочитаем полученное в результате выполнения предыдущего потока поле отраженных Р-волн:

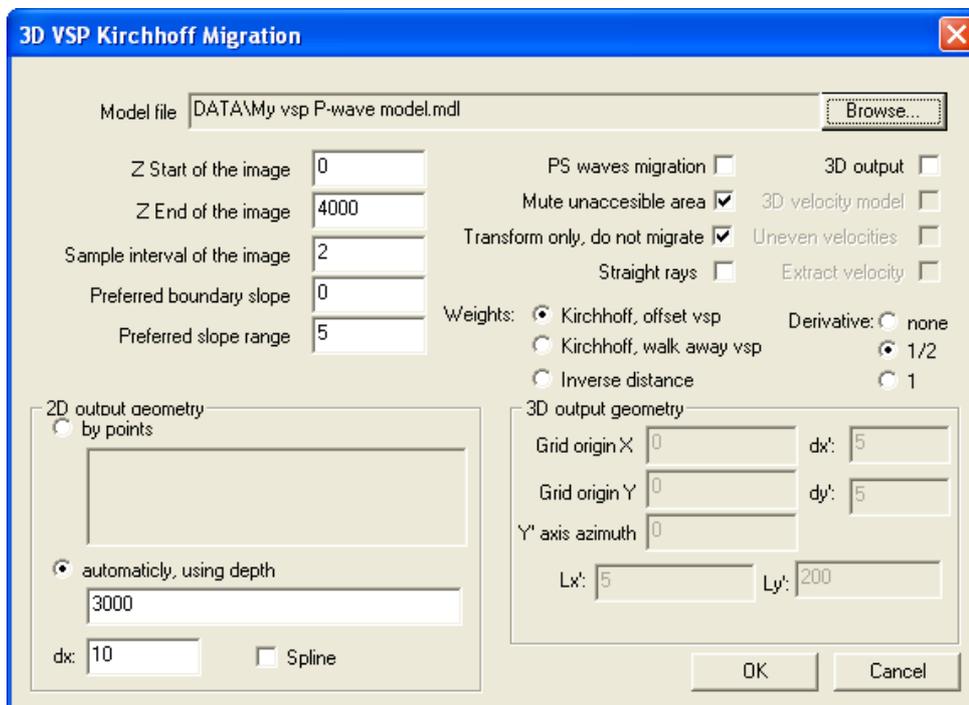


Далее используем модуль *2D-3D VSP Migration* — в зависимости от параметров он позволяет проводить либо миграцию, либо ВСП-ОГТ трансформацию.

Для получения мигрированного разреза ВСП используйте следующие параметры:

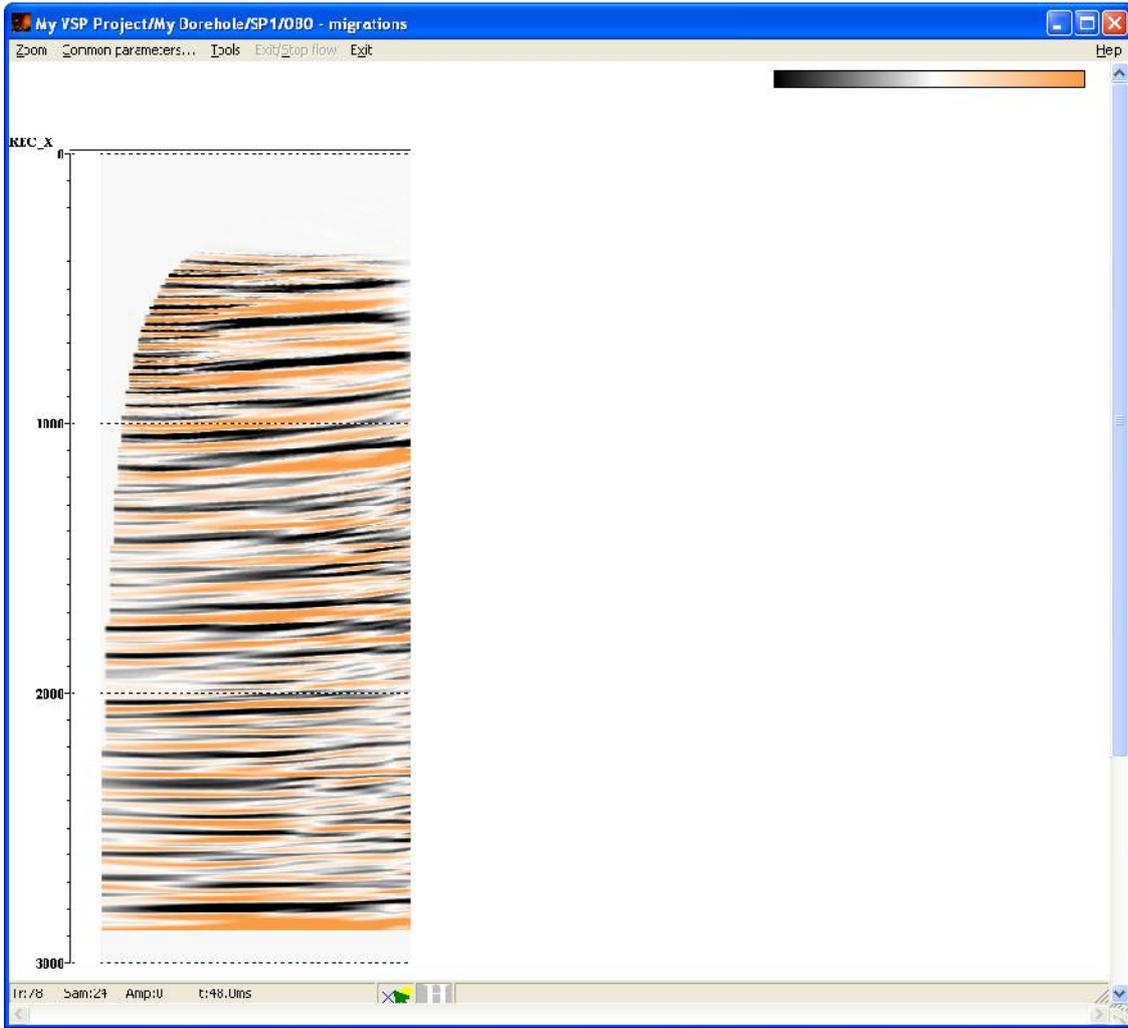


Для получения разреза ВСП-ОГТ необходимо использование параметров, как указано на следующем рисунке:

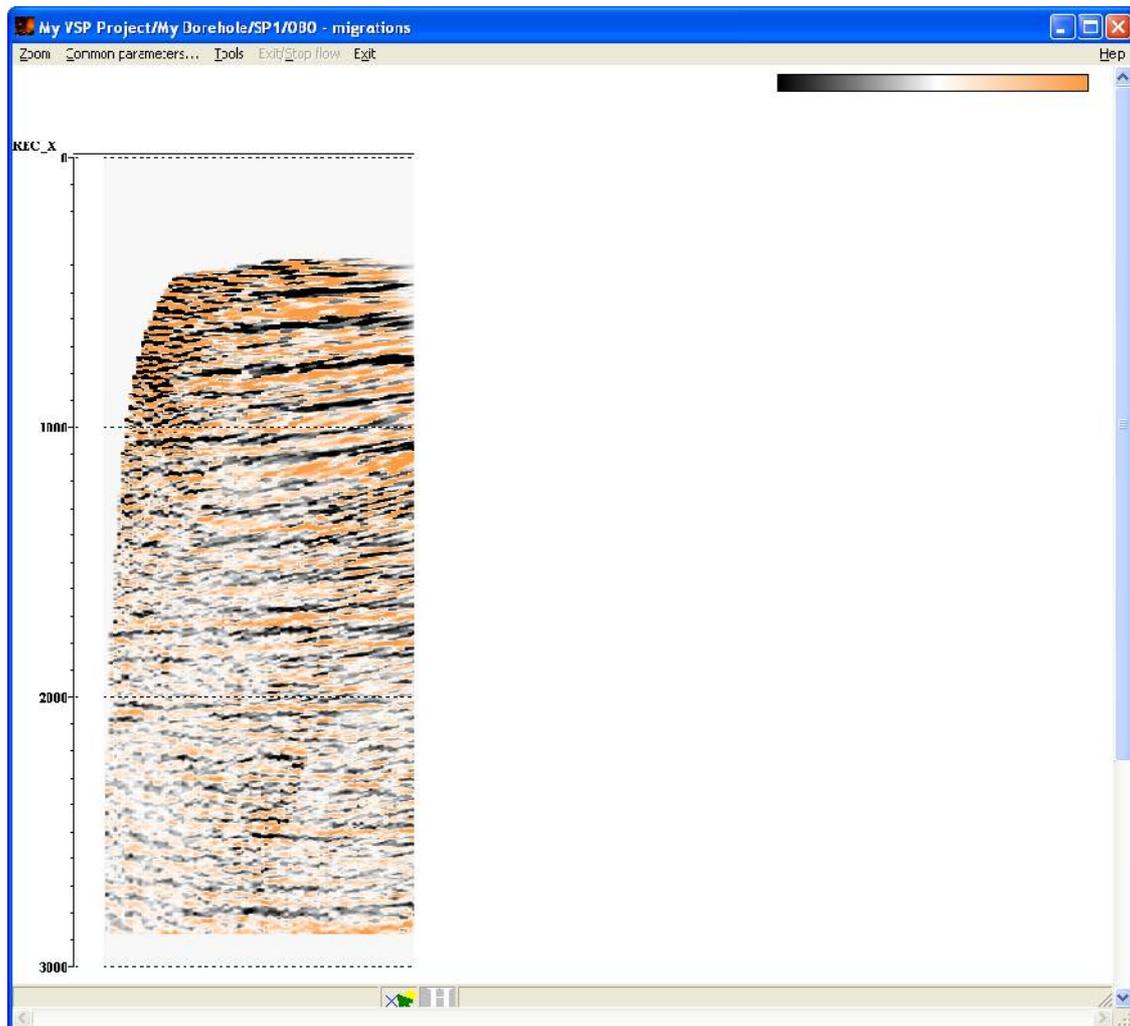


Результаты выполнения потока для обоих случаев показаны ниже.

Результат миграции:

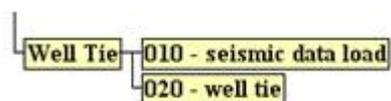


Результат ВСП-ОГТ преобразования:



Замечание. Для успешной работы модуля 2D-3D VSP Migration необходимо наличие данных с правильно введенной геометрией, а также использование корректной скоростной модели.

Привязка данных ВСП к сейсмике (Well Tie)

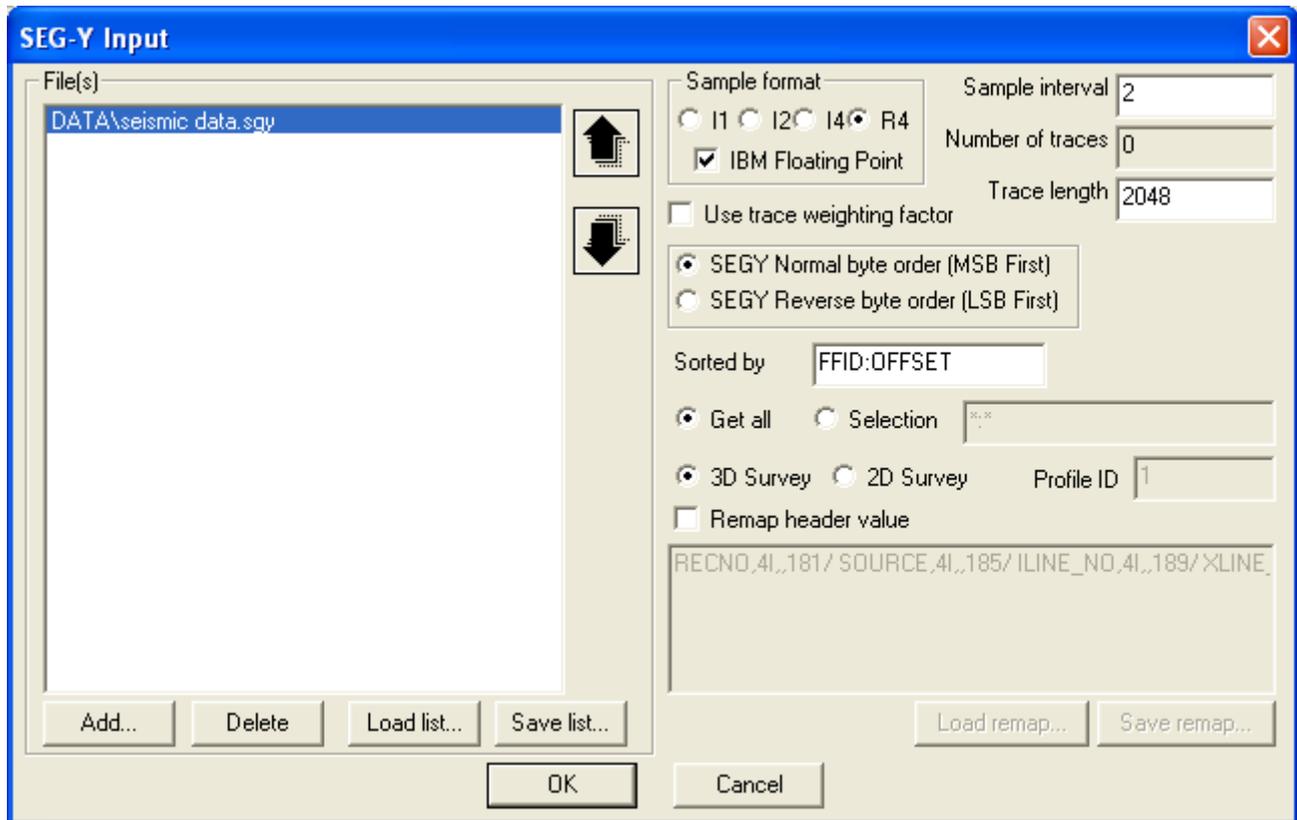


Ввод сейсмических данных в проект (010 — seismic data load)

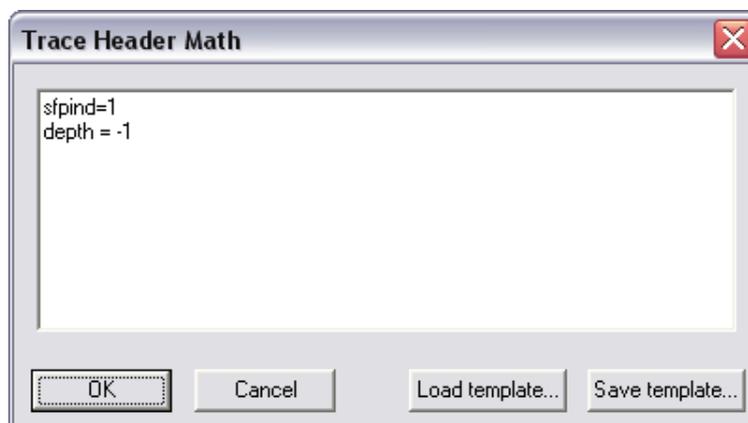
Поток будет состоять из набора следующих модулей, параметры которых приведены ниже:

SEG-Y Input <- seismic data.sgy
Trace Header Math
Trace Output -> seismic data

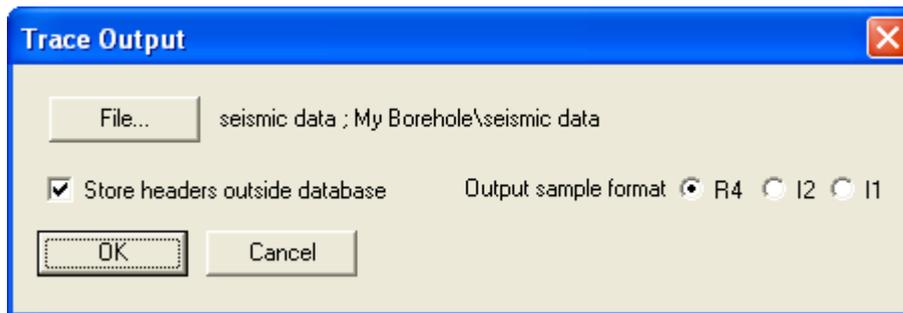
Модуль **SEG-Y Input** загружает в поток сейсмические данные из файла в формате SEG-Y:



При помощи модуля **Trace Header Math** зададим сейсмическим данным уникальный порядковый номер, который мы будем использовать при последующей привязке. Кроме того, т.к. в сейсмике поле DEPTH не имеет смысла, мы присвоим ему значение -1 (это понадобится нам при печати результатов в потоке **030 - plotting**):



Выпишем данные в базу проекта при помощи модуля *Trace Output*:



Привязка данных ВСП к данным MOB ОГТ (020 – well tie)

Поток будет состоять из следующих модулей:

```
Trace Input <- sp0-ug nmo for well tie
Trace Input <- sp0-cor summ for WT
Trace Header Math
***Apply Statics
Trace Input <- seismic data
Ensemble Equalization
Trace Length
***Trace Output -> tied data
Screen Display
```

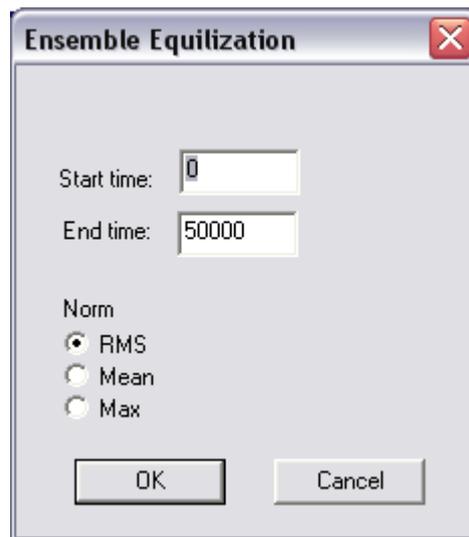
В отдельных экземплярах модуля *Trace Input* считаем последовательно данные сейсмоки (**seismic data**), набор трасс коридорного суммирования (**sp0-cor summ for WT**) и поле отраженных волн с введенными кинематическими поправками (**sp0-ug nmo for well tie**). Для данных ВСП укажите сортировку SFPIND:DEPTH, для сейсмических данных — SFPIND:CDP. Указание в качестве первого поля сортировки заголовка SFPIND, в который мы ранее записали для каждого типа данных уникальный номер, позволяет системе считать каждый тип данных одним отдельным ансамблем.

Далее в модуле *Trace Header Math* присвоим полю заголовка CDP в трассах ВСП значение -1 (это понадобится нам при печати результатов в потоке **030 – plotting**).

Расположенный далее модуль *Apply Statics* позволяет ввести общий сдвиг в данные сдвинуть данные ВСП относительно данных сейсмки. Пока он в потоке закомментирован, мы воспользуемся им позднее.

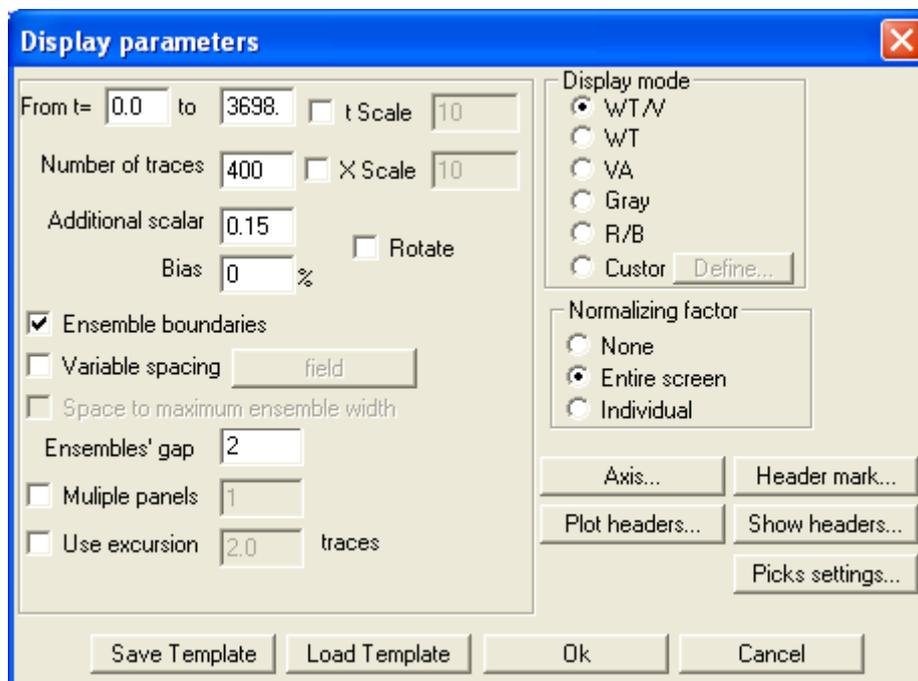
Поскольку данные ВСП и сейсмоки могут иметь (и имеют) существенно разный общий уровень усиления, воспользуемся модулем *Ensemble Equalization*, который выравнивает

амплитуды между ансамблями. Параметры модуля показаны ниже:

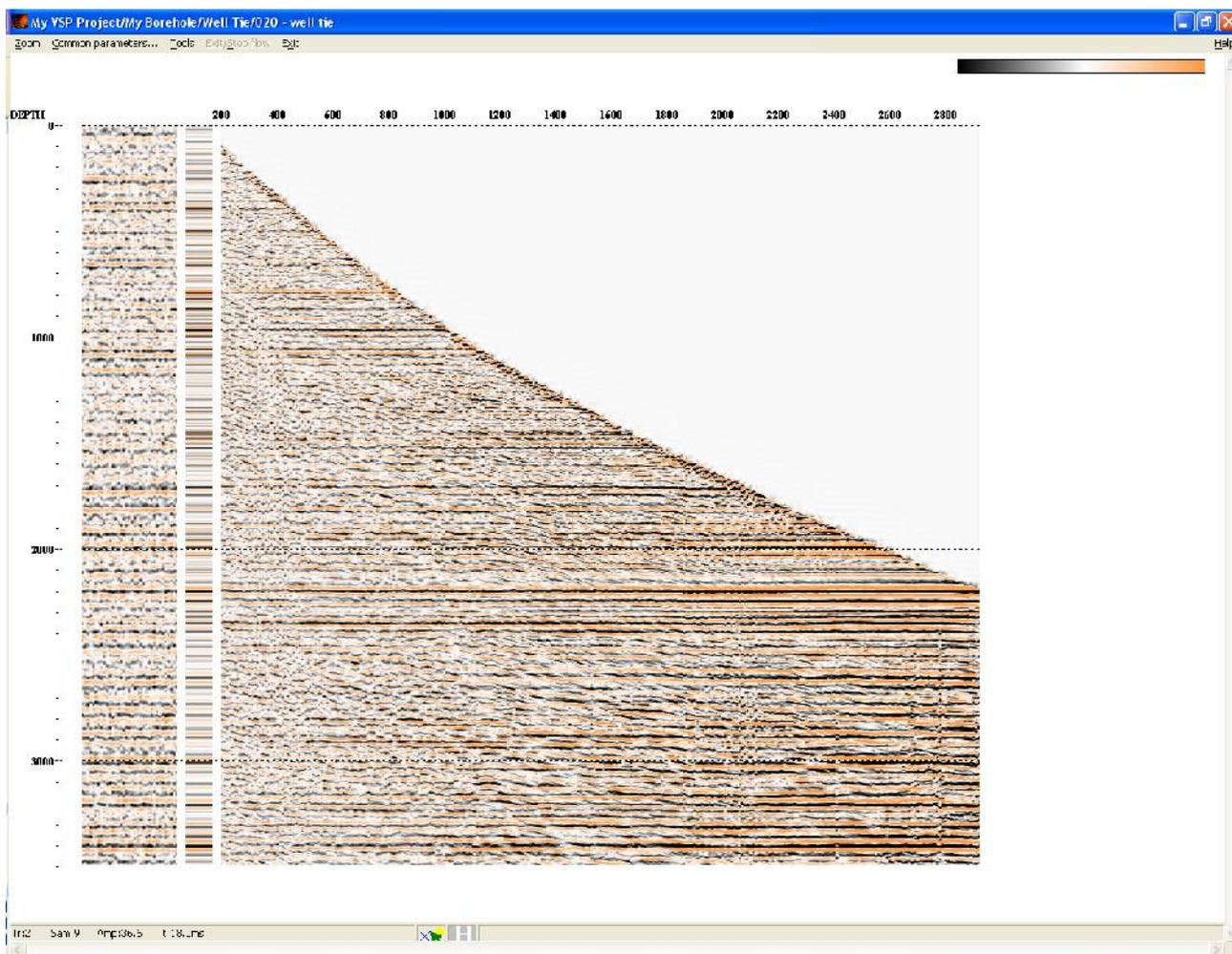


Здесь мы указали, что нормировка ансамблей будет производиться по среднеквадратичным амплитудам, оцененным по всей длине трасс (окно указано от 0 до заведомо превышающего длину трасс значения).

Далее данные обрезаются до длины 3500 мс (модуль *Trace Length*), сохраняются в базу данных проекта в виде объединенного набора данных **tied data** (модуль *Trace Output*) и выводятся на экран при помощи модуля *Screen Display* со следующими параметрами:

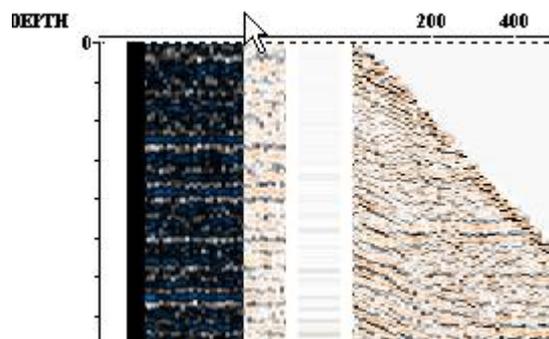


Результат выполнения потока представлен на следующем рисунке:

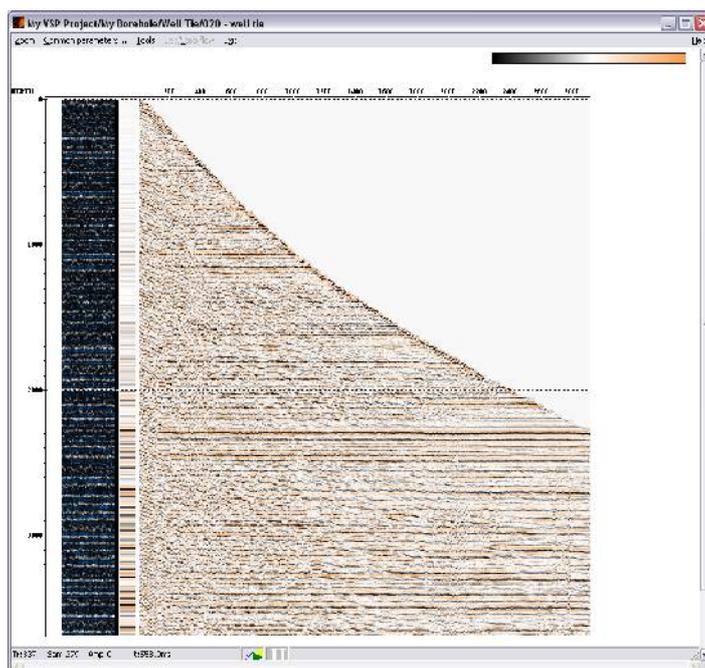


Видно, что данные сейсмике и ВСП сдвинуты друг относительно друга. Нам придется ввести в данные ВСП постоянный сдвиг, чтобы привязать их к сейсмике. Чтобы определить этот сдвиг, можно выделить данные сейсмике при помощи мыши, и интерактивно подвигать их вверх и вниз.

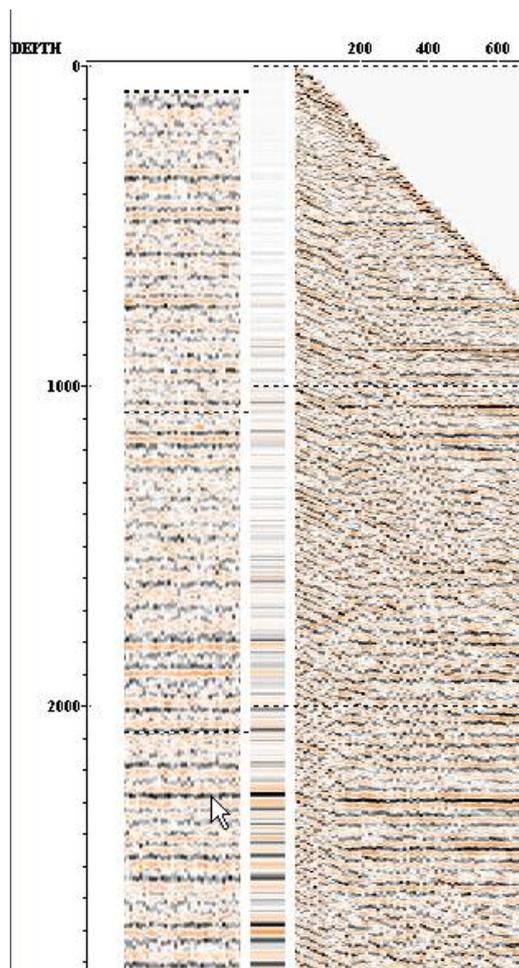
Для выделения диапазона трасс поставьте курсор мыши в области над трассами на начало диапазона, нажмите левую кнопку мыши, удерживая ее нажатой, переместите курсор на конец диапазона, и отпустите кнопку. При этом выделяемый участок будет отмечен инверсией цветовой палитры. Процесс выделения данных сейсмике при помощи мыши показан на следующем рисунке:



Окно *Screen Display* с выделенными трассами сейсмике выглядят так:

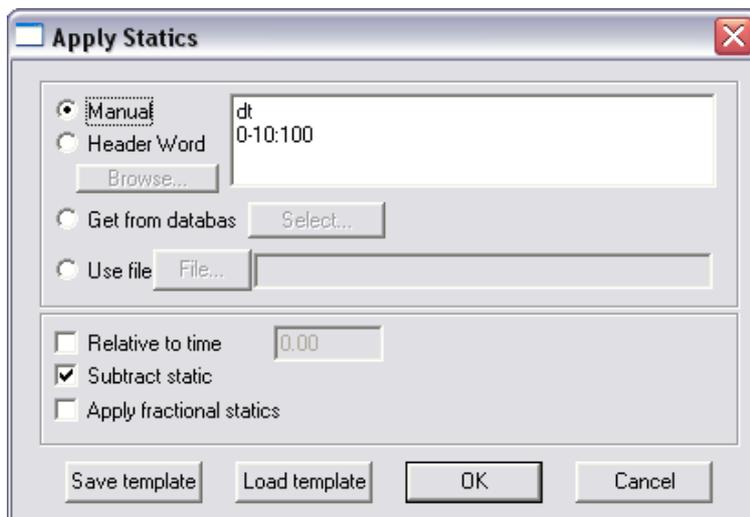


Теперь «захватим» выделенный участок левой кнопкой мыши и сдвинем его вниз, таким образом, чтобы добиться наилучшего совпадения отражений на сейсмике и на данных ВСП. В момент «захвата» выделенный участок вновь отображается в своих обычных цветах для удобства сопоставления:

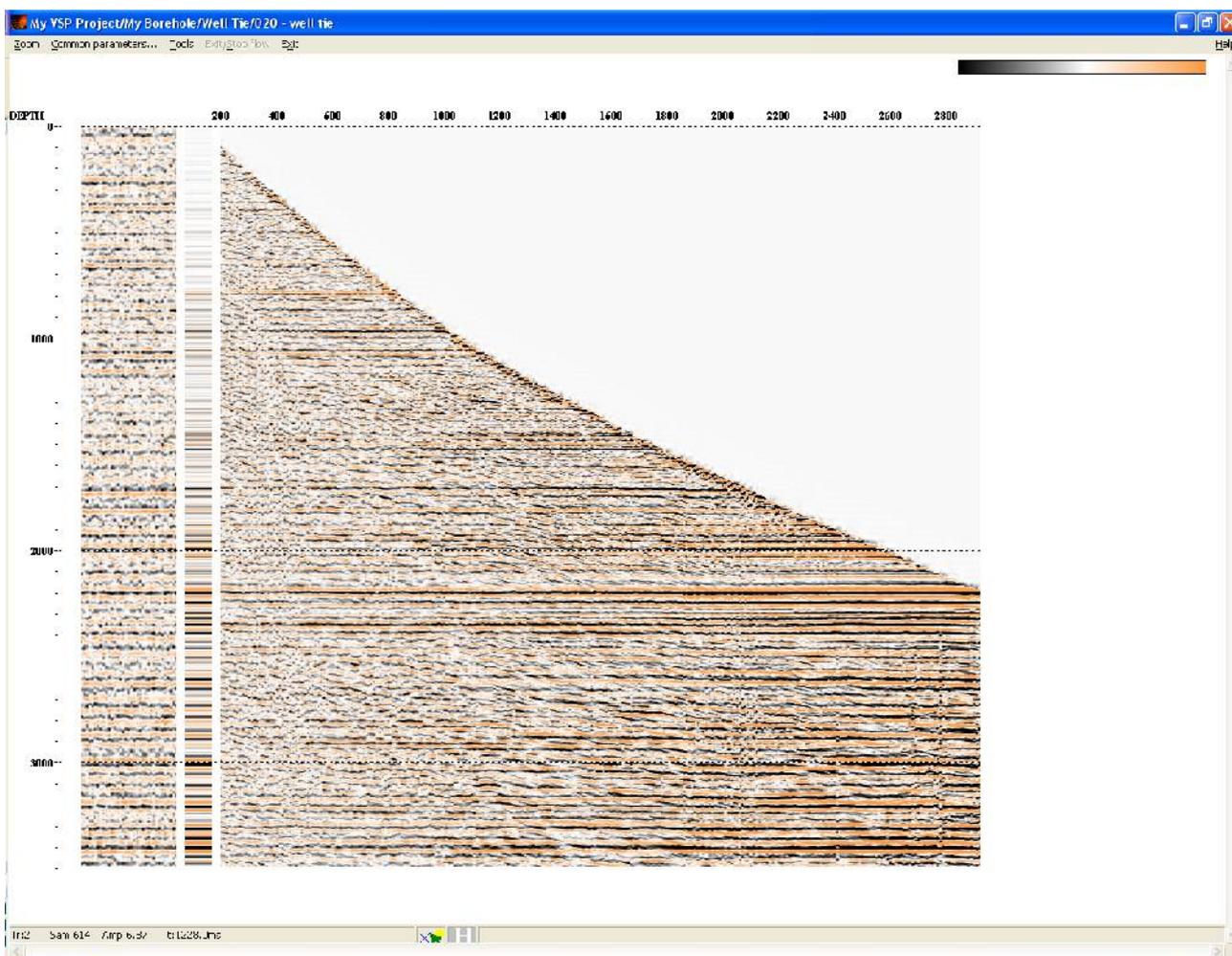


После того, как мы добились совпадения отражений, глядя на значения, отображаемые в строке состояния нужно определить значения сдвига. В данном случае, мы сдвинули сейсмику на 100 мс.

Теперь воспользуемся модулем *Apply Statics*, чтобы ввести этот сдвиг с обратным знаком в данные ВСП:



В результате выполнения потока с включенным модулем *Apply Statics* должен получиться следующий результат:



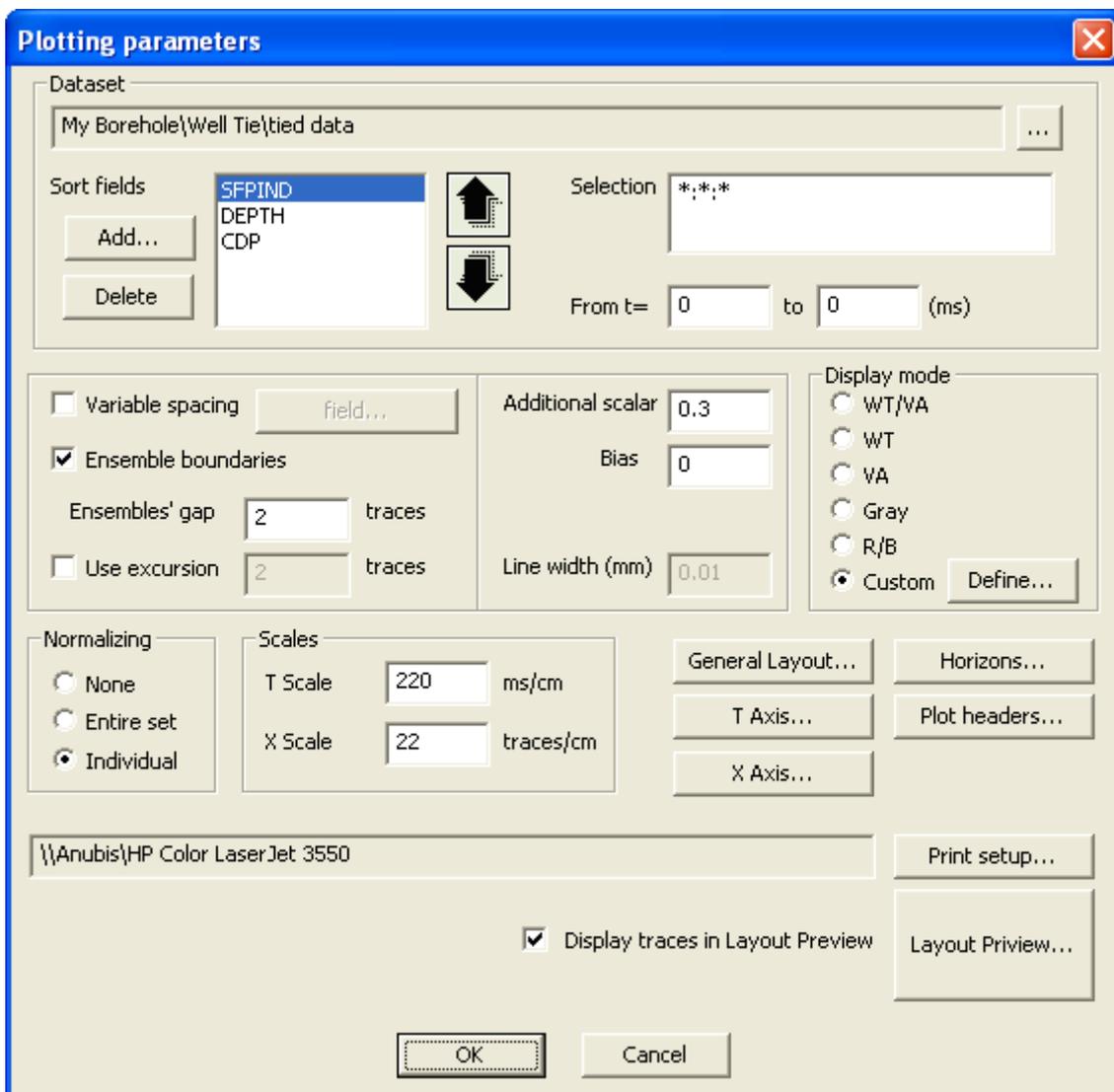
Печать результатов обработки (030 – plotting)

Поток предназначен для печати результата привязка данных ВСП и ОГТ на любое печатное устройство, совместимое с операционной системой Windows, либо в один из стандартных форматов просмотра текста и изображения: *.pdf, *.jpg, *.tif, *.bmp и т.д. (для печати в графические форматы воспользуйтесь одним из многочисленных доступных в интернете бесплатных виртуальных принтеров, например Bullzip PDF Printer, doPDF, Easy JPEG Printer и др.).

Поток будет состоять из единственного модуля **Plotting** (это так называемый Stand Alone модуль, самостоятельно формирующий поток). Модуль позволяет настраивать параметры отображения данных (сортировка, способ изображения, масштаб, усиление, печать

пикировок и графиков заголовков, ширина линий, размер шрифтов и т.д.), печатать текстовую и графическую этикетки, а также работать со всеми стандартными настройками печати (в том числе делать предварительный просмотр изображения перед печатью).

Выберите параметры модуля **Plotting** как указано ниже.



В поле **Dataset** выберите набор данных **tied data**, полученный в предыдущем потоке. В поле **Sort fields** выберите сортировку по заголовкам SFPIND:DEPTH:CDP. Ключ сортировки SFPIND позволяет системе считать каждый тип данных одним отдельным ансамблем и отображать типы данных в определенном порядке, а именно: фрагмент сейсмического профиля (SFPIND=1), набор трасс коридорного суммирования (SFPIND=2) и поле отраженных волн с введенными кинематическими поправками (SFPIND=3). Далее, ключ сортировки DEPTH позволяет нам получить правильную сортировку данных ВСП (на

сейсмике это никак не отразится, потому что во все трассы сейсмике мы ранее присвоили этому полю значение -1). Ключ CDP, в свою очередь, позволит нам обеспечить правильную сортировку данных сейсмике и никак не отразится на данных ВСП (т.к. им мы присвоили в поле CDP значение -1). Чтобы прочитать все данные, в поле **Selection** введите *:*:*

Задайте параметры визуализации: **Ensemble boundaries, Additional scalar, Display mode, Normalizing, Scales** как показано на рисунке.

Для настройки параметров этикетки и полей изображения воспользуйтесь опцией **General Layout...** Задайте параметры, как показано на рисунке:

General Layout parameters

General Margins
Left: 10 mm
Top: 0 mm

Label
 Left side
 Right side
Label font...
Text block width: 100 mm

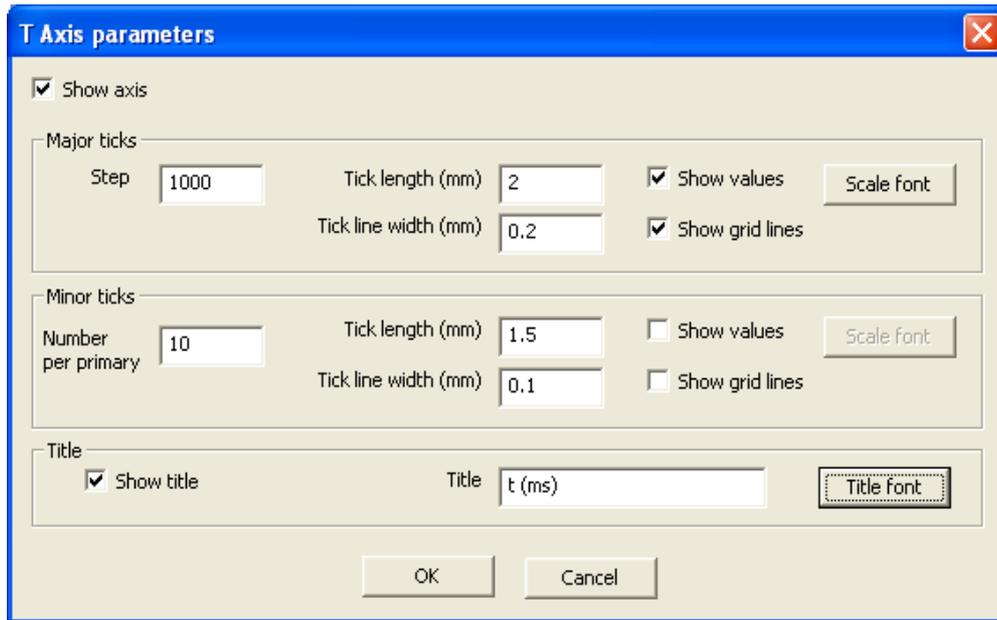
Margins
Left: 10 mm
Right: 10 mm
Top: 130 mm

Fields
Company name: DECO Geophysical
Project Title: My VSP Project
Project Location: My Area
Comments: Well tie

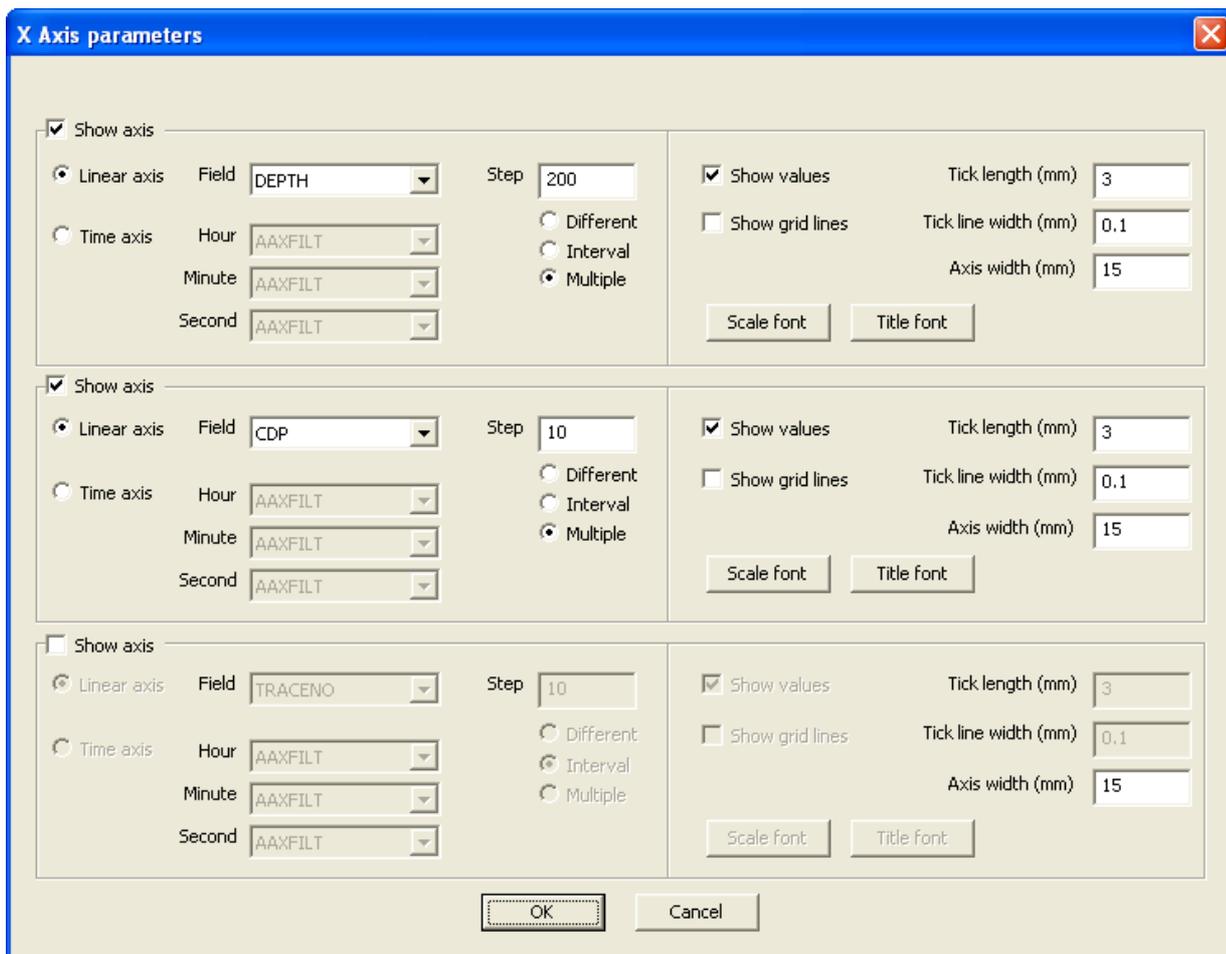
Label Logo
BMP file: ...
Logo Height: 50 mm
Logo Width: 30 mm
 Constrain proportions
Logo Position: Left Right

OK Cancel

При помощи опций **T Axis...** настройте параметры визуализации и подписи вертикальной оси, как показано на рисунке:



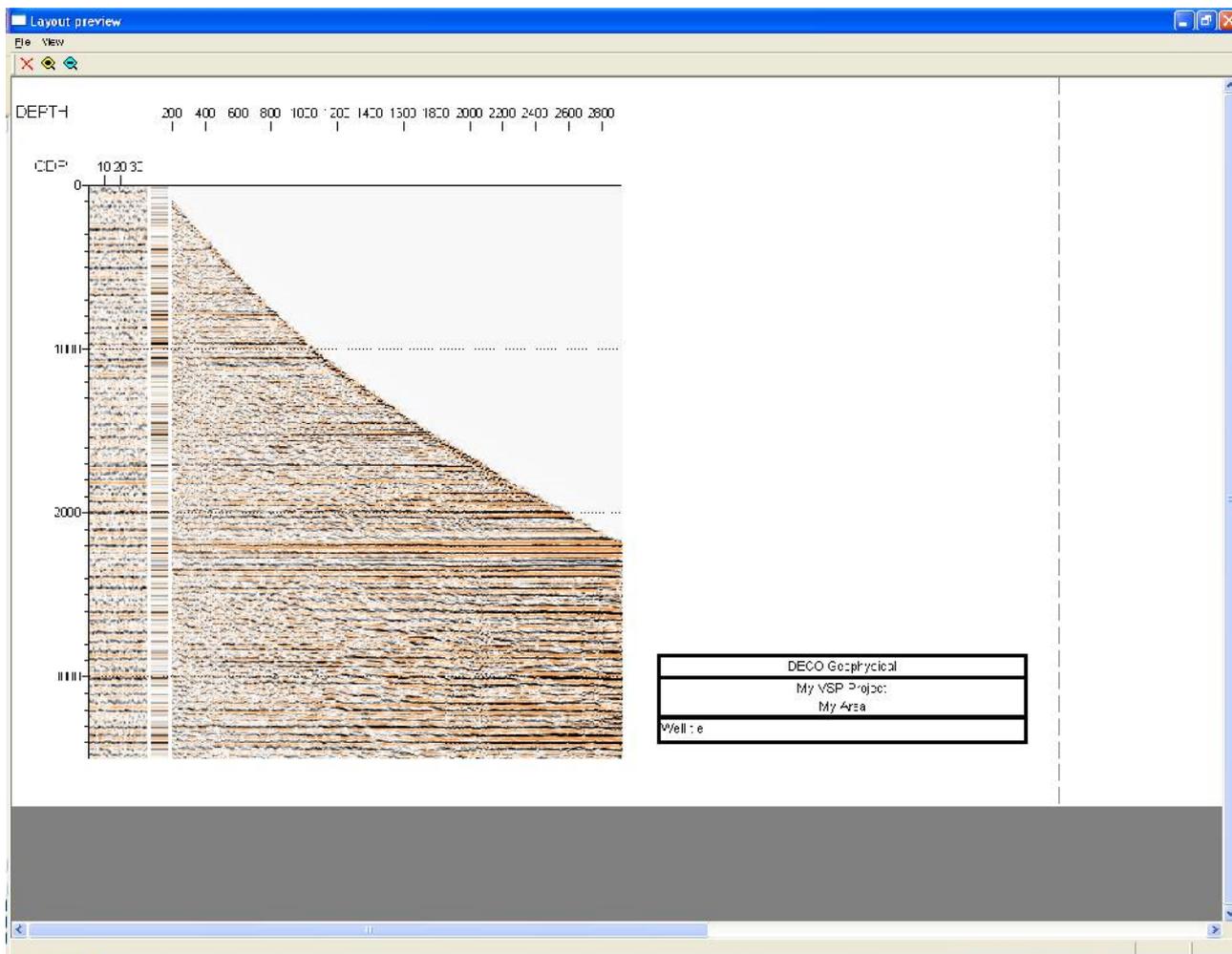
При помощи опций **X Axis...** настройте параметры визуализации и подписи горизонтальной оси, как показано на рисунке:



Выберите поля заголовков DEPTH и CDP значения которых будут подписываться вдоль горизонтальной оси. Мы задали интервал меток по оси DEPTH кратным 200 и интервал меток по оси CDP кратным 10. Это приведет к тому, что метки DEPTH появятся только у трасс ВСП (у сеймики DEPTH= -1), а метки CDP – только у трасс сеймики (у ВСП CDP= -1). Задайте параметры линий сетки, шрифты подписи осей и значений по своему усмотрению.

В поле **Print setup...** выберите печатающее устройство.

Воспользуйтесь опцией **Layout Preview...** для предварительного просмотра изображения перед печатью.



При необходимости скорректируйте набор параметров визуализации, не закрывая при этом окна **Layout preview**. Нажмите **Update preview**, чтобы перерисовать окно предварительного просмотра.

После того как Вы добьетесь устраивающего Вас результата, закройте окно предварительного просмотра и нажмите ОК в диалоге параметров модуля. Для того, чтобы

начать печать нужно запустить поток на выполнение при помощи команды меню **Run**.

Результирующее дерево проекта должно выглядеть следующим образом.

