



# **Обработка данных МПВ в программе RadExPro при помощи модуля Easy Refraction – практическое руководство**

(Редакция 01.12.2011 г.)

**ООО «Деко-геофизика СК»**

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

Тел./Факс: (+7 495) 930 94 14

E-mail: [support@radexpro.ru](mailto:support@radexpro.ru)

Интернет: [www.radexpro.ru](http://www.radexpro.ru)

# Содержание

Введение.....	3
Создание проекта.....	3
Загрузка данных и присвоение геометрии.....	6
Корреляция первых вступлений.....	13
Работа с модулем Easy Refraction.....	16
Выделение фрагментов годографов, относящихся к различным слоям.....	19
Обращение годографов в автоматическом режиме.....	20
Обращение годографов в ручном режиме.....	21
Экспорт полученных результатов.....	24

## Введение

Руководство предназначено для начинающих обрабатывать данные сейсморазведки методом преломленных волн (МПВ) в программе RadExPro при помощи модуля Easy Refraction. Последовательно рассматриваются все этапы обработки: загрузка данных, присвоение геометрии, корреляция первых вступлений, выделение сегментов годографов, соответствующих различным слоям и, собственно, обращение годографов и получение слоистой скоростной модели среды.

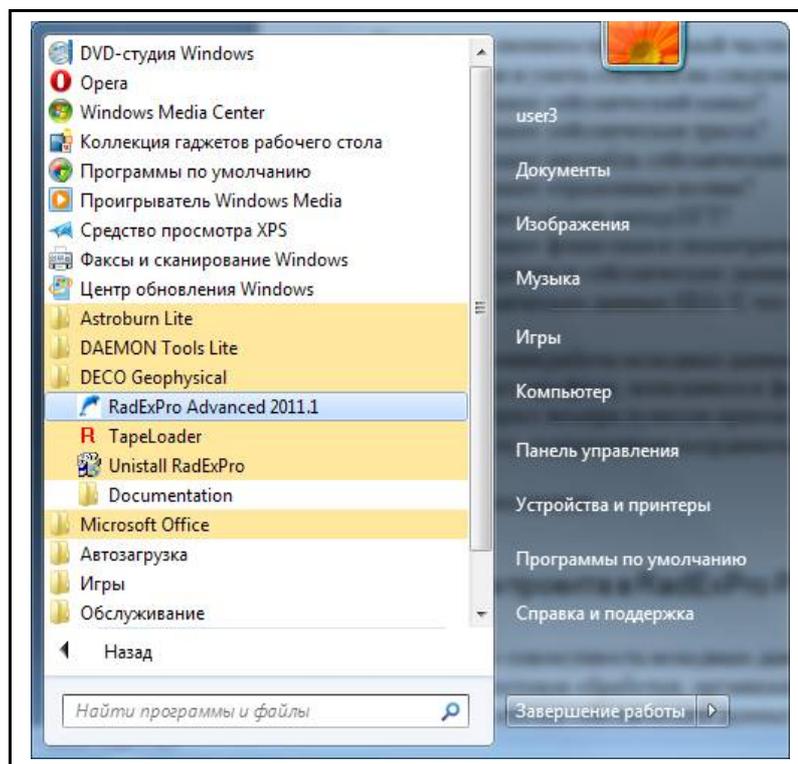
Предполагается, что читатель знаком с теоретическими основами МПВ и метода  $t_0$ .

Исходные данные для работы и проект, который должен получиться в результате, можно скачать с нашего сайта <http://www.radexpro.ru/downloads/tutorials>

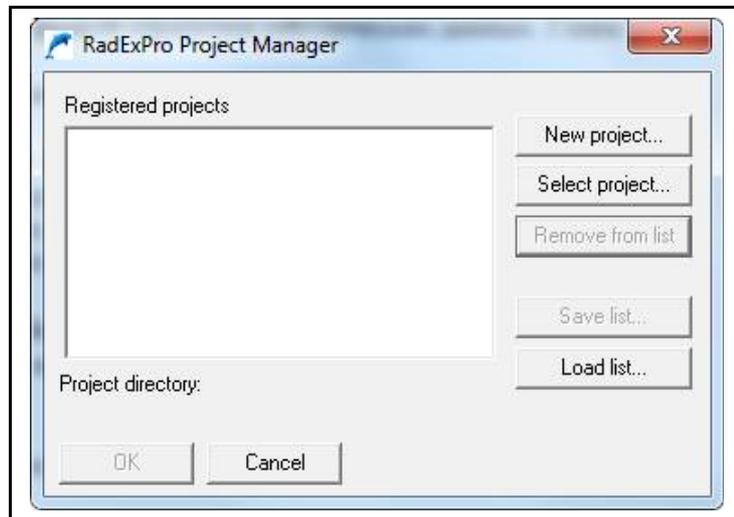
## Создание проекта

Проект – это совокупность исходных данных, промежуточных и окончательных результатов обработки, потоков обработки, организованных в единую базу данных, используемую пакетом обработки сейсмических данных RadExPro. 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).

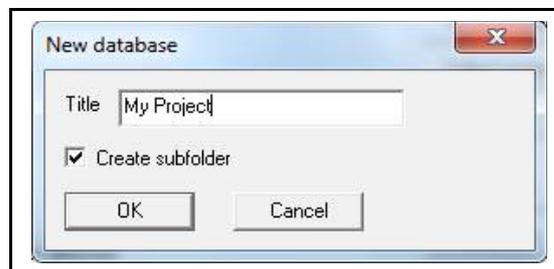
Запустите менеджер проектов. Для этого выберите в меню Windows Пуск пункт RadExPro Advanced 2011.4.



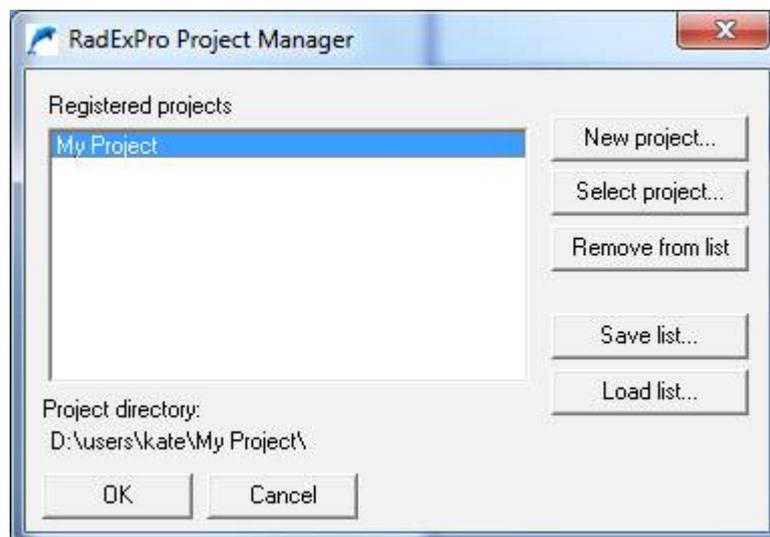
При запуске менеджера проектов открывается диалоговое окно, содержащее список зарегистрированных проектов.



Кликните 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. Кликните кнопку OK. В выбранном каталоге появится подкаталог с именем проекта. Также проект появится в списке доступных (зарегистрированных) проектов.

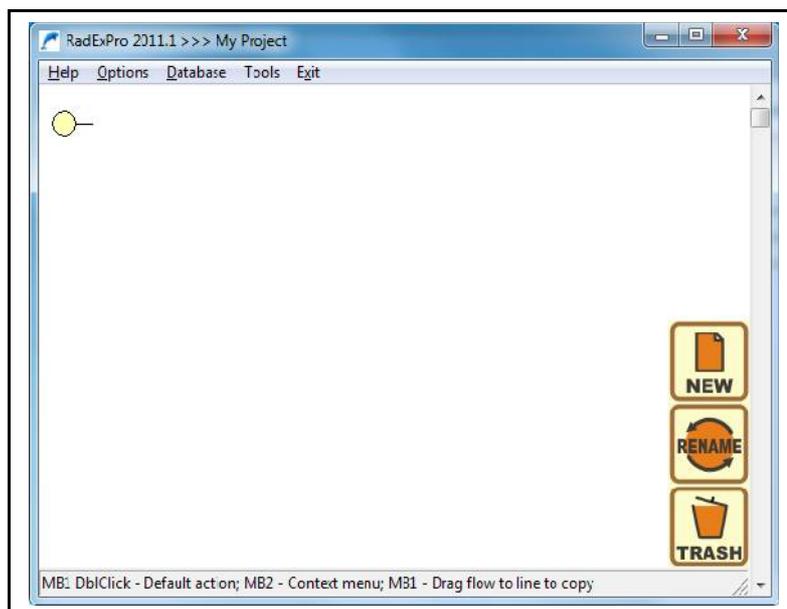


Выберите его и кликните OK.

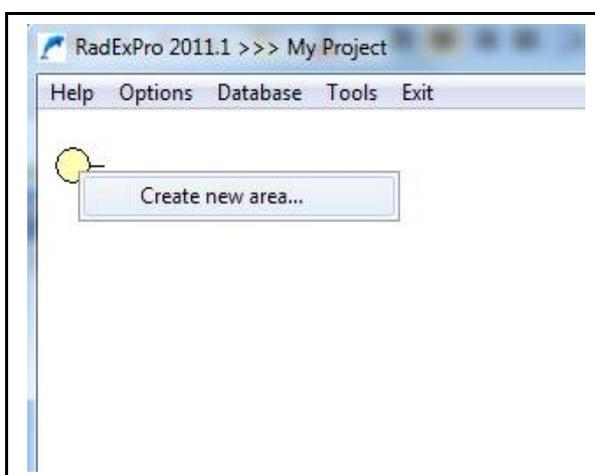
Появится главное окно программы RadExPro, содержащее дерево проектов.

Перед тем как начинать работать с проектом, мы рекомендуем внутри папки проекта создать каталог data и скопировать в него все данные. Хотя этот шаг и не является обязательным (можно читать данные, расположенные вне проекта), хранение данных внутри каталога проекта

позволяет программе использовать относительные пути до файлов с данными вместо абсолютных. Это облегчает перенос проектов с компьютера на компьютер.



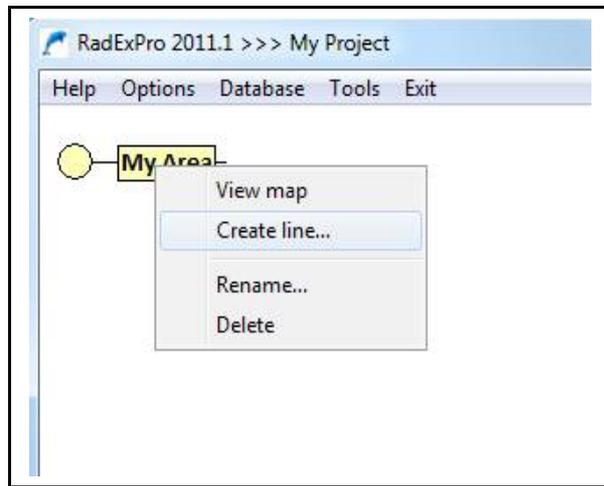
База данных RadExPro имеет 3 структурных уровня. Верхний уровень отвечает площади, на которой проводились работы, средний – профилю, нижний – потоку обработки. Кликните правой кнопкой мыши на желтом кружке, выберите опцию Create new area и введите название площади, на которой проводились работы.



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



Аналогично, кликнув правой кнопкой мыши на желтом прямоугольнике с названием площади, выберите пункт Create line и создайте новый профиль.



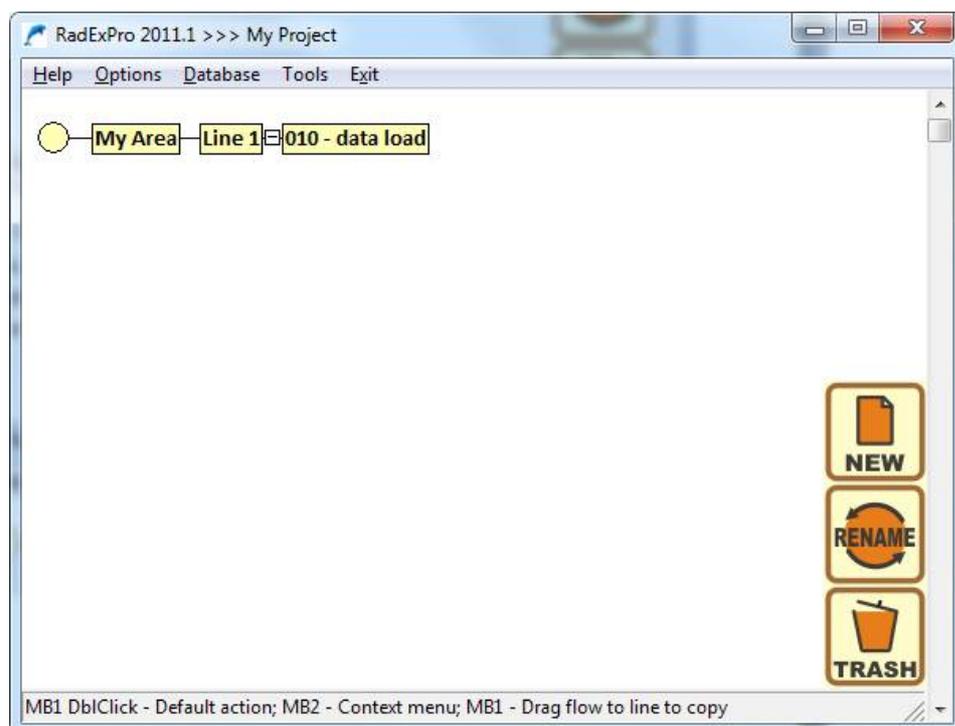
Имя профиля вводится аналогично.



База данных позволяет в рамках одного проекта хранить несколько площадей, в каждой из площадей – несколько профилей, каждый профиль обрабатывается в нескольких потоках.

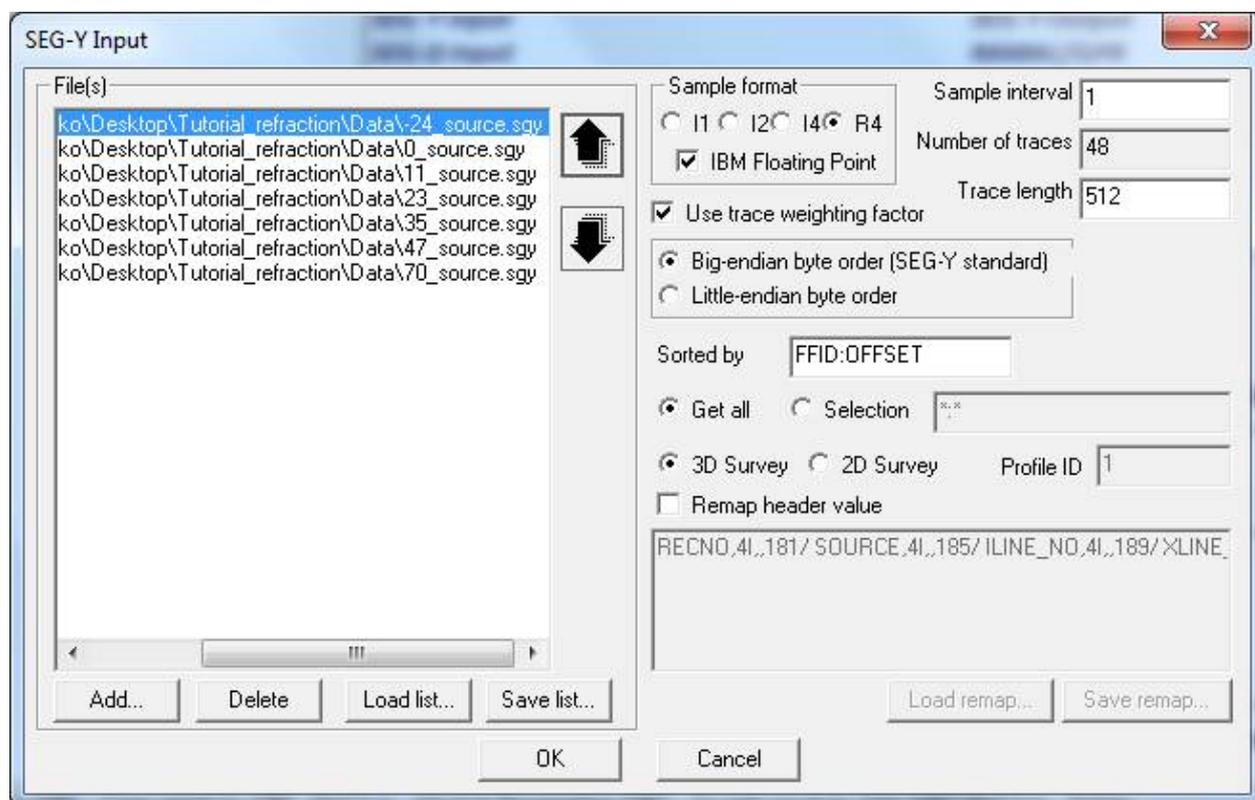
### Загрузка данных и присвоение геометрии.

По аналогии с созданием площади и профиля, создайте поток обработки *010 – data load*.

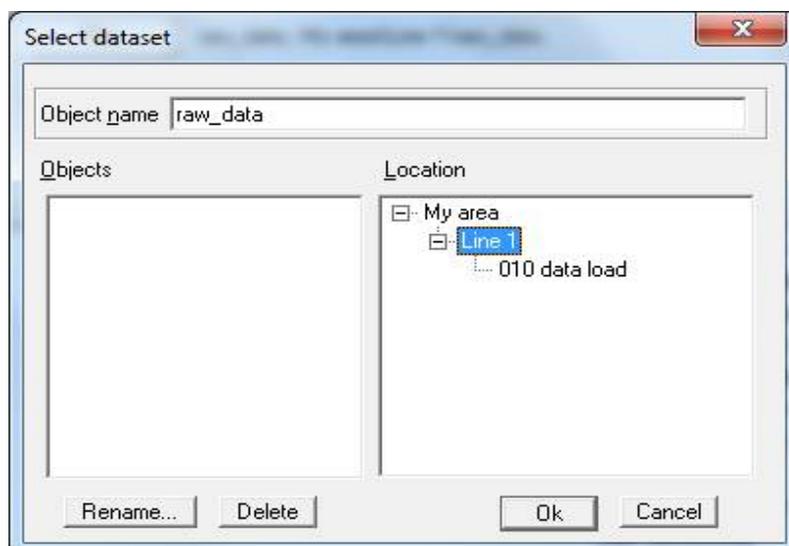


Перейдите в режим редактирования потоков, дважды кликнув левой кнопкой мыши по названию потока. В открывшемся окне редактора потоков сконструируем поток, состоящий из модулей SEG-Y Input и Trace Output.

При добавлении модуля SEG-Y Input задайте параметры чтения данных и убедитесь, что файлы идут в правильной последовательности, начиная с ПВ -24. Чтобы изменить положение любого из файлов в списке, воспользуйтесь стрелками вверх или вниз в правой части диалога импорта.

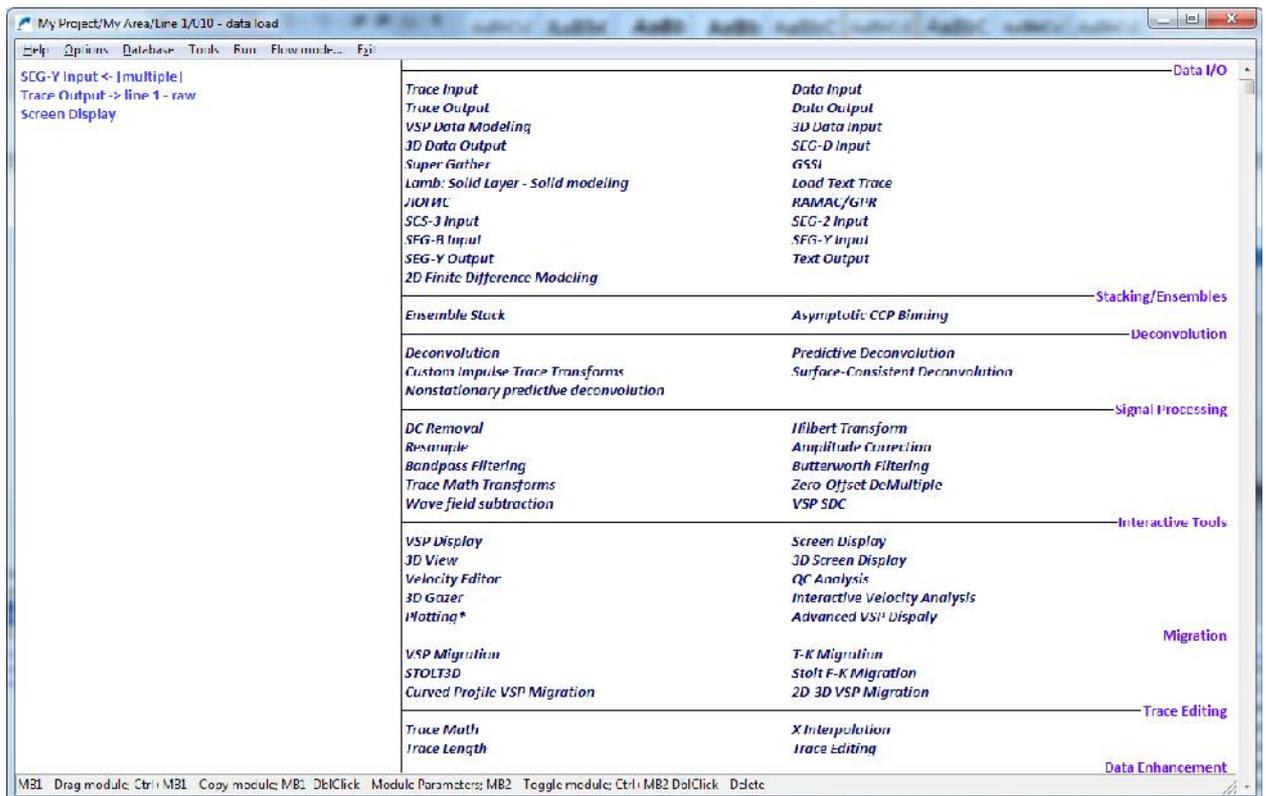


После модуля SEG-Y Input в поток добавим модуль Trace Output. Этот модуль сохранит прочитанные данные в базу данных, чтобы потом можно было присвоить им геометрию. Объект, который будет содержать эти данные назовите raw\_data и разместите его на втором уровне базы данных в профиль Line 1 (как показано на следующем рисунке).

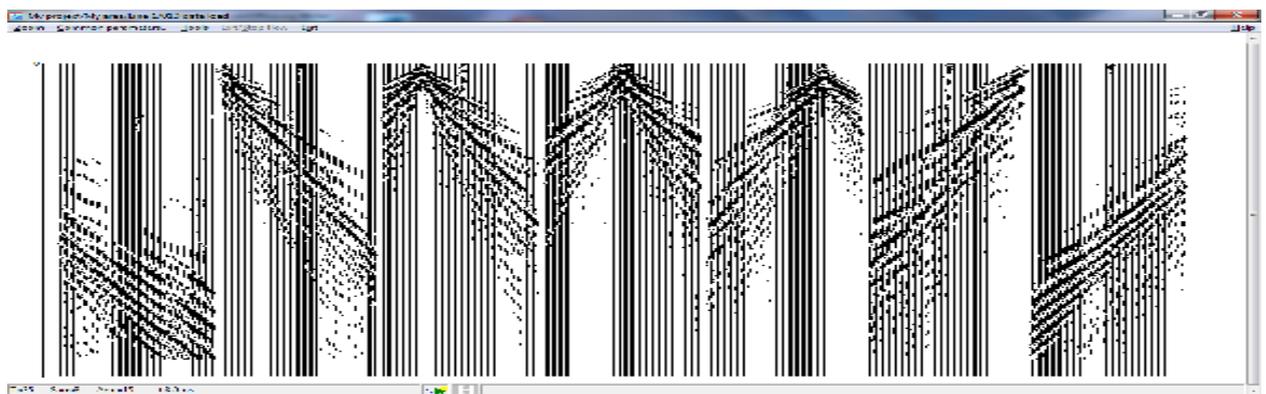


Также, для контроля, после модуля Trace Output добавьте в поток модуль Screen Display.

Полученный поток должен выглядеть следующим образом:



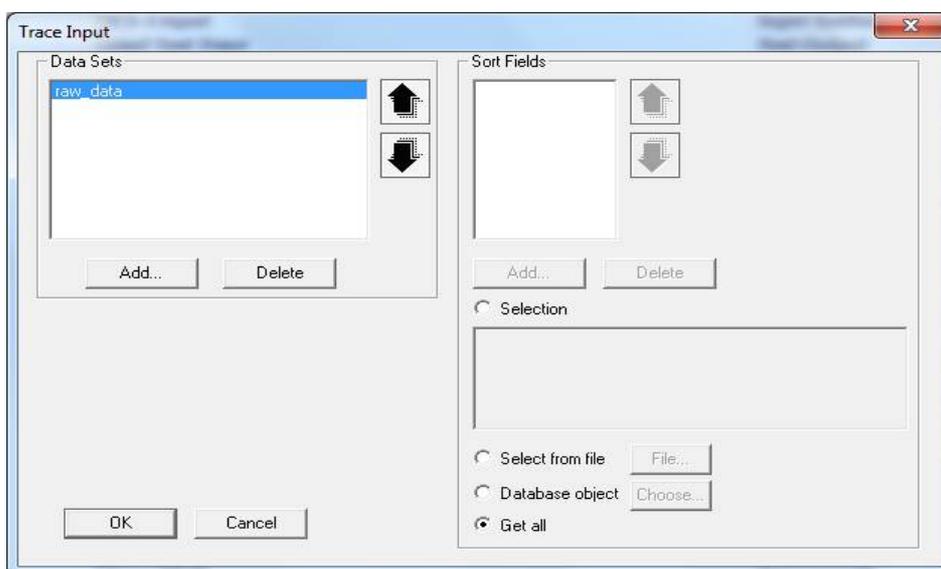
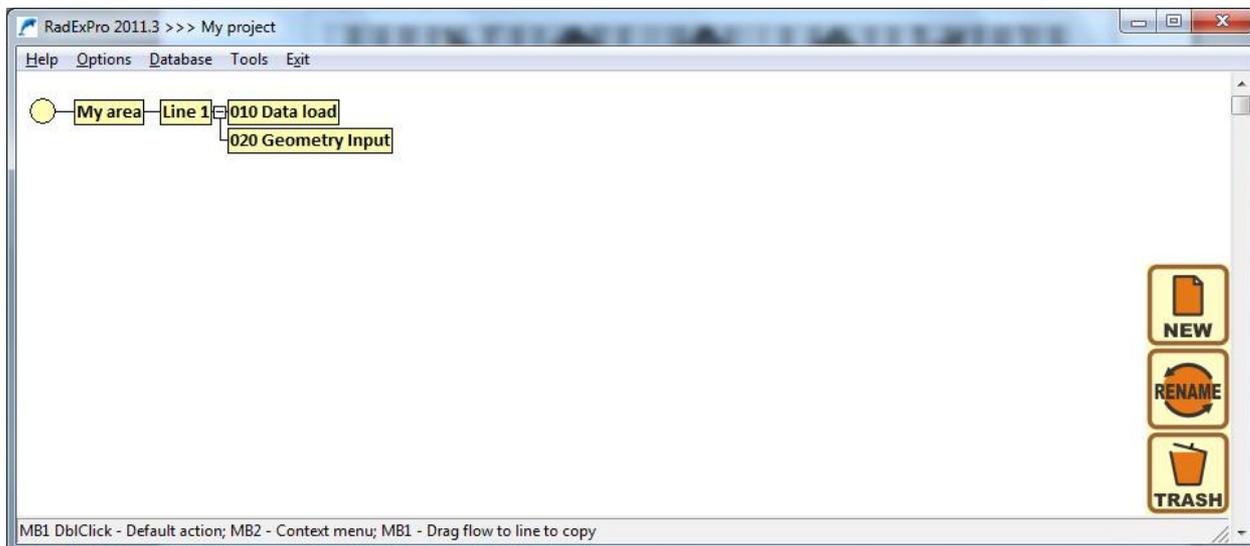
Для выполнения потока выберите пункт меню Run. В результате должно открыться окно Screen Display, отображающее вводимые данные, а сами данные будут прочитаны из файла на диске и записаны в базу данных. Окно Screen Display, которое должно появиться на экране, приведено ниже.



Далее необходимо присвоить геометрию сейсмическим данным: координаты источника (SOU\_X) и координаты приемника (REC\_X). Для этого воспользуемся модулем **Geometry Input**.

Создайте новый поток 020 - **Geometry Input**, добавьте модуль **Trace Input**, выберите ранее созданный набор данных **raw\_data** как показано на картинке, и загрузите все данные в том порядке, как они идут в наборе данных, указав в поле Selection **Get all**. Нажмите OK — модуль будет добавлен в поток.

Следующим шагом добавьте модуль **Near-Surface Geometry Input**. Данный модуль предназначен для присвоения геометрии данным, полученным различными методами, в том числе и МПВ.

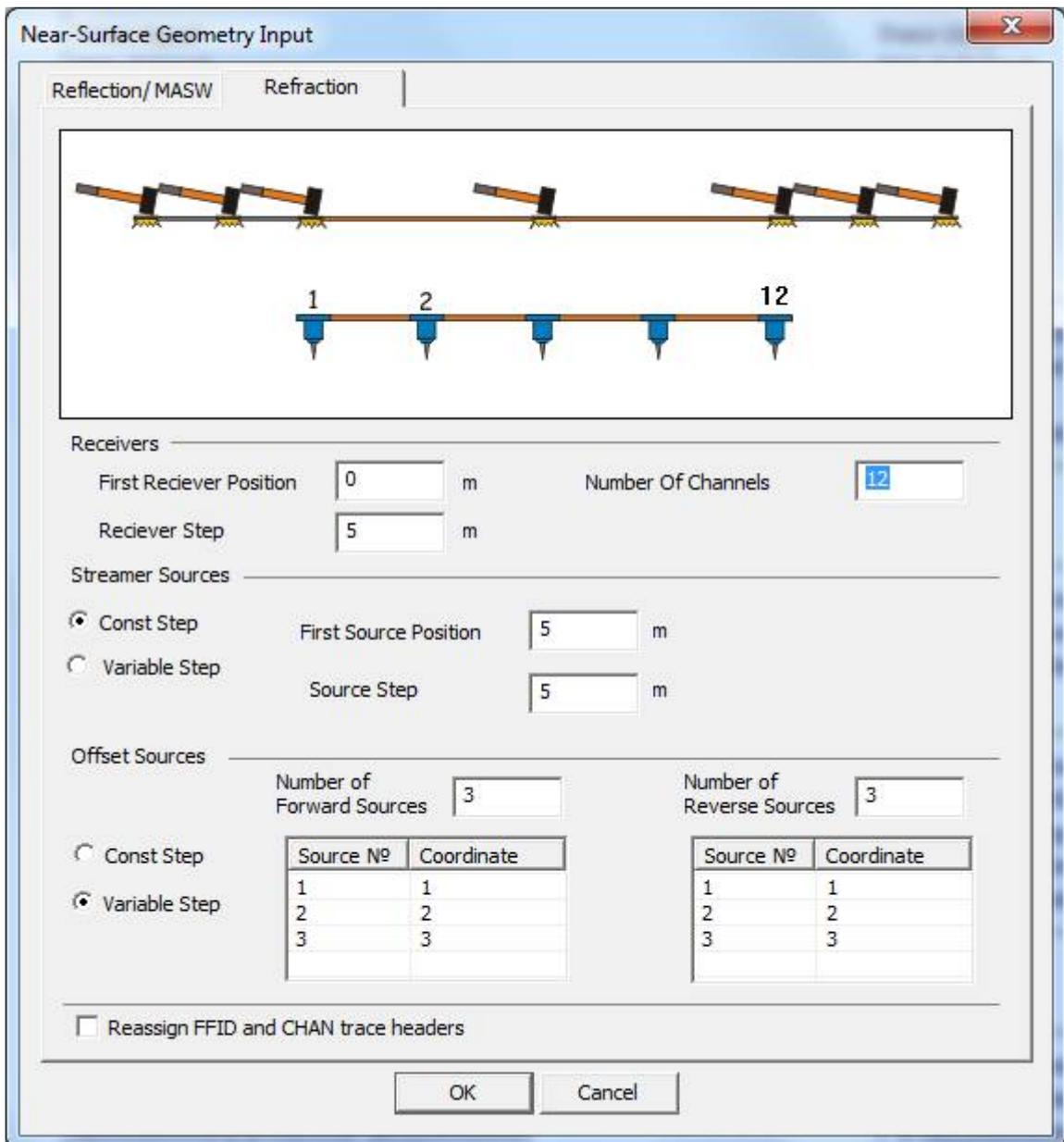


При добавлении модуля появится диалоговое окно модуля, показанное на картинке ниже. Принципиально модуль делится на две части — интерактивную, на которой схематически изображается текущая расстановка, и часть с заданием параметров наблюдений. При изменении параметров наблюдений в нижней части, соответствующие позиции расстановки подсвечиваются стрелками в верхней части модуля.

Для задания геометрии данных, полученных по методу МПВ, перейдите во вкладку **Refraction**.

*Сведения о расстановке наблюдений полученных данных: Приёмная линия — 48 каналов, расстояние между каналами - 1 метр. Пункты возбуждения на косе — 1, 12, 24, 36, 48 каналы (0, 11, 23, 35, 47 м соответственно). Выносы - -24 метра от первого канала, 23 метра от последнего канала.*

При расчете геометрии с помощью модуля **Near-Surface Geometry Input → Refraction** будут рассчитаны координаты источников, приемников и расстояния источник-приемник. Данная информация записывается в поля заголовков SOU\_X, REC\_X, OFFSET соответственно.



Для расчета геометрии необходимо указать следующие параметры (все координаты будем указывать в метрах, за ноль возьмем положение первого канала) согласно описанию расстановки, приведенному выше:

#### Приемная линия (раздел Receivers)

- Координата первого канала (First receiver position) - 0
- Шаг между приемниками (Receiver step) - 1
- Количество каналов (Number of channels) – 48

#### Пункты возбуждения на косе (Streamer sources)

Зададим координаты пунктов возбуждения вручную — выберите опцию **Variable step**, при этом появится таблица задания координат ПВ в виде номер-координата. Установите количество

возбуждений на косе равным 5 (**Number of Sources**) и вбейте соответствующие значения координат в таблицу: 1-0, 2-11, 3-23, 4-35, 5-47.

### Пункты возбуждения на выносах (Offset sources)

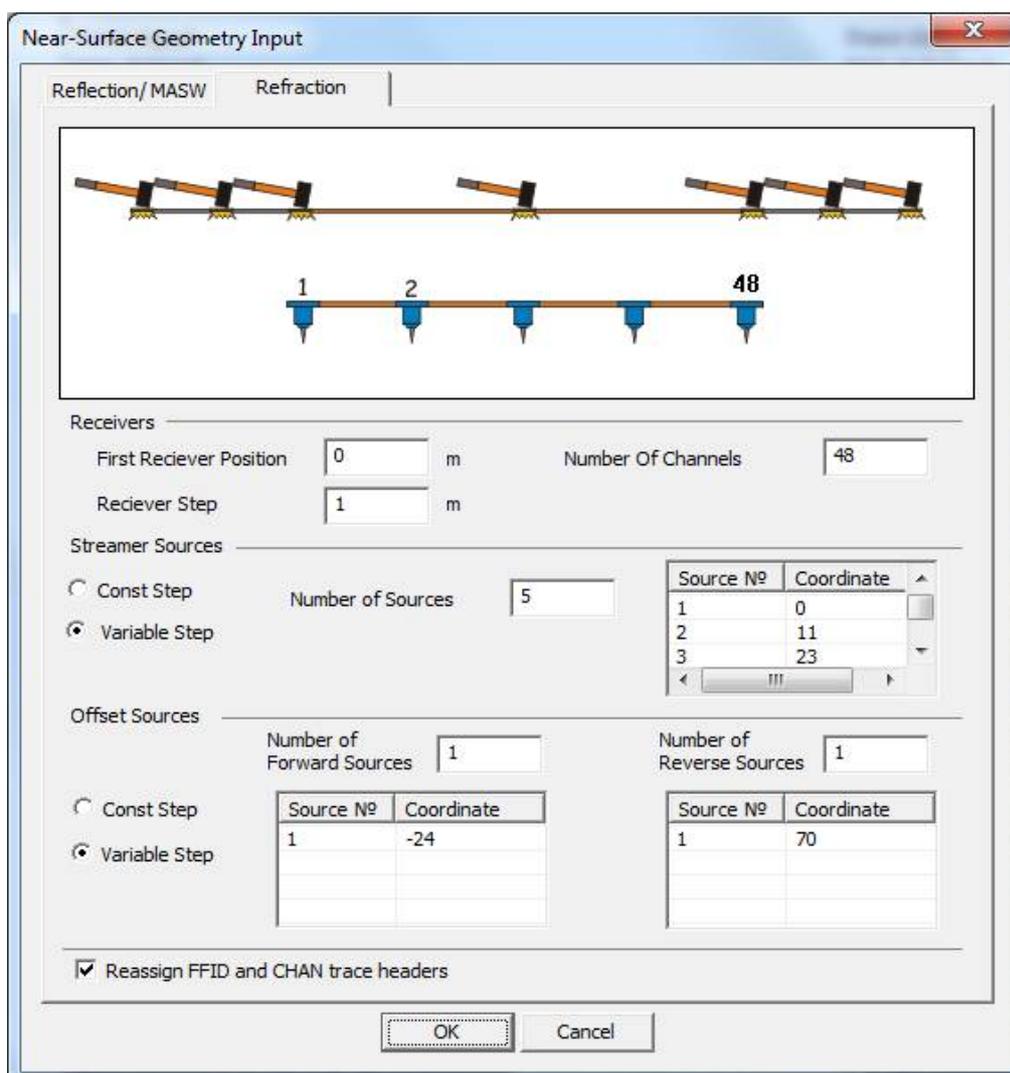
В этом пункте необходимо указать количество пунктов возбуждений на выносах и их координаты. Выберите опцию **Variable** – при ее включении появится диалог заполнения количества источников и таблица координат.

Количество ПВ на выносе, формирующих «прямые годографы» (**Number of forward sources**) — 1, координата, соответствующая данному ПВ равна -24 м.

Количество ПВ на выносе, формирующих «встречные годографы» (**Number of reverse sources**) — 1, координата, соответствующая данному ПВ равна 70 м.

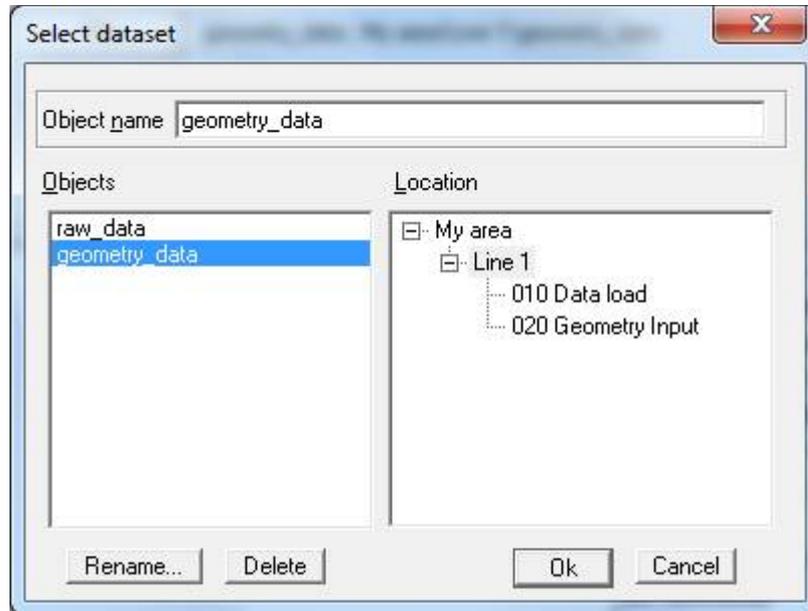
! Данные были записаны таким образом, что каналы в сейсмограмме пронумерованы не по порядку (1,25,2,26 и т. д. - следствие некоторых особенностей методики наблюдений и системы сбора). Однако, как было сказано выше, для корректной работы модуля необходимо, чтобы данные подавались на вход в правильной последовательности — в том порядке, как они идут по профилю. Это требование предъявляется как к каналам, так и к ПВ. Поскольку в нашем наборе данных каналы пронумерованы не по порядку, воспользуемся опцией **Reassign FFID and CHAN, Headers** – каналы и номера ПВ при этом будут пронумерованы по порядку во всем наборе данных.

Итоговый вид модуля с введенными параметрами расстановки показан на рисунке:

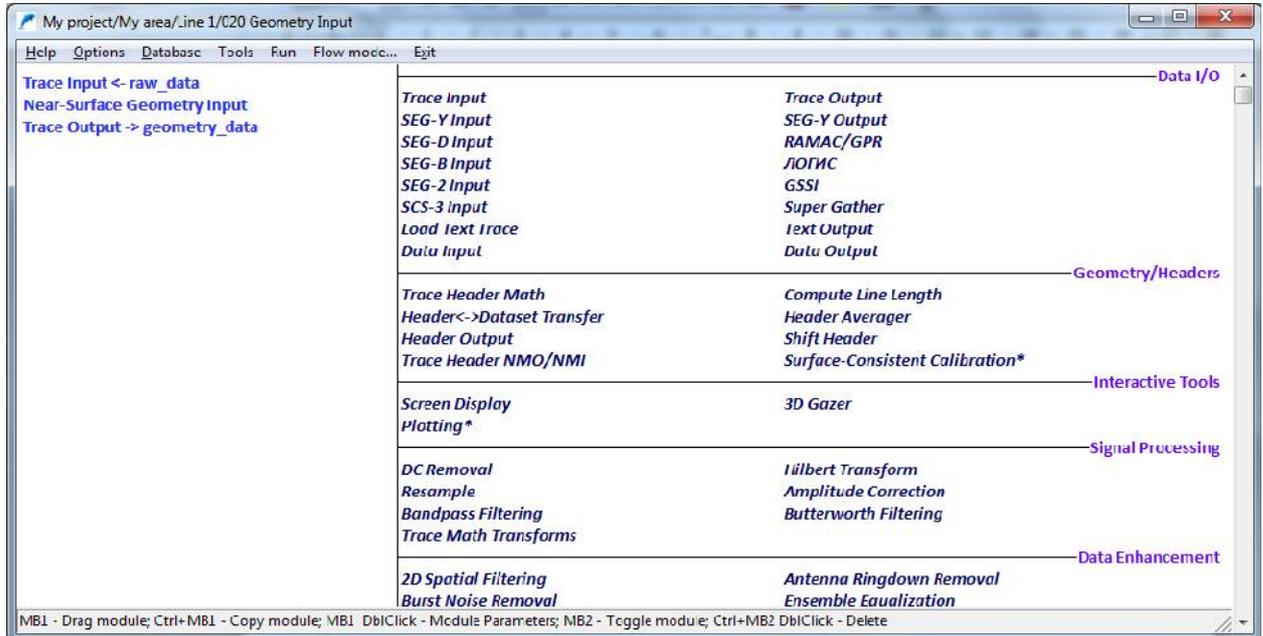


Нажмите ОК по завершению присвоения параметров.

Для того, чтобы информация о координатах была записана в соответствующий набор данных, необходимо использовать модуль **Trace Output**. Объект, который будет содержать данные с геометрией, назовите `geom_data` и разместите его на втором уровне базы данных в профиль Line 1 (как показано на следующем рисунке).



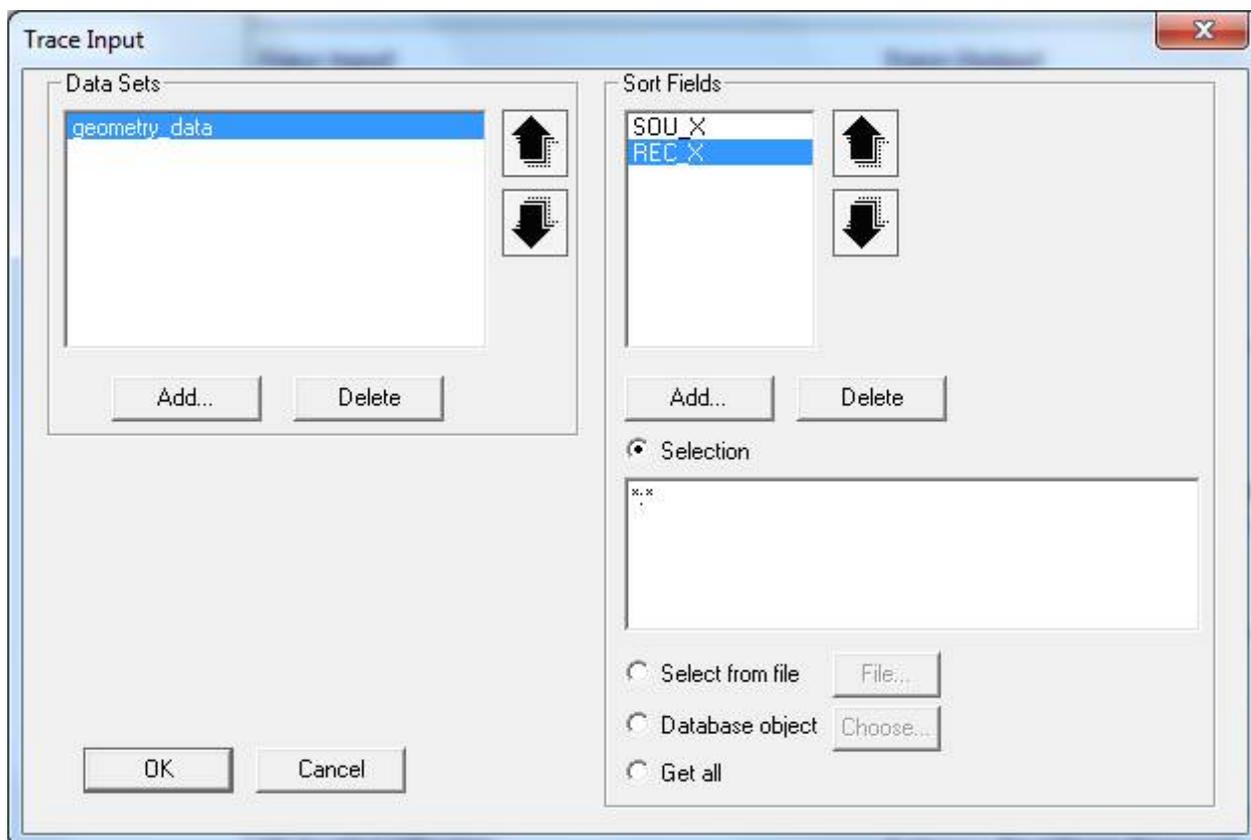
В итоге, получившийся поток должен выглядеть следующим образом:



Запустите поток, нажав кнопку Run. В итоге мы получим набор данных с присвоенной геометрией.

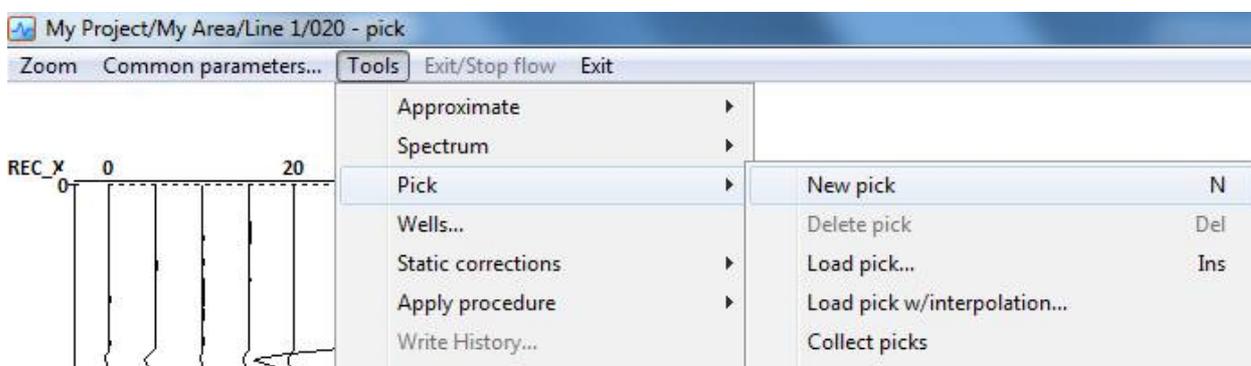
## Корреляция первых вступлений

Создадим новый поток 030 – *Picking*. Добавляем в него модуль Trace Input. В окно Data Sets добавляем только что созданный набор данных с присвоенной геометрией, сортировку проводим по SOU\_X, REC\_X, по всей выборке.



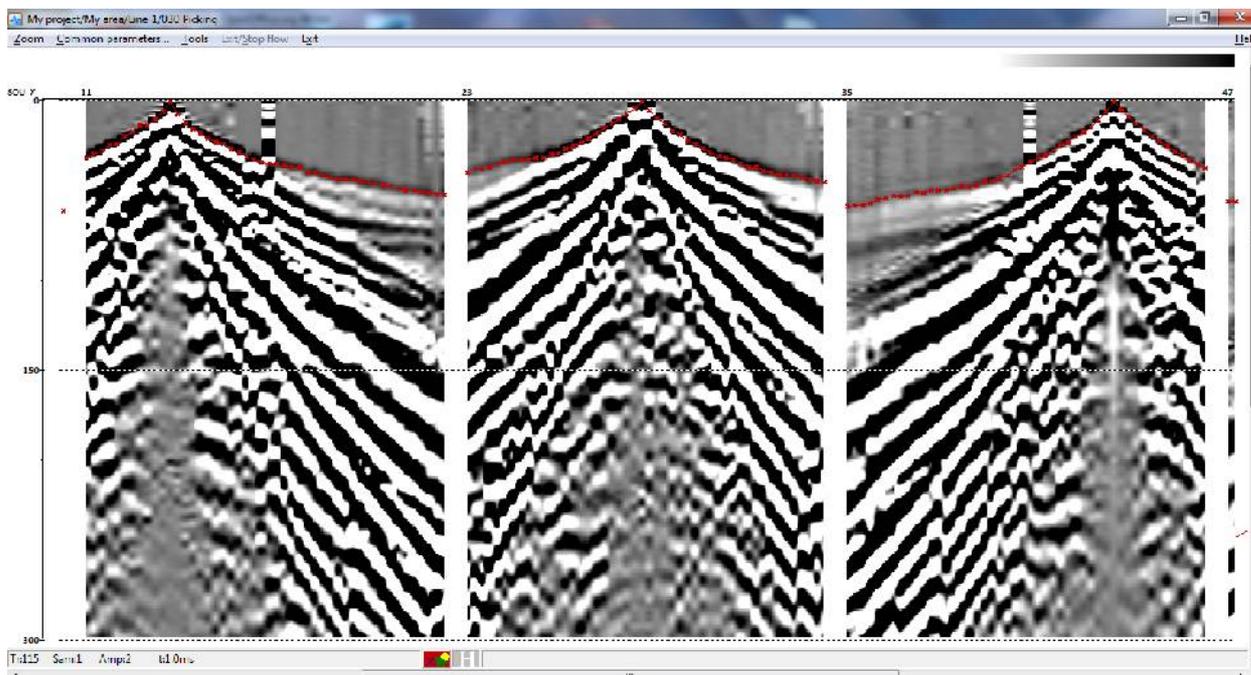
Добавляем модуль Screen Display. Выбираем в нем удобные для корреляции волн масштабы изображения трасс и коэффициенты усиления. Дополнительные процедуры обработки, такие как "Bandpass Filtering", "Hand Static" и т.п. включаются по мере надобности. Однако следует помнить, что фильтрация, в особенности нуль-фазовая, «смазывает» первые вступления волн, поэтому корреляцию первых вступлений волн следует делать до фильтрации.

Запустите поток на выполнение. Выберите пункт меню Tools/New pick для начала пикировки первых вступлений.

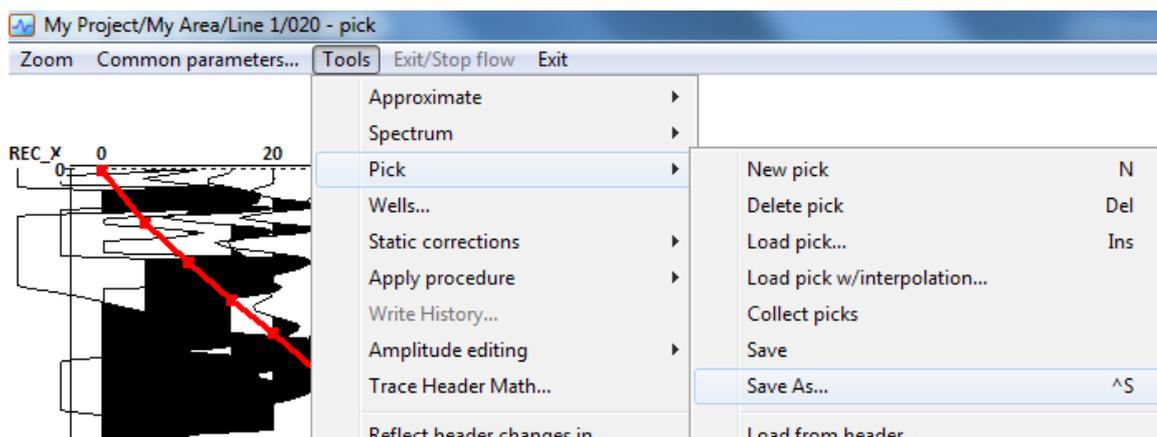


Далее можно пикировать вступления или экстремумы волн. Пикировать можно вручную "Hand pick" по каждой трассе, или в полуавтоматическом режиме "Auto fill", когда программа автоматически прослеживает волны по заданному признаку между двумя пикировками

интерпретатора. Режим пикировки задается во всплывающем окне меню Tools/Pick/Picking mode (подробнее см. в Руководстве пользователя). Пикировка осуществляется щелчком левой клавиши мыши при подведенном в выбранную точку маркере – в указанной точке появится крестик. Повторный щелчок левой клавишей в пределах той же трассы передвигает крестик в новое место, щелчок в пределах новой трассы поставит новый крестик. Ошибочно поставленный крестик можно убрать двойным щелчком правой клавиши мыши, или можно нажать по правой клавише мыши при подведенном к этому крестику маркере, и передвинуть ее по данной же трассе в точку с другим временем. Полностью удалить неудачный годограф можно простым нажатием на клавишу “Delete”.

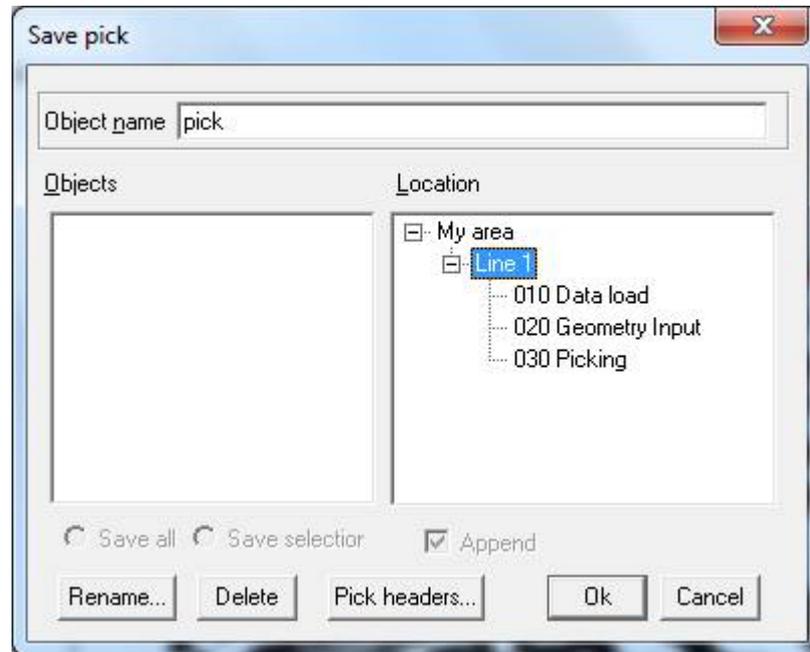


Пропикируйте все сейсмограммы по первым вступлениям. Чтобы сохранить пикировку, необходимо выбрать меню Tools/Save As...

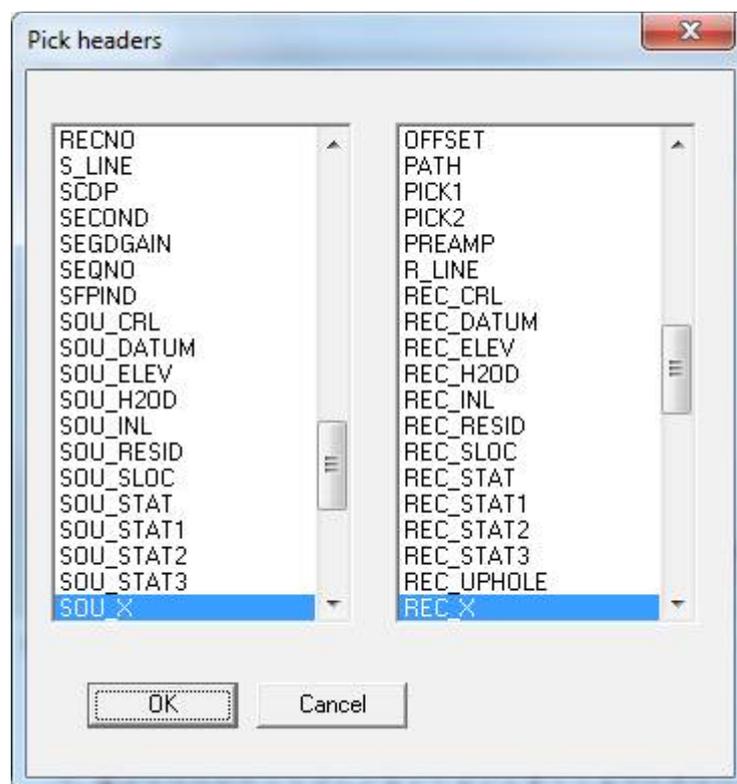


Затем, в появившемся окне ввести имя пикировки и указать какому объекту в базе данных пикировка будет соответствовать, щелкнув на нем левой кнопкой мыши.

В программе предусмотрена также возможность сохранения годографов в виде текстовых файлов для последующего использования их в других интерпретационных программах (Tools/Pick/Export pick).

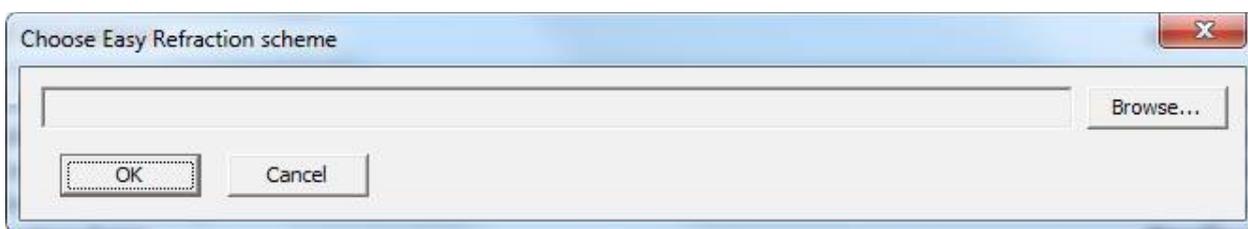


Далее необходимо нажать кнопку Pick headers... и убедиться, что в левой колонке выбрано SOU\_X, в правой – REC\_X.

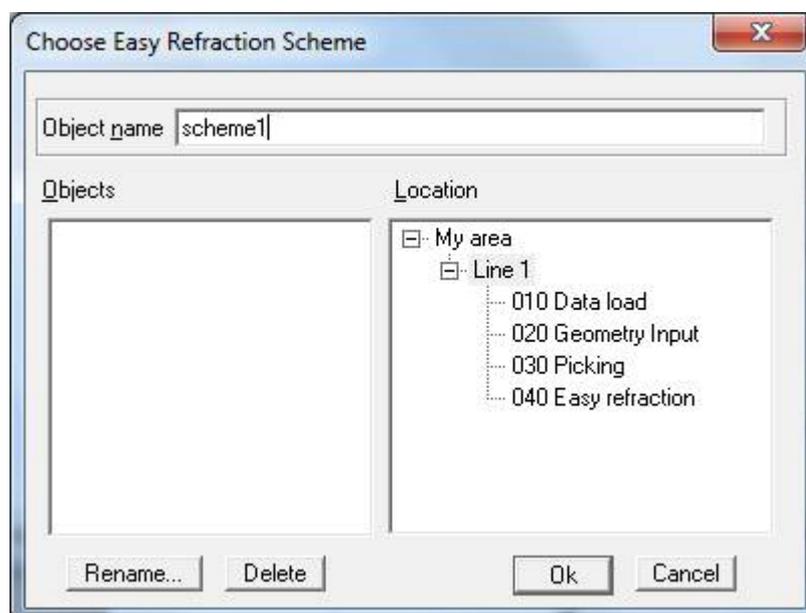


## Работа с модулем Easy Refraction

Создайте новый поток 040 – *Easy refraction*. Добавьте в него модуль Easy Refraction. В появившемся окне выбираем Browse...

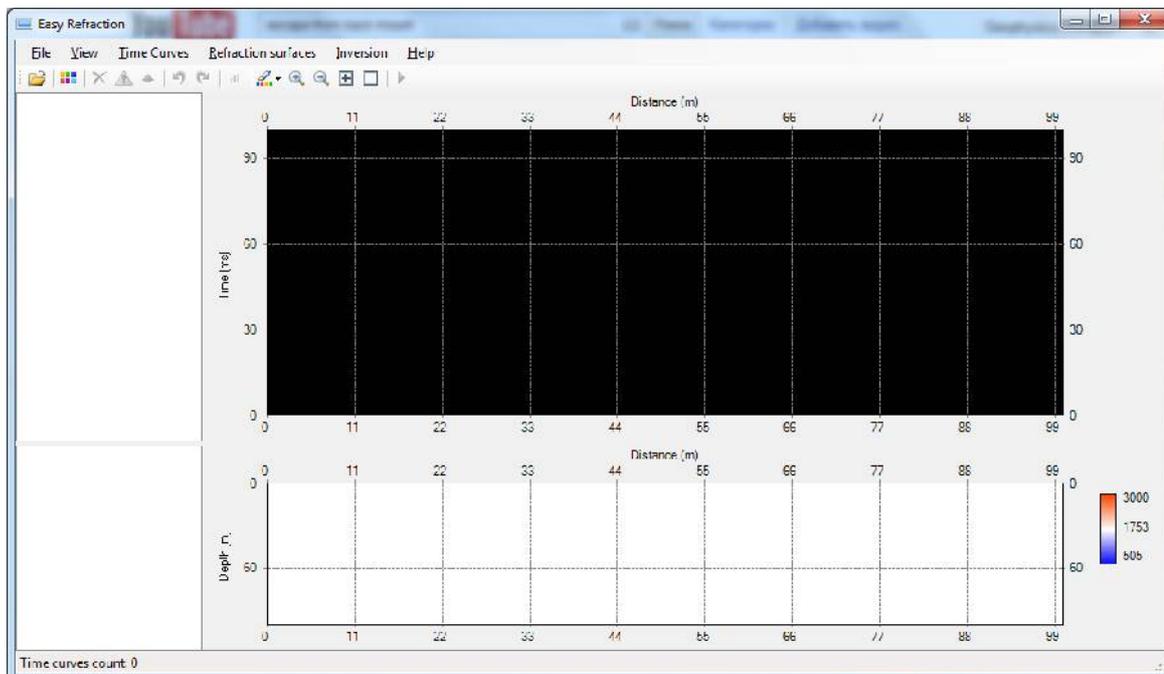


Появляется окно задания имени «схемы». «Схема Easy Refraction» это совокупность годографов, возможно разделенных на сегменты, соответствующие разным слоям, полученные в результате работы границы и др. При выходе из модуля в «схеме» сохраняется его текущее состояние.

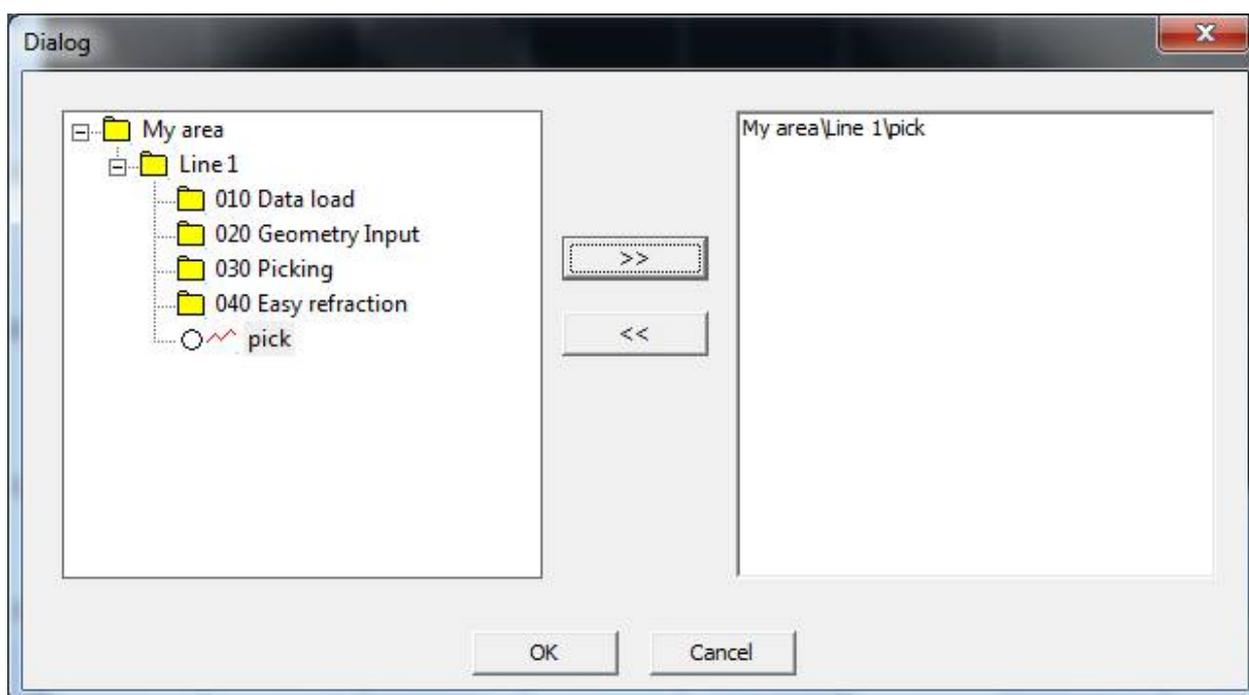


Задав имя новой схемы, нажимаем ОК и запускаем поток.

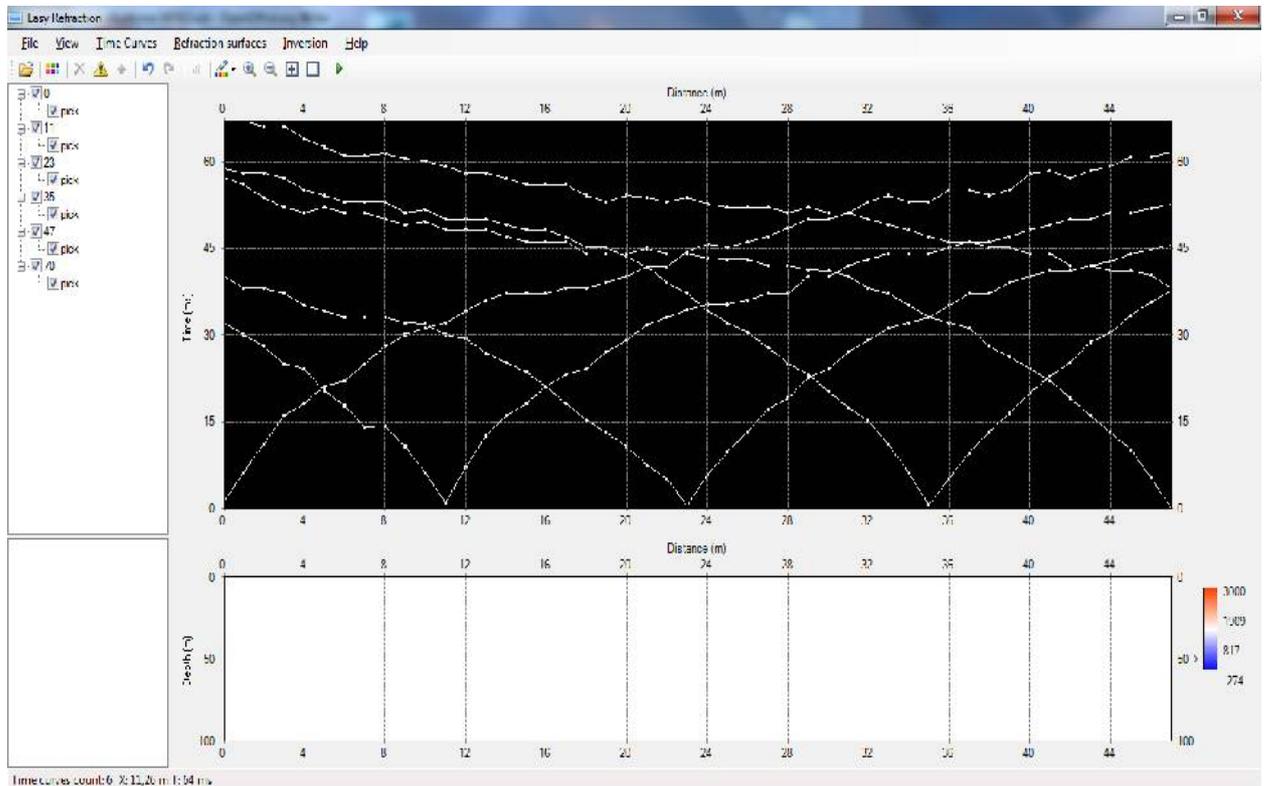
Появляется рабочее окно модуля Easy Refraction. Рабочее окно разделено на две основные части — работа с годографами (верхнее окно) и модель среды (нижнее окно). Внешний вид обеих частей (цвет фона, цвет годографов, палитра и т. д.) может быть изменен пользователем (см. Руководство пользователя).



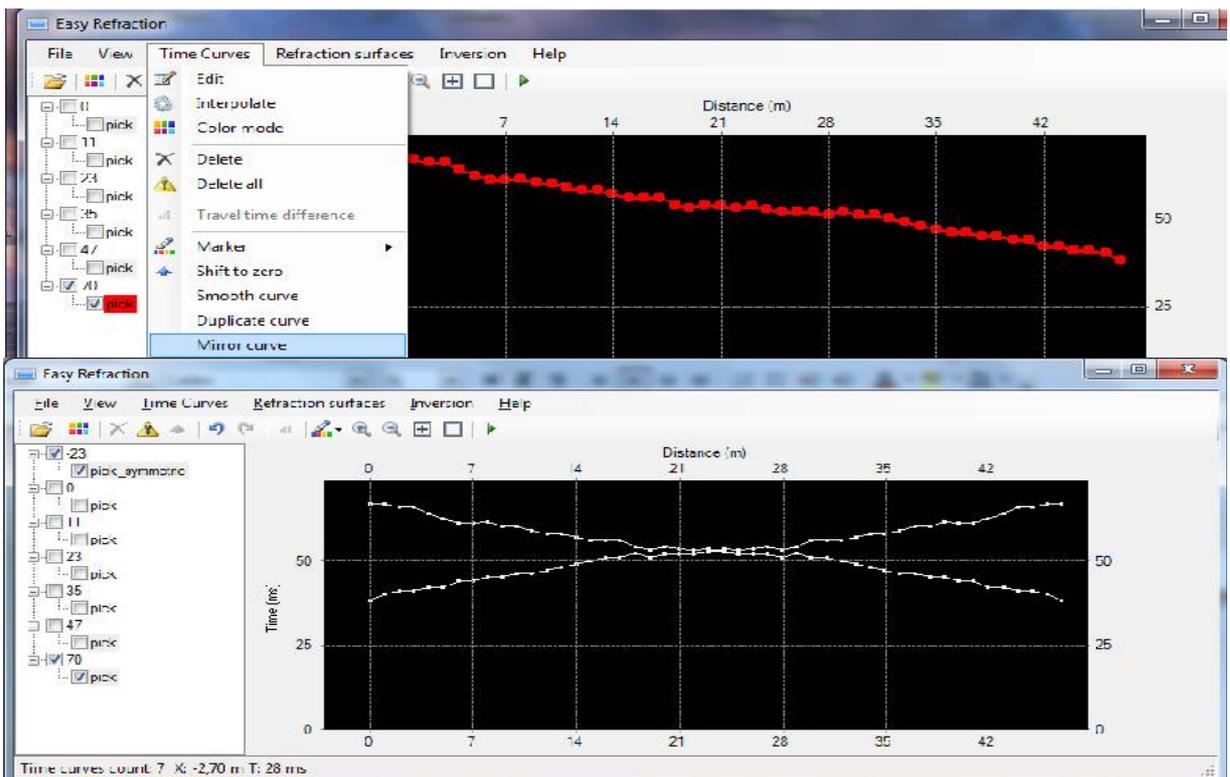
Чтобы загрузить годографы, нажмите кнопку Load from RadExPro DB - появится окно выбора годографов. Загрузите необходимые годографы и нажмите OK.



В верхнем окне появятся годографы, ранее пропикированные нами. Средства модуля позволяют производить различные процедуры с годографами — редактирование точек, сглаживание, интерполяция, перенос годографов и др. (описание всех возможных действий с годографами можно найти в Руководстве пользователя).



<Построение «зеркальной кривой». При пикировке первых вступлений полученных данных в текущем проекте не была произведена пикировка с ПВ -24 метра, поскольку обнаружение первых вступлений на этом ПВ сильно затруднено (следствие сильных скачков моментов записи на данном ПВ). Для получения прямого нагоняющего годографа воспользуемся функцией **Mirror curve**. Для этого оставьте на экране встречный нагоняющий годограф с ПВ 70, выделите его левой кнопкой мыши, выберите пункт меню **Time curves-> Mirror curve**. В результате будет построен симметричный прямой годограф, привязанный к ПВ -23>.

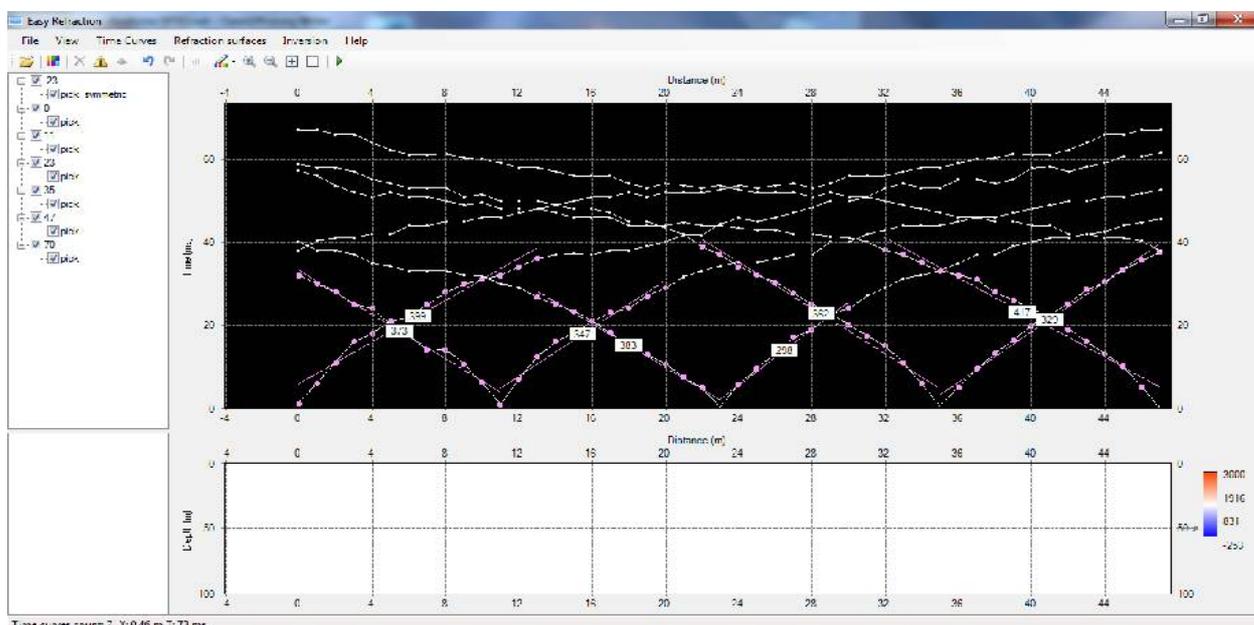


## Выделение фрагментов годографов, относящихся к различным слоям

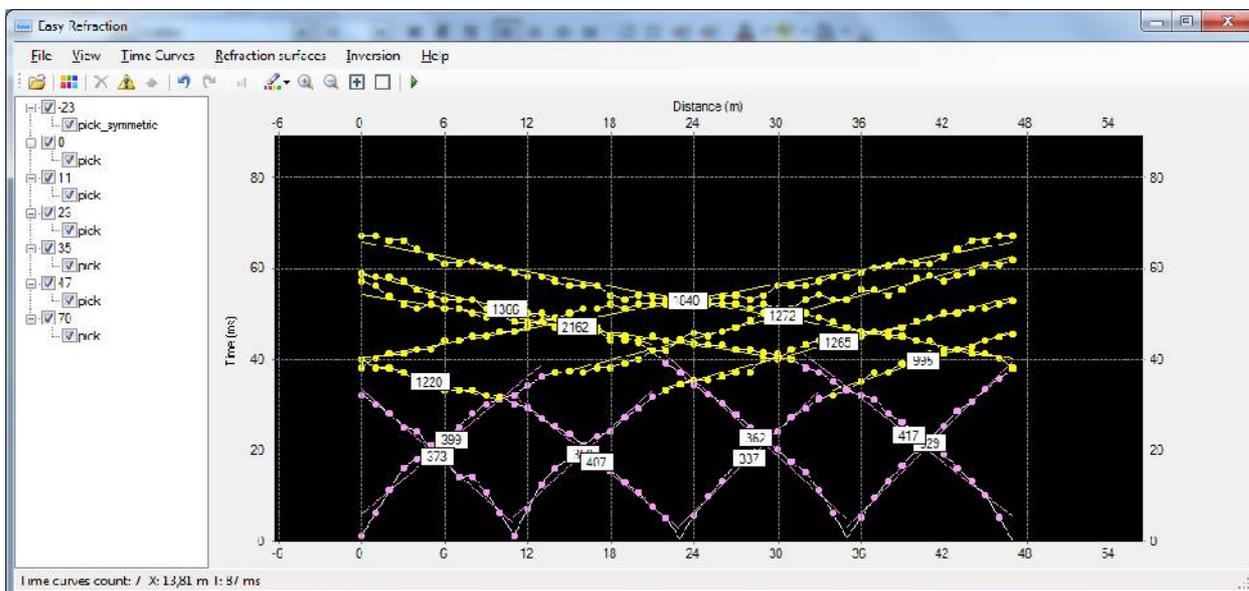
Для того чтобы приступить к построению преломляющей границы, необходимо отметить сегменты годографов, которые относятся к тому или иному слою. Для этого воспользуемся интерактивным маркером.

Выберите пункт меню Time Curves/Marker/1 или нажмите кнопку «1» на клавиатуре — на экране появится круг, символизирующий маркер первого слоя. Цвет маркера может быть изменен — опция View – Color settings. Для того, чтобы изменить размер маркера необходимо зажать клавишу Shift и прокрутить колесико мышки.

Зажатой левой кнопки мыши при активном маркере первого слоя выделите те части годографов, которые относятся к первому слою. Выделение точек излома годографов, и соответственно, задание числа слоев в интерпретационной модели разреза, осуществляется интерпретатором в соответствии с принципами, изложенными в литературе. Автоматически проводится линейная аппроксимация и выводятся значения скоростей, полученные по годографам.



Аналогичным образом выбираем второй маркер и выделяем части годографов, относящиеся ко второму слою. Визуализацию тех или иных годографов можно отключить в левом окне модуля нажатием на галочку.

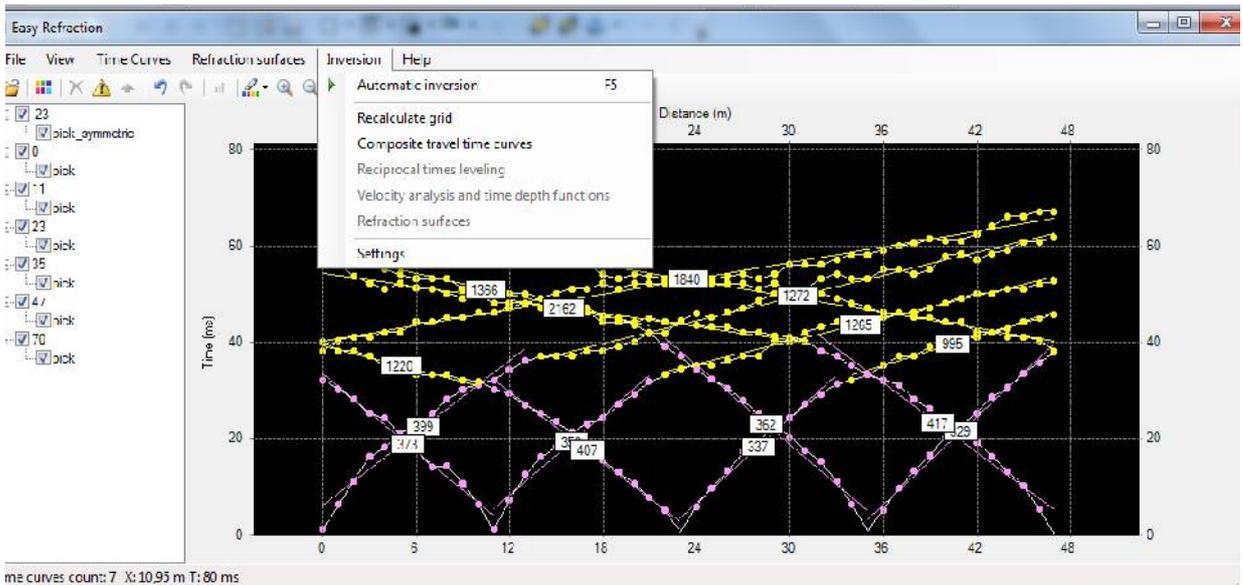


Чтобы выйти из режима маркера, заходим в меню Time Curves/Marker/2 и нажатием левой кнопки мыши убираем галочку (дублируется кнопкой ` на клавиатуре).

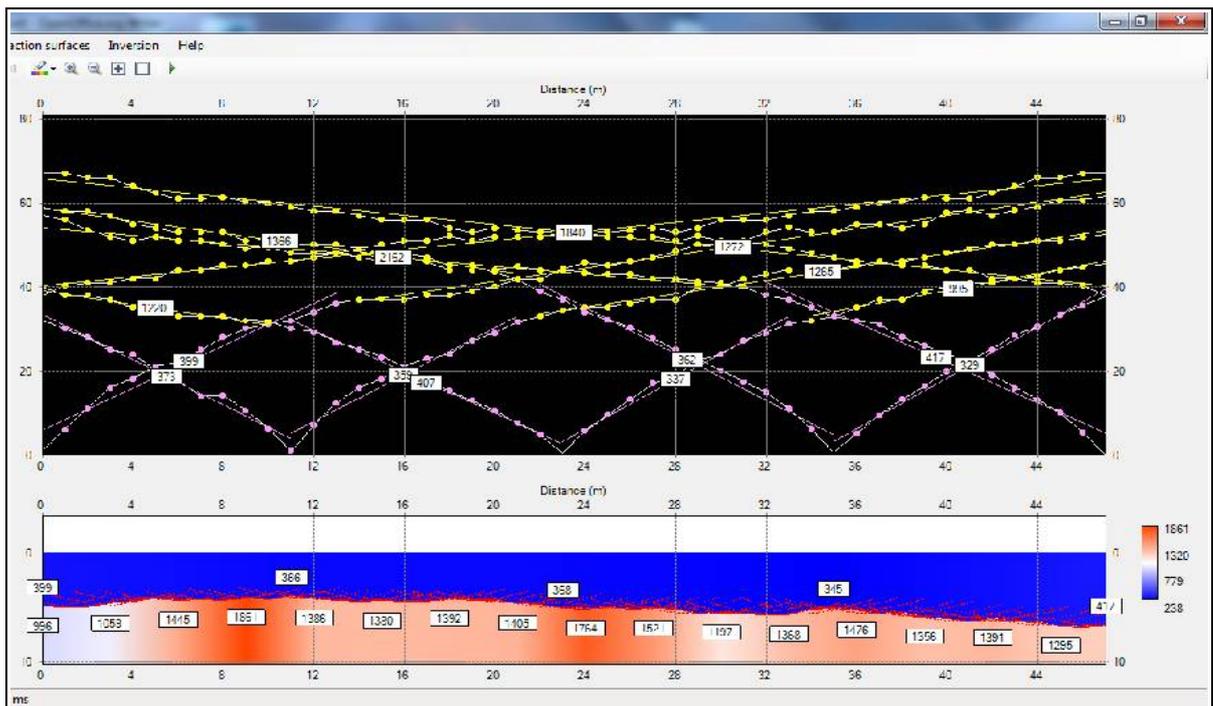
### Обращение годографов в автоматическом режиме

В модуле Easy refraction реализовано два принципиальных подхода к построению преломляющих границ — полностью автоматический и ручной режим. Ниже рассмотрим оба способа на примере наших данных.

Для того, чтобы построить преломляющую границу методом То автоматически (требуется, чтобы слои были выделены на годографах), необходимо зайти в меню Inversion и выбрать Automatic inversion (дублируется кнопкой F5 и зеленой стрелкой на панели задач).



Результат работы показан на рисунке: в нижней части рабочего окна модуля построено положение границы между первым и вторым слоем. Цветом отображаются скорости, соответствующие текущей палитре.

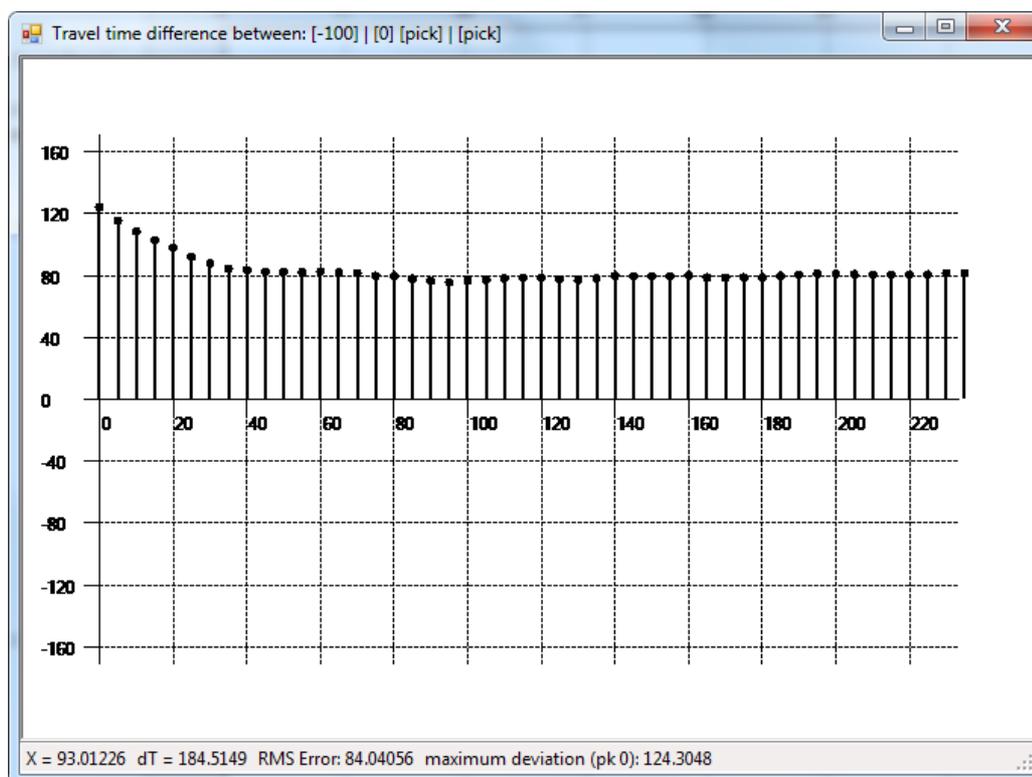


Для отображения значений скоростей слоёв на разрезе нажмите кнопку «t».

### **Обращение годографов в ручном режиме**

Второй подход к построению модели — ручной режим, позволяющий контролировать все шаги построения границы методом  $T_0$ , а именно: построение сводных годографов, уравнивание годографов по взаимным временам, построение разностного и  $T_0$  годографов, задание скорости в верхнем слое. На каждом этапе существует возможность редакции годографов.

В модуле также реализована возможность построения разности двух годографов. Для этого необходимо один годограф выделить левой кнопкой, второй годограф выделить правой кнопкой мыши. Затем зайти в меню **Time Curves/Travel time difference**. В отдельном окне будет построен график разности между выделенными годографами. В случае если в первом вступлении регистрируются рефрагированные волны, график разности будет всюду убывающей функцией, если головные – функция сначала будет убывать, затем выйдет на константу.



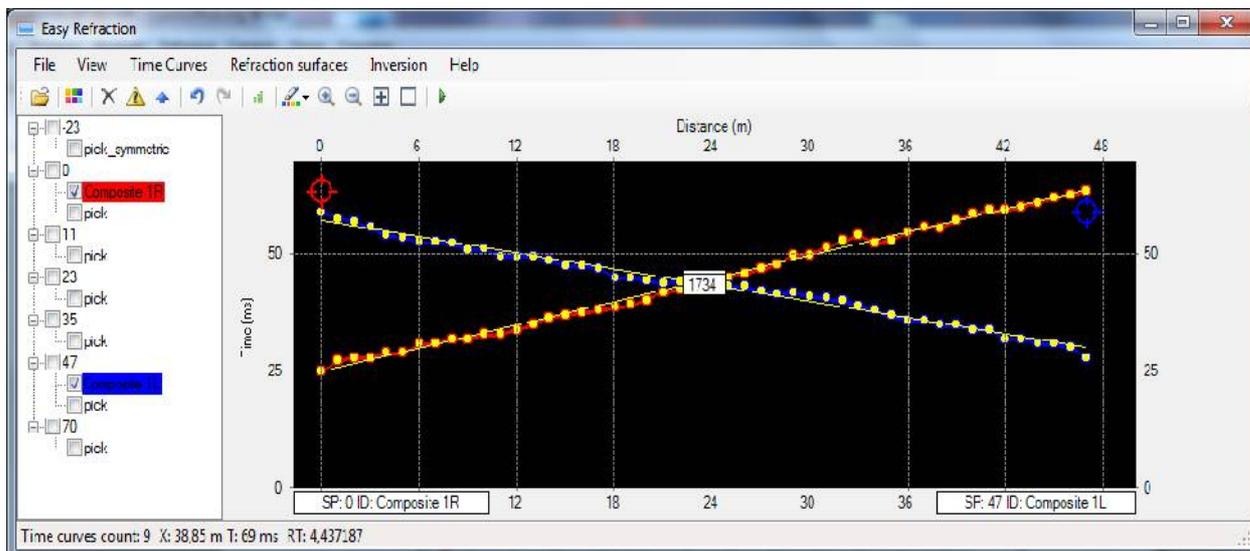
Первый шаг в построении границы методом  $T_0$  — построение сводных годографов. Эта процедура необходима для получения годографа, закрывающего «мертвую» зону - зону прослеживания прямой волны на прямом и встречном годографах. Используя нагоняющие годографы, прямой и встречный, годограф головной волны можно достроить в «мертвой» зоне. Процедура реализуется с помощью меню **Inversion/Composite travel time curves**.

При построении сводного годографа учитываются времена со всех годографов, относящихся ко второму слою.

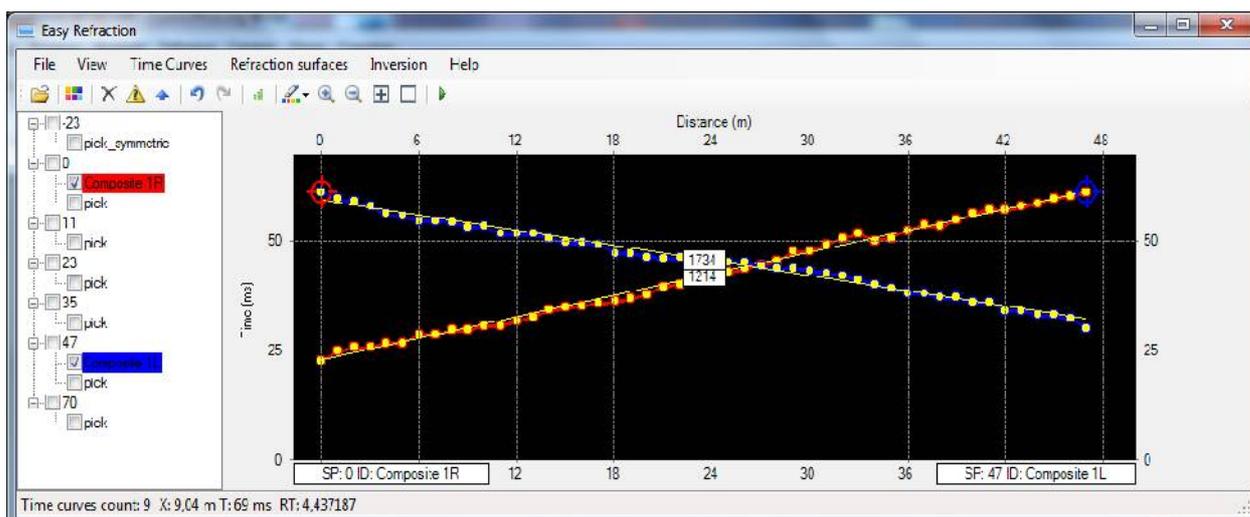
Так, при построении прямого сводного годографа в левой части будет учитываться только нагоняющий годограф, далее – осредненное время между нагоняющим и прямым годографом, затем – осредненное время между всеми тремя годографами. База осреднения задается в меню **Inversion-> Settings**. При этом все использующиеся при построении годографы будут опущены или

подняты на время, соответствующее годографу, ближе всего расположенному к началу расстановки и находящемуся внутри нее.

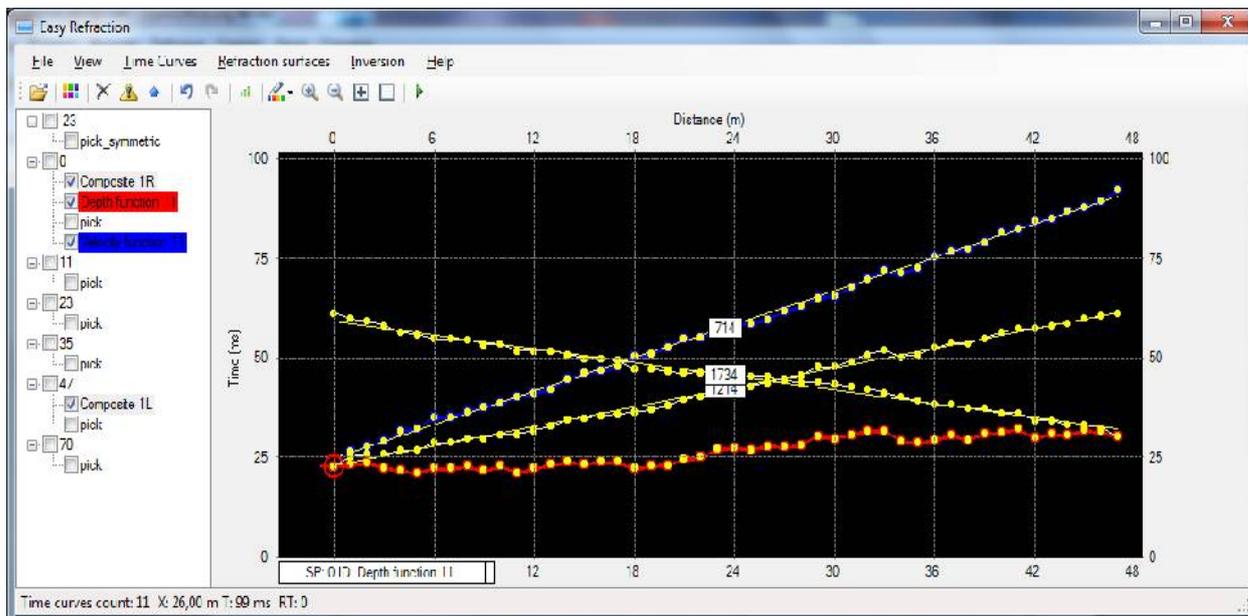
Аналогично проводится построение сводного встречного годографа. Результат построения сводных годографов показан на рисунке:



По принципу взаимности время пробега от источника к приемнику не изменится, если поменять источник и приемник местами. Это время соответствует взаимным точкам на прямом и встречном годографах. Поэтому необходимо увязать годографы во взаимных точках. Модуль позволяет посмотреть невязку и уравнять времена во взаимных точках. Выделение точек, которые необходимо увязать, происходит автоматически при выделении двух годографов левой и правой кнопками мыши. В нижней части окна модуля выводится невязка взаимных точек RT у двух взаимных годографов. Для увязки взаимных времен необходимо зайти в меню **Inversion** и выбрать **Reciprocal time leveling**. Эта функция позволяет найти среднее время между взаимными временами и автоматически подгоняет годографы под это время.

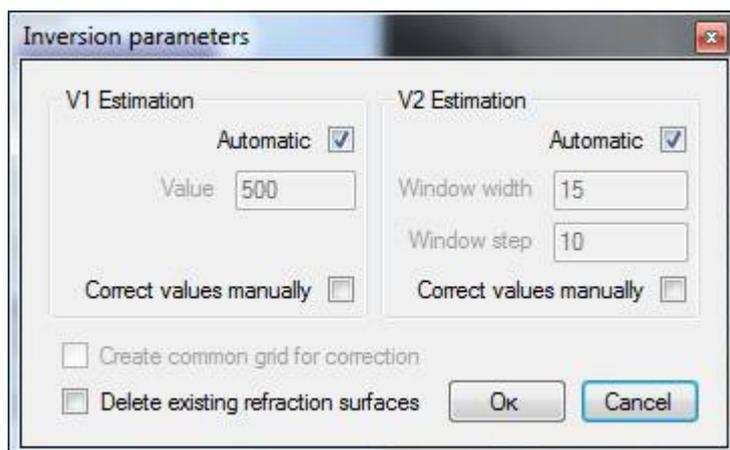


Следующий шаг - построение годографа  $t_0$  и разностного годографа. Для этого необходимо выделить прямой годограф левой кнопкой мыши, встречный – правой и зайти в меню **Inversion/Velocity analysis and time depth functions**. Результат построения показан на картинке:



Заключительный шаг в построении границы — выбор скорости в верхнем слое и задание параметров расчета скорости во втором слое по разностному годографу.

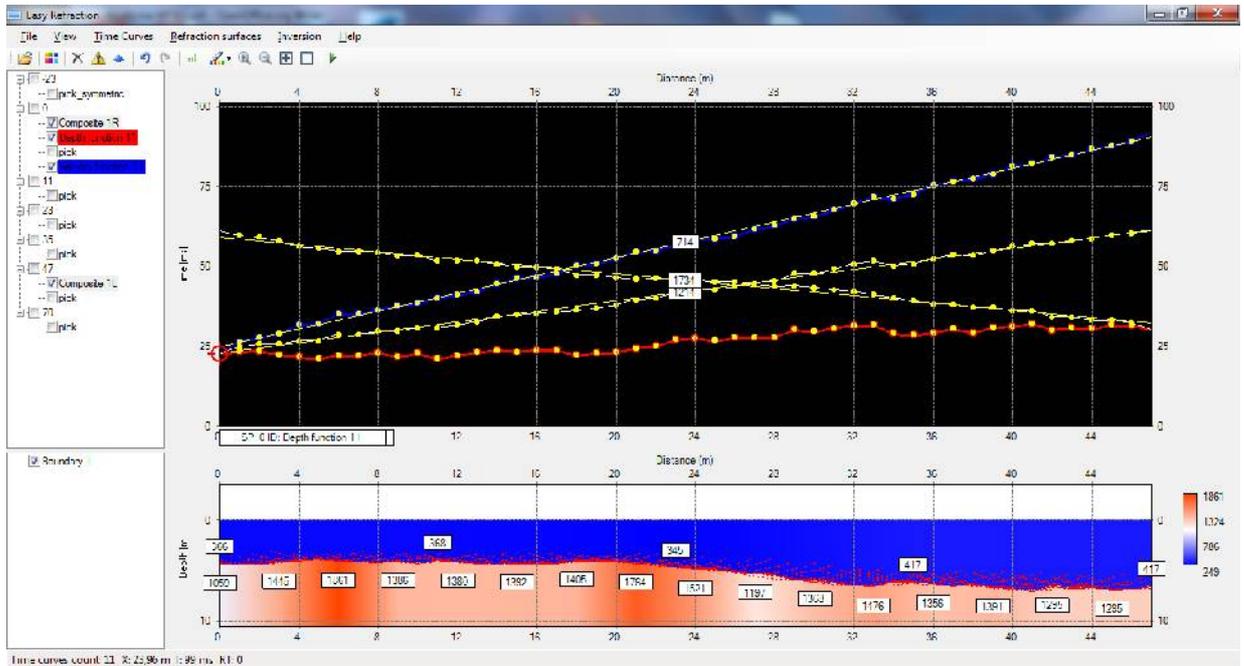
Выберите пункт меню **Inversion/Refraction Surfaces** – появится следующий диалог:



**V1 Estimation** – параметры вычисления скорости в первом слое — можно либо задать скорость вручную (одно значение на весь профиль), либо выбрать автоматический расчет (при этом скорость будет рассчитана по всему профилю путем линейной интерполяции между ПВ). **V2 Estimation** - параметры вычисления скорости во втором слое по разностному годографу. **Window width** – количество точек, которые берутся в расчет, **Window step** – шаг по базе. **Correct values manually** на обеих вкладка позволяет редактировать значения скоростей по профилю вручную.

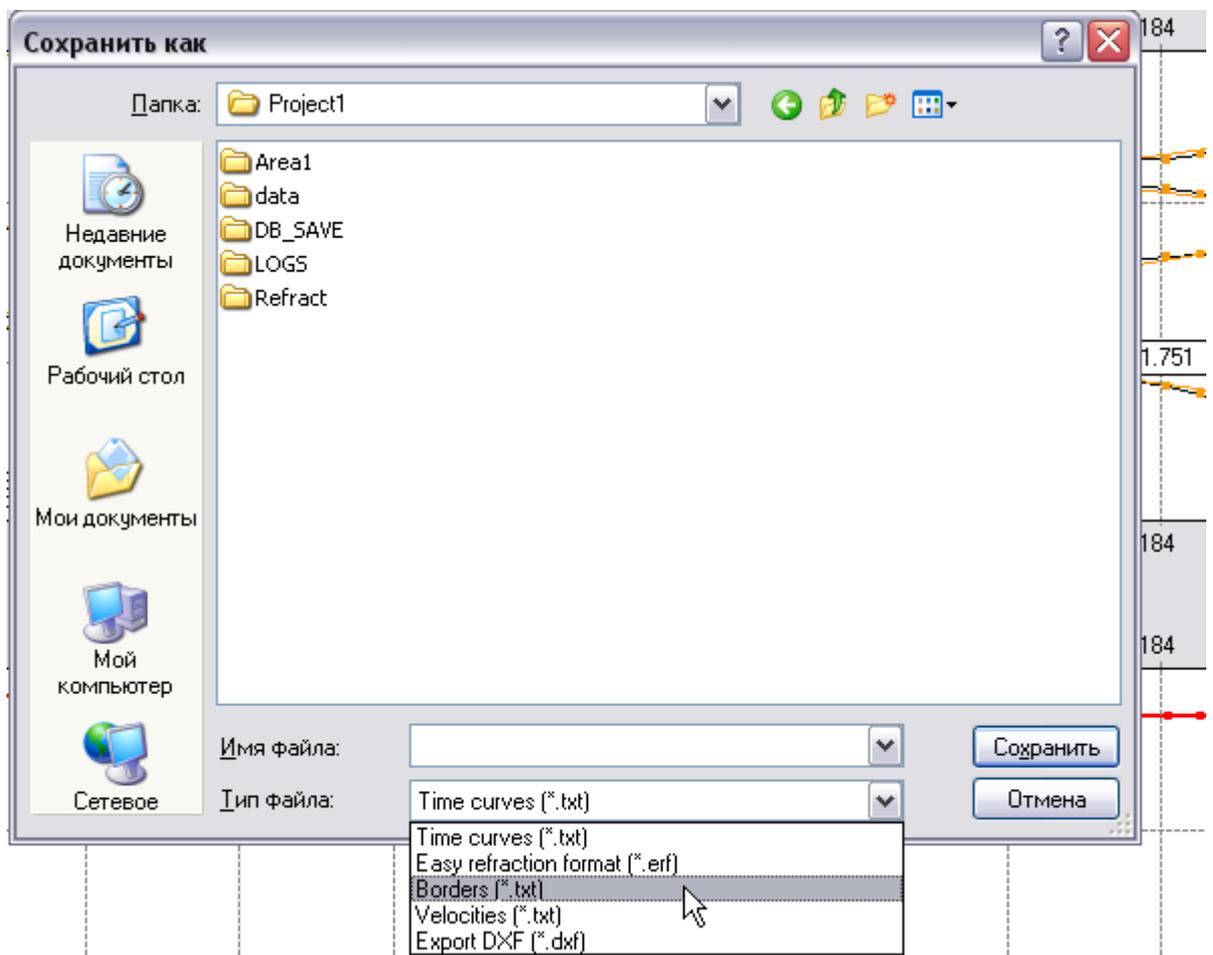
Оставим текущие значения параметров без изменений и нажмем кнопку ОК.

Результат построения преломляющей границы показан на картинке.



## Экспорт полученных результатов

Вы можете экспортировать полученные результаты при помощи команды меню **file/Export**. При этом появится окно сохранения файлов. В выпадающем списке «Тип файлов» можно выбрать что именно нужно экспортировать и в каком формате.



В текстовой (ASCII) файл можно экспортировать:

- годографы (Time curves)
- глубины преломляющих границ (Borders)
- скорости (Velocities)

Кроме того, преломляющие границы можно экспортировать в формате DXF.