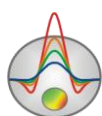


Программа двумерной обработки и интерпретации данных сейсмотомографии. (наземный, скважинный и акваторный варианты)

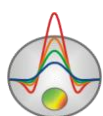
Модули: КМПВ-слоистая среда, MASW, инверсия амплитуд,
анизотропия.

ZONDST2D

Назначение и возможности программы.....	3
Скорость упругих волн.....	4
Установка и удаление программы.....	7
Регистрация программы.....	7
Требования к системе.....	8
Единицы измерения.....	8
<i>Модуль пикирования сейсмограмм.....</i>	<i>8</i>
Начало работы с модулем.....	9
Панель инструментов окна пикирования сейсмограмм.....	9
Меню функций окна пикирования сейсмограмм.....	10
Диалог общих настроек чтения файла и обработки.....	12
Ввод геометрии наблюдений.....	12
Настройки визуализации и масштабирования сейсмограммы.....	13
Диалог настройки масштабов сейсмограммы.....	14
Диалог графических настроек сеймотрасс.....	15
Режимы просмотра сейсмограммы.....	16
Основные опции модуля пикирования сейсмограмм.....	17
Опции многовкладочной секции.....	18
Операции с сейсмограммами.....	22
Пикировка первых вступлений.....	23
Диалог фильтрации данных.....	24
<i>Модуль инверсии полевых данных.....</i>	<i>25</i>
Создание и открытие файла данных для инверсии.....	25
Панель инструментов главного окна программы.....	26
Меню функций главного окна программы.....	26
“Горячие” клавиши.....	29
Панель статуса.....	29



Диалог настройки стартовой модели.....	29
Формат основного файла данных.....	32
I часть файла данных: Наблюденные данные	32
II часть файла данных: Данные топографии	33
III часть файла данных: Данные модели.....	35
План графиков	35
Редактор измерений	37
Инверсия данных.....	38
Диалог настройки параметров инверсии.....	38
Диалог Cell summarization	46
Режимы и параметры визуализации модели	48
Сохранение результатов интерпретации	50
Информация о проекте	51
Импорт и экспорт данных.....	52
Диалог настройки экспортируемого изображения	54
Формат файла данных каротажа и стратиграфии.....	54
Моделирование.....	56
Создание синтетической системы наблюдений	58
Полигональное моделирование разреза.....	60
Редактор модели	61
Работа с моделью	62
Диалог настройки параметров ячейки	64
Модуль Attenuation tomography.....	66
Модуль Layered inversion	68
Модуль анизотропия.....	74
Модуль MASW	75
Приложение 1: Редактор набора графиков	85
Приложение 2: Редактор графика.....	86
Приложение 3: Редактор легенды для графиков	88
Приложение 4: Редактор осей	88
Приложение 5: Диалог настройки параметров модели	91
Приложение 6: Диалог настройки параметров контурного разреза	93
Приложение 7: Геологический редактор разрезов.....	93



Назначение и возможности программы

Программа «ZONDST2D» предназначена для двумерной обработки и интерпретации профильных данных сейсмотомографии. Удобный интерфейс и широкие возможности представления данных позволяют максимально эффективно решить поставленную геологическую задачу.

Программа разбита на два основных модуля. Первый предназначен для пикирования первых вступлений на сейсмограммах. Второй используется для решения прямой и обратной задачи сейсмотомографии.

Для обработки сейсмограмм разработан специальный интерфейс, призванный максимально упростить и автоматизировать процесс пикирования первых вступлений. Основой упор сделан на разнообразие способов визуализации и доступность часто используемых функций.

При решении прямой задачи трассировки лучей используется специальный алгоритм теории графов (Shortest path's method). Данный алгоритм характеризуется высокой скоростью расчетов и контролируемой точностью.

При моделировании поля времен среда разбивается сетью прямоугольных ячеек с постоянным значением скорости.

Для решения обратной задачи (инверсии) используется метод Ньютона с регуляризацией. Регуляризация повышает устойчивость решения и позволяет получить более гладкое распределение скорости в среде.

$$(A^T W^T W A + \mu C^T R C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C m, \quad (1)$$

где A – матрица частных производных измеренных значений по параметрам разреза (Якобиан), C – сглаживающий оператор, W – матрица относительных погрешностей измерений, m – вектор параметров разреза, μ – регуляризирующий параметр, Δf – вектор невязок между наблюдаемыми и рассчитанными значениями, R – фокусирующий оператор.

При разработке обратной задачи особое внимание уделено учету априорной информации (веса отдельных измерений, диапазоны изменения параметров).

«ZONDST2D» обладает мощной системой визуализации профильных данных, редактором измерений, и системой анализа чувствительности и разрешающей способности метода.

В редакторе измерений пользователь может просмотреть параметры установки измерений, задать веса (значимость) отдельных измерений и подкорректировать значения измеренных характеристик. Имеется возможность назначить веса измерений в соответствии с разносом или зафиксировать те ячейки модели, изменение параметров которых практически не влияет на результаты измерений.

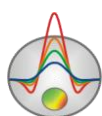
В системе анализа разрешающей способности пользователь изучает функцию чувствительности модели – т.е. степень влияния той или иной ячейки модели на результаты измерений.

$$S = \text{diag}(A^T A). \quad (2)$$

Исследование чувствительности позволяет сделать оптимальный выбор системы наблюдений для решения поставленной геологической задачи.

«ZONDST2D» использует простой и понятный формат файла данных, позволяющий сочетать различные системы наблюдений на одном профиле. Программа позволяет импортировать и отображать результаты измерений другими методами, что способствует, более комплексному подходу к интерпретации данных.

В «ZONDST2D» предусмотрена система моделирования, включающая все основные типы систем наблюдений, использующиеся в сейсмотомографии. Выбор



параметров установки и количества точек измерений осуществляется пользователем в режиме диалога.

Программа «ZONDST2D» представляет удобный аппарат для автоматической и интерактивной интерпретации данных сейсмотомографии, и может быть использована на IBM PC-совместимых персональных компьютерах с операционной системой Windows.

Скорость упругих волн

Согласно теории упругости, скорости сейсмических волн v_p и v_s зависят от плотности среды ρ и ее модулей упругости E и σ .

$$v_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1-\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}} \quad (3)$$

$$v_s = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\sigma)}} \quad (4)$$

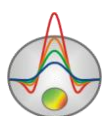
В горных породах эти параметры определяются множеством разнородных факторов – литологическим и гранулометрическим составом, пустотностью (пористостью, кавернозностью, трещиноватостью), флюидонасыщенностью, внутрипластовым давлением, воздействиями метаморфизма и тектоники, глубиной залегания, возрастом, температурой и пр.

Влияние плотности на изменения сейсмических скоростей в целом невелико, поскольку в большинстве горных пород диапазон вариации плотности ограничен пределами от 1.4 до 3.2 г/см³. Минимальные относительные изменения ρ характерны для изверженных пород, а максимальные – для осадочных, но и они не превышают 20-30%. Из структуры вышеупомянутых формул следует обратная зависимость скорости от плотности: если плотность относительно увеличивается (уменьшается) на $\varepsilon\%$, а значения упругих модулей остаются неизменными, то скорость относительно уменьшается (увеличивается) на $\varepsilon/2\%$.

По экспериментальным данным, для большинства горных пород характерна положительная корреляция между их плотностью и сейсмическими скоростями v_p и v_s , т.е. более плотные породы обычно являются и более высокоскоростными. Такая ситуация как будто противоречит рассматриваемым формулам, однако это несогласие – только кажущееся. Дело в том, что с увеличением плотности породы ρ , как правило, еще быстрее возрастает ее модуль Юнга E , в результате чего происходит увеличение скоростей v_p и v_s . Модуль Юнга E в различных горных породах изменяется на несколько порядков - от уровня около 10² МПа в слабых осадочных образованиях до уровня порядка 10⁵ МПа (10⁶ кг/см²) в крепких изверженных породах. За счет этого фактора величины сейсмических скоростей могут различаться в десятки раз.

Коэффициент Пуассона σ теоретически изменяется в диапазоне 0-0.5. К левому пределу приближаются упругие свойства жестких кристаллических пород, к правому - мягких пластичных отложений. В жидких несжимаемых средах, где отсутствуют деформации сдвига, $\sigma = 0.5$. В большинстве горных пород коэффициент Пуассона имеет значения от 0.15 до 0.35, т. е. варьирует относительно среднего значения 0.25 в пределах всего ± 0.1 . Однако в формулы, определяющие v_p и v_s , величина σ входит таким образом, что даже небольшие ее вариации сильно сказываются на значениях скоростей.

Воздействие на упругие свойства горных пород множества характерных факторов приводит к тому, что не существует однозначной связи между геологическим определением породы и ее скоростной характеристикой: совершенно разные породы могут иметь одинаковые значения скоростей, а породы одного названия могут



существенно отличаться по своим скоростям. Поэтому для различных горных пород или их комплексов можно указать только пределы вероятных значений скоростей.

Скорость продольных волн в рыхлых породах самой верхней выветренной части разреза обычно не превышает 1 км/с. В коренных терригенных отложениях она редко превышает 4 км/с, а в карбонатных и гидрохимических породах может увеличиваться до 6 км/с. В изверженных и метаморфических породах v_p достигает 6.5-7 км/с, в целом возрастая с увеличением их основности и степени метаморфизма. У подошвы земной коры (границы Мохоровичича) величина v_p , судя по оценкам скоростей преломленной волны, достигает 8 км/с. Правда, вещественный состав пород на этой глубине достоверно не известен.

Скорости поперечных волн в целом изменяются согласно со скоростями продольных волн. Теоретически отношение $\gamma = v_s/v_p$ может находиться в пределах от 0 (флюиды) до $1/\sqrt{2} = 0.7$ (в случае $\sigma = 0$). В большинстве консолидированных пород величина γ составляет 0.4-0.6, что соответствует для σ диапазону значений 0.4-0.2. Однако в очень рыхлых песчано-глинистых образованиях величина γ может составлять 0.2-0.3 и даже меньше. В целом закономерности распределения v_s , изучены хуже, чем v_p .

Породы одного литологического состава могут заметно отличаться по сейсмическим скоростям из-за своей внутренней структуры, обусловленной условиями формирования. Это хорошо заметно на терригенных породах, образовавшихся в разной гидродинамической обстановке: отложения, возникшие в низкоэнергетической обстановке шельфов и гранулометрически более однородные, обычно имеют скорости меньшие, чем отложения, накопленные в высокоэнергетической прибрежной обстановке и гранулометрически менее отсортированные. Относительно низкоскоростными оказываются органогенные карбонаты, по сравнению с хемогенными.

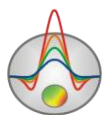
Очень существенным фактором для величин сейсмических скоростей является степень пустотности горных пород, прежде всего – их пористости. При прочих равных условиях, с увеличением пористости породы сейсмические скорости в ней уменьшаются. Эта зависимость наиболее выражена в терригенных отложениях, у которых величина пористости может достигать 30-40%. Такие породы, особенно пески и песчаники, рассматривают как гетерогенные среды, состоящие из твердого скелета (зерен) и пор, заполненных флюидом (жидкостью, газом и их смесью). Для подобной модели скорость v_p , оценивается приближенным эмпирическим соотношением, известным как уравнение среднего времени:

$$\frac{1}{v_p} = \frac{k_p}{v_\phi} + \frac{1-k_p}{v_\tau}, \quad (5)$$

где k_p – коэффициент пористости, v_τ и v_ϕ – скорости продольных волн в твердом скелете и флюиде соответственно.

Зависимость $v_p(k_p)$ имеет экспоненциальный характер. Наличие во влагонасыщенных породах воздуха (газа) приводит, вследствие его большой сжимаемости, к уменьшению общей упругости породы и уменьшению скорости в ней. При полном насыщении пор водой происходит резкое уменьшение сжимаемости породы и скачкообразное увеличение скорости v_p . На скорости поперечных волн v_s , степень водонасыщенности практически не сказывается. Этот эффект используют для определения сейсморазведкой уровня фунтовых вод (УГВ) в рыхлых отложениях.

Замерзание воды, находящейся в порах, кавернах, трещинах, вызывает резкое возрастание сейсмических скоростей в породе, поскольку скорость v_p , во льду почти в 2.5 раза выше, чем в воде. В зависимости от пористости, относительного содержания замерзшей и незамерзшей воды, ее минерализации и температуры скорость продольных волн может возрастать на 1-2 км/с. Это существенно изменяет скоростные



характеристики верхней части разреза в зонах распространения мерзлых пород: здесь наблюдается так называемая инверсия скоростей, когда от поверхности на некотором интервале глубин скорости уменьшаются по мере перехода от мерзлых к талым отложениям.

Для осадочных пород характерно более или менее существенное увеличение скорости с глубиной их залегания из-за роста горного давления. Это обусловлено, с одной стороны, уменьшением пористости, что согласно (5) увеличивает v_p , поскольку $v_T > v_\phi$. С другой стороны, скорость v_T зависит от площади соприкосновения соседних зерен породы, которая возрастает с увеличением давления, что приводит к увеличению модуля Юнга и, соответственно, скоростей v_T и v_p . Возрастание скоростей с глубиной наиболее выражено у терригенных пород, отличающихся высокой начальной пористостью. В менее пористых карбонатных отложениях это свойство проявляется значительно слабее, а у хемогенных пород оно практически не заметно.

При одинаковом вещественном составе и равной глубине залегания более древние породы отличаются более высокими скоростями. Такой эффект объясняется длительностью воздействия процессов диагенеза, метаморфизма и тектонических напряжений, которые делают породы более жесткими и упругими. Зависимость эта довольно слабая: скорость возрастает приблизительно как корень шестой степени из абсолютного возраста отложений.

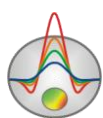
В пористых отложениях на значительных глубинах скорость зависит от соотношения внешнего геостатического давления со стороны вышележащей толщи и внутрипластового давления флюида, заполняющего поры. Первое, уменьшая пористость, повышает скорость. Второе, создавая распор зерен породы, препятствует сокращению пористости и снижает скорость. Эффективное давление, определяющее величину скорости, практически равно разности внешнего и внутреннего давлений. В некоторых случаях отток флюида из песчанистых отложений под действием геостатического давления затруднен экранирующим действием вмещающей глинистой породы. По этой причине внутрипластовое давление оказывается выше, чем нормальное гидростатическое давление на данной глубине, а скорость v_p в пласте – ниже нормального уровня.

Зоны тектонических нарушений характеризуются значительным уменьшением сейсмических скоростей, которое может составлять до 30-40% и более, в зависимости от степени дезинтеграции пород. Обычно этот эффект сильнее выражен для поперечных волн, поэтому отношение скоростей $\gamma = v_s/v_p$ в зонах тектонического нарушения, разуплотнения и трещиноватости горных пород имеет пониженное значение.

При неизменном литологическом составе пласта осадочной породы в нем могут наблюдаться латеральные (боковые) изменения скорости, связанные с пликативными структурными формами. Чаще отмечается уменьшение скорости к сводовым частям поднятий, где сильнее развита трещиноватость пород. Но может иметь место и ложный эффект, вызванный повышенным динамометаморфизмом в сводовых частях складок.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что вариации сейсмических скоростей могут отображать изменения напряженного состояния массивов горных пород. В частности, уменьшение скоростей и проявление их анизотропии могут быть приурочены к зонам разуплотнения и трещиноватости пород тектонического происхождения.

Другим важным свойством, которое нередко обнаруживается в массивах горных пород, является анизотропия их упругих свойств, приводящая к зависимости величин сейсмических скоростей от направления. Такой эффект возникает как за счет тонкослоистой структуры отложений, так и вследствие развития пространственно ориентированной трещиноватости горных пород. Согласно экспериментальным данным, среди литологически однородных толщ наибольшей анизотропией характеризуются



глинистые отложения, которые отличаются упорядоченной чешуйчатой текстурой. В них для продольных волн k_p достигает значений 1.2-1.5 и более. В песчаниках k_p редко превышает уровень 1.1-1.2. Карбонатные отложения имеют слабую анизотропию скоростей. Для поперечных волн анизотропия обычно выше, чем для продольных волн в тех же разрезах.

Другой причиной анизотропии сейсмических скоростей является интенсивная трещиноватость горных пород, нарушающая сплошность их минерального скелета. При наличии системы трещин определенного направления скорость волн вдоль него максимальна, а поперек – минимальна. Определяемый коэффициент анизотропии зависит от формы и относительных размеров трещин по сравнению с преобладающей длиной волны, а также от упругих свойств заполнителя трещин [Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка. 2006].

Установка и удаление программы

Программа «ZONDST2D» поставляется на компакт-диске или через интернет. В комплект поставки входит настоящее Руководство. Последние обновления программы Вы можете загрузить на сайте: <http://zond-geo.ru>.

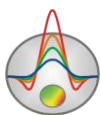
Для установки программы перепишите программу с компакт диска в выбранную директорию. Для установки обновления, просто запишите новую версию программы поверх старой.

Перед первым запуском программы необходимо установить драйвер защитного ключа SenseLock. Для этого откройте папку SenseLock (драйвер можно загрузить с компакт диска, или на сайте) и запустите файл InstWiz3.exe. После установки драйвера вставьте ключ. Если все в порядке в нижней системной панели появится сообщение, что ключ обнаружен.

Для удаления программы сотрите рабочий каталог программы.

Регистрация программы

Для того чтобы зарегистрировать программу нажмите в главном меню программы пункт “Registration file”. В появившемся диалоге выберите имя файла регистрации и сохраните его. Созданный файл пересылается на указанный в договоре адрес, после чего пользователь получает уникальный пароль, связанный с серийным номером жесткого диска, который необходимо ввести в пункте “Registration”. Второй вариант регистрации программы – привязка с помощью, поставляемого ключа SenseLock. При этом необходимо, чтобы во время работы ключ был вставлен в разъем USB.



Требования к системе

Программа «ZONDST2D» может быть установлена на компьютере с операционной системой Windows 98 и выше. Рекомендуемые параметры системы: процессор P IV-2 ГГц, 512 мб. памяти, разрешение экрана 1024 X 768, цветовой режим -True color. (Не следует изменять разрешение экрана в режиме работы с данными).

Так как программа на данный момент активно использует ресурсы системного реестра, в системах выше Windows XP, ее следует запускать от имени администратора (правой кнопкой мыши на значок программы – запустить от имени администратора).


Единицы измерения

Геометрические единицы (координаты источников и приемников, топография) – **метры**.

Единицы времен первых вступлений – **миллисекунды**.

Единицы скорости сейсмических волн – **километры в секунду**.

Модуль пикирования сейсмограмм

Целью обработки полевых данных является получение годографов времен первых вступлений целевой волны. Для начала процесса обработки полевых материалов необходимо иметь файл или файлы полевых наблюдений формата SEG-Y. Процесс пикирования полевых сейсмограмм производится в специальном модуле (рис.1), который вызывается пунктом **Create survey** главного меню программы или кнопкой на панели инструментов . После вызова данного модуля необходимо загрузить в него полевые сейсмограммы и приступить к процессу пикирования.

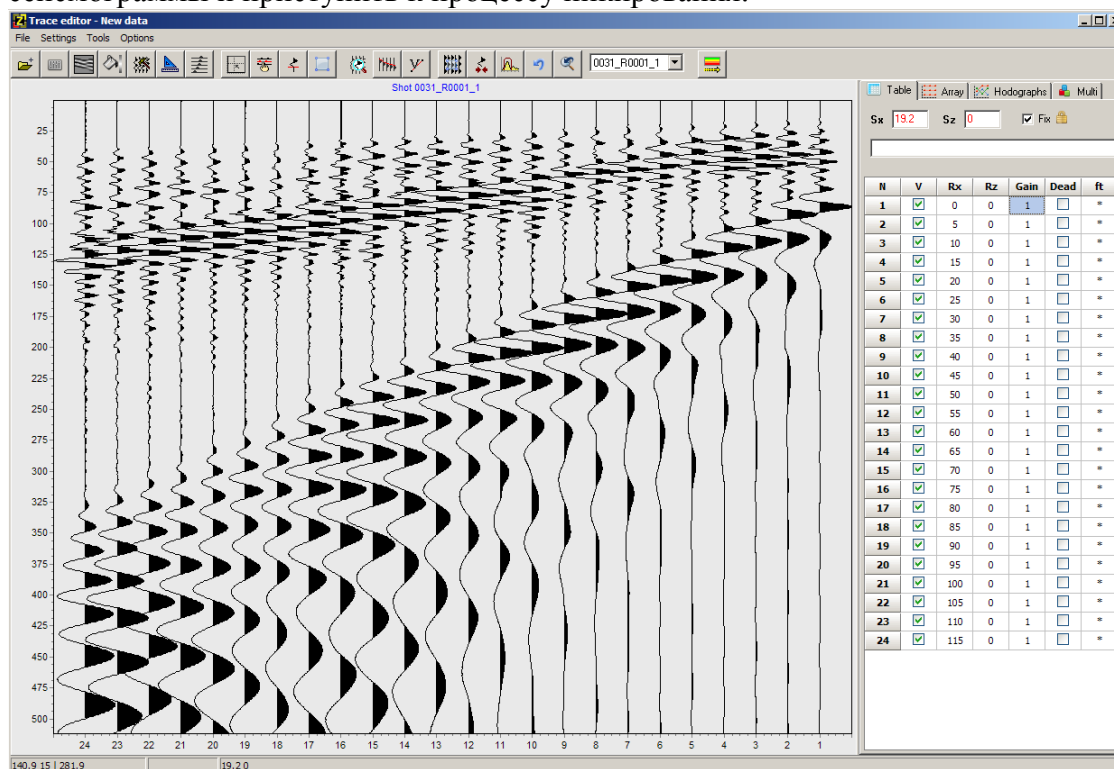
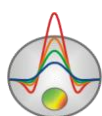


Рис. 1. Рабочее окно модуля пикирования сейсмограмм **Trace editor**.
















Окно разбито на две части: граф отображения сейсмограмм (слева), многовкладочная секция для настройки и отображения параметров системы наблюдений (справа).

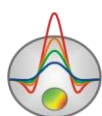
Начало работы с модулем








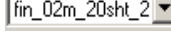

Работа начинается с открытия файла или нескольких файлов SEG-Y или файла проекта. Сразу после загрузки файла появляется диалог Show parameters for every file. Если нажать Yes, то появится окно, в котором пользователю предлагается выбрать нужные сеймотрассы и задать координаты источников и приемников, если это необходимо (координаты приемников и источников можно задать позднее). Перед загрузкой SEG-Y файлов необходимо убедиться в правильности настроек чтения файла **Settings/File options** (более подробно описано в разделе [«Диалог общих настроек чтения файла и обработки»](#)).

Панель инструментов окна пикирования сейсмограмм

Панель инструментов служит для быстрого вызова наиболее часто используемых в модуле функций. Она содержит следующие функциональные кнопки (слева - направо):



	Открыть файл или набор файлов полевых данных формата SEG-Y или рабочий проект.
	Вызвать диалог общих настроек чтения файла и обработки.
	Показать подложку, изображающую сейсмограмму в интерполяционном виде.
	Вызвать диалог графических настроек интерполяционной подложки.
	Вызвать диалог графических настроек сейсмических трасс.
	Вызвать диалог настройки масштабов изображения.
	Развернуть сеймотрассы на девяносто градусов. В зависимости от типа данных удобно использовать вертикальную или горизонтальную ориентацию сейсмограммы.
	Показывать перекрещивающиеся линии, следующие за курсором.
	Включить режим выделения активной трассы с помощью мыши. Активная трасса подсвечивается зеленым (по умолчанию) цветом и рисуется последней. Не следует использовать данный режим во время пикирования, т.к. он сильно замедляет работу программы.
	Включить режим точного позиционирования времен первых вступлений. Новое значение выбирается в ближайшей точке смены знака на сеймотрассе.
	Отображать активное рабочее окно в виде рамки.
	Включить режим увеличения/выделения участка сейсмограммы. Выделение осуществляется резиновым прямоугольником с помощью мыши.
	Включить режим пикирования первых вступлений. Выбор первых вступлений осуществляется левой кнопкой мыши. Нажатие правой кнопки мыши отключает выбранное значение на годографе. При нажатой клавише SHIFT программа интерполирует значения первых вступлений между положениями первого и второго нажатия мыши.

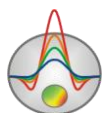


	Включить режим определения скорости между двумя точками. Для определения скорости, на выбранном участке сейсмограммы, необходимо выбрать положение первой точки. Далее, не отпуская кнопку, мыши перемещать курсор в нужную позицию. Значение скорости будет отображаться в панели статуса окна (вторая секция). Перед определением скорости убедитесь, что координаты приемников заданы правильно.
	Установить рабочее окно данных. Размеры окна задаются в режиме  . Рабочее окно используется при фильтрации и автомасштабировании сеймотрасс.
	Отмасштабировать сеймотрассы в соответствии с размером рабочего окна.
	Вызвать диалог фильтрации данных.
	Отменить результаты фильтрации.
	Перейти к предыдущему участку выделения сейсмограммы.
	Выбрать активную сейсмограмму из списка. В списке находятся все сейсмограммы проекта.
	Перейти в окно моделирования и инверсии данных.

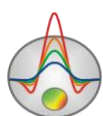
Меню функций окна пикирования сейсмограмм

Ниже перечислены названия пунктов меню и их назначение:


File/Open SEG-Y/Project	Открыть файл или набор файлов полевых данных формата SEG-Y или рабочий проект.
File/Save project	Сохранить данные и результаты корреляции в рабочий проект.
File/Close project	Закрыть все сейсмограммы.
File/Print preview	Вызвать диалог печати изображения.
File/Include topography	Подключить к проекту файл содержащий информацию о топографии измерений формата ZondST2D (формат будет описан далее).
File/Project information	Показать информацию о загруженном проекте.
Settings/Image options	Вызвать диалог графических настроек интерполяционной подложки.
Settings/Image visible	Показать подложку, изображающую сейсмограмму в интерполяционном виде.
Settings/Graphics options	Вызвать диалог графических настроек сейсмических трасс.
Settings/File options	Вызвать диалог общих настроек чтения фала и обработки.
Settings/Scaling options	Вызвать диалог настройки масштабов изображения.
Settings/mSec units	Указывает в каких единицах отображать данные в миллисекундах или отсчетах.
Settings/Cross-hole survey	Эта опция должна быть выбрана, если используются данные межскважинного просвечивания.
Tools/Set working area	Установить рабочее окно данных. Размеры окна задаются в режиме  . Рабочее окно используется при автомасштабировании  сеймотрасс. Если включена опция Fix, рабочее окно назначается для всех последующих



	сейсмограмм проекта.
Tools/Select all	Установить всю сейсмограмму рабочим окном данных.
Tools/Filtering	Вызвать диалог фильтрации данных.
Tools/Undo filtering	Вернуться к первоначальным данным.
Tools/Rotate plot	Развернуть сейсмотрассы на девяносто градусов. В зависимости от типа данных удобно использовать вертикальную или горизонтальную ориентацию сейсмограммы.
Tools/Picking mode	Включить режим пикирования первых вступлений. Выбор первых вступлений осуществляется левой кнопкой мыши. Нажатие правой кнопки мыши отключает выбранное значение на годографе. При нажатой клавише SHIFT программа интерполирует значения первых вступлений между положениями первого и второго нажатия мыши.
Tools/Zoom mode	Включить режим увеличения/выделения участка сейсмограммы. Выделение осуществляется резиновым прямоугольником с помощью мыши. Далее можно включить режим автомасштабирования для выбранного окна.
Tools/Display cross	Показывать перекрещивающиеся линии, следующие за курсором.
Tools/Edit source pos	Вызвать диалог быстрого задания координат источника для списка файлов.
Options/Delete current shot	Удалить текущую сейсмограмму из проекта.
Options/Delete empty shots	Удалить из проекта все сейсмограммы для которых не проведено пикирование.
Options/Seismogram summarization	Прибавить к текущей сейсмограмме, сейсмограммы выбранные во вкладке Multi в поле Shot.
Options/Trace summarization	Прибавить к активной трассе, соответствующие трассы сейсмограмм выбранных во вкладке Multi в поле Shot.
Options/Sort shots by filename	Отсортировать сейсмограммы по именам файлов.
Options/Sort shots by position	Отсортировать сейсмограммы по положениям источника.
Options/Sort trace by offset	Отсортировать трассы сейсмограммы по удалению от источника.
Options/Copy trace	Скопировать активную сейсмотрассу в буфер обмена.
Options/Paste trace	Скопировать данные из буфера обмена в активную сейсмотрассу.
Options/Reciprocity error	Показать среднюю ошибку корреляции данных, рассчитанную на основе принципа взаимности.
Options/Start times error	Показать графики предполагаемых ошибок определения отметки момента, рассчитанных на основе принципа взаимности.
Options/Start times error 2	Показать графики предполагаемых ошибок определения отметки момента, рассчитанных на основе сравнения наблюдаемых и вычисленных годографов. Вызывается после решения обратной задачи.
Options/Undo action	Отменить последнее действие пикировки.



Диалог общих настроек чтения файла и обработки

Вызвать диалог общих настроек чтения файла и обработки можно с помощью опции **Settings/File options** или кнопки на панели инструментов .

Вкладка **SEG-Y** содержит опции управляющие форматом файлов полевых данных (рис.2).

Перед созданием нового проекта из файлов SEG-Y надо быть уверенным, что настройки данной вкладки соответствуют используемым файлам.

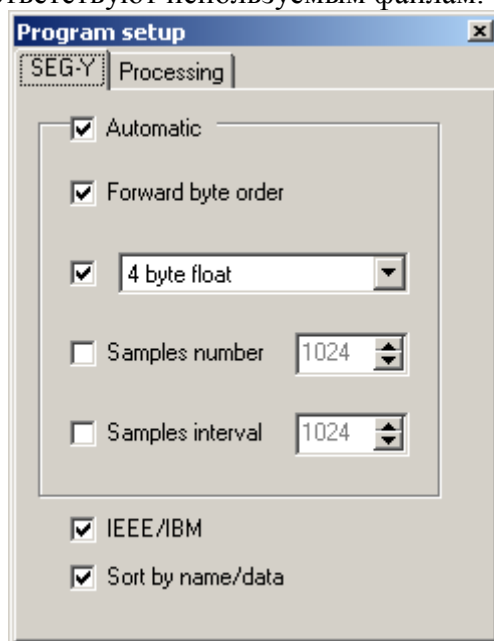


Рис. 2. Диалоговое окно **Program setup**, вкладка **SEG-Y**.

Опция **Automatic** включает режим автоматического определения формата. Если данная опция отключена - становятся доступными следующие настройки.

Опция **Forward byte order** - устанавливает порядок чтения байтов. Всплывающий список предназначен для выбора типа данных.


Опция **Samples number** – устанавливает количество отсчетов в сеймотрассе.

Опция **Samples interval** – устанавливает интервал дискретизации сеймотрассы (в нСек).

Опция **IEEE/IBM** – устанавливает формат числа PC/UNIX.

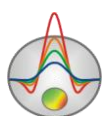
Главным образом используются опции **IEEE/IBM** и **Forward byte order**.

Опция **Sort by name/data** – указывает программе порядок сортировки сеймотрасс – по имени файла или по дате.

Вкладка **Processing** включает вспомогательные настройки. Первый всплывающий список предназначен для выбора алгоритма Фурье-преобразования (быстрое - **FFT** или обычное **DFT**). Второй всплывающий список позволяет выбрать тип автоматической корректировки первых вступлений в режиме . Значение **to null** – привести к точке перегиба сеймотрассы, **to maximum** – привести к локальному экстремуму сеймотрассы.

Ввод геометрии наблюдений

В случае если геометрия наблюдений не введена при записи **SEG-Y** файлов, ввести эти данные можно с помощью опций программы. Удобно первоначально вводить



геометрию индексами (1,2,3...), а потом загружать файл координат с помощью опции во вкладке **Hodographs** многовкладочной секции (подробно описано в разделе «Опции многовкладочной секции»).

Диалог **Set source positions**, вызываемый с помощью опции **Tools/Edit source pos** позволяет ввести индексы положения источников в списке файлов-накоплений (рис.3).

В верхней строке этого диалога в полях **dx** и **dz** указывается приращение индекса по X и Z. Кнопка «+» присваивает индекс следующему файлу по X равный $S_x + dx$ и по Z – $T_z + dz$. Для быстрого заполнения колонок **Sx** и **Sz** на накоплениях при одном и том же положении источника необходимо поставить курсор на **Sx** последнего файла, и зажатой кнопкой **SHIFT** кликнуть на **Sx** первого файла, относящегося к текущему положению источника.

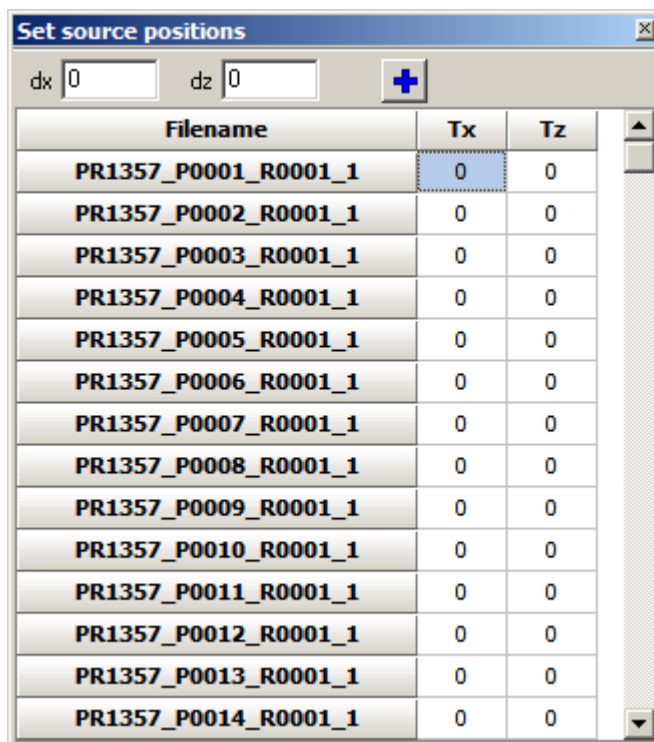



Рис. 3. Диалоговое окно **Set source positions**.

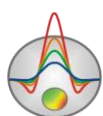
Индексы источников и приемников можно вводить также в столбцах **Rx**, **Rz** и **Sx**, **Sz** во вкладке **Table** многовкладочной секции.


Во вкладке **Hodograph** мультивкладочной секции можно сохранить или загрузить геометрию наблюдений в виде файла с расширением *.crd. Рекомендуется до введения какой-либо геометрии сохранить такой файл, так как он позволяет удалять из проекта введенную геометрию, которая неверна или требует изменений (более подробно описано в разделе «Опции многовкладочной секции»).

Настройки визуализации и масштабирования сейсмограммы

Для удобства работы обработчика в модуле пикирования предусмотрены различные возможности масштабирования и визуализации сейсмограммы.

Увеличение отдельного участка или его перемещение осуществляется в режиме выделения/увеличения  (инструмент – “резиновый прямоугольник”). Для выделения участка, который необходимо увеличить, курсор мыши перемещается вниз и вправо, с нажатой левой кнопкой (Рис.4А).



Перейти к предыдущему участку выделения сейсмограммы можно с помощью опции . Для возврата к первоначальному масштабу, производятся те же действия, но мышь движется вверх и влево (Рис.4В).

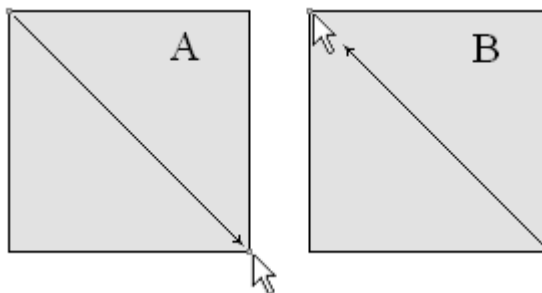



Рис. 4. Направление движения мыши при изменении масштаба.

Диалог настройки масштабов сейсмограммы

Вызвать диалог настройки масштабов сейсмограммы можно с помощью опции **Settings/Scaling options** или кнопки на панели инструментов . (рис.5).

Диалог содержит опции, определяющие масштабы графиков сейсмотрасс и всего изображения. Область **Norm style** устанавливает тип нормировки графиков сейсмотрасс.

Значение **Common maximum** - масштабирует графики по общему максимуму сейсмограммы.

Значение **Trace maximum** - масштабирует каждый график по собственному максимуму.

Значение **Average maximum** - масштабирует графики по среднему максимальному значению сейсмограммы.

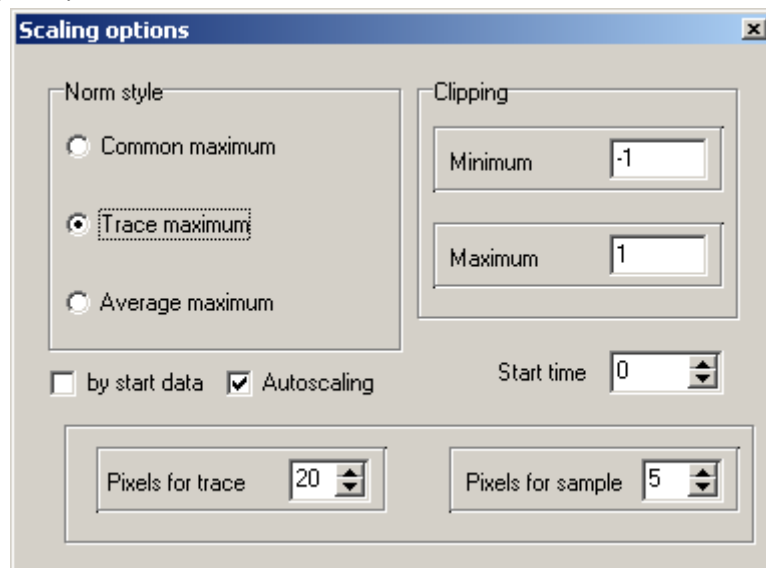
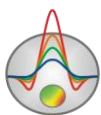


Рис. 5. Диалоговое окно **Scaling options**.

Область **Clipping** устанавливает предельные значения максимумов и минимумов графиков, по достижении которых графики обрезаются.

Значения **Maximum** и **Minimum** задаются исходя из того, что расстояние между соседними трассами равно единице.


Опция **By start data** – указывает программе, что масштабирование графиков будет производиться применительно к значениям исходных (нефильтрованных) данных.



Опция **Autoscaling** – устанавливает масштаб изображения графа. Если опция включена, то масштаб выбирается автоматически исходя из размера окна. Если опция отключена – масштабы изображения задаются опциями **Pixel for trace** (количество пикселей на одну трассу) и **Pixel for sample** (количество пикселей на один отсчет).

Опция **Start time** устанавливает значение отметки момента (положительное число в млСек или отсчетах) для всех сеймотрасс. Ось времен/отсчетов смещается таким образом, чтобы отметке момента соответствовал ноль оси. При этом возможно появление отрицательных значений на оси.

Диалог графических настроек сеймотрасс

Вызвать диалог графических настроек сеймотрасс можно с помощью опции **Settings/Graphics options** или кнопки на панели инструментов . (рис.6).

Вкладка **Trace** содержит опции, отвечающие за внешний вид графиков сеймотрасс. Две основные области **First** и **Second** отвечают за настройки основной и дополнительной (отображающейся поверх основной в режиме **Multi**) сейсмограммы соответственно.

Области **Negative** и **Positive** включают цветовые настройки минимумов и максимумов графиков (**Fill color** – цвет заливки, **Transparent** – без заливки).

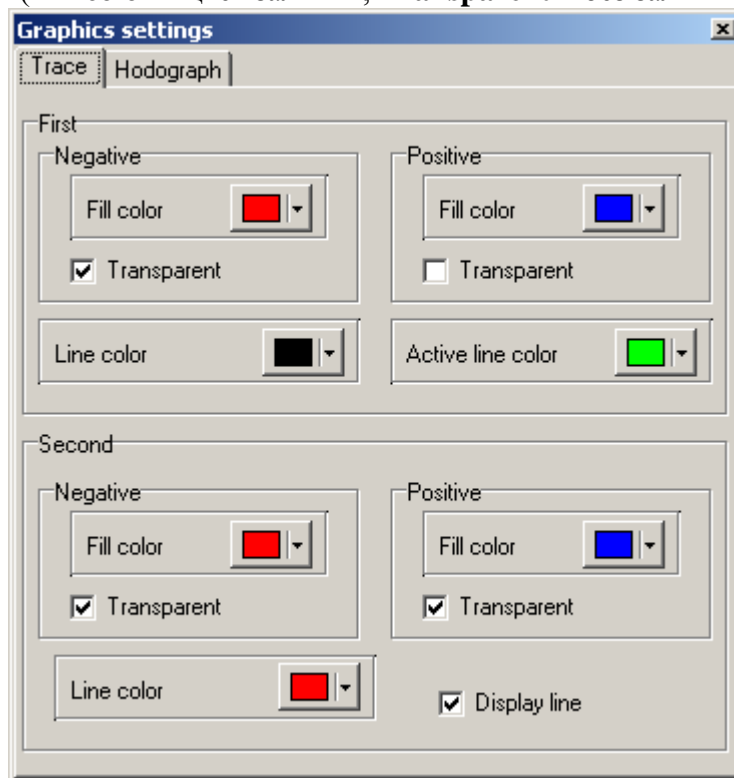
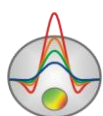



Рис.6. Диалоговое окно **Graphics settings**.

Опция **Line color** устанавливает цвет линии графиков. Опция **Active line color** устанавливает цвет линии активного графика. Опция **Display line** - указывает, нужно ли рисовать линии графиков.

Вкладка **Hodograph** содержит цветовые настройки годографов отображающихся на сейсмограммах в ходе пикирования. Опции **Current**, **Previous**, **Next**, **Reciprocity**, **Calculated** устанавливают цвета для текущего, предыдущего, следующего, взаимного и рассчитанного годографов. Если опция включена – данный годограф будет отображаться (если он есть).



Режимы просмотра сейсмограммы

В зависимости от типа данных удобно использовать вертикальную или горизонтальную ориентацию сейсмограммы. Кнопка  на панели задач или опция **Tools/Rotate plot** позволяет повернуть сейсмограмму на 90° (Рис.7).

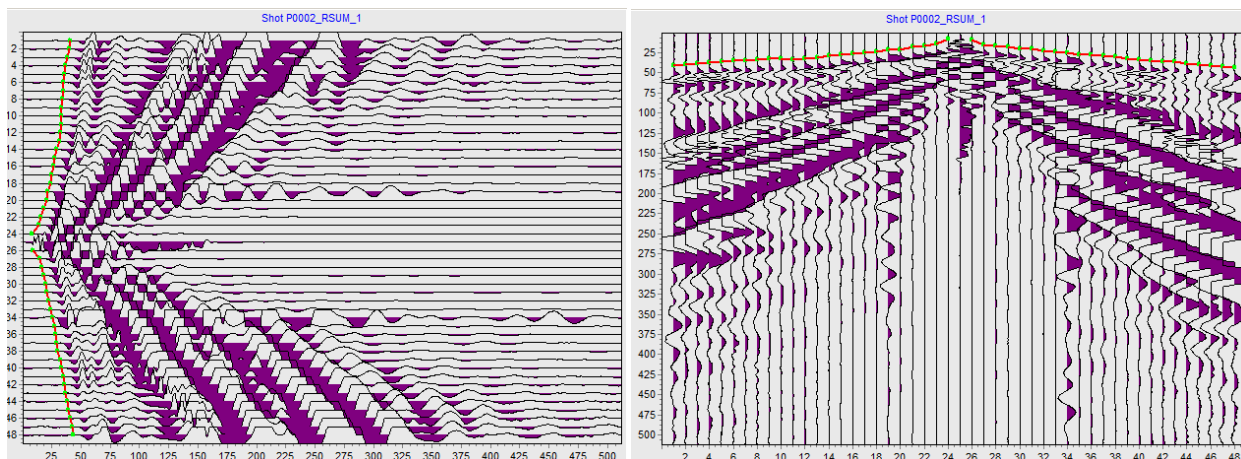




Рис.7. Горизонтальная и вертикальная ориентация сейсмограммы.

Показать подложку, изображающую сейсмограмму в интерполяционном виде, возможно, воспользовавшись кнопкой на панели задач  или функцией меню **Settings/Image visible** (Рис.8). Цветовую палитру можно настроить, вызвав диалог **Color palette** с помощью кнопки  на панели задач или функцией меню **Settings/Image options** (Рис.9).

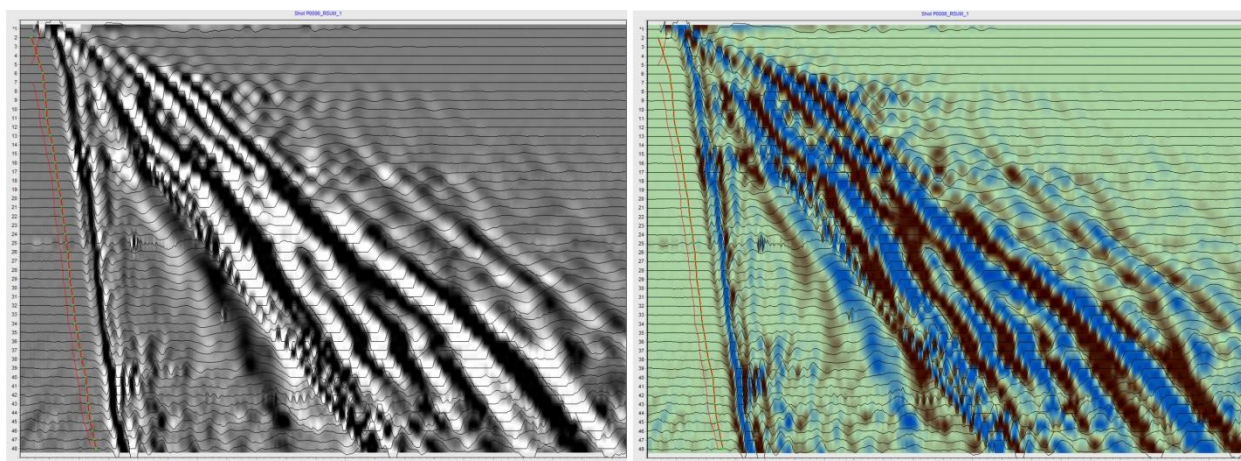
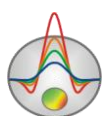


Рис.8. Варианты отображения сейсмограммы в интерполяционном виде.



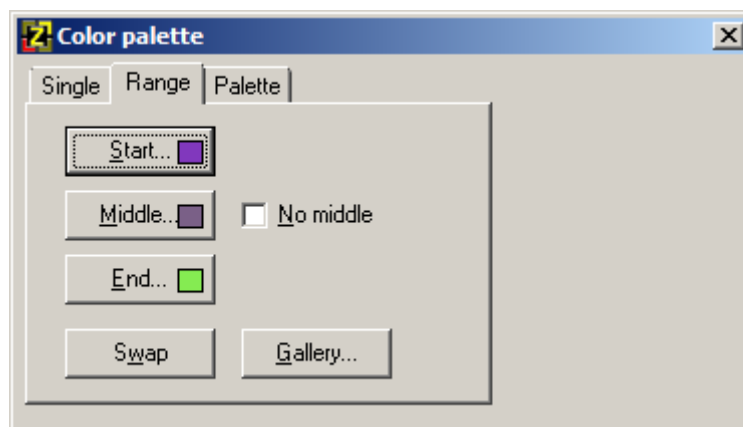


Рис.9. Диалог Color palette.


Основные опции модуля пикирования сейсмограмм

Сейсмограммы можно отсортировать:


- по именам файлов - **Options/Sort shots by filename;**
- по положениям источника - **Options/Sort shots by position;**
- по удалению от источника - **Options/Sort trace by offset.**


*Изменение коэффициента усиления отдельной сейсмотрассы производится колесом мыши при наведении на нее курсора или во вкладке **Table** многовкладочной секции (более подробно в разделе «Опции многовкладочной секции»).*

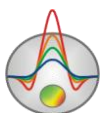
*Разбраковка и суммирование сейсмограмм осуществляется при работе со вкладкой **Multi** многовкладочной секции (более подробно в разделе «Опции многовкладочной секции»).*


*Корректировать значение отметки момента возможно с помощью опция **Start time** в окне **Scaling options** или во вкладке **Hodograph** мультивкладочной секции с помощью поля  . Опции устанавливают значение отметки момента (положительное число в млСек или отсчетах) для всех сейсмотрасс. Ось времен/отсчетов смещается таким образом, чтобы отметке момента соответствовал ноль оси. При этом возможно появление отрицательных значений на оси.*

*Реальные координаты источников и приемников можно загрузить в виде файла во вкладке **Hodograph** многовкладочной секции (более подробно в разделе «Опции многовкладочной секции»).*




Программой предусмотрена работа с отдельными трассами сейсмограммы при включенном режиме **selecting** . Просуммировать отдельные трассы возможно, прибавляя к активной трассе, соответствующие трассы сейсмограмм выбранные во вкладке **Multi** в поле **Shot** с помощью опции **Options/Trace summarization**. С помощью опций **Options/Copy trace** и **Paste trace** можно копировать отдельные сейсмотрассы с одной сейсмограммы в другую.

*Выбор первых вступлений осуществляется в режиме **picking mode**  левой кнопкой мыши. Нажатие правой кнопки мыши отключает выбранное значение на*





годографе. При нажатой клавише SHIFT программа интерполирует значения первых вступлений между положениями первого и второго нажатия мыши. Наблюдаемый годограф отображается красным цветом, рассчитанный (если вернуться к процессу редактирования годографов после инверсии **trace editor** ) – синим.

Программа позволяет *отображать взаимные времена первых вступлений* во время пикирования сейсмограмм. Активировать данную функцию можно с помощью нажатия следующих кнопок:


Selecting  + **picking mode**  + в **graphics settings**  выбирается вкладка **hodographs**, где активируется опция **reciprocity**. Взаимные времена будут отображаться на трассах другими цветами, которые можно задать во вкладке **Hodograph** диалога **Graphics setting** (более подробно описано в разделе «Диалог графических настроек сейсмотрасс»)*Переход на взаимные трассы сейсмограммы* выполняется нажатием комбинации CTRL+ALT+щелчок левой кнопки мыши на нужную трассу.

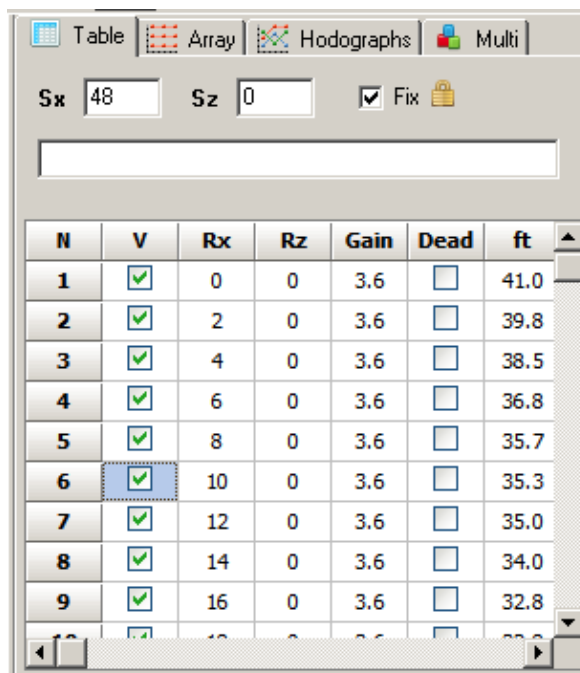
Отмена действия (пикировка, ввод координат) осуществляется сочетанием клавиш CTRL+Z.

Создание матрицы и переход в модуль инверсии данных осуществляется с помощью кнопки  на панели задач. С помощью кнопки  во вкладке **Hodograph** многовкладочной секции можно сохранить годографы и координаты в файлы формата FirsTomo и XTomo.

Опции многовкладочной секции

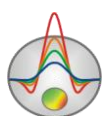
Многовкладочная секция для настройки и отображения параметров системы наблюдений содержит следующие разделы:

Вкладка  **Table** содержит таблицу с координатами приемников, коэффициентами усилений и прочими настройками трасс активной сейсмограммы (рис.10).



N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	ft
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	3.6	<input type="checkbox"/>	41.0
2	<input checked="" type="checkbox"/>	2	0	3.6	<input type="checkbox"/>	39.8
3	<input checked="" type="checkbox"/>	4	0	3.6	<input type="checkbox"/>	38.5
4	<input checked="" type="checkbox"/>	6	0	3.6	<input type="checkbox"/>	36.8
5	<input checked="" type="checkbox"/>	8	0	3.6	<input type="checkbox"/>	35.7
6	<input checked="" type="checkbox"/>	10	0	3.6	<input type="checkbox"/>	35.3
7	<input checked="" type="checkbox"/>	12	0	3.6	<input type="checkbox"/>	35.0
8	<input checked="" type="checkbox"/>	14	0	3.6	<input type="checkbox"/>	34.0
9	<input checked="" type="checkbox"/>	16	0	3.6	<input type="checkbox"/>	32.8
10	<input checked="" type="checkbox"/>	18	0	3.6	<input type="checkbox"/>	32.0

Рис.10. Вкладка **Table**



Опции **Sx** и **Sz** устанавливают горизонтальную и вертикальную координату источника для активной сейсмограммы.

Эти же координаты задаются с помощью диалога **Set source positions** (более подробно описанов разделе «Ввод геометрии наблюдений»).

Нажатие правой кнопки мыши позволяет задать приращение координат для всех последующих сейсмограмм.

Поле ввода ниже предназначено для ввода комментариев к текущей сейсмограмме.

Опция **Fix** предназначена для включения режима общего (сквозного) редактирования параметров трассы для всех сейсмограмм. Общими параметрами являются координаты приемников, коэффициенты усиления, индикатор неработоспособности канала.

Столбец таблицы **V** – включить/отключить сейсмотрассу. Нажатие левой кнопки на заголовке столбца включает, правой отключает все трассы.

Столбец таблицы **Rx** – устанавливает горизонтальную координату сеймоприемника. При нажатии правой кнопки мыши на ячейке таблицы можно задать приращение координаты для всех последующих ячеек.

Столбец таблицы **Rz** – устанавливает вертикальную координату сеймоприемника. При нажатии правой кнопки мыши на ячейке таблицы можно задать приращение координаты для всех последующих ячеек.

Столбец таблицы **Gain** – устанавливает коэффициент усиления сейсмотрассы. При неправильной полярности записи следует вводить коэффициент усиления со знаком минус. Нажатие левой кнопки на заголовке столбца увеличивает, правой уменьшает (по модулю) все коэффициент усиления сейсмограммы. При нажатии правой кнопки мыши на ячейке таблицы можно задать значение усиления для всех последующих ячеек. В режиме **Fix** усиления устанавливаются для всех последующих сейсмограмм.

Столбец таблицы **Dead** – индикатор неисправности канала. Данная сейсмотрасса пикироваться не будет.

Столбец таблицы **Ft** – устанавливает значение времени первого вступления трассы (в отсчетах).

Вкладка  **Array** содержит граф со схемой наблюдений (рис.11).

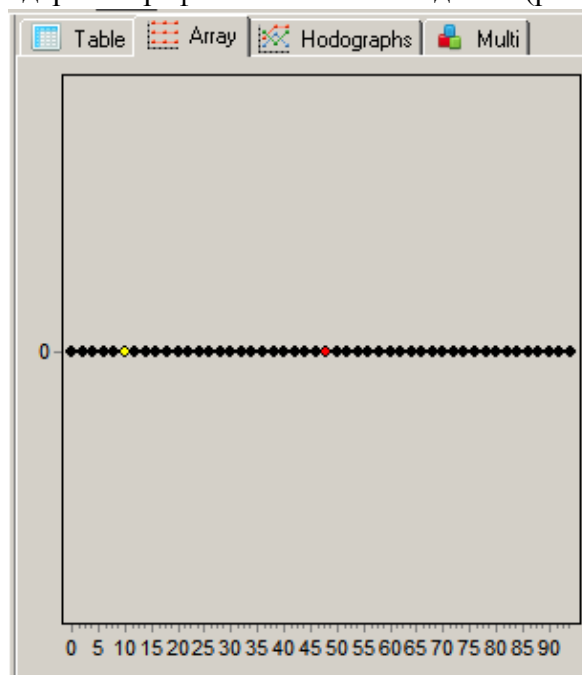
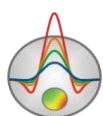



Рис.11. Вкладка **Array**



Пункт возбуждения активной сейсмограммы отображается красным цветом. Для правильного отображения схемы наблюдений следует ввести координаты приемников и источников. Точные координаты можно загрузить из файла во вкладке **Hodographs**.

Сочетание CTRL+ щелчок левой кнопки мыши на схематичное положение ПВ осуществит переход на соответствующую сейсмограмму выделенного пункта взрыва в левом окне отображения сейсмограмм.

Вкладка  **Hodographs** предназначена для отображения и редактирования годографов всех сейсмограмм. В процессе пикирования в данной вкладке появляются графики годографов. При нажатии на график выбирается соответствующая ему сейсмограмма (рис.12).

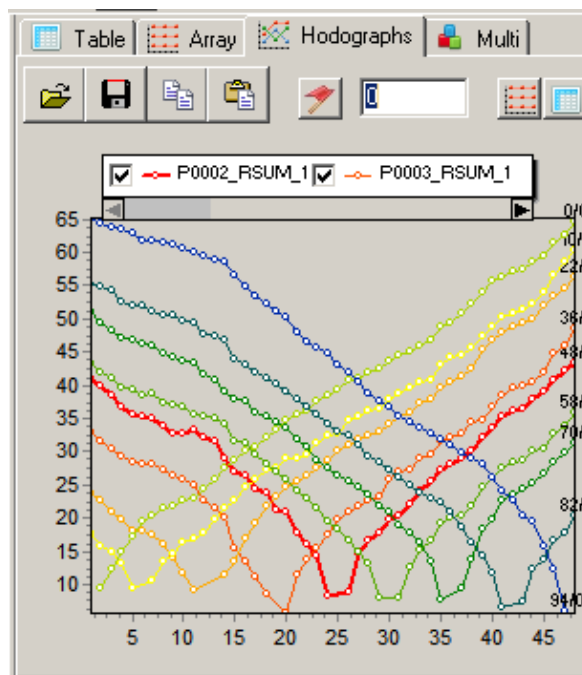



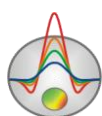
Рис.12. Вкладка **Table**

Редактирование измеренных значений производится путем перетаскивания точки графика с нажатой левой кнопкой мыши. Весь годограф перемещается с нажатой клавишей SHIFT.


Выделение одного и соответственно удаление остальных графиков производится кнопкой мыши на легенде с нажатой клавишей SHIFT. При повторном нажатии производится обратная операция. Для прокрутки графиков используется колесо мыши. Для этого необходимо выделить несколько соседних графиков (на легенде) и крутить колесо мыши поместив курсор на легенду. Индексы активных графиков будут меняться.

Кнопка  - открывает текстовый файл для выполнения следующих операций:

Laccolite god file	Загрузить годограф из файла формата программы Лакколит в текущую сейсмограмму
Laccolite god directory	Загрузить все годографы из директории файлов формата программы Лакколит в проект. Имена файлов с годографами должны соответствовать именам сейсмограмм проекта
XTomo file	Загрузить годографы из файла программы XTomo. Привязка годографов осуществляется по координатам источников
Coordinates	Загрузить файл с реальными координатами источников и приемников. Вначале бывает удобно работать с координатами заданными в простой форме (например: 1 , 2 , 3





	и т.д.), далее нужно изменить начальные координаты на реальные с помощью файла Coordinates . Файл имеет следующий формат столбцов: Хнач Знач Хреальн Зреальн
Crd file	Загрузить файл *.crd с геометрией наблюдений (более подробно описано в разделе «Ввод геометрии наблюдений»)
2dCoordinates	Загрузить файл *.txt с геометрией наблюдений (более подробно описано в разделе «Ввод геометрии наблюдений»)




Кнопка  - позволяет сохранить файл в следующем формате:

Laccolite god file	Сохранить текущий годограф в файл формата программы Лакколит
Laccolite directory	Сохранить все годографы проекта в директорию файлов формата программы Лакколит. Имена файлов с годографами соответствуют именам сейсмограмм проекта
XTomo file	Сохранить годографы и координаты в файл формата XTomo
FirstTomo	Сохранить годографы и координаты в файл формата FirstTomo
Crd file	Сохранить файл *.crd с геометрией наблюдений (более подробно описано в разделе «Ввод геометрии наблюдений»)

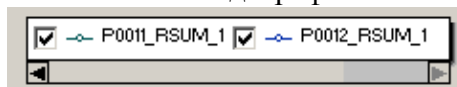
Кнопка  - копирует текущий годограф в буфер.


Кнопка  - вставляет годограф в текущую сейсмограмму из буфера.

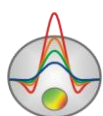
Кнопка  - выставляет в качестве отметки момента значение времени или отсчета, выбранное ползунком в окне сейсмограммы. Поле ввода позволяет задать отметку момента с помощью клавиатуры. Ось времен/отсчетов смещается таким образом, чтобы отметке момента соответствовал ноль оси. При этом возможно появление отрицательных значений на оси.

Кнопки  и  позволяют отобразить в отдельных окнах вкладки **Table** и **Array**, что значительно облегчает работу с данными, позволяя видеть полную информацию об обрабатываемой сейсмограмме. В окне **Array** выполняются те же функции, что и в одноименной вкладке. Также сочетание клавиш ALT+щелчок левой кнопки мыши на положении ПВ позволяет отобразить соответствующие годографы во вкладке **Hodographs**. Кнопка  включает или выключает все годографы. Можно также выбрать

отдельные годографы в области легенды.



Вкладка  **Multi** предназначена для совместного отображения двух сейсмограмм (рис.13). Это бывает полезно при сравнении, суммировании сейсмограмм, анализе взаимных сейсмотрасс. Вторая сейсмограмма отображается линией без заливки и отображается в соответствии с масштабом первой. При отображении двух сейсмограмм одновременно следует задать координаты приемников и источников.



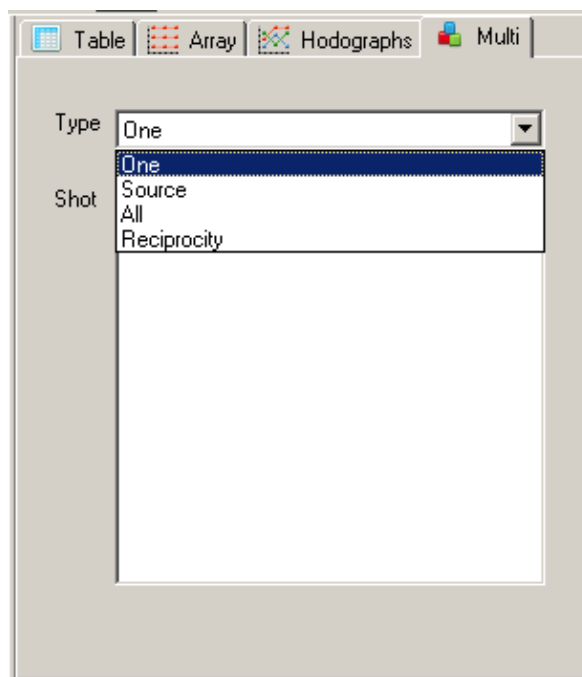


Рис.13. Вкладка **Multi**

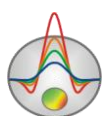
Опция **Type** задает тип отображения двух сейсмограмм. Значению **One** – отображать одну сейсмограмму. **Source** - в качестве второй сейсмограммы используется одна из сейсмограмм соответствующих текущему положению источника (повторы, накопления). Все сейсмограммы для активного источника отображаются в поле списка ниже, в котором их можно выбрать. **All** - в качестве второй сейсмограммы используется любая сейсмограмма проекта. Все сейсмограммы проекта отображаются в поле списка ниже, в котором их можно выбрать. **Reciprocity** – отобразить взаимную сейсмограмму (ввод координат источников и приемников обязателен).



Операции с сейсмограммами


Как правило, результатом сейсморазведочных работ является набор файлов формата Seg-Y или Seg2. Эти файлы представляют “сырые” данные, которые необходимо предварительно подготовить. После загрузки данных в проект необходимо ввести геометрию системы наблюдений для каждой сейсмограммы (если геометрия не заведена в файлах). Это просто сделать непосредственно в таблице окна пикировки (для косы) и воспользовавшись опцией Edit source pos (для пунктов возбуждения).

Обычно, на одном пункте возбуждения получают несколько сейсмограмм (повторы, накопления, левые и правые удары). Но для интерпретации необходима только одна, которую получают либо в результате суммирования остальных, либо выбирают лучшую из полученных на данной пункте. При работе с S – волнами по методике левых и правых ударов необходимо из одной сейсмограммы вычесть другую. Для решения всех этих задач используется вкладка Multi. Она позволяет совместно визуализировать 2 сейсмограммы и выполнять операции с ними.

Для операций с сейсмограммами, полученными на одном пункте возбуждения, используется опция Source. В этом режиме поверх активной сейсмограммы строится еще одна, выбранная из списка Shot. Операция (суммирования/вычитания) всегда проводится над текущей и выбранной из списка. То есть для того чтобы произвести операцию суммирования необходимо выделить сейсмограмму в списке, установить



смещение в опции если необходимо и нажать кнопку . Для удаления ненужных сейсмограмм используется кнопка . На самом деле, после выполнения всех необходимых операций на пункте возбуждения можно удалить все сейсмограммы, кроме активной.


Кнопка  используется для расчета коэффициентов корреляции между активной сейсмограммой и сейсмограммами для списка. Это существенно упрощает выбор сейсмограмм которые будут суммироваться.


Опция справа устанавливает смещение (в отсчетах) сейсмограммы из списка относительно активной, которое будет использовано при выполнении операции. При изменении данного параметра вторая сейсмограмма будет смещаться графически.

Режим Reciprocity позволяет отображать поверх активной, сейсмограмму построенную по взаимным трассам. Это позволяет оценивать качество полевых материалов, выявить ошибки в определении отметок начала записи, а также контролировать правильность пикировки.

Пикировка первых вступлений

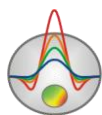
Пикировка времен первых вступлений в программе ZondST2D производится интерактивным и полуавтоматическом режимах. Ввиду того, что полностью автоматизировать пикировку первых вступлений для реальных полевых материалов инженерной сейсморазведки невозможно, в программе реализован, аппарат управления, позволяющий максимально упростить и ускорить данный процесс.

Перед началом выделения первых вступлений следует перейти в режим пикировки, нажав кнопку . Далее производится выбор значений прямо на сейсмограмме, которые отображаются в виде годографа. Для добавления/корректировки значения используется левая кнопка мыши. Для задания последовательности точек используется левая кнопка мыши в комбинации с клавишей SHIFT (кликом задается начальная и затем конечная точка, значения между которыми определяются линейной интерполяцией). Для удаления точки годографа используется центральная кнопка мыши (колесо).

В зависимости от предпочтения обработчика, программа предоставляет выбор способа коррекции положений времен первых вступлений: по фронту, максимумам, минимумам и максимуму корреляции. Для включения режима коррекции первых вступлений используется кнопка . При нажатие правой кнопки мыши появляется всплывающее меню выбора способа коррекции. При автоматической коррекции важным параметром является радиус или ширина полосы поиска. Область поиска отображается кругом вокруг курсора (при пикировке отдельной точки) или полосой – при пикировке группы значений (с клавишей SHIFT). Ширина/радиус области поиска регулируется колесом мыши. При полуавтоматической пикировке выбор первых вступлений производится в области поиска исходя из типа экстремума. В режиме максимума корреляции программа определяет также точки на соседних трассах исходя из этого критерия и до потери корреляции. При пикировке группы значений (с SHIFT), в полосе поиска кружками будут отображаться точки, где будут находиться значения первых вступлений после замыкания.


Дополнительная функция главного меню окна Trace autocorrelation предназначена для автоматической корректировки времен первых вступлений на основе корреляции соседних трасс для уже пропикированного годографа.

При пикировке годографов следует обращать внимание на взаимные значения времен (синие точки на сейсмограмме). Они служат своеобразным критерием




правильности пикировки. Для плотных систем наблюдений (с большим количеством пунктов взрыва в положениях приемников) контроль по взаимным точкам может достигать 50-60 процентов. Это позволяет с одной стороны правильность пикировки, и автоматически корректировать ошибки в определении отметок начала записи (опция Correct start times) с другой. Если между взаимными точками большая невязка – следует выяснить причину с чем она связана. Для быстрого перехода к сейсмограмме взаимной точки используется правая кнопка мыши в сочетании с клавишами.

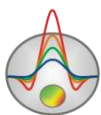
Таким образом, процесс пикировки выглядит следующим образом:

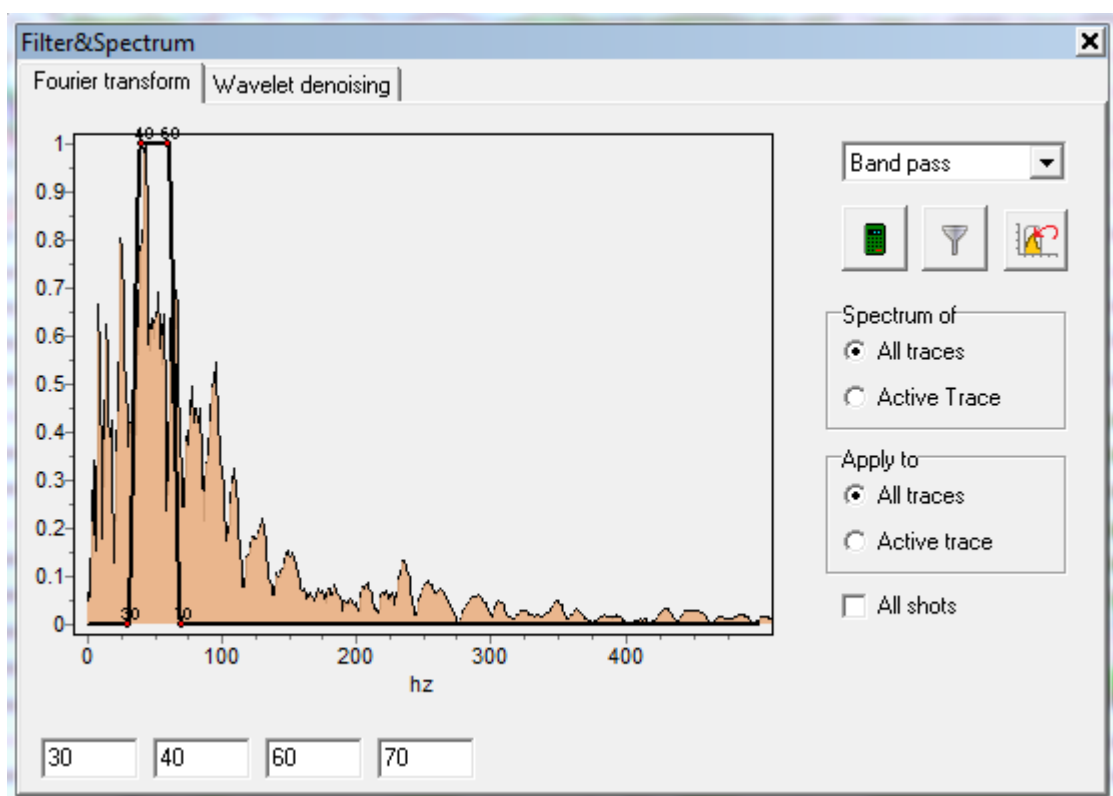
1. Пикируем индивидуальные сейсмограммы интерактивно или автоматически (в зависимости от качества данных).
2. Корректируем значения исходя из анализа взаимных времен и всей группы годографов. Контролируем ошибку пикировки опцией reciprocity error.
3. Корректируем отметки начала записи автоматически для всех (опция Correct start times) или вручную для каждой сейсмограммы.
4. Осредняем взаимные времена.
5. Сглаживаем годографы если необходимо (кнопка ).

Диалог фильтрации данных



Диалог представляет инструмент для анализа спектров и фильтрации полевых сейсмограмм. В левой части окна расположен граф, отображающий рассчитанный спектр рабочего окна и форму фильтра. Изменение формы фильтра производится с помощью правой кнопки мыши (к ближайшей точке перегиба фильтра).

Основной задачей фильтрации полевых данных является выделение полезных сигналов на фоне помех. В программе ZondST2D используется два типа фильтрации, основанные на Фурье и Вэйвлет преобразовании. Кнопка вызывает окно позволяющее произвести фильтрацию текущей сейсмограммы. В верхней части вкладки Fourier transform отображается спектр сейсмограммы. Для расчета спектра используйте кнопку . Если выбрана опция All traces то будет рассчитан средний спектр для всей сейсмограммы, иначе - спектр рассчитывается для активной трассы.





Далее необходимо выбрать тип фильтра (всплывающий список в левой верхней части окна). Это может быть полосовой фильтр или фильтр высоких/низких частот. Настройка фильтра осуществляется с помощью мыши (перетаскиванием узлов графика фильтра (черная линия поверх графика спектра)) или в четырех полях ввода ниже графиков.

После выбора параметров фильтра можно проводить фильтрацию (кнопка ). Результат фильтрации сразу же отображается в области сейсмограммы, также происходит перерасчет спектра. Для того чтобы вернуться к исходной сейсмограмме используется кнопка . Фильтрация с заданными параметрами может быть применена ко всем сейсмограммам. Для этого должна быть выбрана опция all shots.

Переход на вкладку Wavelet denoising активизирует алгоритм вейвлет фильтрации для обработки сейсмограммы. Опции для управления вейвлет фильтрацией такие же, как и для Фурье, за исключением следующих:


Wavelet type – определяет тип вейвлета.

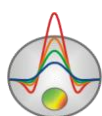
Wavelet order – определяет порядок вейвлета (сложность его формы).

Decomposition level – определяет количество мелких деталей которые останутся в сигнале после фильтрации. Чем больше это значение, тем более крупные детали будут отфильтрованы.

Модуль инверсии полевых данных

Создание и открытие файла данных для инверсии

Для начала интерпретации в программе «ZONDST2D» необходимо произвести обработку данных в модуле пикирования первых вступлений (**Create survey**) и перейти в режим инверсии , либо создать файл данных определенного формата, содержащий информацию о координатах сейсмоприемников, топографии и значениях первых



вступлений. «ZONDST2D» также поддерживает наиболее популярные форматы данных: ХТОМО.

Обычно один файл содержит данные по одному профилю наблюдений. Текстовые файлы данных, организованные в формате программы «ZONDST2D», имеют расширение «*.ST». (подробно в разделе «[Формат основного файла данных](#)»).

Zond data file	Открыть файл данных или файл проекта формата Zond.
Program configuration	Открыть файл с параметрами программы.

Для правильной работы программы файл данных не должен содержать:

- нетрадиционные символы, разделяющие записи в строке (используйте символы TAB или SPACE)
- абсурдные значения параметров измерений (например, отрицательные значения времен первых вступлений)

Желательно, чтобы суммарное количество измерений содержащихся в одном файле не превышало 10000, а количество уникальных положений источников/приемников не превышало 500.

Панель инструментов главного окна программы

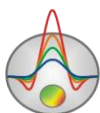
Панель инструментов служит для быстрого вызова наиболее часто используемых в программе функций. Она содержит следующие функциональные кнопки (слева - направо):

	Открыть файл данных.
	Вызвать диалог сохранения данных.
	Вызвать диалог настройки параметров инверсии.
	Вызвать редактор источников/приемников.
	Запустить процедуру расчета прямой задачи.
	Запустить процедуру инверсии или остановить (при повторном нажатии).
	Отменить шаг изменения модели среды.
	Вызвать модуль пикирования первых вступлений. Если проект с сейсмограммами загружен – можно отредактировать значения первых вступлений в соответствии со значениями теоретических годографов (из инверсии). После выхода из окна (кнопку при этом нажимать не надо) новые значения поступают в модуль инверсии.

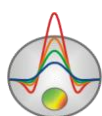
Меню функций главного окна программы

Ниже перечислены названия пунктов меню и их назначение:

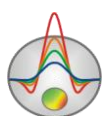
File/Create survey	Вызвать модуль пикирования времен первых вступлений.
File/Syntetic survey	Вызвать диалог создания синтетической системы измерений.
File/Open file	Открыть файл данных.
File/Save file	Вызвать диалог сохранения данных.



File/Edit data	Открыть, используемый программой файл данных, в редакторе Notepad.
File/Project information	Показать информацию о загруженном проекте.
File/Print preview	Вызвать диалог печати главного окна программы.
File/Recent	Последние используемые файлы.
File/Reg file	Создать регистрационный файл.
File/Register	Регистрация программы
File/Exit	Выход из программы
Options /Mesh constructor	Вызвать диалог настройки стартовой модели.
Options/Program setup	Вызвать диалог настройки параметров инверсии.
Options/Data editor	Вызвать редактор измерений.
Options/Observed graphics	Вызвать диалог настройки параметров наблюдаемых графиков.
Options/Calculated graphics	Вызвать диалог настройки параметров рассчитанных графиков.
Data/First times	Изображать значения первых вступлений.
Data / Apparent resistivity	Изображать значения кажущихся скоростей.
Data/Hodographs	Отображать графики годографов первых вступлений.
Data/IsoOffset	Отображать графики первых вступлений соответствующие одинаковым разностям между приемником и источником.
Data/Ray paths/Direct	Показать на модели сейсмические лучи соединяющие источники и приемники (вариант однородной среды).
Data/Ray paths/Calculated	Показать на модели сейсмические лучи соединяющие источники и приемники, рассчитанные для текущей модели.
Model /Block section	Изображать модель в виде блоков.
Model/Smooth section	Изображать модель с гладким распределением параметров.
Model/Contour section	Изображать модель в виде контурного разреза.
Model/Velosity	Изображать модель скоростей.
Model/Sensitivity	Изображать функцию чувствительности модели в виде контурного разреза.
Model/dVelocity	Изображать модель полного градиента скоростей.
Model/Extend bottom	При наличии рельефа данная опция протягивает нижние ячейки модели до максимума глубины.
Model/Cut by rays	Обрезать часть модели не покрытую рассчитанными сейсмическими лучами.
Advanced /Inverse procedure/Underwater options/ Velocity	Устанавливает скорость в воде
Advanced/Inverse procedure/Underwater options/ Invert	Включить подбор скорости воды
Advanced/Inverse procedure/Underwater options/ Sublayers number 3	Устанавливает количество разбиений водного слоя
Advanced/Inverse procedure/Display process	Показывает графики изменения параметров инверсии внутри каждой итерации и в общем процессе подбора(Ошибка данных, ошибка модели, демпфирующий фактор, взвешенная ошибка данных).
Advanced/Inverse procedure/Average window	При включении этой опции в качестве фонового значения m_0 для расчета модельной невязки используется медиана в окне



8x4	(только при гладкой инверсии Оссам)
Advanced/Inverse procedure/Invert start times	Включает режим автоматического подбора отметок момента при инверсии. Данную опцию следует включать при проблемах с определением отметок моментов.
Advanced/Inverse procedure/Optimize/Length- step	Включить или отключить режим автоматического выбора длины шага. Данный режим приводит к ускорению сходимости алгоритма, но в некоторых случаях не позволяет обойти локальные минимумы решения.
Advanced/Inverse procedure/Optimize/Damping	Включить или отключить режим автоматического выбора регуляризатора. Данный режим приводит к ускорению сходимости алгоритма, но в некоторых случаях не позволяет обойти локальные минимумы решения.
Advanced/Inverse procedure/Optimize/Full optimization	Включить или отключить режим полной оптимизации регуляризатора. Данный режим необходим если решение попадает в локальный минимум.
Advanced/Cells summarization	Вызвать диалог объединения ячеек разреза (заглубления и сглаживания разреза).
Advanced/Velocity-Offset plot	Показать граф зависимости кажущихся скоростей от удаления. Эта зависимость позволяет задать начальную модель для инверсии  . Коэффициент устанавливает соотношение между глубиной и удалением.
Advanced/t0 fields	Отобразить на модели поле времен первых вступлений. При перемещении по таблице поле будет меняться в зависимости от координаты выбранного источника.
Advanced/Reverse	Развернуть сет данных при загрузке.
Advanced/Shift	Сместить по горизонтали на постоянную величину сет данных при загрузке.
Advanced/Set weight	Установить вес измерений для текущего профиля данных.
Advanced/ Weight as offset	Установить вес каждого измерения в соответствии с расстоянием между источником и приемником при инверсии.
Advanced/Receiver RMS	Показывает значение относительной невязки для каждого источника/приемника.
Advanced/Real topo coordinates	Отображать реальные превышения профиля.
Advanced/Extended nodes	Добавляет дополнительные узлы по краям модели.
Advanced/Orientation	Устанавливает ориентацию модели и данных в рабочем окне в зависимости от системы наблюдений (auto), либо принудительно(vertical, horizontal).
Import/Export/Carotage data	Открыть и показать файл с каротажными данными и стратиграфическими колонками.
Import/Export /Import model/data	Импортировать в программу произвольные данные или модель. ^
Import/Export /Remove data	Удалить из проекта график полученный из импортируемых данных
Import/Export /Save selection	Сохранить параметры выделенных в редакторе модели ячеек.
Import/Export /Load selection	Открыть файл с выделенными ячейками и вставить с текущей позиции курсора.
Import/Export /Extract 1d log	Сохранить вертикальный профиль скоростей для заданной горизонтальной координаты.



Import/Export /Load 1d log	Вставить в модель вертикальный профиль скоростей и их пределов на заданной горизонтальной координате.
Import/Export/Section file	Импорт файл формата программы SectionCor (*.sec).
Import/Export/Output setting	Настройки экспортируемого изображения
Export ray paths	Сохранить лучевую схему в текстовом формате.

^ Файл импортируемых данных должен состоять из двух столбцов: координата измерения, значение. Вертикальной осью импортируемых данных служит правая ось плана графиков. Импортируемая модель должна содержаться в файле проекта Zond 2D, при загрузке которого, появится новое окно, содержащее модель. При перемещении курсора в области моделирования, положение активной ячейки отображается на модели из файла импорта.

“Горячие” клавиши


Курсорные клавиши /курсor в редакторе модели	Изменение активной ячейки модели.
Delete /курсor в редакторе модели	Очистить активную ячейку.
Insert / курсор в редакторе модели	Присвоить активной ячейке текущее значение.
F / курсор в редакторе модели	Зафиксировать значение активной ячейки.
X / курсор в редакторе модели	Использовать инструмент magic wand для выделения области.
V / курсор в редакторе модели	Удалить выделение.
Вверх/вниз / курсор на цветовой шкале	Изменить текущее значение.
Space	Рассчитать прямую задачу.

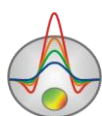
Панель статуса

Панель статуса программы разделена на несколько секций, содержащих различную информацию:

Координаты курсора и активной ячейки.
Параметры активной ячейки.
Режим работы редактора модели.
Индикатор процесса.
Относительная невязка.
Дополнительная информация. Например, количество измерений и ячеек модели или статус процесса при инверсии

Диалог настройки стартовой модели

После создания файла данных «*.ST», его следует загрузить с помощью кнопки  или соответствующего ей пункта меню. При успешной загрузке файла, появляется диалог настройки стартовой модели, в котором предлагается выбрать параметры сети и начальную скоростную модель вмещающей среды. Также этот диалог можно загрузить через главное меню программы **Options/Mesh Constructor** (рис.15)



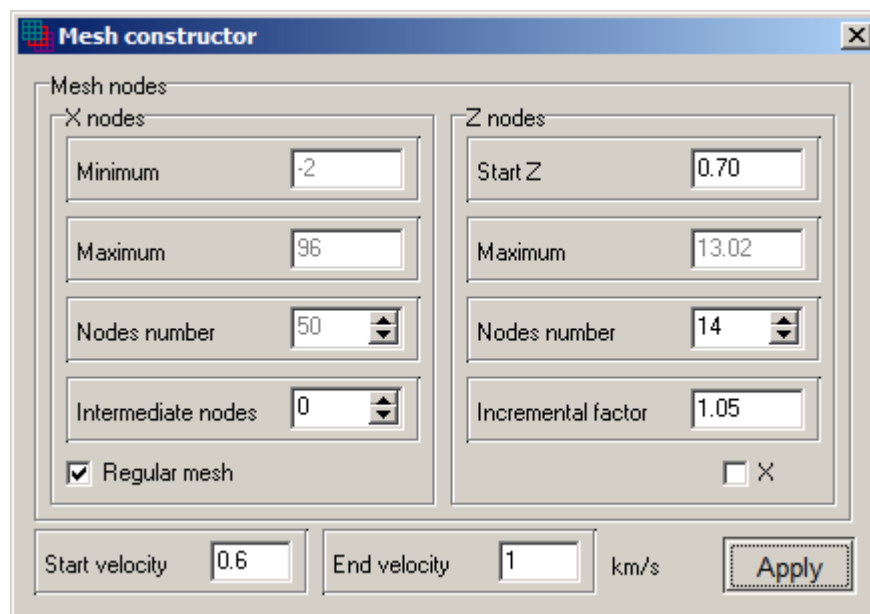


Рис. 15. Диалоговое окно **Mesh constructor**.

Область **Z nodes** содержит опции позволяющие задать параметры вертикальной сетки модели. Программа автоматически выбирает эти параметры, руководствуясь следующими правилами:

- Глубина нижнего слоя соответствует половине расстояния между приемниками.
- Число слоев соответствует удвоенному количеству уникальных разносов для данной системы измерений и не превышает 16.
- Толщина последующего слоя в 1.05 раз больше предыдущего.

Start Z / Minimum – устанавливает толщину первого слоя. Эта величина должна приблизительно соответствовать длине ячейки и удовлетворять необходимой разрешающей способности. Если установлена опция **X** указывает минимальную вертикальную координату модели.

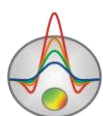
Maximum – указывает глубину нижнего слоя. Следует иметь в виду, что максимальная глубина не должна быть слишком велика, т.к. влияние параметров разреза с глубиной уменьшается.

Nodes number – устанавливает количество слоев модели. Обычно достаточно 15-18 слоев для описания модели при наземных работах. Если установлена опция **X** указывает количество вертикальных узлов модели.

Incremental number / Intermediate nodes – устанавливает соотношение между толщиной смежных слоев. Значения этого параметра обычно выбирают в диапазоне от 1 до 2. Если установлена опция **X** определяет количество промежуточных узлов сети (между приемниками).

X – устанавливает вертикальные узлы сети модели в положения приемников. Эту опцию удобно применять при интерпретации скважинных данных.

Regular mesh – включает алгоритм построения вертикальной сети, при котором дополнительные узлы выбираются из условия равномерности разбиения. Опцию следует включать в случае сильно различающихся расстояний между соседними источниками/приемниками (это положительно отражается на решении прямой и обратной задачи).



Область **X nodes** содержит опции позволяющие задать параметры горизонтальной сетки модели.

Minimum – указывает минимальную координату профиля измерений.

Maximum – указывает максимальную координату профиля измерений.

Nodes number – указывает количество горизонтальных узлов модели. Если используется система наблюдений с одной скважиной (т.е. одна координата x для всего сета данных) – данная опция задает количество дополнительных узлов слева и справа от скважины.

Intermediate nodes – устанавливает количество дополнительных узлов между уникальными положениями источников/приемников на профиле (0 - 4).

Regular mesh – включает алгоритм построения горизонтальной сети, при котором дополнительные узлы выбираются из условия равномерности разбиения. Опцию следует включать в случае сильно различающихся расстояний между соседними источниками/приемниками.


Start velocity – устанавливает скорость верхнего слоя стартовой модели.


End velocity – устанавливает скорость нижнего слоя стартовой модели. Значения скоростей промежуточных слоев находятся путем линейной интерполяции между первым и последним.

После настройки параметров сети нажимается кнопка **Apply**, и программа переходит в режим работы.

Скорректировать сеть: добавить или удалить промежуточные узлы сети, выровнять высоту или ширину ячеек, можно также воспользоваться опциями в редакторе модели (*подробно в разделе «[Полигональное моделирование](#)»* разреза

Инструмент полигонального моделирования предназначен для быстрого создания разреза из тел в форме многоугольников. Полигональный вариант описания модели среды способствует более структурному ее представлению и простому управлению элементами.

Для того чтобы перейти в режим полигонального моделирования нажмите кнопку  панели инструментов. Перед началом моделирования следует выбрать подложку, поверх которой будет строиться модель. Это удобно при создании модели на базе результатов инверсии. В этом случае лучше предварительно перестроить разрез в варианте Contour-section. Если моделирование будет проводиться “с чистого листа”, то после перехода в режим моделирование лучше использовать опцию remove background.

Каждый раз при изменении параметров модели можно пересчитать значения синтетических годографов. Для отмены последнего действия используется кнопка . Следует отметить, что степень соответствия полигональной модели зависит от частоты разбиения сети подложки модели. Чем гуще сеть разбиения, тем точнее получаются результаты.

В режиме моделирования появляется дополнительный раздел меню Modeling и плавающая панель инструментов.

Меню Modeling содержит следующие функции:

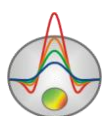
Show background – показать подложку под элементами разреза.

Remove background – скрыть подложку.

Get values from background – данная опция может быть использована при создании модели по результатам инверсии. Вначале наносятся контуры полигональных тел (можно создавать полигоны прямо по изолиниям подложки). Далее выполняется процедура определения параметров объектов, по средним значениям элементов подложки лежащих под телом. Не следует выполнять расчет прямой задачи до запуска данной процедуры.

Remove all polygons – удалить все созданные тела.

Display ColorScale – показывать цветовую шкалу, связывающую цвет полигона со значением его параметра.



Colors from ColorScale – связывать цвет полигона с цветовой шкалой. Если данная опция отключена, то можно задавать полигонам пользовательские цвета.

Exit from modeling mode – выйти из режима моделирования.

Редактор модели»). Альтернативой использования файла данных, является создание синтетической системы наблюдений, позволяющей смоделировать различные геологические ситуации для наиболее распространенных томографических установок (подробно в разделе «[Моделирование](#)»).

Формат основного файла данных

Программа представляет универсальный формат данных, включающий информацию о координатах питающих и приемных источников/приемников, отметки относительных превышений рельефа и собственно значения первых вступлений. Формат данных программы *ZONDST2D data files* (расширение *.ST).

Файл данных условно можно разделить на три части: 1) наблюдаемые данные, 2) данные топографии (если таковые имеются), 3) данные модели (сохраняются в файл после инверсии или моделирования).

I часть файла данных: Наблюдаемые данные

Первая строка – содержит управляющие ключи, указывающие программе, какие данные содержатся в том или ином столбце.

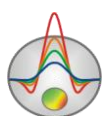
В «ZONDST2D» приняты следующие обозначения (ключи) для координат источников и приемников:

Источники **Sz Sy Sz** (от англ. Transmitter)

Приемники **Rx Ry Rz** (от англ. Receiver)

Y и Z координаты следует вводить при необходимости. Например, при использовании планшетной системы наблюдений, смешанных систем измерений (скважина-поверхность) или измерений на акваториях [sample_with_z_source](#), [sample_with_chdata](#).

При вводе Z координат источников/приемников следует помнить, что положительные величины означают погружение источника/приемника относительно поверхности измерений (например, при наблюдениях в скважинном варианте (рис.16)).



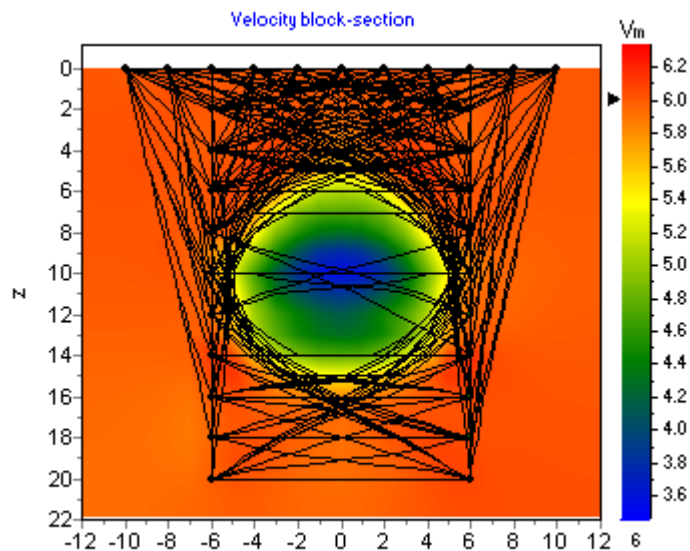


Рис. 16. Система наблюдений скважина-скважина, скважина-поверхность, поверхность-поверхность.

Отрицательные координаты используются только при акваторных измерениях (здесь поверхностью измерений считается дно).

Для измеренных значений:

Времена первых вступлений (млСек) **ft**

Погрешность, или вес измерений задается в столбце с ключом **Weight**, определяет качество измерений. Значения весов измерений должны быть заданы в диапазоне от нуля до единицы. При отсутствии сведений о погрешностях измерений (т.е. при отсутствии столбца с ключом **Weight**) программа автоматически назначает вес 1 каждому измерению.

Вторая и последующие строки содержат собственно данные, соответствующие каждому измерению, записанные в той же последовательности, что и управляющие ключи первой строки.

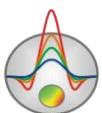
Далее вводится столбец дополнительных узлов горизонтальной сети (если это необходимо). Координата каждого нового узла вводится после символа *******. Дополнительные узлы сети обычно вводятся для расширения области модели за крайние приемники косы или при наличии резкого рельефа за пределами косы [sample_with_ext_nodes](#).

II часть файла данных: Данные топографии

Если имеются данные о рельефе, далее следует строка со словом **topo**, а затем список из координат и превышений рельефа. Различным методикам задания рельефа соответствуют следующие дополнительные ключи.

topo этот ключ используется, если координаты приемников и топографической съемки приведены в горизонтальных проекциях [topo1](#).

topo~ приведение к горизонтальной плоскости (рис.17). Кривая рельефа аппроксимируется прямой по методу наименьших квадратов, затем поворачивается со всеми точками рельефа до совпадения с горизонтальной осью. Этот способ следует применять, когда работы производятся вдоль склона с известными абсолютными значениями рельефа [topo2a/topo2b](#).



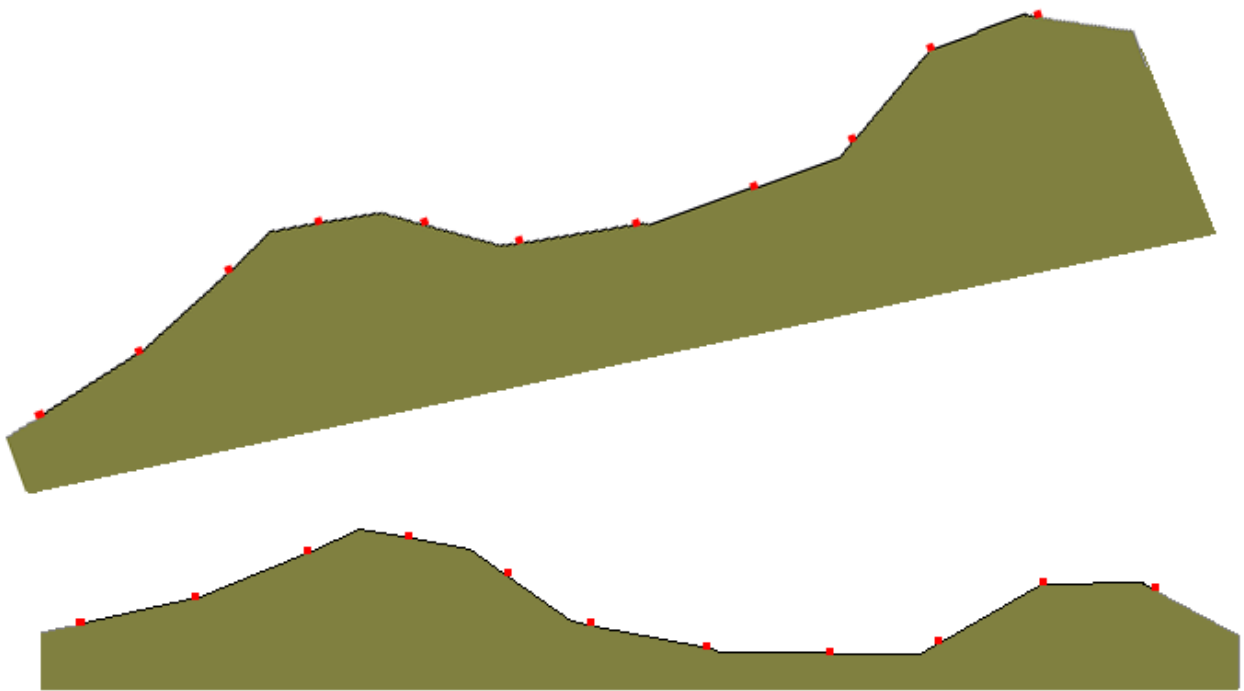


Рис. 17. Приведение рельефа по склону к горизонтально плоскости.

топо# задание координат профиля по длинам (“змейка”) (рис.18). Горизонтальной координатой приемников в данном случае является расстояние вдоль косы, а не X проекция. X - координаты приемников пересчитываются из длин в горизонтальные проекции. В следующей за ключом строке, должна быть записана привязка одного из источников/приемников **P** на косе к точке на рельефе. Вторая запись - координата приемника (в длинах), первая запись – соответствующая ей X координата в списке топографических превышений [топо3](#).

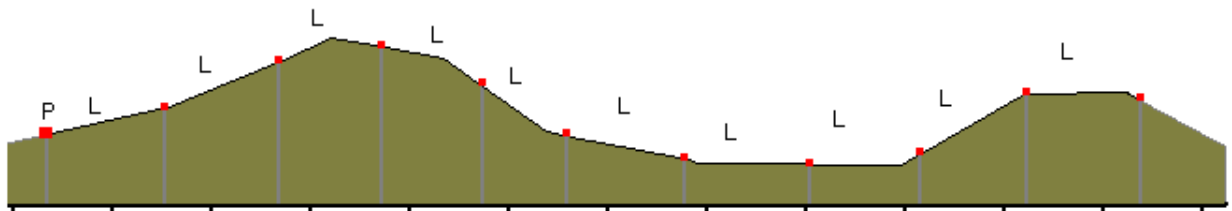
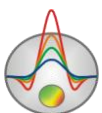


Рис. 18. Положение приемников с расстоянием между ними с учетом изменений рельефа (вдоль косы).

топо^ данный ключ необходим, если данные топографии и координаты приемников заданы в расстояниях вдоль косы [топо4](#).

Ключи можно комбинировать, например, так **топо~#**.

тоpow – данный ключ используется если, проводится интерпретации данных полученных при работе на акваториях (на поверхности воды и на дне). В этом случае в качестве координат рельефа используется профиль дна или дна переходящего в сушу (если используются смешанные измерения) (рис. 19). При этом в этой же строчке через пробел необходимо указать уровень воды (относительно заданных ниже профиля координат дна (в системе координат в которой задан рельеф)), скорость в воде и количество дополнительных разбиений водного слоя (2-4). Последние два параметра можно менять, используя меню функций главного окна программы [water1](#). Можно задавать комбинированные системы [water3](#), когда измерения производятся на дне и на поверхности водного слоя. Для этого следует вводить вертикальные координаты приемников относительно уровня профиля дна.



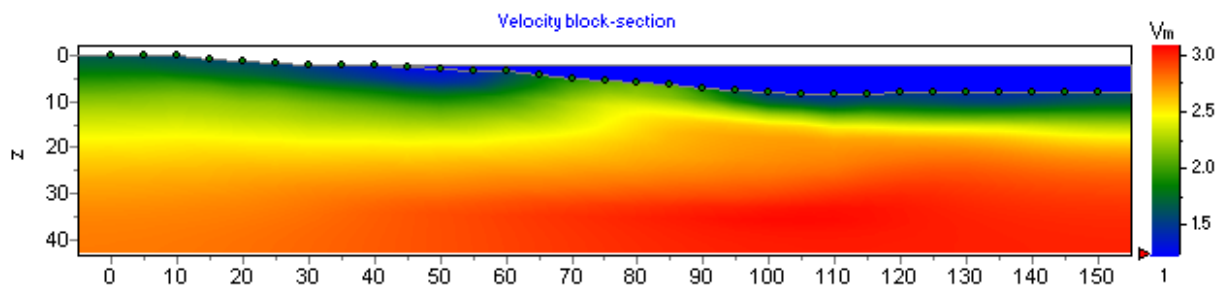


Рис. 19. Скоростной разрез, полученный в результате смешанных измерений на суше и акватории.

topo* – в водном случае данный ключ упрощает ввод данных топографии, если коса находится на поверхности воды [water2](#).

По умолчанию в окне модели, превышения в рельефе отображаются относительно нуля, при включении опции **Real topo coordinates**, отображаются превышения, которые указаны, в файле. При сохранении **Grid file** с реальными превышениями в экспортируемом файле опция **Real topo coordinates** должна быть включена.

III часть файла данных: Данные модели

Описание модели среды начинается с ключевого слова **model**. В первой строке последовательно записаны следующие параметры: скорость среды, минимальная скорость цветовой шкалы, максимальная скорость цветовой шкалы, коэффициент дисторсии модели с рельефом (**topo coefficient**).

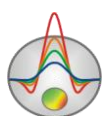
Вторая и третья строка содержат списки горизонтальных и вертикальных координат узлов сети (длина n и m).

Следующие n-1 строк длиной m-1 содержат матрицу скоростей модели.

План графиков

План графиков служит для отображения значений годографов первых вступлений **Options/Data/First times** и кажущихся скоростей **Options/Data/Apparent velocity** вдоль профиля, в форме графиков.

В главном меню программы **Options/Data** можно выбрать способ построения графиков или годографы **Hodographs** (Рис. 20А), или графики для определенного разноса **IsoOffset** (Рис. 20Б).



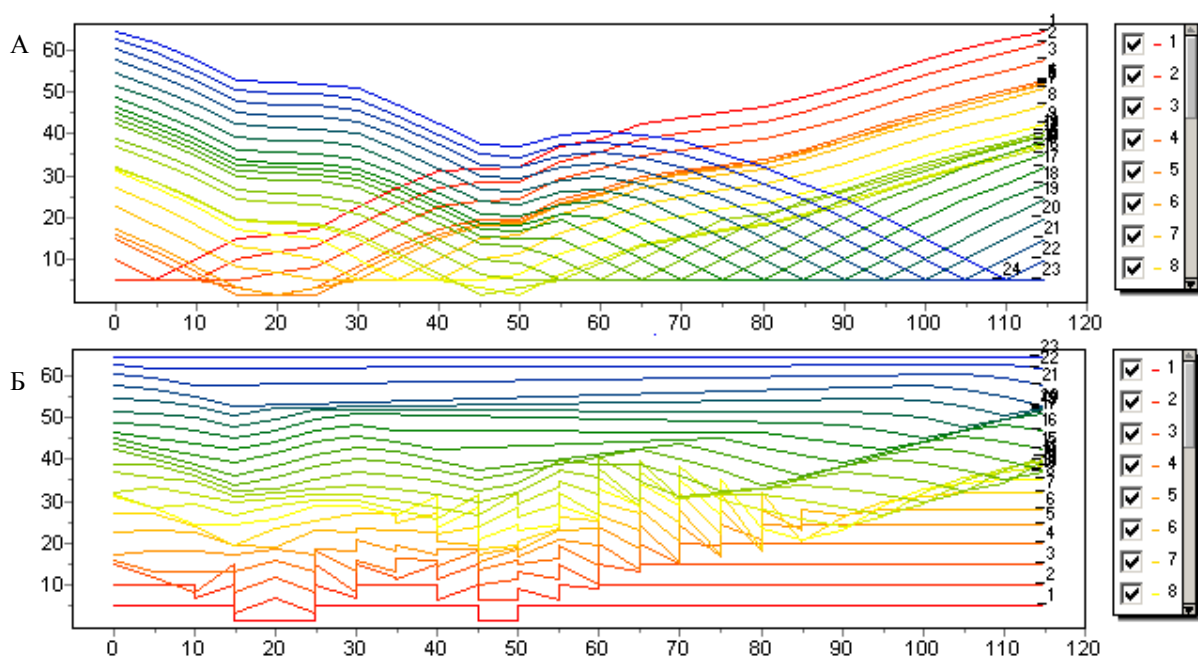


Рис.20. Планы графиков: А. **Hodographs** Б. **IsoOffset**.

Работа с планом графиков производится с помощью мыши:

Увеличение отдельного участка или его перемещение осуществляется в режиме с нажатой кнопкой (инструмент – “резиновый прямоугольник”). Для выделения участка, который необходимо увеличить, курсор мыши перемещается вниз и вправо, с нажатой левой кнопкой (Рис.21А). Для возврата к первоначальному масштабу, производятся те же действия, но мышь движется вверх и влево (Рис.21В).

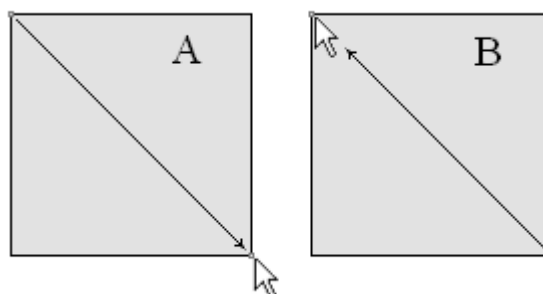
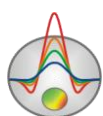


Рис. 21. Направление движения мыши при изменении масштаба.

При нажатии левой кнопки мыши на точке графика производятся следующие действия: убираются остальные графики и отображаются положения источников/приемников для активной точки (до отпускания кнопки мыши). Редактирование измеренных значений производится путем перетаскивания точки графика с нажатой правой кнопкой.

Выделение одного и соответственно удаление остальных графиков производится кнопкой мыши с нажатой клавишей SHIFT. При повторном нажатии производится обратная операция. Для прокрутки графиков используется колесо мыши. Для этого необходимо выделить несколько соседних графиков (на легенде) и крутить колесо мыши поместив курсор на легенду. Индексы активных графиков будут меняться. При нажатии правой кнопки мыши на точке графика – измерение будет выделено в таблице.

Диалог настройки графиков вызывается из главного меню **Options/Observed(Calculated) graphics**.



В режиме отображения данных в виде графиков существует возможность исключить некоторые измерения из обработки, задавая им вес 0. Отдельное измерение можно исключить при нажатии ALT и левой кнопки мыши на точке графика, при нажатии правой кнопки мыши и ALT на графике, все измерения принадлежащие этому графику будут иметь вес 0.

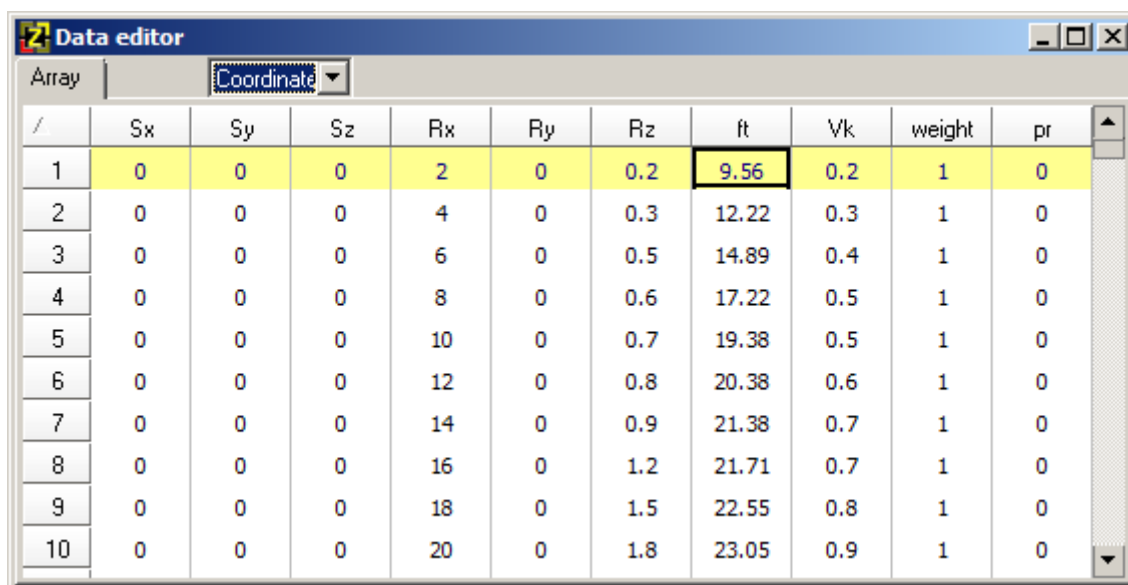
При нажатии правой кнопки мыши с клавишей SHIFT на оси или графике появляется всплывающее меню позволяющее вызвать диалог настройки параметров данного объекта.

Редактор измерений

Редактор источников/приемников вызывается с помощью меню функций **Options/Data editor** и служит для визуализации системы наблюдений и измеренных значений. (рис. 22). Таблица содержит 10 столбцов:

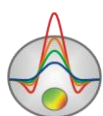
Sx	Положение источника по X*.
Sy	Положение источника по Y*.
Sz	Положение источника по Z*.
Rx	Положение приемника по X*.
Ry	Положение приемника по Y*.
Rz	Положение приемника по Z*.
ft	Значение времени первого вступления
Vk	Кажущаяся скорость распространения продольных волн
pr	Индекс профиля измерения
Weight	Вес измерения.

* - С помощью переключения опции **Coordinates/Positions** над таблицей положение приемников и источников можно отобразить в данном окне в исходных координатах, которые содержатся в файле данных (режим – **Coordinates**) или в вычисленных горизонтальных проекциях (режим – **Positions**).



Data editor										
Array		Coordinate								
/	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz	ft	Vk	weight	pr
1	0	0	0	2	0	0.2	9.56	0.2	1	0
2	0	0	0	4	0	0.3	12.22	0.3	1	0
3	0	0	0	6	0	0.5	14.89	0.4	1	0
4	0	0	0	8	0	0.6	17.22	0.5	1	0
5	0	0	0	10	0	0.7	19.38	0.5	1	0
6	0	0	0	12	0	0.8	20.38	0.6	1	0
7	0	0	0	14	0	0.9	21.38	0.7	1	0
8	0	0	0	16	0	1.2	21.71	0.7	1	0
9	0	0	0	18	0	1.5	22.55	0.8	1	0
10	0	0	0	20	0	1.8	23.05	0.9	1	0

Рис. 22. Диалоговое окно **Data editor**.



Два предпоследних столбца, в случае необходимости, могут быть отредактированы с помощью клавиатуры. Не следует вводить абсурдные значения для времен первых вступлений. Веса измерений задаются в диапазоне от 0 до 1.

При перемещении курсора по таблице, положения источников и приемников активного измерения отображаются на плане графиков и модели.

При включенной опции **Options/Data/Ray paths/Calculated** при каждом положении источник-приемник в окне модели отображается схема лучевых траекторий, вычисленная на основе параметров модели (рис.23).

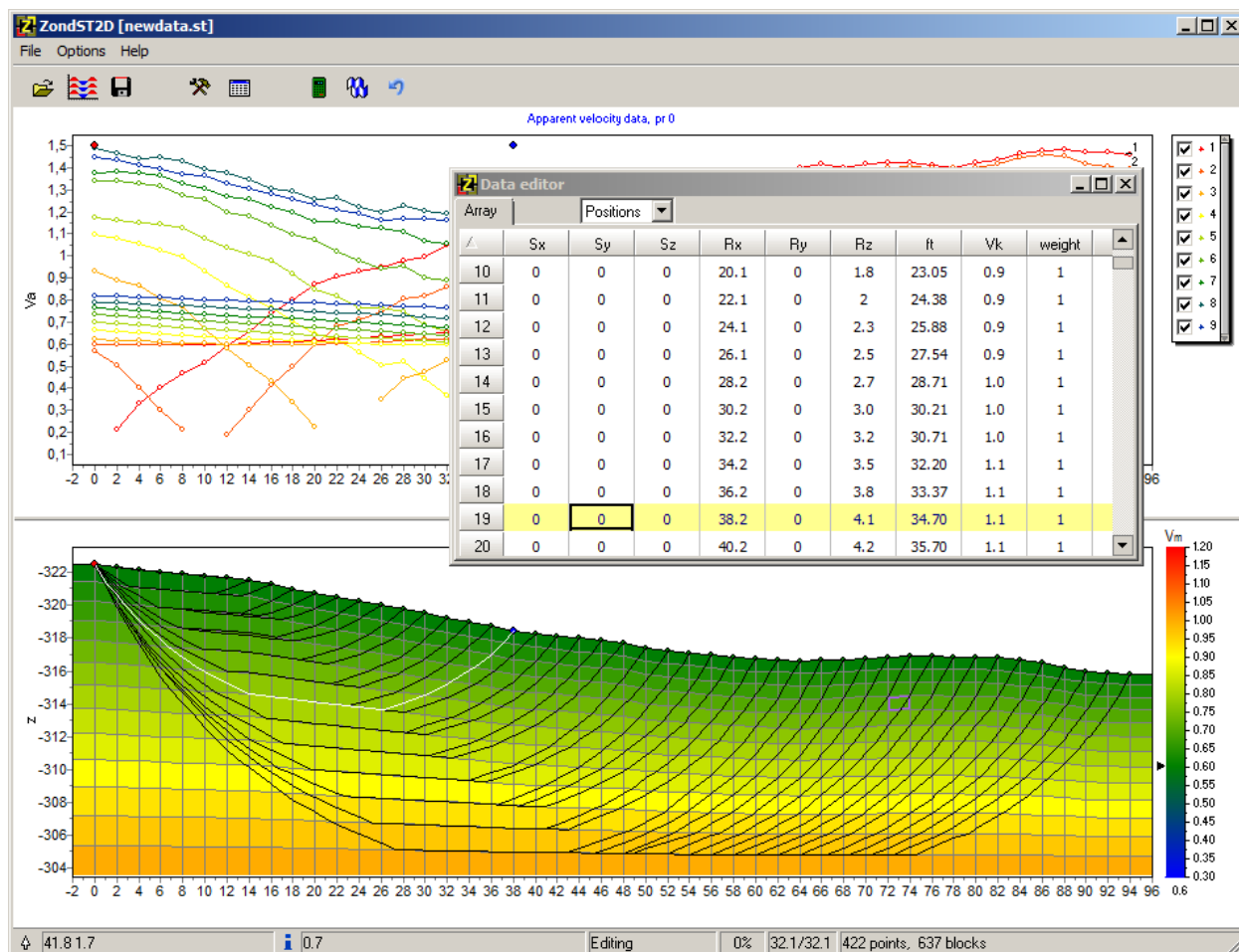



Рис. 23. Просмотр лучевых траектории в рабочем окне программы с использованием диалога **Data editor**.

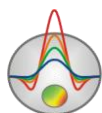
Инверсия данных

После загрузки фала данных и настройки стартовой модели следующим шагом необходимо выбрать тип инверсии и настроить параметры. Диалог настройки параметров инверсии можно вызвать с помощью кнопки  или пункта меню **Option/Program setup**.

Диалог настройки параметров инверсии

Диалог предназначен для настройки параметров, связанных с решением прямой и обратной задачи.

Default – присваивает параметрам значения “по умолчанию”.



Вкладка **Inversion** предназначена для настройки параметров инверсии (рис.24).

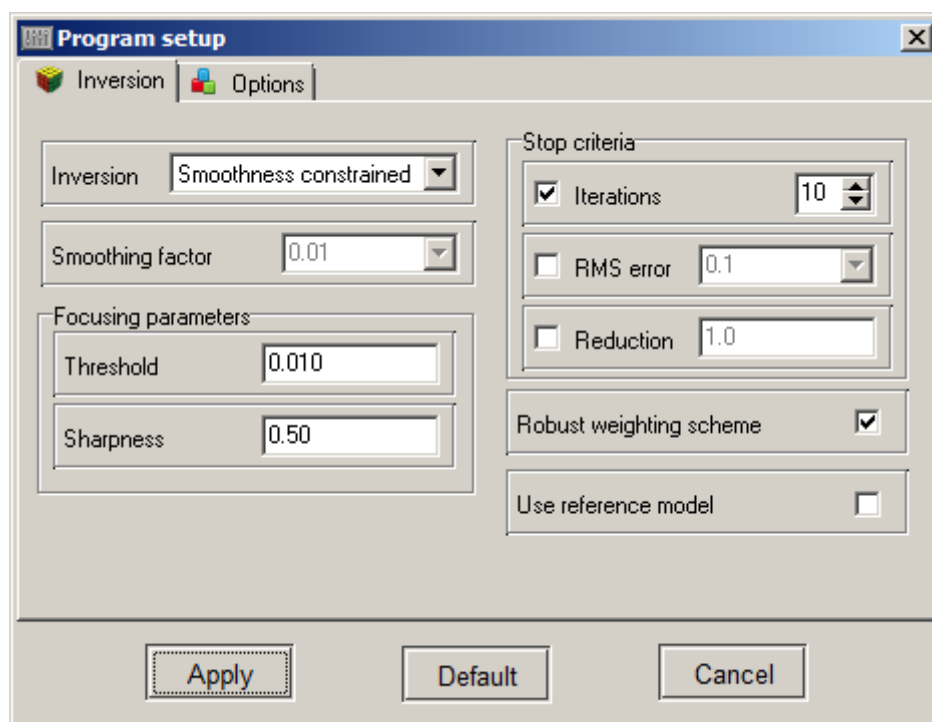


Рис. 24. Диалоговое окно **Program setup**, вкладка **Inversion**

Опция **Inversion** определяет алгоритм, посредством которого будет решаться обратная задача.

Рассмотрим различные алгоритмы инверсии, на примере модели среды состоящей из нескольких блоков (рис.25).

Распределение параметра в тестовой модели отличается от реально встречающегося распределения скоростей упругих колебаний в средах, но позволяет наглядно продемонстрировать различия алгоритмов инверсии.

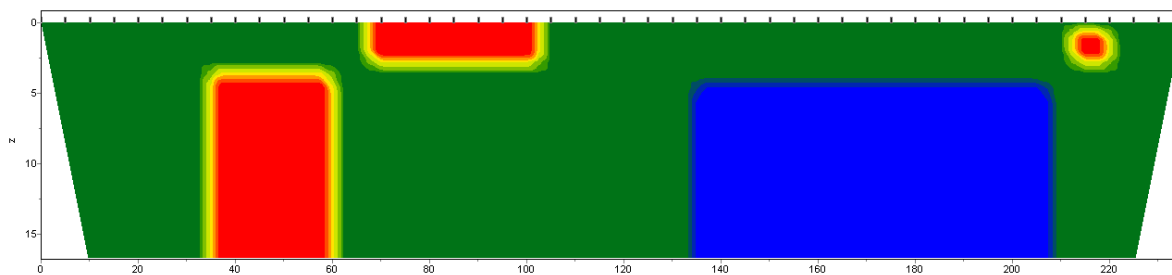
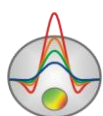


Рис. 25. Тестовая модель среды.

Для тестирования алгоритмов рассчитаем теоретический отклик для данной модели и наложим пятипроцентный гауссовский шум.

Smoothness constrained — инверсия по методу наименьших квадратов с использованием сглаживающего оператора. В результате применения этого алгоритма получают гладкое (без резких границ) и устойчивое распределение параметров (рис.26).



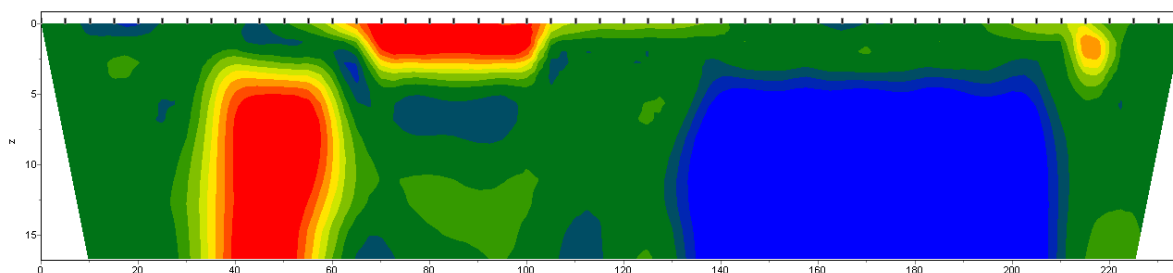


Рис. 26. Восстановленная модель в результате инверсии *Smoothness constrained*.

Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T C) \Delta m = A^T W^T \Delta f \quad (6)$$

Как видно из уравнения при инверсии не минимизирует контрастность модели. Данный алгоритм позволяет достичь минимальных значений невязки. Рекомендуется использовать его на начальных этапах интерпретации, в большинстве случаев.

Occam – инверсия по методу наименьших квадратов с использованием сглаживающего оператора и дополнительной минимизацией контрастности [Constable, 1987]. В результате применения этого алгоритма получают наиболее гладкое распределение параметров (рис.27).

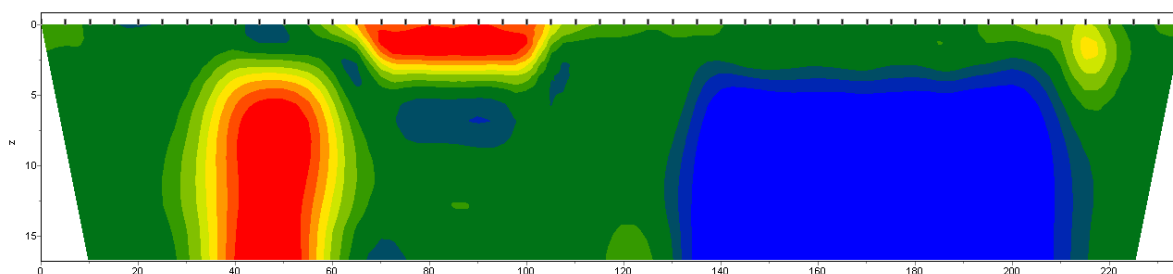


Рис. 27. Восстановленная модель в результате инверсии *Occam*.

Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T C m \quad (7)$$

Степень гладкости результирующей модели прямо пропорциональна значению **Smoothness factor**. Следует отметить, что слишком большие значения параметра могут привести к увеличению невязки.

Marquardt – классический алгоритм инверсии по методу наименьших квадратов с регуляризацией дампующим параметром (**Ridge regression**) [Marquardt, 1963]. При малом количестве параметров разреза, алгоритм позволяет получать контрастную модель среды (рис.28).

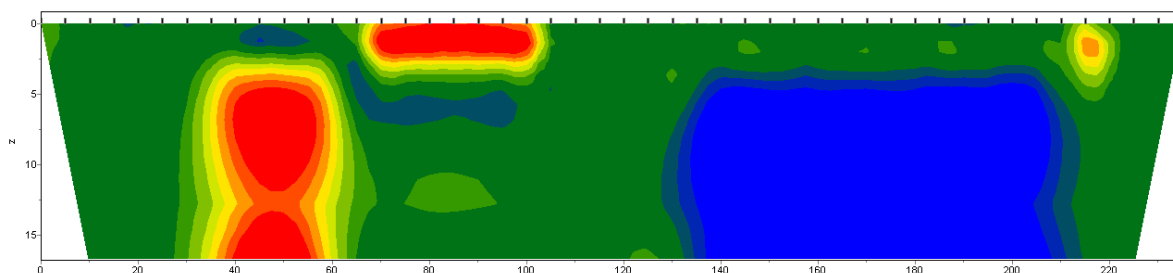
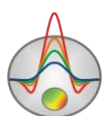


Рис. 28. Восстановленная модель в результате инверсии *Marquardt*.



Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

$$(A^T W^T W A + \mu I) \Delta m = A^T W^T \Delta f \quad (8)$$

Неосторожное использование данной модификации инверсии может привести к получению неустойчивых результатов или увеличению среднеквадратического отклонения, то есть расхождению алгоритма.

Лучше всего применять метод *Marquardt*, как уточняющий (для уменьшения невязки), после проведения инверсии с помощью алгоритмов *Smoothness constrained* или *Occam*.

Focused – инверсия по методу наименьших квадратов с использованием сглаживающего оператора и дополнительной фокусировкой контрастности [Portniaguine, 2000]. В результате применения этого алгоритма получают кусочно-гладкое распределение параметров, то есть модель, состоящую из блоков имеющих постоянное сопротивление (рис.29).

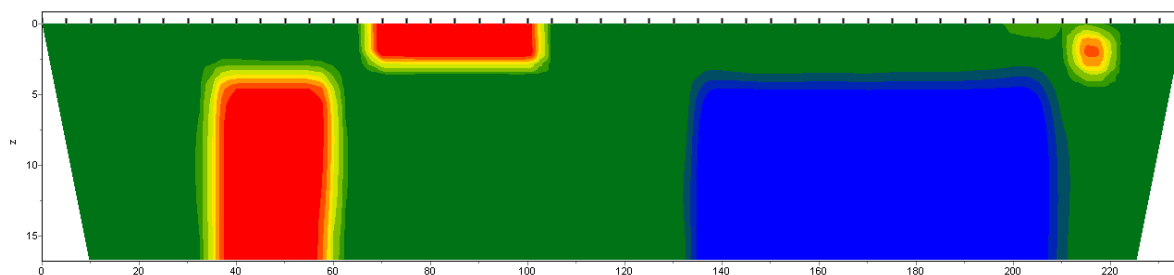


Рис. 29. Восстановленная модель в результате инверсии **Focused**.

Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T R C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C m \quad (9)$$

Использование данного варианта инверсии требует тщательного выбора параметра пороговой контрастности **Threshold**. Этот параметр определяет пороговое значение контрастности соседних ячеек, по достижению которого параметры этих ячеек не осредняются между собой (то есть считается, что между ячейками проходит граница). Зависимость степени (или веса) осреднения двух соседних ячеек R_i от порога контрастности e и контрастности между этими ячейками r_i выглядит следующим образом:

$$R_i = \frac{e^2}{e^2 + r_i^2} \quad (10)$$

Blocks – подбор параметров отдельных областей различающихся по сопротивлению. Области с одинаковым сопротивлением рассматриваются как единые блоки (рис.30).

Матричное уравнение данного варианта инверсии выглядит так же, как и для алгоритма *Marquardt*:

$$(A^T W^T W A + \mu I) \Delta m = A^T W^T \Delta f \quad (11)$$

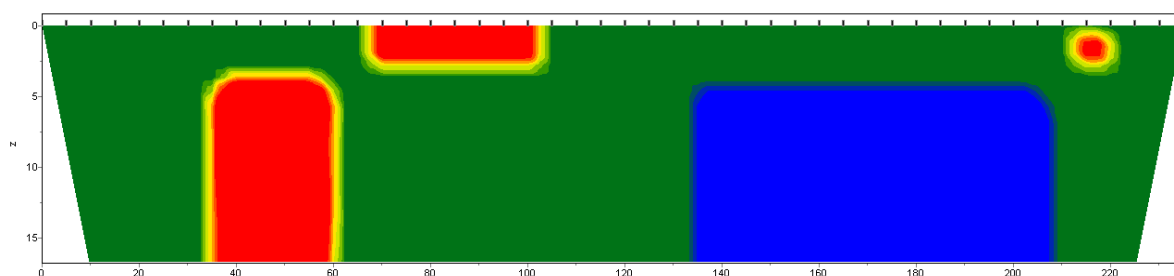
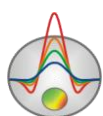


Рис. 30. Восстановленная модель в результате инверсии **Blocks**.



Алгоритм лучше использовать на этапе уточнения результатов предыдущих методов (лучше всего **Focused**), предварительно объединив ячейки в нужные блоки с помощью опции **Cell summarization**. При выборе отдельных блоков вручную следует использовать редактор модели, выделяя отдельные области разными параметрами. Отдельные блоки будут выделены границей во время работы с окном данного диалога.

Smoothing factor – устанавливает соотношение между минимизацией невязки измерений и невязки модели (например гладкости). Для данных с высоким уровнем помех или для того чтобы получить более гладкое и устойчивое распределение параметров, выбираются относительно большие значения сглаживающего параметра: 0.5 - 2; при высоком качестве измерений используются значения: 0.005 - 0.01. При больших значениях сглаживающего параметра чаще всего получают большие значений невязки данных (рис.31). Используется в алгоритмах инверсии **Occam** и **Focused**.

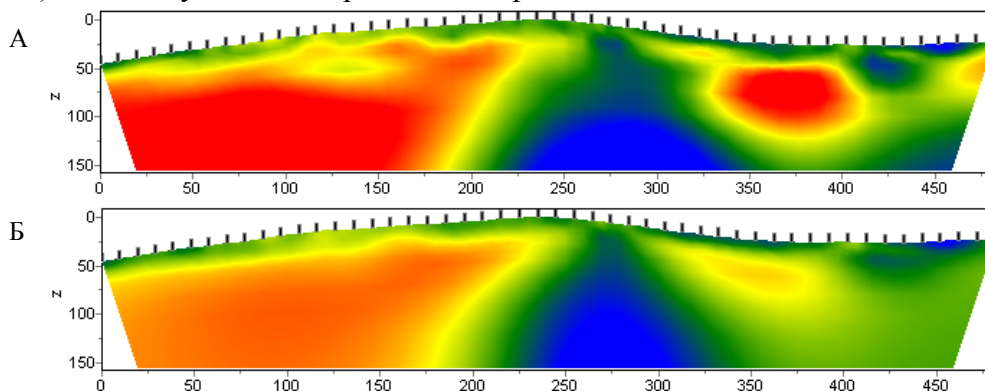


Рис. 31. Модели, полученные в результате инверсии **Occam** с параметром **smoothing factor**: 0.01 (А) и 1.0 (Б).

Результирующая невязка для случая А – 4.5 %, для Б – 6 % .

Robust weighting scheme – эту опцию следует включать если в данных присутствуют отдельные сильные выбросы, связанные с систематическими ошибками измерений. Если количество брака в данных сопоставимо с количеством качественных измерений данный алгоритм может не дать положительных результатов.

Область **Stop criteria** содержит критерии остановки инверсии.

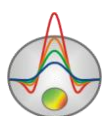
Iterations – если опция включена, то процесс инверсии останавливается по достижении установленного номера итерации.

RMS error – если опция включена, то процесс инверсии останавливается по достижении установленного значения невязки.

Reduction – если опция включена, то процесс инверсии останавливается при повторном увеличении невязки (на установленное значение в %) для двух последовательных итераций.

Область **Focusing parameters**

Threshold – устанавливает пороговое значение контрастности соседних ячеек по достижению которого параметры этих ячеек не усредняются между собой (то есть считается что между ячейками проходит граница). Значения этого параметра выбирается эмпирическим путем (0.001-1) (Рис.32). Выбор очень малого значения параметра может привести к расхождению алгоритма (при этом следует увеличить его значение). Слишком большие значения параметра приводят к получению гладкого распределения.



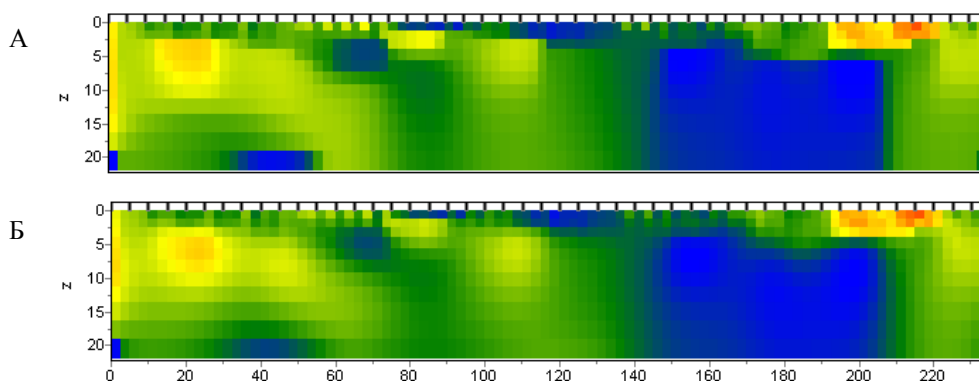


Рис. 32. Модели, полученные в результате инверсии *Focused* с параметром **Threshold**: 0.01 (А) и 0.1 (Б).

Sharpness — определяет соотношение между минимизацией объема аномалеобразующих объектов (0), и получением кусочно-гладкого распределения в среде (1) (рис.33). Значения этого параметра выбирается эмпирическим путем (0.7).

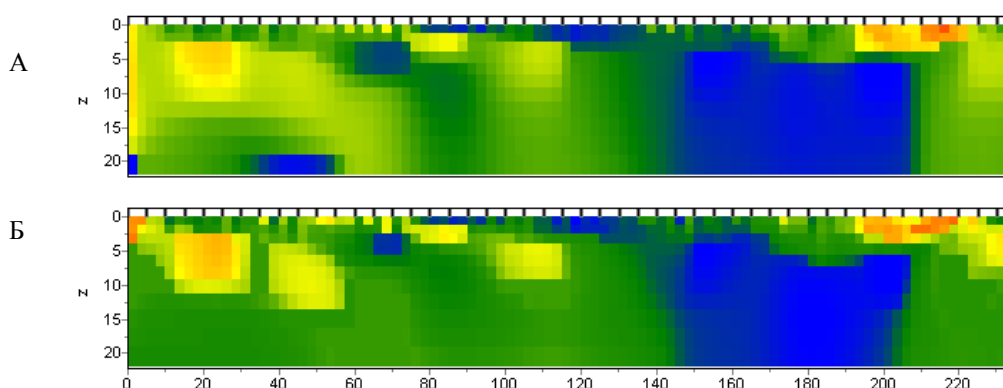
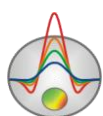


Рис. 33. Модели, полученные в результате инверсии *Focused* с параметром **Sharpness**: 0.8 (А) и 0.2 (Б).

Focused filter — определяет механизм построения фокусирующего фильтра. Если выбрано значение **Own**, фильтр будет строиться по текущим параметрам (в текущем режиме интерпретации). В случае значения **Other**, используется фокусирующий фильтр, построенный по другому параметру среды. Например, получена модель сопротивлений с границами, соответствующими нашим представлениям о параметрах среды. Теперь, чтобы получить модель поляризуемости в тех же границах, необходимо перейти в режим интерпретации данных метода вызванной поляризации и выбрать значение **Other** и выбрать значение **Threshold**, соответствующее предполагаемым особенностям разреза поляризуемости.

Use reference model — использовать стартовую модель, как априорную. При включении данной опции результирующая модель не будет сильно отличаться от стартовой (рис.34). Использовать стартовую модель можно при инверсии алгоритмами *Occam* и *Focused*. Расхождение между стартовой и результирующей моделью можно регулировать, меняя соотношение между минимизацией невязки измерений и невязки модели. То есть чем ниже значение сглаживающего параметра, тем больше могут различаться стартовая и результирующая модель.



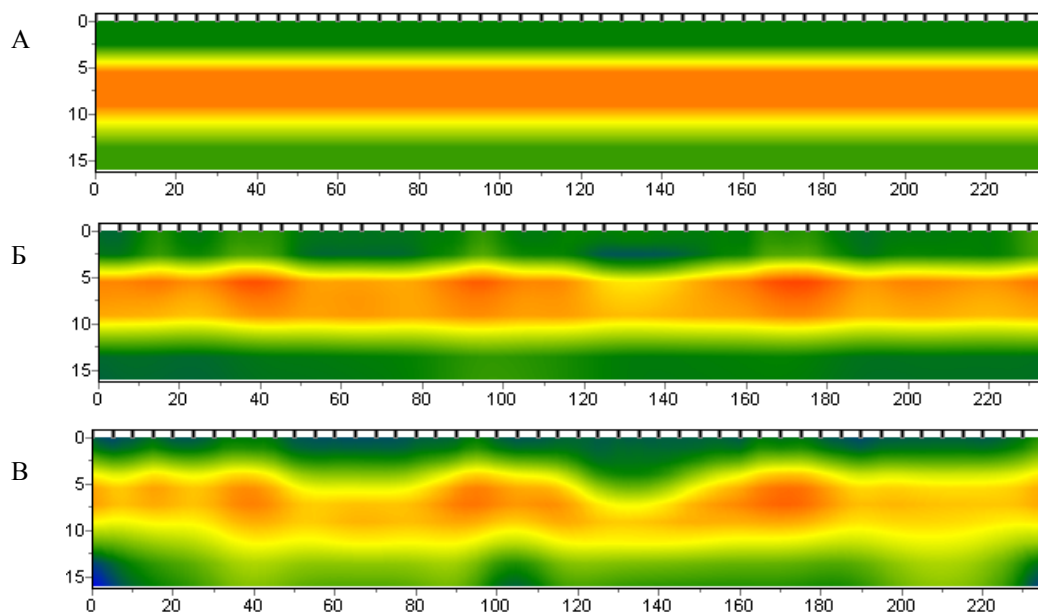


Рис. 34. Стартовая модель (А), модели, полученные в результате инверсии *Occam* с использованием стартовой модели (Б), без нее (В).

Вторая вкладка **Options** предназначена для настройки дополнительных параметров инверсии (рис.35).

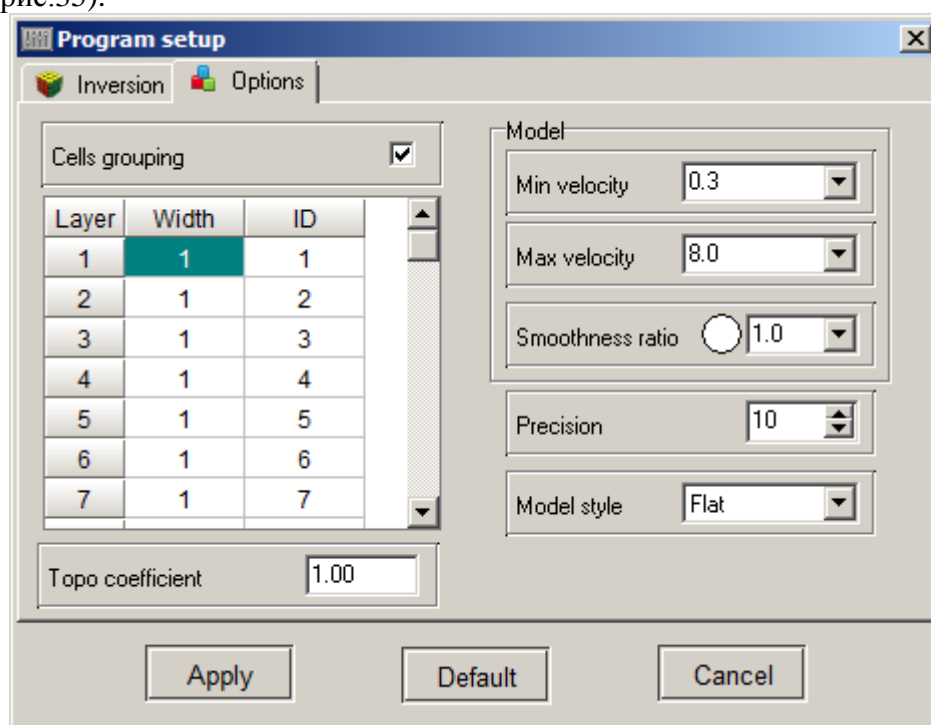
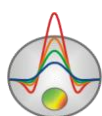


Рис. 35. Диалоговое окно **Program setup**, вкладка **Options**

Область **Model**

Min velocity, Max velocity – устанавливает пределы изменения параметров модели при инверсии.

Smoothness ratio – определяет соотношение степени сглаживания в горизонтальном и вертикальном направлениях. Для горизонтально-слоистых структур используйте значения этого параметра <1 , для вертикально-слоистых >1 . Обычно, для этого параметра, используются значения от 0.2 до 1 (рис.36).



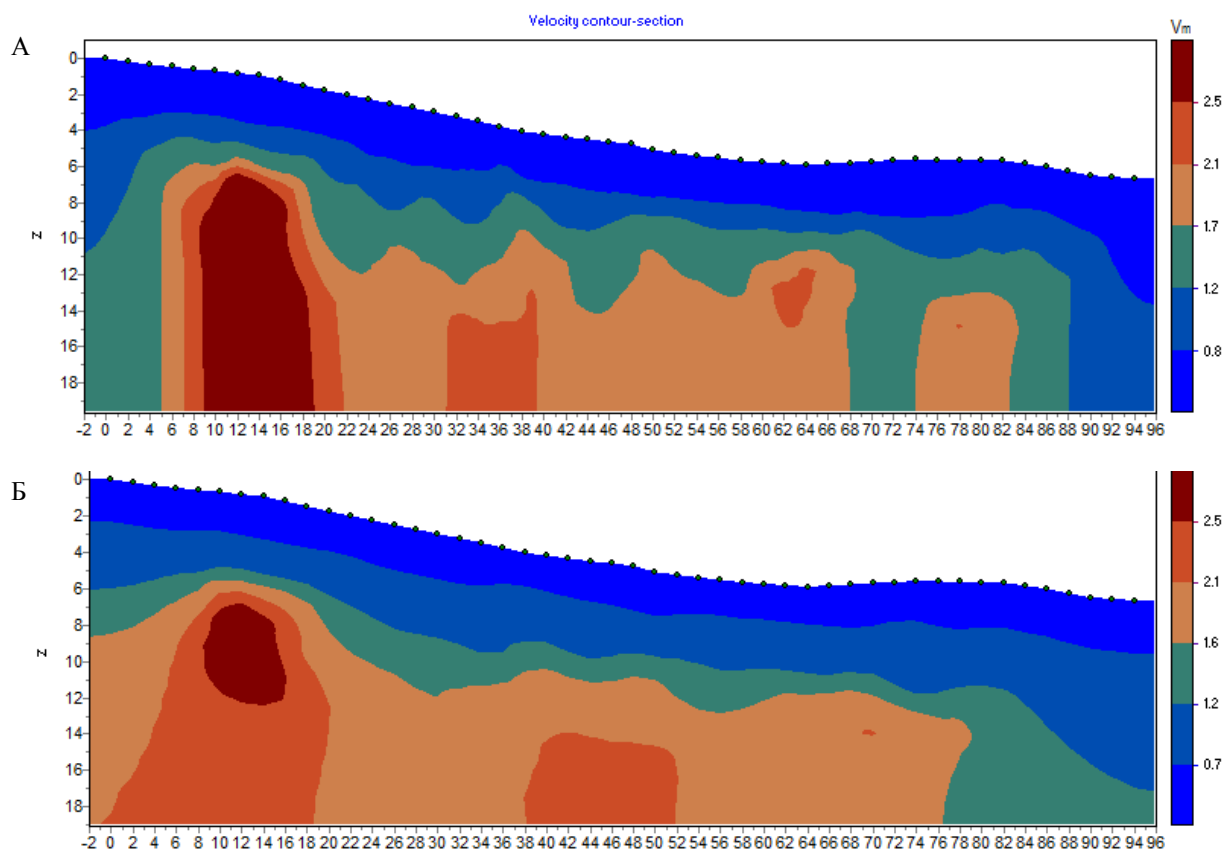


Рис. 36. Скоростные модели в результате «гладкой» инверсии с параметром **Smoothness ratio**: 1 (А) и 0.5 (Б).

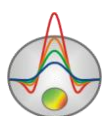
Precision – устанавливает уровень точности решения прямой задачи. Обычно достаточно 10. Точность вычислений можно контролировать визуально по форме лучей.

Model style – тип модели блочная или интерполяционная. Значение **Flat** – каждому блоку/ячейке соответствует постоянное значение скорости. Значение **Smooth** – каждому узлу соответствует определенное значение скорости. Значение между узлами получается путем линейной интерполяции.

Cell grouping – используйте эту опцию в случае больших моделей. Опция активизирует таблицу, позволяющую объединить смежные ячейки и получить меньшее число определяемых параметров при инверсии. В случае использования данной опции количество ячеек для решения прямой задачи остается прежним, а количество ячеек для инверсии уменьшается. В идеале, количество подбираемых параметров должно быть близко к количеству данных.

Таблица содержит три столбца: в первом (**Layer**) указан номер слоя исходной модели; в третьем (**ID**) устанавливается номер слоя инверсионной сети; во втором (**Width**) необходимо указать количество ячеек (в горизонтальном направлении), содержащихся в каждой ячейке инверсионной сети, для данного слоя. Инверсионная сеть будет изображаться в редакторе модели во время ее настройки. Двойное нажатия левой кнопки мыши на ячейки в столбце **Width** позволяет объединять ячейки в горизонтальном направлении для данного слоя, а нажатие правой кнопкой – для данного и всех нижележащих слоев.

Двойное нажатия левой кнопки мыши на ячейки в столбце **ID** позволяет объединять ячейки в вертикальном направлении, а нажатие правой кнопкой – для данного и всех нижележащих слоев.



Ниже приведены примеры трех инверсионных сетей: в первой, инверсионная сеть соответствует модельной (рис.26А), во второй, начиная со второго слоя, ячейки объединены в группы по две (рис. 26Б), в третьей, начиная со второго слоя, ячейки объединены в группы по четыре ячейки (рис.26В).

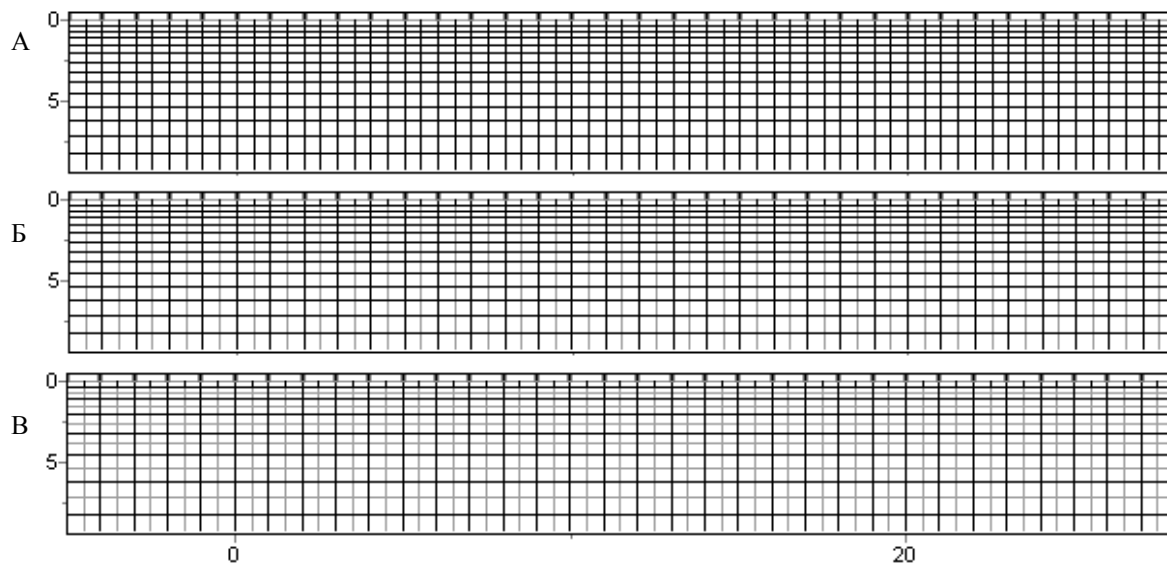


Рис. 37. Примеры инверсионных сетей.

Топо coefficient – задать коэффициент искажения формы рельефа с глубиной(0-5). 0 – рельеф каждого последующего слоя повторяет предыдущий. 1 - рельеф выполаживается с глубиной, последний слой – плоский (рис.38). Искаженная глубина рассчитывается по следующей формуле:

$$z^*(x, z) = \text{Топо}(x) + z \cdot \left(1 + \frac{\max(\text{Топо}) - \text{Топо}(x)}{\max(z)} \cdot \text{Тcoeff} \right), \quad (12)$$

где Топо – превышение рельефа, z - глубина от поверхности.

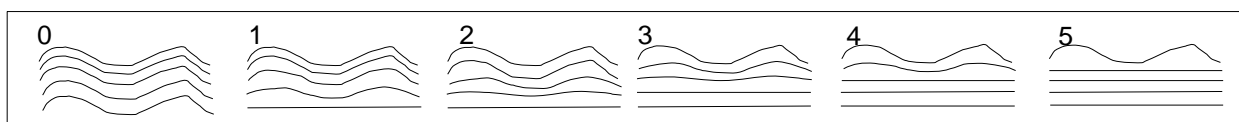
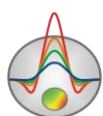


Рис. 38. Искажение слоев модели с использованием параметра **Topo coefficient** от 1 до 5.

Диалог Cell summarization

Опция **Cell summarization** позволяет сгладить или заглубить (разбить на блоки) текущую модель. Блочная модель может быть использована при инверсии типа **Blocks**. В этом случае производится подбор параметра для каждого блока. Перед разбиением на блоки лучше всего использовать фокусирующую инверсию.



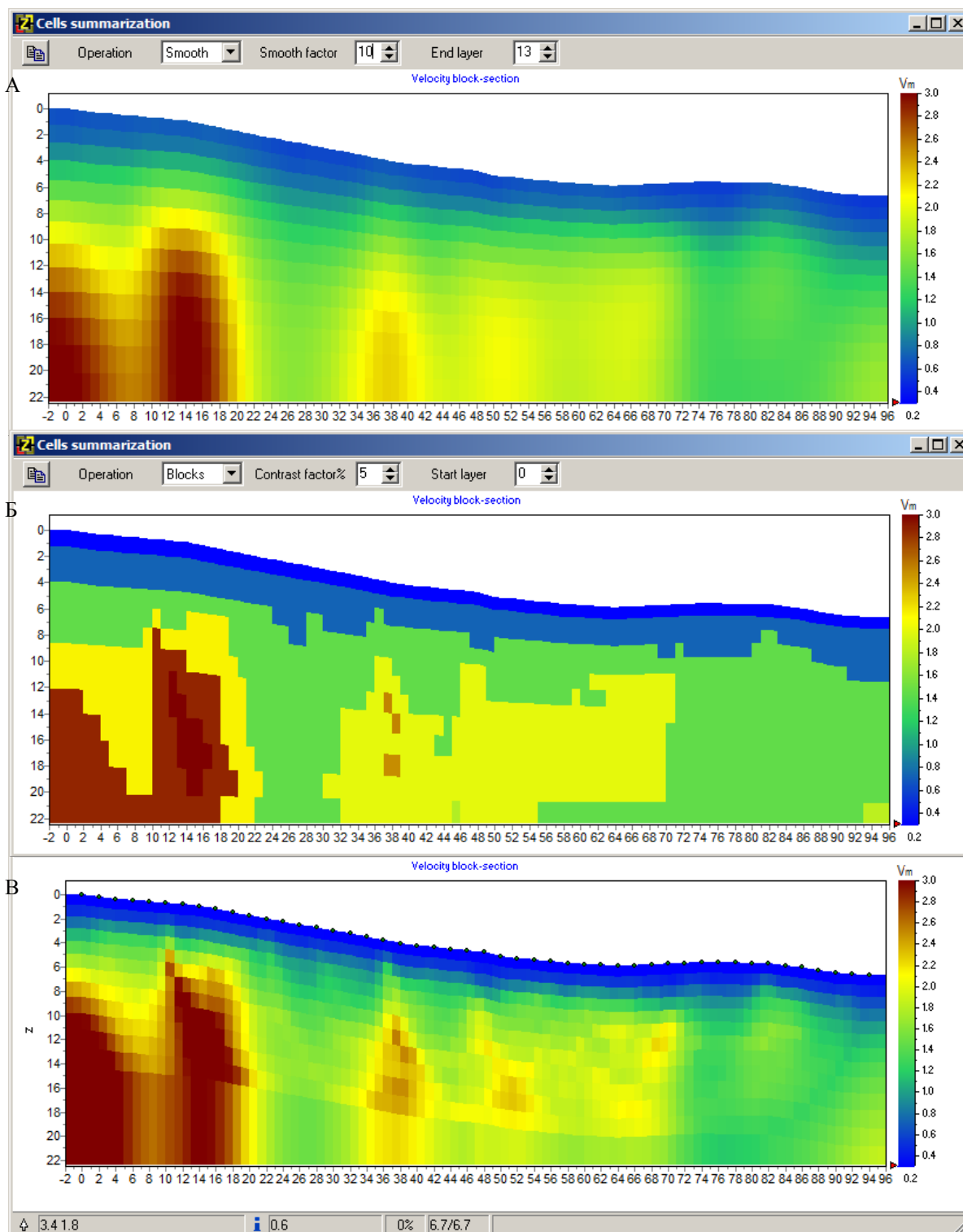
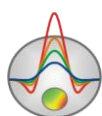



Рис . 39. Пример сглаживания (А) и разбиения на блоки (Б) скоростной модели (В) при использовании диалога **Cell summarization**.

При использовании режима **Blocks**, в зависимости от параметра контрастности (**Contrast factor**), производится объединение ячеек со сходными параметрами в области с постоянным значением. Опция **Start layers** задает номер слоя, начиная с которого производится данная операция.



В режиме **Smooth**, в зависимости от сглаживающего фактора (**Smooth factor**), производится осреднение параметров ячеек модели. Опция **End layers** задает номер слоя, до которого производится данная операция.

Кнопка  копирует полученную модель редактор модели.

Режимы и параметры визуализации модели

Модель можно отображать в виде ячеек **Options/Model/Block-section** (рис.40А), в гладкой интерполяционной палитре **Options/Model/Smooth-section** (рис.40Б), а также в виде контурного разреза **Options/Model/Contour-section** (рис.40В).

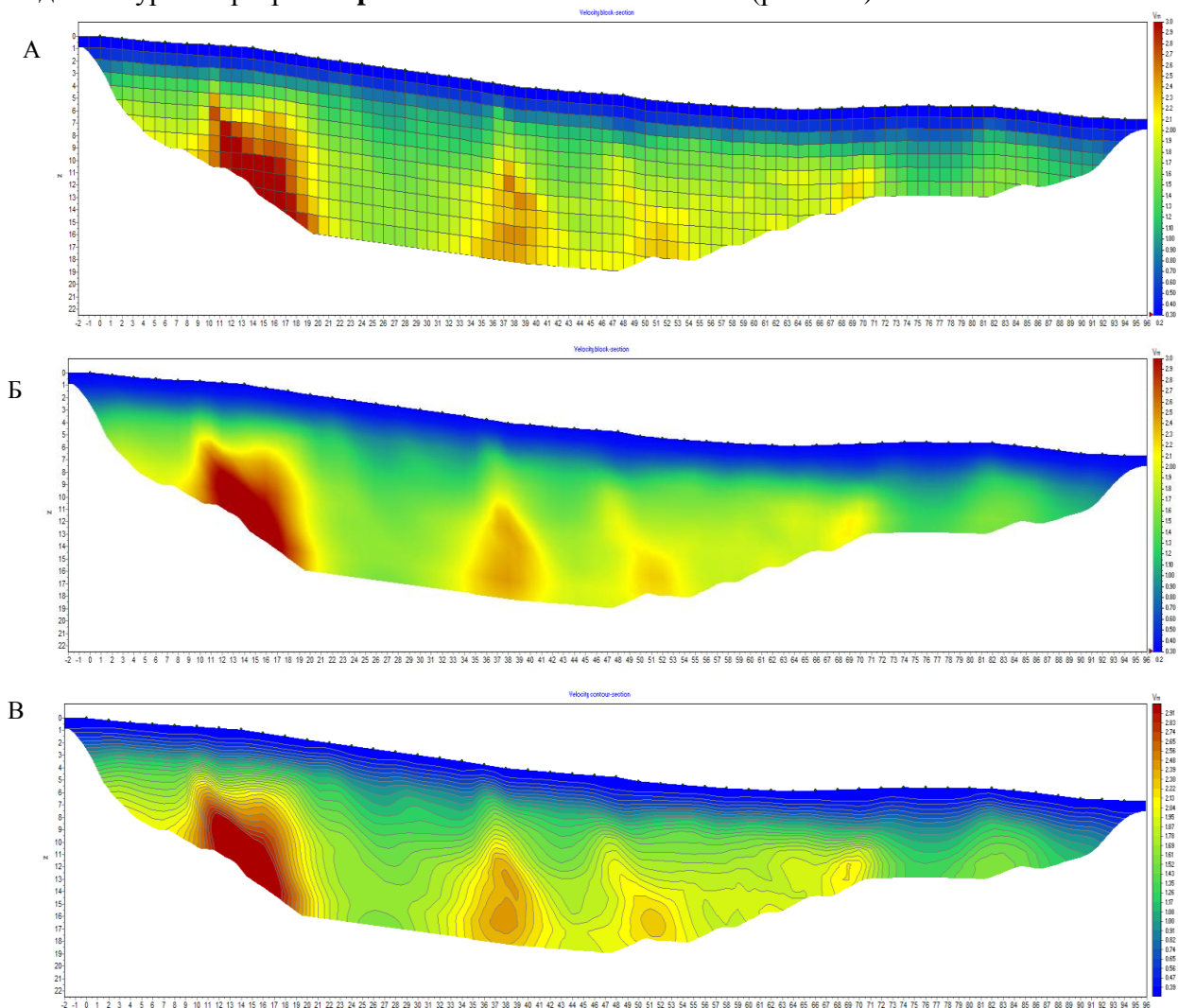
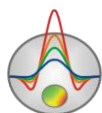


Рис. 40. Варианты отображения модели:
Block-section (А), **Smooth-section** (Б), **Contour-section** (В).

При двойном нажатии мыши в разных областях редактора модели появляются контекстные меню со следующими опциями:

Верхняя область	Display model mesh	Указывает, нужно ли изображать сеть.
	Display objects border	Указывает, нужно ли изображать границу объекта.



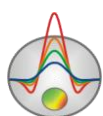
	Display color bar	Указывает, нужно ли изображать цветовую шкалу.
	Setup	Вызвать диалог настройки параметров модели.
	Zoom&Scroll	Включить режим увеличения и прокрутки.
	Print preview	Распечатать модель.
Цветовая шкала	Set minimum	Установить минимальное значение цветовой шкалы.
	Set maximum	Установить максимальное значение цветовой шкалы.
	Set incremental factor	Определить минимальное и максимальное значения цветовой шкалы относительно значения вмещающей среды.
	Automatic	Автоматически определить минимальное и максимальное значения цветовой шкалы.
	Log scale	Установить логарифмический масштаб для цветовой шкалы.
	Set halfspace value	Определить значение параметра вмещающей среды.
	Set cursor value	Установить текущее значение параметра.

Диалог настройки параметров модели **Setup** при работе в режиме **Block-section** и **Smooth-section** описан в *Приложение 5: Диалог настройки параметров модели*, в режиме **Contour-section** описан в *Приложение 6: Диалог настройки параметров контурного разреза*.

При перемещении курсора мыши по созданным в процессе работы с программой окнам, в левой секции панели статуса главного окна программы отображаются координаты, соответствующие собственным осям данного окна.

От выбранного режима отображения модели зависит дополнительные возможности программы. Математическое моделирование необходимо проводить в режиме **Block-section**. Распределение интегральной чувствительности отображается в режиме контурного разреза (**Contour-section**) - опция **Option/Model/Sensitivity** (рис.41В). В этом же режиме благодаря опции **Option/Model/dVelocity** можно рассчитать и отобразить модель полного градиента скоростей (рис.41Б).

Достоверность того или иного участка модели определяют по плотности лучевых траекторий. С помощью опции **Data/Ray path/Calculated** можно отобразить схему лучевых траекторий, рассчитанную для данной модели. Опция **Options/Model/Cut bay ray** позволяет скрыть зоны модели, по которым в результате инверсии не проходят лучевые траектории (Рис.41А).



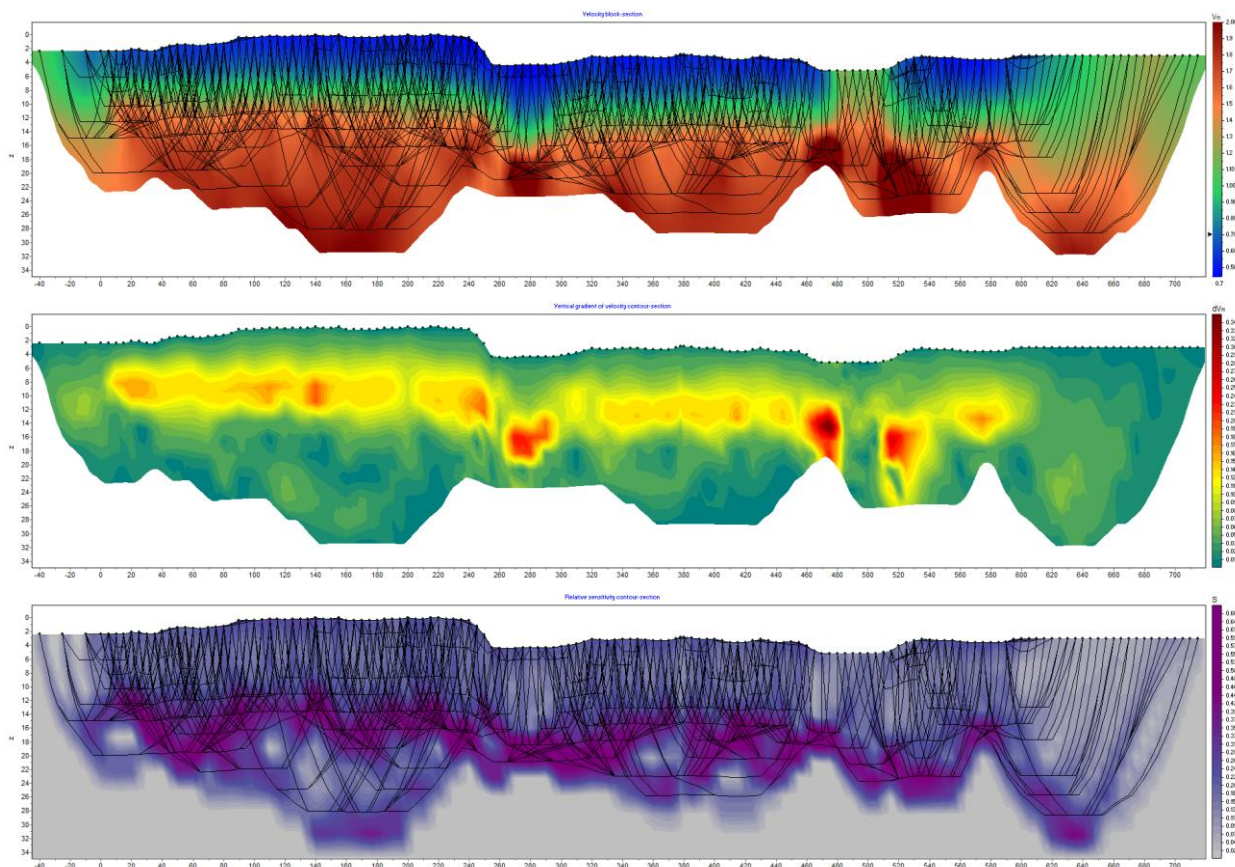



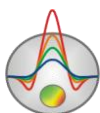
Рис. 41.А. Скоростная модель с рассчитанными лучевыми траекториями и с обрезанной зоной недоверности. Б. Модель полного градиента скоростей. В. Распределение интегральной чувствительности для данной модели.

Сохранение результатов интерпретации

Результат интерпретации профиля данных хранится в файле формата «ZONDST2D» (расширение *.ST) (*подробно в разделе «[Формат основного файла данных](#)»*). В этом файле сохраняются полевые данные, значения относительных весов измерений и текущая модель среды. При последующей загрузке, для создания модели среды, используются данные из файла.

Сохранить результат интерпретации, можно нажав кнопку  панели инструментов или соответствующий ей пункт меню. В появившемся диалоге, также возможно выбрать формат данных, для сохранения наблюдаемых (**Observed**) или рассчитанных (**Calculated**) для текущей модели, значений времен первых вступлений, а также изображений (**Model, WorkSheet**) в формате *.BMP в необходимом масштабе. Масштаб изображения можно настроить с помощью диалога **Options/Import/Export/Output settings** (*описан в разделе «[Импорт и экспорт данных](#)»*).

Zond project data	Сохранить измеренные значения и текущую модель среды.
Zond calculated data	Сохранить рассчитанные значения.
Zond observed data	Сохранить измеренные значения.
Worksheet	Сохранить три графические секции окна в формате BMP.



Model	Сохранить нижнюю графическую секцию окна в формате BMP. Для настройки масштаба изображения следует использовать диалог Output settings .
Program configuration	Сохранить параметры программы.
Zond model with calculated	Сохранить рассчитанные значения и текущую модель среды.
Grid file	Сохранить дат-файл модели.
Section file	Сохранить текущую модель в формате SectionCorrector.

Информация о проекте

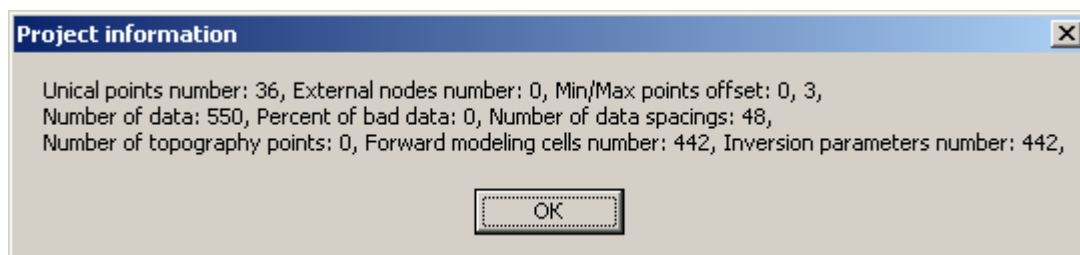
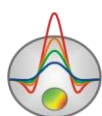


Рис. 42. Диалоговое окно **Project information**.

Посмотреть информацию о текущем проекте, можно нажав опцию главного меню программы **File/Project information**. В открывающемся окне последовательно отображается следующая информация:

Unical points number	Количество уникальных положений питающей линии или источника/приемника
External nodes number	Количество дополнительных узлов модели по краям
Min/Max points offset	Минимальный/ максимальный разнос
Number of data	Количество измерений
Percent of bad data	Процент не качественных данных (от общего числа)
Number of data spacings	Количество уникальных разносов
Number of topography points	Количество измерений топографии
Forward modeling cells number	Количество ячеек используемых при решении прямой задачи
Inversion parameters number	Количество ячеек используемых при решении обратной задачи



Импорт и экспорт данных

При наличии каротажных измерений или литологических колонок их можно загрузить в окно модели с помощью опции **Import/Export/Carotage data** (рис.35). Формат файла подробно описан в разделе «[Ошибка! Источник ссылки не найден.](#)». Пример в директории - [sample_with_bhdata](#).

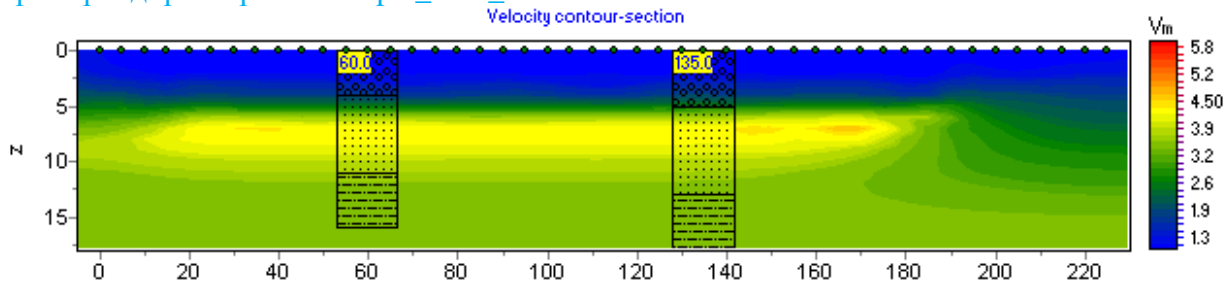


Рис. 43. Скоростная модель с нанесенными литологическими колонками.

Import model/data это опция позволяет загрузить модель формата *.ST и других интерпретационных программ пакета ZOND в отдельном окне (рис.44). Эта опция может быть, например, полезна при сопоставлении результатов на соседних профилях или при комплексной интерпретации данных различных методов. Если в качестве импортируемого файла использовать двухколоночный XY файл с расширением *.dat, то в окне с расчетными данными отобразится график привязанный к правой оси [sample_with_exported_graphic](#).

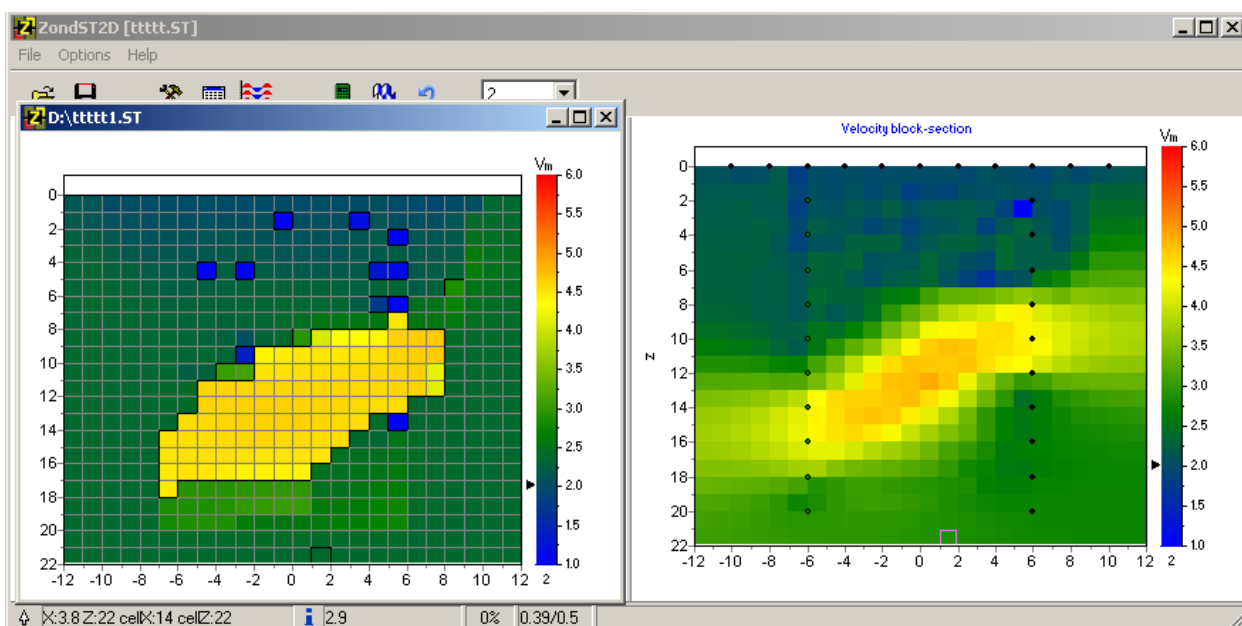
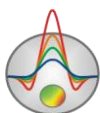


Рис. 44. Рабочее окно программы с импортируемой скоростной моделью.

Используя Опцию **Save/Load selection** можно сохранить или загрузить сохраненный фрагмент модели. Для сохранения фрагмента необходимо, включив режим отображения модели виде блоков, используя опцию Selection выделить интересующий фрагмент и нажать Save selection [sample_with_impmodel](#).

Сохранить или загрузить вертикальный профиль скоростей для заданной горизонтальной координаты можно при помощи опции **Extract 1d log / Load 1d log**. При сохранении вертикального профиля нужно в диалоговом окне задать X координату. При



загрузке вертикального профиля требуется указать диапазон по оси X. Этой опцией можно воспользоваться, например, для сходимости результатов интерпретации в случае, если профили пересекаются.

При наличии априорной информации существует возможность ее использования (в качестве подложки) с помощью опции **Import/export/ Section file**. Это может быть, например, геологический или геоэлектрические разрезы. Для этого в диалоге настройки модели выбирается режим *half-space transparency*. После этого загрузить графическое изображение формата *.sec в необходимом масштабе [sample_with_sectfile](#). Файл *.sec имеет следующую структуру:

1-я строка – название файла с изображением;

2-я строка – через пробел указываются последовательно четыре координаты левого верхнего и нижнего правого угла изображения

X1 Y1 X2 Y2.

sect.emf

0 0 152.4 53.3

В режиме **Blocks section** будут отображаться те ячейки, значения которых отлично от вмещающей среды. Таким образом, появляется возможность моделировать аномальные объекты поверх подложки (рис.45).

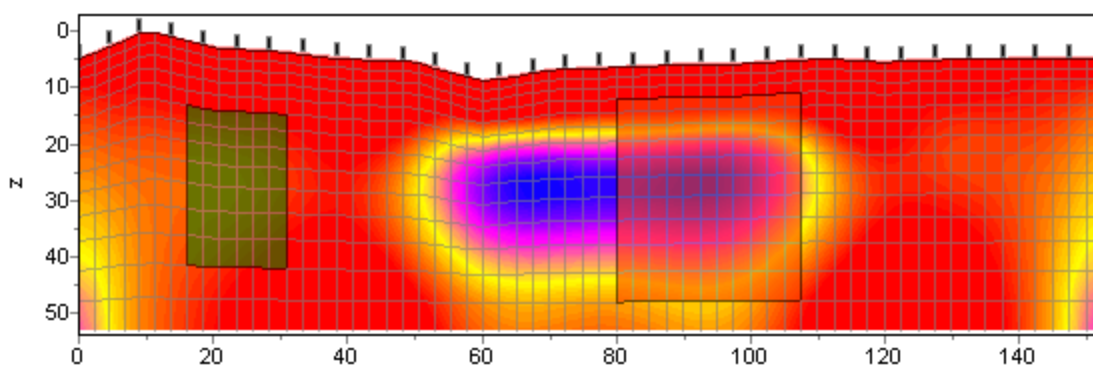


Рис. 45. Модель в режиме **Block-section** с подложкой.

В режиме **Smooth section** цвета подложки и текущей модели будут смешиваться, и можно будет увидеть особенности двух разрезов одновременно (рис.46).

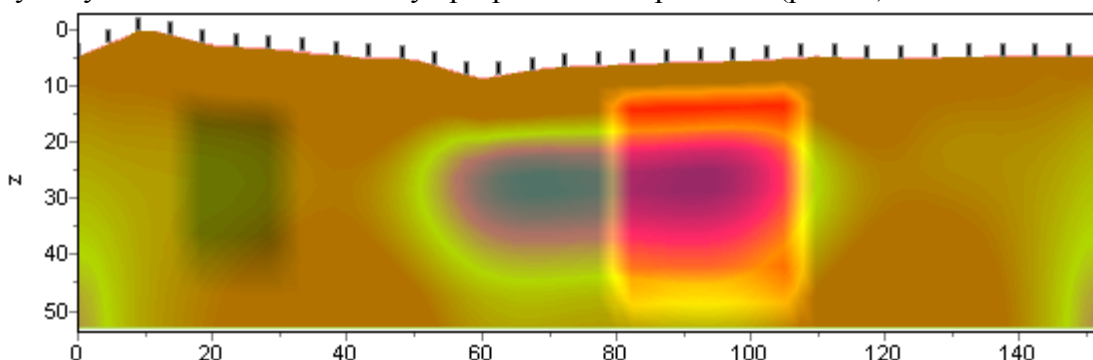
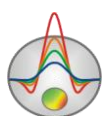


Рис. 46. Модель в режиме **Smooth-section** с подложкой.

В разделе «*Ошибка! Источник ссылки не найден.*» описаны различные возможности экспорта как данных, так и результирующей модели. Для дальнейшей геологической интерпретации и составления отчетной графики существует возможность сохранять текущую модель в дат-файл. Для импорта в другие программы Zond следует сохранить модель в формате программы SectionCorrector. Модель можно сохранить как



растровое изображение определенных разрешения и размера с использованием диалога **Output settings**.

Диалог настройки экспортируемого изображения

Диалог **Output settings** при выключенной опции Automatic позволяет настроить вертикальный Vertical scale, горизонтальный масштаб Horizontal scale, разрешение экспортируемого изображения Print resolution в dpi и размер шрифта Font size (рис.47).

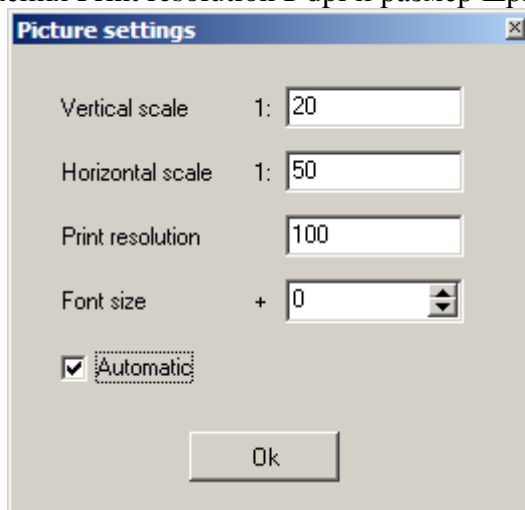


Рис. 47. Диалоговое окно **Picture settings**.

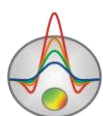
Формат файла данных каротажа и стратиграфии

Каротажные данные и литологические колонки хранятся в файлах определенного формата. Первый тип файлов с расширением txt – это собственно данные, каротажные или литологические. При создании файла каротажных данных используется следующая структура файла:

Первая колонка содержит глубину точки записи (от поверхности земли), вторая колонка содержит каротажные измерения. Третья и четвертая колонки содержат нули.

Ниже приведен пример файла каротажных данных:

0.5	118.3035394	0	0
1	126.9002384	0	0
1.5	123.4170888	0	0
2	116.1519574	0	0
2.5	117.240884	0	0
3	111.9424174	0	0
3.5	142.0405875	0	0
4	125.3686538	0	0
4.5	521.0730567	0	0
5	735.5232592	0	0
5.5	707.7315998	0	0
6	706.3561614	0	0
6.5	725.9945623	0	0
7	722.433627	0	0
7.5	717.0991126	0	0
8	716.9836552	0	0
8.5	725.5024012	0	0
9	722.3551713	0	0
9.5	731.5717173	0	0
10	723.5097884	0	0



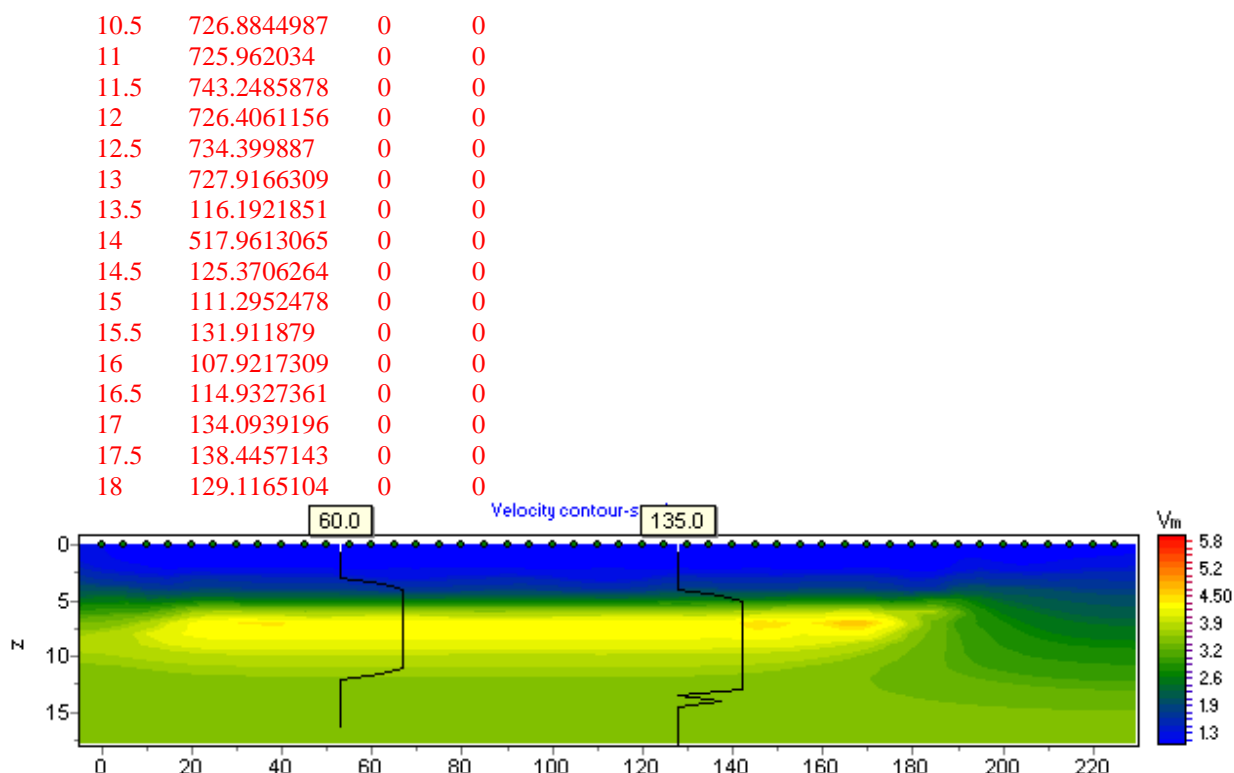


Рис. 48. Соростная модель с нанесенными каротажными диаграммами.

При создании файла с литологической информацией используется следующая структура файла:

Первая колонка содержит глубину (от поверхности земли) литологического горизонта. Вторую колонку следует заполнить нулями. Третий столбец цвет слоя на литологической колонке. Четвертый столбец тип краппа на литологической колонке.

Ниже приведен список из первых 23 краппов, которые можно использовать, при создании литологической колонки (рис.49).

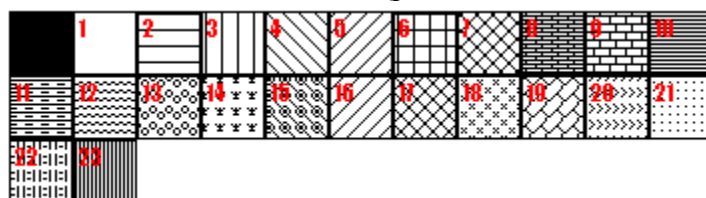


Рис. 49. Варианты штриховки литологической колонки.

Ниже приведен пример файла литологических данных.

```

0 1 0 13 Кровля 1 слоя
4 1 0 13 Подошва 1 слоя
4 1 0 19 Кровля 2 слоя
11 1 0 19 Подошва 2 слоя
11 1 0 27 Кровля 3 слоя
16 1 0 27 Подошва 3 слоя

```

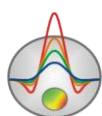
Второй тип файлов (расширение *.crt) – управляющий файл, указывающий тип данных и способ отображения. Далее следует описание структуры файла CRT для отображения литологических или каротажных для произвольного количества скважин.

2280.txt

Первая строка - имя файла с данными каротажа или литологии

скв2280

Вторая строка - Подпись скважины (будет отображаться на скважине)



18 2 2 1 0 1 0 0

Третья строка содержит управляющие параметры -

Запись 18 – координата скважины на профиле.

2 - ширина изображения (в процентах от длины профиля, обычно 1 - 20).

2 - тип отображения данных 0 - 3.

0 - каротажные данные (в виде график); [Файл-пример - carot1.crt](#)

1 - каротажные данные (интерполяционная цветовая колонка) для отображения данных используется цветовая шкала разреза; [Файл-пример - carot2.crt](#)

2 - литологическая колонка; [Файл-пример - strati.crt](#)

3 - каротажные данные (цветная колонка) цвета отображаемых данных соответствуют шкале модели, цвет на колонке выбирается в соответствии со значением цветовой шкалы модели;

1 - Параметр нормировки данных каротажных диаграмм 0 - 2.

0,1 – для всех данных используется общий минимум и максимум;

1,2 - вычесть из каждой каротажной диаграммы ее среднее значение;

0 - Индекс метода каротажа (если необходимо отображать одновременно несколько типов каротажа, следует ввести индексы для каждого из методов) 0 – n-1, где n – количество методов.

1 - Цвет графика.

0 - Масштаб данных логарифмический 0, линейный 1.

0 – Вертикальное смещение скважины относительно земной поверхности.

3246.txt

описание следующей скважины на профиле

скв3246

102 2 2 1 0 1 0 0

Для создания файлов с данными литологии рекомендуется использовать программу **BHEeditor**. Скачать программу можно на сайте <http://zond-geo.ru>.

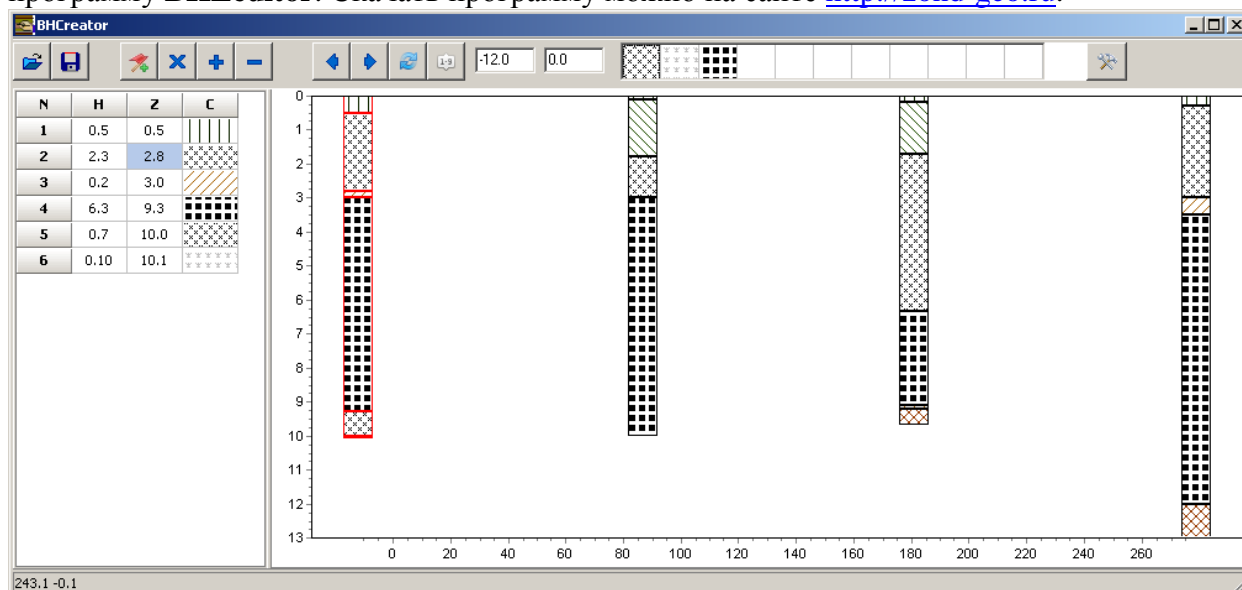
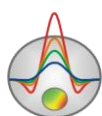


Рис. 50. Рабочее окно программы **BHEeditor**.

Моделирование

Моделирование – важный процесс, предвещающий полевые работы. Он позволяет выбрать оптимальные параметры системы измерений для решения поставленной геологической задачи. Вооружившись априорной информацией об объекте исследований,



интерпретатор может промоделировать различные геологические ситуации, планируя геофизические работы.

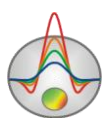
Прямая задача сейсмотомографии

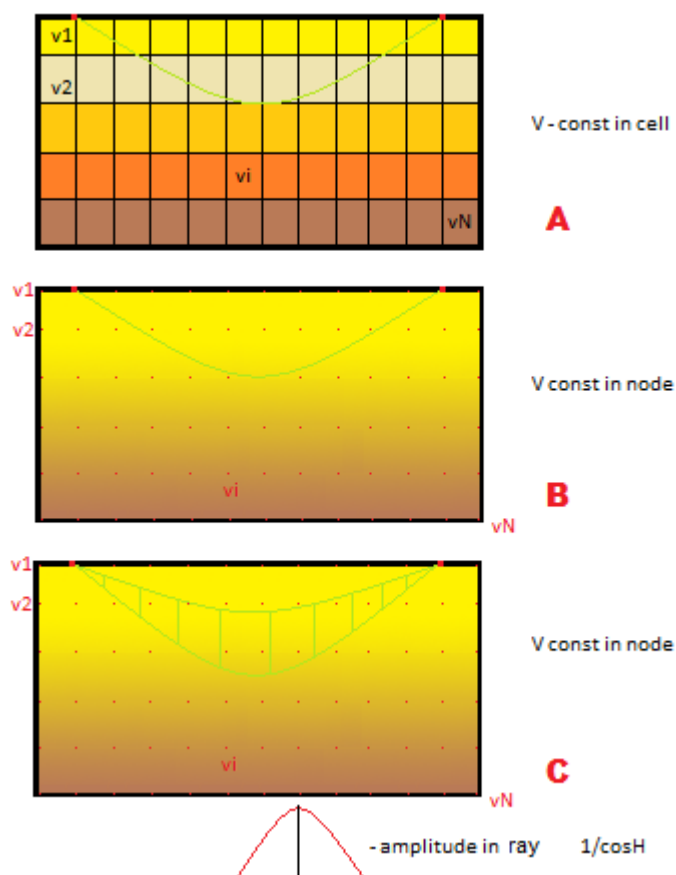
В программе реализованы три варианта решения прямой задачи, т.е. расчета траекторий сейсмических лучей в произвольной двумерной среде. Тип алгоритм контролируется опцией Model style в окне настроек главного модуля.

В первом случае (Velocity in cells), среда разбита набором ячеек с заданной постоянной скоростью. Это означает, что луч проходит внутри ячейки с постоянной скоростью. Данный алгоритм продуцирует наименее гладкое лучевое покрытие.

Во втором варианте (Velocity in nodes), среда разбита набором узлов с заданной скоростью, между которыми ее значение меняется линейно. Этот способ имеет более гладкое лучевое покрытие по сравнению с предыдущим. Некоторую проблему представляет обратный переход от значений скоростей в узлах к ячейистой модели (после инверсии). Данная процедура слегка сглаживает значения скоростей и увеличивает невязку.

Третий способ (Wide ray) реализует наиболее физичную постановку задачи. Он использует концепцию расширяющегося с глубиной луча. Это означает, что при прохождении через среду радиус “канала” расширяется и захватывает все больший объем с глубиной. Ячейки расположенные ближе к центральному лучу “канала” сильнее влияют на среднюю скорость “канала” на участке пути. Этот способ имеет наиболее гладкое лучевое покрытие. Две дополнительные опции контролируют данный алгоритм (Ray radius settings): начальный радиус “канала” (у поверхности) и относительное увеличение радиуса на максимальной глубине (т.е. скорость расширения луча с глубиной). Эти параметры выбираются эмпирически. Вариант решения с расширяющимся лучом наиболее стабильный, имеет лучшее покрытие, но нуждается в настройке “канала”. Кроме того имеет тот же недостаток, что и предыдущий способ, связанный со сглаживанием скоростей при переходе к ячейистой модели.





Опция Precision контролирует точность вычислений для всех трех способов. Она устанавливает количество промежуточных вычислительных узлов модели, то есть определяет точность в размерности длины. Обычно достаточно 10-20 узлов для точного решения задачи. Следует отметить, что скорость вычислений напрямую связана с данным параметром. То есть чем выше скорость, тем ниже точность.

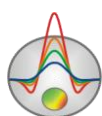
Создание синтетической системы наблюдений

Окно разбито на три части: граф отображения позиций источников/приемников (слева), таблица координат источников/приемников (справа вверху) и таблица текущего годографа (справа внизу), в которой отображается список пар индексов источник-приемник (рис.51).

Граф предназначен для отображения уникальных позиций источников/приемников и их индексов. Здесь осуществляется выбор (с помощью мыши) источников и приемников. Активный источник изображается красным светом, приемники текущей группы синим.

В таблице координат содержатся горизонтальные и вертикальные координаты источников/приемников, которые можно отредактировать. При нажатии правой кнопки мыши на ячейке таблицы можно задать приращение координаты для всех последующих ячеек.

Таблица текущего годографа содержит индексы источника и группы приемников для активного годографа, которые можно отредактировать. При неправильном вводе индексов они подсвечиваются красным.



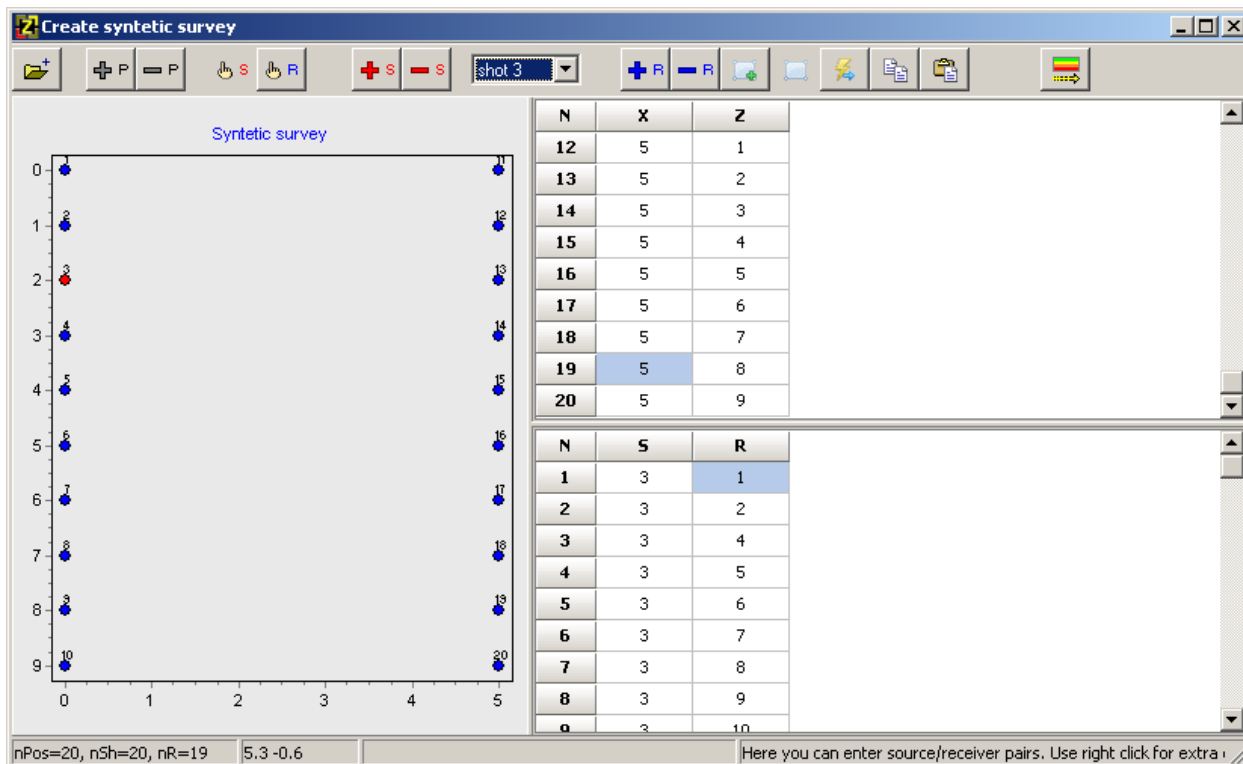
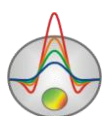









Рис.51. Окно программы **Create synthetic survey**

Панель инструментов служит для быстрого вызова наиболее часто используемых в программе функций. Она содержит следующие функциональные кнопки (слева - направо):

	Открыть файл с координатами источников/приемников.
	Добавить новую позицию источника/приемника. Новая позиция отображается в левом графе окна, координаты в верхней таблице справа.
	Удалить текущую (в таблице) позицию источника/приемника.
	Включить режим выбора текущего источника. Выбор позиции источника для текущего годографа осуществляется мышью в левом графе. После выбора источника программа переключается в режим выбора приемников.
	Включить режим выбора текущего приемника. Выбор приемника для текущего годографа осуществляется мышью в левом графе. Если выбор осуществляется с нажатой кнопкой SHIFT, то в нижнюю таблицу добавляется новая пара (источник/ приемник), иначе текущему приемнику присваивается новая позиция.
	Добавить новый годограф. После добавления программа переключается в режим выбора приемников. Выбор текущего годографа осуществляется во всплывающем списке справа.
	Удалить текущий годограф.
	Всплывающий список для выбора текущего годографа.
	Добавить пару источник/приемник в годограф (в нижнюю таблицу).
	Удалить текущую пару источник/приемник из годографа.




	Выделить группу позиций приемников, которые будут добавлены в текущий годограф. Выделение осуществляется в правом графе резиновым прямоугольником с помощью мыши.
	Выделить группу позиций приемников, которые заменят текущий годограф. Выделение осуществляется в правом графе резиновым прямоугольником с помощью мыши.
	Вызвать всплывающее меню функций автоматического создания системы годографов. Select all positions – Выбрать все позиции, кроме позиции источника в годограф. Deselect all positions – Удалить все приемники из годографа. Create full array – Создать систему наблюдений, в которой источник находится в каждой позиции, и каждому источнику соответствует группа из всех остальных приемников.
	Копировать индексы приемников текущего годографа в буфер.
	Загрузить индексы приемников в текущий годограф из буфера.
	Перейти в режим моделирования.


После создания синтетической системы наблюдений нажимается кнопка  и появляется диалог настройки параметров сети, по завершению работы которого на панели инструментов главного окна программы, активизируются функциональные кнопки для работы с данными, и в правой секции панели статуса появляется краткая информация о данных и модели.

При перемещении курсора мыши по созданным в процессе работы с программой окнам, в левой секции панели статуса главного окна программы отображаются координаты, соответствующие собственным осям данного окна.

Полигональное моделирование разреза

Инструмент полигонального моделирования предназначен для быстрого создания разреза из тел в форме многоугольников. Полигональный вариант описания модели среды способствует более структурному ее представлению и простому управлению элементами.

Для того чтобы перейти в режим полигонального моделирования нажмите кнопку  панели инструментов. Перед началом моделирования следует выбрать подложку, поверх которой будет строиться модель. Это удобно при создании модели на базе результатов инверсии. В этом случае лучше предварительно перестроить разрез в варианте Contour-section. Если моделирование будет проводиться “с чистого листа”, то после перехода в режим моделирование лучше использовать опцию remove background.

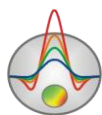
Каждый раз при изменении параметров модели можно пересчитать значения синтетических годографов. Для отмены последнего действия используется кнопка . Следует отметить, что степень соответствия полигональной модели зависит от частоты разбиения сети подложки модели. Чем гуще сеть разбиения, тем точнее получаются результаты.

В режиме моделирования появляется дополнительный раздел меню Modeling и плавающая панель инструментов.

Меню Modeling содержит следующие функции:

Show background – показать подложку под элементами разреза.

Remove background – скрыть подложку.



Get values from background – данная опция может быть использована при создании модели по результатам инверсии. Вначале наносятся контуры полигональных тел (можно создавать полигоны прямо по изолиниям подложки). Далее выполняется процедура определения параметров объектов, по средним значениям элементов подложки лежащих под телом. Не следует выполнять расчет прямой задачи до запуска данной процедуры.

Remove all polygons – удалить все созданные тела.

Display ColorScale – показывать цветовую шкалу, связывающую цвет полигона со значением его параметра.

Colors from ColorScale – связывать цвет полигона с цветовой шкалой. Если данная опция отключена, то можно задавать полигонам пользовательские цвета.

Exit from modeling mode – выйти из режима моделирования.

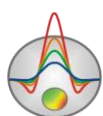
Редактор модели

Создание скоростной среды производится в редакторе модели – нижняя графическая секция окна программы при режиме **block-section**. Редактор модели служит для изменения параметров отдельных ячеек модели с помощью мыши. Справа от области редактирования модели находится цветовая шкала, связывающая значение цвета со значением скорости. Для выбора текущего значения следует щелкнуть по шкале правой кнопкой мыши, при этом его значение изображается ниже цветовой шкалы.

Размер и положение цветовой шкалы можно изменить, потянув ее за движок, с нажатой левой или правой кнопкой мыши.

Работа с ячейками модели сходна с редактированием растрового изображения в графических редакторах. При перемещении курсора в области модели, на нижней панели статуса главного окна программы отображаются координаты и параметры активной ячейки, в которой находится курсор. Активная в данный момент ячейка окружена прямоугольником – курсором. Выделенная или зафиксированная ячейка отмечается крапом из белых или черных точек. При двойном нажатии на вертикальной и горизонтальных осях и при нажатии правой кнопки мыши в области редактора модели появляются опции, позволяющие редактировать сеть, созданную при работе с диалогом **Mesh constructor**.

Вертикальная ось	Log scale	Установить логарифмический масштаб для вертикальной оси.
	Set maximum	Установить значение глубины нижнего слоя.
	Redivide	Установить одинаковую толщину слоев для всех слоев модели (в данном масштабе).
	Thick mesh	Удалить каждый второй узел вертикальной сетки.
	Thin mesh	Добавить промежуточные узлы в вертикальную сетку.
Горизонтальная ось	Redivide	Установить одинаковую ширину для ячеек, расположенных между уникальными положениями электродов.
	Thick mesh	Удалить каждый второй узел горизонтальной сетки (если в данном узле не расположен электрод).
	Thin mesh	Добавить промежуточные узлы в горизонтальную сетку.



При нажатии правой кнопки мыши в области редактирования модели появляется контекстное меню со следующими опциями:

Display cell setup	Вызвать диалог настройки параметров ячейки.
Cell to cursor value	Использовать параметр активной ячейки в качестве текущего значения.
Edit mode	Включить режим редактирования.
Selection\Free form selection	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет заданные пользователем границы.
Selection\Rectangular selection	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет прямоугольный вид.
Selection\Elliptical selection	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет эллиптический вид.
Selection\Magic wand	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Выделяются активная ячейка и ячейки смежные с ней, параметры которых близки к ее параметру. Степень близости задается в диалоге настройки параметров модели.
Selection\Remove selection	Удалить выделение.
Mesh options\add column /row	Добавить новую вертикальную или горизонтальную границу. Новая граница появляется при нажатии мыши в выбранном месте.
Mesh options\remove column /row	Удалить выбранную вертикальную или горизонтальную границу.
Mesh options\resize column /row	Изменить толщину ряда или колонки с помощью мыши.
Clear model	Очистить текущую модель.

Работа с моделью


Работа производится с помощью мыши:

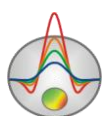
Нажатие левой кнопки мыши по ячейке меняет ее параметр на текущий.

Увеличение отдельного участка или его перемещение осуществляется в режиме **Zoom&Scroll** с нажатой кнопкой. Для выделения участка, который необходимо увеличить, курсор мыши перемещается вниз и вправо, с нажатой левой кнопкой. Для возвращения к первоначальному масштабу, производятся те же действия, но мышь движется вверх и влево.


Для оперативного создания модели в программе предусмотрено несколько режимов выделения ячеек: прямоугольником, в виде эллипса, свободной формы и по определенному значению параметра. Вызвать соответствующие опции возможно при нажатии правой кнопки мыши в области редактирования модели (*опции описаны в разделе «Полигональное моделирование»* разреза

Инструмент полигонального моделирования предназначен для быстрого создания разреза из тел в форме многоугольников. Полигональный вариант описания модели среды способствует более структурному ее представлению и простому управлению элементами.

Для того чтобы перейти в режим полигонального моделирования нажмите кнопку  панели инструментов. Перед началом моделирования следует выбрать подложку, поверх которой будет строиться модель. Это удобно при создании модели на базе результатов инверсии. В этом случае лучше предварительно перестроить разрез в



варианте Contour-section. Если моделирование будет проводиться “с чистого листа”, то после перехода в режим моделирование лучше использовать опцию remove background.

Каждый раз при изменении параметров модели можно пересчитать значения синтетических годографов. Для отмены последнего действия используется кнопка . Следует отметить, что степень соответствия полигональной модели зависит от частоты разбиения сети подложки модели. Чем гуще сеть разбиения, тем точнее получаются результаты.

В режиме моделирования появляется дополнительный раздел меню Modeling и плавающая панель инструментов.

Меню Modeling содержит следующие функции:

Show background – показать подложку под элементами разреза.

Remove background – скрыть подложку.

Get values from background – данная опция может быть использована при создании модели по результатам инверсии. Вначале наносятся контуры полигональных тел (можно создавать полигоны прямо по изолиниям подложки). Далее выполняется процедура определения параметров объектов, по средним значениям элементов подложки лежащих под телом. Не следует выполнять расчет прямой задачи до запуска данной процедуры.

Remove all polygons – удалить все созданные тела.

Display ColorScale – показывать цветовую шкалу, связывающую цвет полигона со значением его параметра.

Colors from ColorScale – связывать цвет полигона с цветовой шкалой. Если данная опция отключена, то можно задавать полигонам пользовательские цвета.

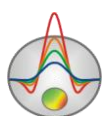
Exit from modeling mode – выйти из режима моделирования.

Редактор модели»).

Нажатие левой кнопки мыши при нажатом SHIFT по ячейке увеличивает ее параметр. Нажатие правой кнопки мыши при нажатом SHIFT по ячейке уменьшает ее параметр. Процент на который изменяется значение задается в диалоге настройки параметров модели. Если активная ячейка принадлежит выделению, то все вышеописанные операции применяются ко всему выделению.

Нажатие кнопки мыши при нажатом CTRL позволяет переместить выделенный набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. При перемещении выделения с нажатой левой кнопкой мыши содержимое выделенных ячеек копируется в новое место. При перемещении выделения с нажатой правой кнопкой мыши содержимое выделенных ячеек вырезается и копируется в новое место.

Также можно задавать значения параметра выделенным ячейкам используя диалог настройки параметров ячейки **Cell setup** (рис.33).



Диалог настройки параметров ячейки

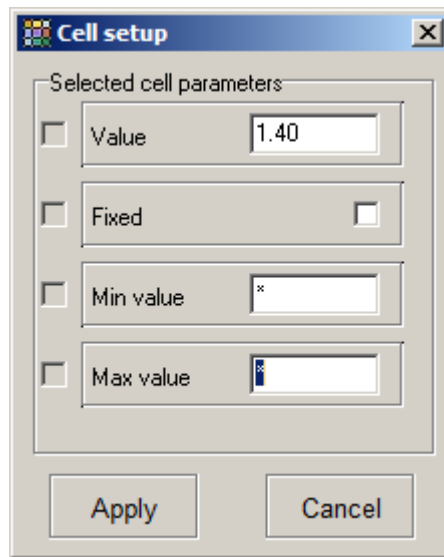


Рис. 33. Диалоговое окно **Cell setup**.


Диалог предназначен для выбора параметров ячейки или выделения.

Value – устанавливает значение параметра ячейки.

Fixed – закрепляет или освобождает параметр ячейки.

Min value, Max value – определяет диапазон изменения параметра ячейки.

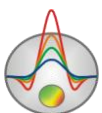
Apply to selected – если опция включена, то данные настройки используются всеми ячейками выделения.

Основной целью математического моделирования являются оценка уровня сигнала и оценка разрешающей способности выбранной системы наблюдения. Для того чтобы рассчитать отклик кажущихся параметров от заданной скоростной модели (решить прямую задачу) необходимо нажать кнопку  на панели инструментов.

Восстановить исходную модель, то есть решить обратную задачу для рассчитанных от заданной модели данных, можно сохранив теоретические сигналы с фильтром - **Zond calculated data**, и затем открыть, как наблюденные. Сравнить восстановленную и исходную модель можно, воспользовавшись опцией **Import model/data** (раздел «*Импорт и экспорт данных*»), предварительно сохранив исходную модель, выбрав фильтр файлов - **Zond model with calculated**.

При двойном нажатии мыши в разных областях редактора модели появляются контекстные меню со следующими опциями:

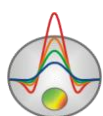
Верхняя область	Display model mesh	Указывает, нужно ли изображать сеть.
	Display objects border	Указывает, нужно ли изображать границу объекта.
	Display color bar	Указывает, нужно ли изображать цветовую шкалу.
	Setup	Вызвать диалог настройки параметров модели.
	Zoom&Scroll	Включить режим лупы и прокрутки.



	Print preview	Распечатать модель.
Цветовая шкала	Set minimum	Установить минимальное значение цветовой шкалы.
	Set maximum	Установить максимальное значение цветовой шкалы.
	Set incremental factor	Определить минимальное и максимальное значения цветовой шкалы относительно значения вмещающей среды.
	Automatic	Автоматически определить минимальное и максимальное значения цветовой шкалы.
	Log scale	Установить логарифмический масштаб для цветовой шкалы.
	Set halfspace value	Определить значение параметра вмещающей среды.
	Set cursor value	Установить текущее значение параметра.
Вертикальная ось	Log scale	Установить логарифмический масштаб для вертикальной оси.
	Set maximum	Установить значение глубины нижнего слоя.
	Redivide	Установить одинаковую толщину слоев для всех слоев модели (в данном масштабе).
	Thick mesh	Удалить каждый второй узел вертикальной сетки.
	Thin mesh	Добавить промежуточные узлы в вертикальную сетку.
Горизонтальная ось	Redivide	Установить одинаковую ширину для ячеек, расположенных между уникальными положениями источников/приемников.
	Thick mesh	Удалить каждый второй узел горизонтальной сетки (если в данном узле не расположен источник/приемник).
	Thin mesh	Добавить промежуточные узлы в горизонтальную сетку.

При нажатии правой кнопки мыши в области редактирования модели появляется контекстное меню со следующими опциями:

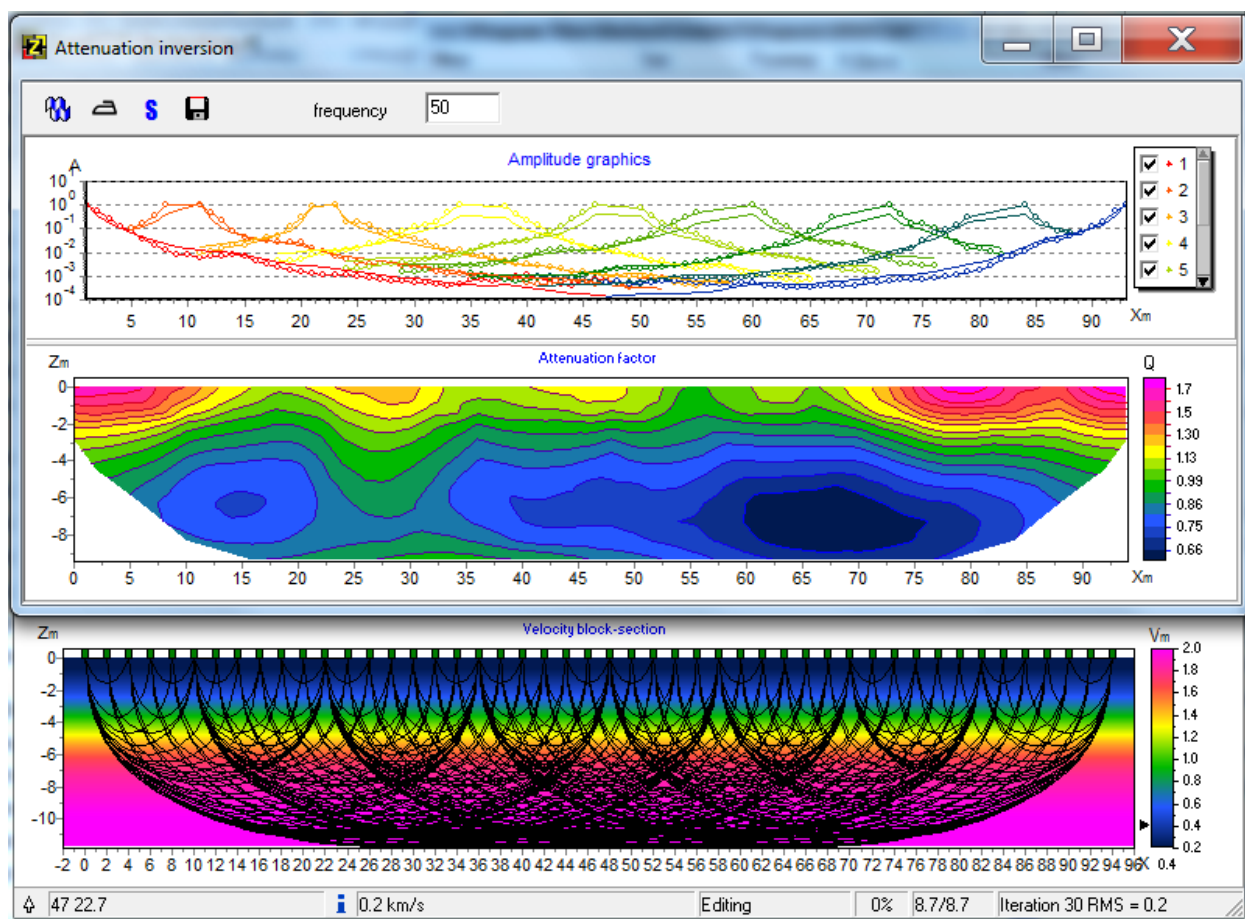
Display cell setup	Вызвать диалог настройки параметров ячейки.
Cell to cursor value	Использовать параметр активной ячейки в качестве текущего значения.
Edit mode	Включить режим редактирования.
Selection\Free form selection	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет заданные пользователем границы.
Selection\Rectangular selection	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет вид прямоугольный вид.
Selection\Elliptical selection	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет эллиптический вид.
Selection\Magic wand	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Выделяются активная ячейка и ячейки смежные с ней параметры которых близки к ее параметру. Степень близости задается в диалоге настройки параметров модели.



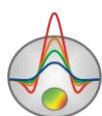
Selection\Remove selection	Удалить выделение.
Mesh options\add column /row	Добавить новую вертикальную или горизонтальную границу. Новая граница появляется при нажатии мыши в выбранном месте.
Mesh options\remove column /row	Удалить выбранную вертикальную или горизонтальную границу.
Mesh options\resize column /row	Изменить толщину ряда или колонки с помощью мыши.
Clear model	Очистить текущую модель.

Модуль Attenuation tomography


Модуль Attenuation tomography предназначен для восстановления параметра затухания Q среды. Алгоритм расчета предполагает, что предварительно была решена обратная задача для сейсмических скоростей и лучевое покрытие известно.

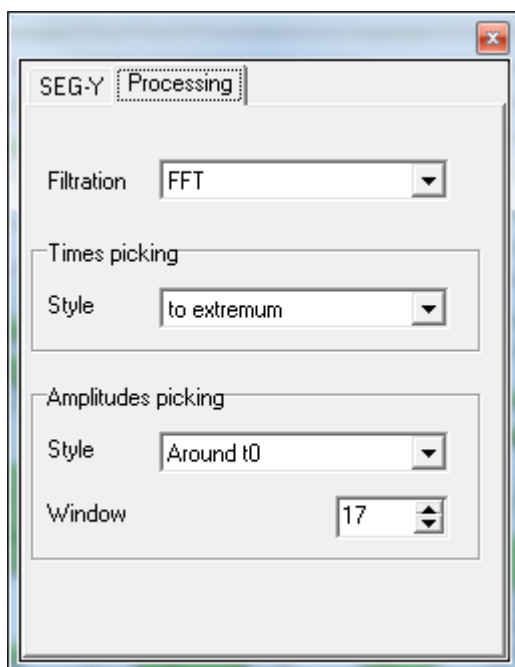



На вход модуля идут следующие параметры – траектории сейсмических лучей, разрез скоростей и амплитуды первых вступлений. Амплитуды автоматически определяются при пикировке годографов первых вступлений. Следует отметить, что для данного алгоритма, более корректно проводить пикировку по максимальным (по модулю) значениям. Если пикировка проведена по переднему фронту волны – следует использовать специальные




опции для корректировки значений амплитуд (приведения к максимумам) – collect amplitudes shot/all и настройки Amplitude picking .

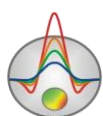
Для правильной работы опции важно правильно выбрать ширину окна поиска, в котором будет производиться поиск максимума. Настройки окна поиска находятся в диалоге  окна пикировки.




Очень важным параметром при инверсии амплитуд является базовая скоростная модель (лучевое покрытие). Поэтому перед запуском процедуры расчета убедитесь, что лучи достаточно полно покрывают разрез по всей площади. Этого можно добиться сглаживанием текущей скоростной модели (диалог Cell summarization) или используя в качестве скоростной “подложки” результат одномерной инверсии  ID. Не забудьте пересчитать прямую задачу после изменения разреза.


Добившись качественного лучевого покрытия можно переходить в модуль Attenuation tomography. В верхней секции окна модуля расположены графики амплитуд. Они построены в таком же виде, что и годографы первых вступлений, только по левой оси отложены относительные амплитуды в логарифмическом масштабе. Если графики амплитуд имеют много выбросов или выглядят “зашумленными”, то данные можно сгладить, используя кнопку . В общем случае амплитуды должны уменьшаться с удалением от источника.

Графики амплитуд можно просматривать по отдельности или группами, используя легенду графиков и колесо мыши. Также можно увеличивать или уменьшать отдельные участки графа с помощью мыши. Для корректировки отдельных значений амплитуд



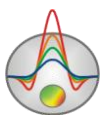
используется левая кнопка мыши. Для включения или отключения отдельных значений (или групп) используется правая кнопка мыши (с нажатой кнопкой ALT).

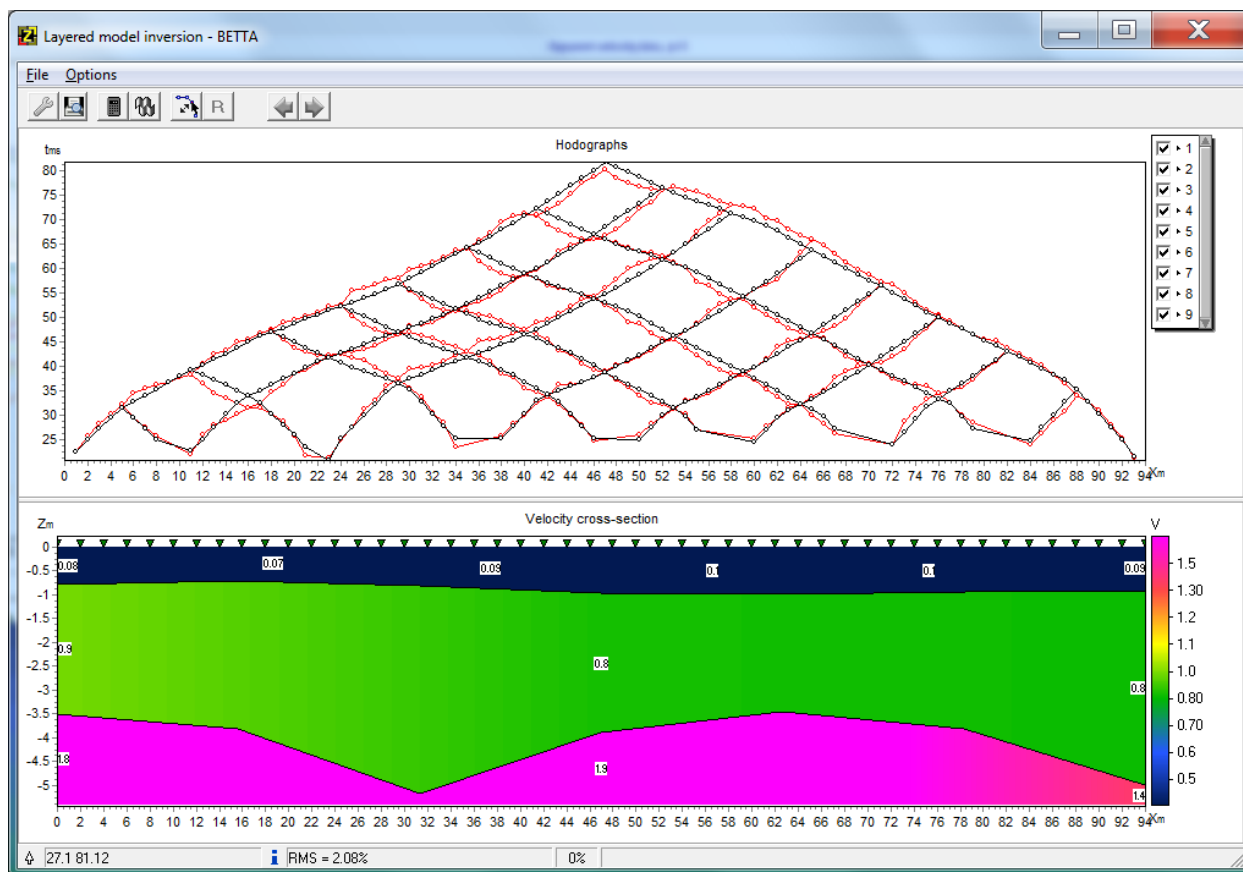
Алгоритм инверсии амплитуд использует те же основные настройки, что и томография на рефрагированных волнах. Дополнительным параметром, который необходимо задать перед расчетом, является средняя частота полезного сигнала. Ее можно оценить визуально или по среднему спектру сейсмограмм. Для запуска процедуры расчета используется кнопка . В ходе итерационного процесса инверсии, в нижней части окна будет отображаться модель параметра Q , в верхней части – наблюдаемые и расчетные графики амплитуд.

Результатом работы алгоритма является распределение параметра затухания Q , которое вкупе со скоростным разрезом представляет большой интерес для инженерной геологии. Полученный разрез можно экспортировать в текстовый (XYZ) файл, DXF файл системы CAD или открыть  непосредственно в программе SURFER. Имеется возможность поместить его во внутренний буфер программы для дальнейшего использования в отчетном графе.

Модуль Layered inversion

Модуль Layered Inversion предназначен для решения обратной задачи сейсмической томографии на рефрагированных волнах в рамках произвольно слоистой среды. Под произвольно слоистой средой подразумевается многослойный разрез с произвольной геометрией границ и произвольным изменением скорости сейсмических волн внутри каждого слоя.





Это аналог основного модуля программы, в котором среда разбита на ячейки, но в слоистом представлении. Такой вариант описания среды более структурирен и понятен геологам. В отличие от метода T0 в данном модуле реализовано точное решение задачи. То есть волна не обязана идти по границе (нет ограничений на кривизну), а идет по пути с наименьшим пробегом. Учет изменения скорости в пределах слоя особенно важен при инженерно-геологических изысканиях, где изменения скорости по латерали бывает так же существенны, как и с глубиной. Модуль позволяет решать прямую задачу, то есть производить математическое моделирование и обратную – восстанавливать геометрию границ и скорости слоев.

На вход модуля идут пропикированные годографы первых вступлений, координаты источников и приемников, топография поверхности измерений; на выходе получается произвольно слоистый скоростной разрез.

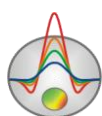
Главное окно разбито на две секции. В верхней, расположены наблюдаемые и расчетные графики первых вступлений, в нижней – скоростной разрез.


Панель инструментов модуля.


Панель инструментов – горизонтальная панель в верхней части окна, содержит набор кнопок для быстрого доступа к различным функциям.





- показать настройки модуля.



 - просмотр печати или сохранения в файл графического формата модели.


 - расчет прямой задачи для текущей модели.

 - запуск процедуры инверсии (автоматического подбора параметров модели).

 - показать сейсмические лучи для текущей модели. Конфигурация пучков лучей будет соответствовать конфигурации легенды графиков годографов. Если в легенде выбран один годограф, то будет показан только один пучок лучей соответствующих этому годографу.

 - перейти к модели, следующей на предыдущей итерации.

 - перейти к модели, полученной на предыдущей итерации.

 - включить режим моделирования (режим ручного изменения границ модели).

Границы слоев редактируются с помощью мыши (левая кнопка). Для закрепления узла границы (это используется при инверсии) следует нажать на узел правой кнопкой мыши.

Главное меню модуля.

Главное меню модуля дублирует опции панели инструментов, а также содержит ряд дополнительных.

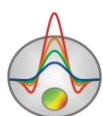
Опция Save project – сохраняет текущий проект со всеми настройками в файл.

Опция Save as XYZ экспортирует модель и данные в различных вариантах в зависимости от типа файла. Это может быть текстовый файл для программы Surfer, файл с расчетными годографами, текстовый файл с описанием модели или GXF файл программы CAD.

Опции Load borehole data и Remove borehole data предназначены для загрузки скважинной информации или ее удаления.

Перед началом работы необходимо создать начальную модель среды. В качестве стартового разреза используется горизонтально слоистая среда с постоянной скоростью внутри каждого слоя. Настройки стартовой модели расположены в диалоговом окне, которое вызывается кнопкой. При решении обратной задачи, очень важно задать хорошее начальное приближение модели, которое было бы близко к реальной. Стартовая модель выбирается на основе анализа годографов первых вступлений или исходя из скоростного разреза, полученного в основном модуле программы. Важными параметрами являются – количество слоев, градиент скоростей (изменение скорости от слоя к слою), мощности слоев. Корректность начальной модели определяется исходя из лучевого покрытия слоистой модели (лучи должны проходить по границам всех слоев). Вспомогательная

функция  ID позволяет существенно упростить процесс выбора стартовой модели.



Результатом работы этой опции является автоматическое определение параметров слоев стартовой модели в рамках одномерной инверсии.

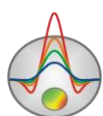
Следующими важными параметрами являются количество узлов геометрии границ и узлов изменения скоростей. Узел геометрии границы слоя – точка в которой может изменяться его вертикальная координата. То есть чем больше узлов, тем более сложной может быть геометрия границы. С другой стороны, чем меньше узлов, тем более надежно будет определена граница. Количество узлов геометрии лучше всего выбирать исходя из количества уникальных положений приемников на профиле (например, в 5-6 раз меньше). Для всех границ слоев (кроме поверхности измерений) количество узлов одинаково. В режиме моделирования узлы отображаются кружками, которые можно перетягивать с помощью мыши.

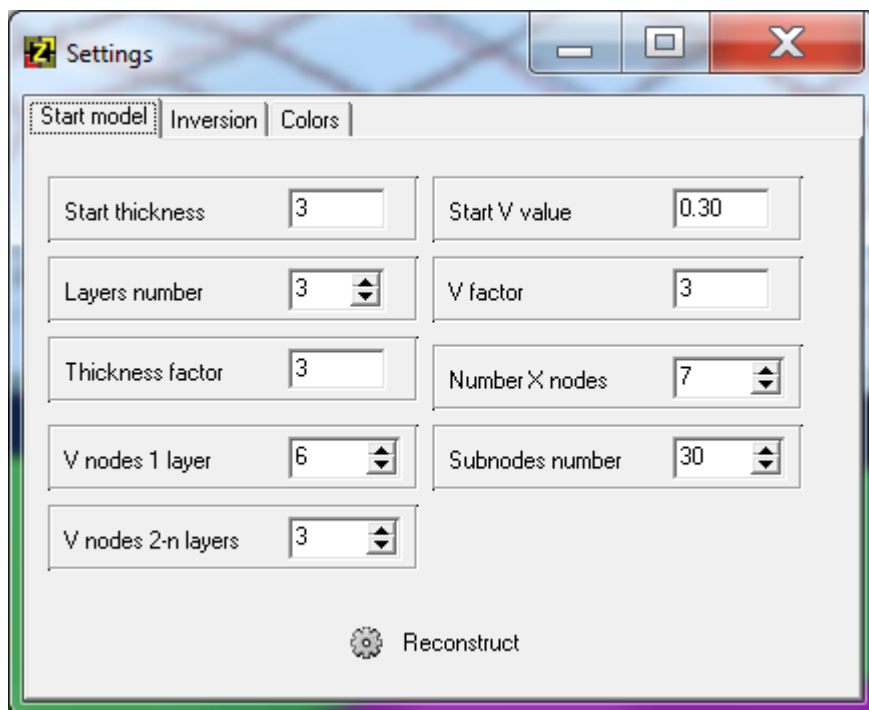
Узлы скорости или профиль изменения скорости - определяет распределение скорости внутри слоя. Профиль скорости задается набором фиксированных значений узлов, между которыми скорость меняется линейно. В программе реализовано разное количество узлов для первого слоя и всех последующих. Обычно, в верхнем слое скорость более изменчива и для него следует задавать более детальный профиль (3-10 узлов). В нижних слоях скорость меняется более плавно и можно ограничиться 1-3 узлами.


Еще одним важным параметром, контролирующим скорость и точность задачи является – количество промежуточных узлов. Он определяет количество подразбиений границ (между основными узлами) и играет существенную роль при вычислениях. В целом, скорость расчета зависит от следующего параметра – количество основных узлов * количество промежуточных узлов * количество границ * количество источников. Для больших моделей с большим количеством узлов и источников время расчетов критично возрастает. Поэтому на начальных этапах тестирования модели, лучше использовать грубое разбиение (малое количество промежуточных узлов). И уже в финальной стадии лучше использовать более точное решение.

Опции создания стартовой модели

Начальная модель, как мы уже писали, очень важна при решении обратной задачи. Программа предоставляет несколько вариантов конструктора модели – автоматический, полуавтоматический и одномерная инверсия. Но для всех вариантов очень важно, правильно выбрать количество слоев, градиент скоростей и фактор изменения мощностей.

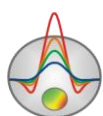




Данные опции устанавливаются в первой вкладке диалога настроек. После задания начальных параметров нажмите кнопку  и перейдите на следующую вкладку. Вы увидите полученную стартовую модель в виде таблицы. Таблица позволяет вручную редактировать скорости и мощности слоев, а также задавать пределы изменений (важно при инверсии). После создания начальной модели следует ее протестировать – через все ли границы проходят сейсмические лучи? Для этого следует рассчитать прямую задачу и посмотреть лучевое покрытие. Далее можно вернуться во вкладку Inversion и попробовать построить одномерное решение. Если после расчета прямой задачи для новой модели невязка уменьшилась, можно переходить к режиму подбора.

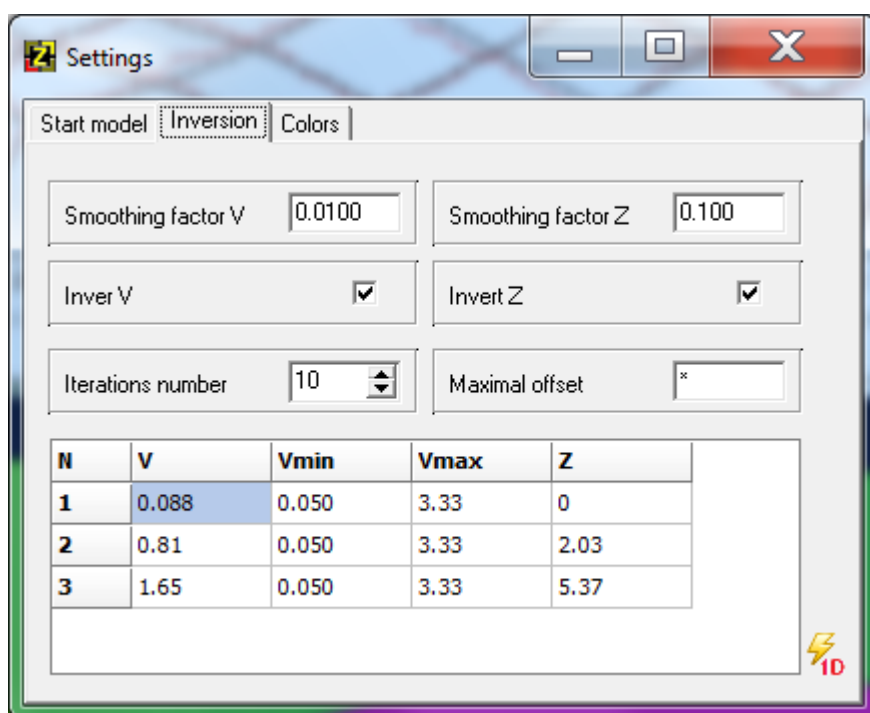
Перед инверсией, также следует задать конфигурацию узлов геометрии и скоростного профиля слоев. Для этого используются опции V nodes 1 layer, V nodes 2-n layers, Number X nodes. Расположение узлов геометрии можно увидеть/редактировать после выхода из диалога настроек и включения режима моделирования. Узлы скоростного профиля отображаются непосредственно в виде значений скорости на слоях. Профиль первого и всех последующих слоев настраивается отдельно опциями: V nodes 1 layer, V nodes 2-n layers.

Процесс выбора этих параметров многоэтапный и зависит в первую очередь от среды и опыта интерпретатора. Вам может понадобиться до 5-10 циклов, чтобы добиться качественного результата (используя разную конфигурацию узлов и стартовое приближение). Не забывайте, что это плата за то, что Вы получаете точное решение, а также можете вносить априорную информацию.



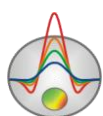
Опции подбора

По умолчанию алгоритм пытается одновременно подобрать геометрию границ и профили скоростей слоев. Если какой-нибудь из этих типов параметров известен – можно его исключить из подбора. Для этого используются опции: Invert V, invert Z. Также можно закрепить один или несколько узлов границы. Для этого нужно перейти в режим моделирования и выделить закрепляемые узлы правой кнопкой мыши (при этом кружки станут квадратами). Из инверсии также можно исключить отдельные годографы. Управление годографами производится в легенде графиков. Отключенные годографы не подбираются и не отображаются. Можно исключить часть данных (более “глубинные”) по параметру максимального удаления источника от приемника.



Две опции (Smoothing factor V, Smoothing factor Z) контролируют гладкость получаемого решения. Гладкость границы устанавливает опция (0-1), гладкость распределения скорости внутри слоя – (0-1). Эти параметры играют важную роль при совместном подборе скоростей и геометрии. Параметр гладкости для границы обычно делают больше, чтобы избежать расхождения алгоритма с одной стороны и появления “слепых” границ (границы через которые не проходят лучи) с другой. Выбор параметров гладкости производится опытным путем.

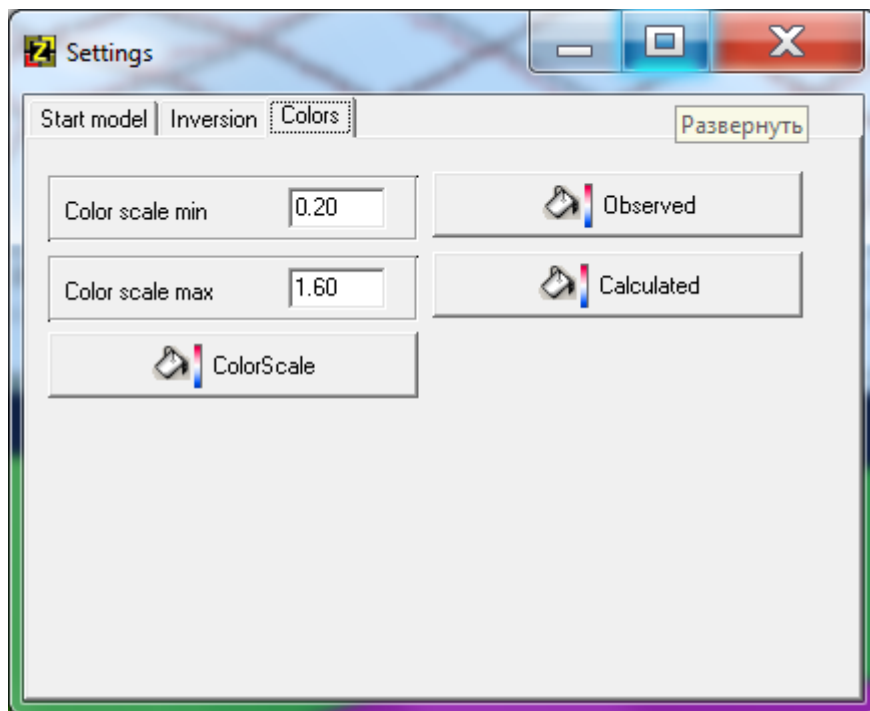
Начальная/текущая модель отображается в таблице, в которой также можно задать пределы изменения параметров для каждого слоя. Пределы необходимо задавать исходя из реальных представлений о скоростях сейсмических волн в среде.



Количество итераций обычно устанавливается в районе 5-10. Этого вполне достаточно для получения приемлемых результатов. При большем количестве итераций алгоритм может начать расходиться, что приводит к увеличению невязки. По окончании инверсии можно вернуться к результатам, полученным на любой итерации с помощью соответствующих кнопок.

Графические настройки

Вкладка содержит набор опции для настроек цветовой шкалы и графиков годографов. Цвета задаются аналогичным образом, что и в остальных окнах программы.

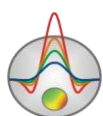


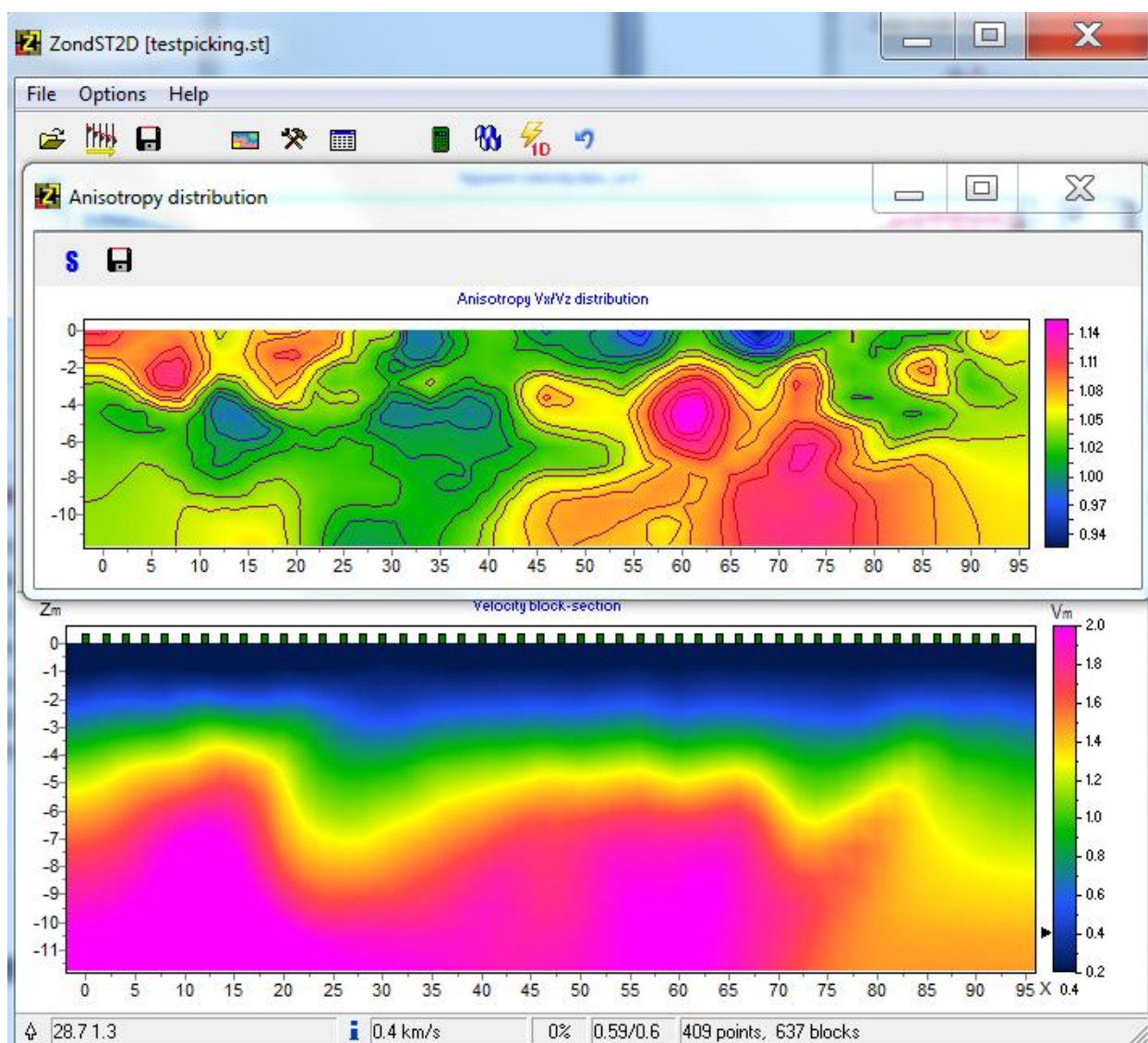
Минимум и максимум шкалы устанавливаются опциями: Color scale min, color scale max.

Модуль анизотропия

В настоящий момент в программе реализован простейший вариант учета анизотропии сейсмических скоростей. При расчете используются разные значения скорости элемента разреза в вертикальном и горизонтальном направлении. Учет анизотропии оказывает особо сильное влияние на результаты межскважинных измерений.

Программа восстанавливает среднее значение скорости и отношение V_x/V_z в режиме с постоянной скоростью в ячейке. При выборе этого режима появляется дополнительная опция Anisotropy. Если ее выбрать, то в ходе инверсии (после третьей итерации) появится дополнительное окно, в котором показано распределение параметра анизотропии (V_x/V_z) разреза.





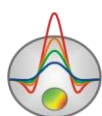
Следует быть осторожным при одновременном подборе средней скорости и параметра анизотропии, т.к. он дает дополнительную степень свободы (усиливает эквивалентность) решению. То есть лучше всего использовать данный режим в том случае, если вы уверены, что в разрезе присутствуют породы, характеризующиеся анизотропией.

Модуль MASW

MASW – мультикомпонентный анализ поверхностных волн – метод широко использующийся при инженерных изысканиях.

Ввиду того, что поверхностные волны содержат значительную часть сейсмической энергии, а их скорости значительно ниже остальных типов волн, становится возможным их надежное выделение.

Выделяют несколько модификаций метода MASW, но основными являются – активный и пассивный методы. Методика полевых работ активным вариантом MASW практически не



отличается от классических систем (МПВ). Однако, следует иметь в виду, что разрешающая способность и глубинность метода определяется геометрическими параметрами установки, периодом накопления и частотой дискретизации сигнала.

В методе MASW изучается зависимость фазовой скорости от частоты – дисперсионные кривые. Это своеобразный аналог частотного зондирования в электроразведке. Чем меньше частота, на которой выделена фазовая скорость тем больше глубина проникновения сейсмической энергии.

Естественно, возможность применения метода MASW также определяется характером сейсмического разреза. Наиболее благоприятными разрезами – являются среды с плавным увеличением скорости поперечных волн с глубиной.

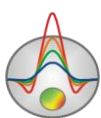
Выделение дисперсионных кривых из сейсмограмм наиболее сложная задача, требующая от обработчика определенных навыков и опыта. Обычно обработка производится в частотной области, для этого предварительно рассчитываются $f-k$ или $f-v$ спектры. Существует несколько базовых алгоритмов для автоматического и полуавтоматического выделения дисперсионных кривых. В ZondST2D использован алгоритм, предложенный Паком в 1999 году.

В общем случае, на дисперсионные кривые влияют три параметра: скорость продольных и поперечных волн, плотность. Но ощутимое влияние оказывает только скорость поперечных волн (V_s). Поэтому в результате интерпретации данных MASW получают набор вертикальных профилей V_s .

Таким образом, процесс получения результатов сводится к трем основным этапам

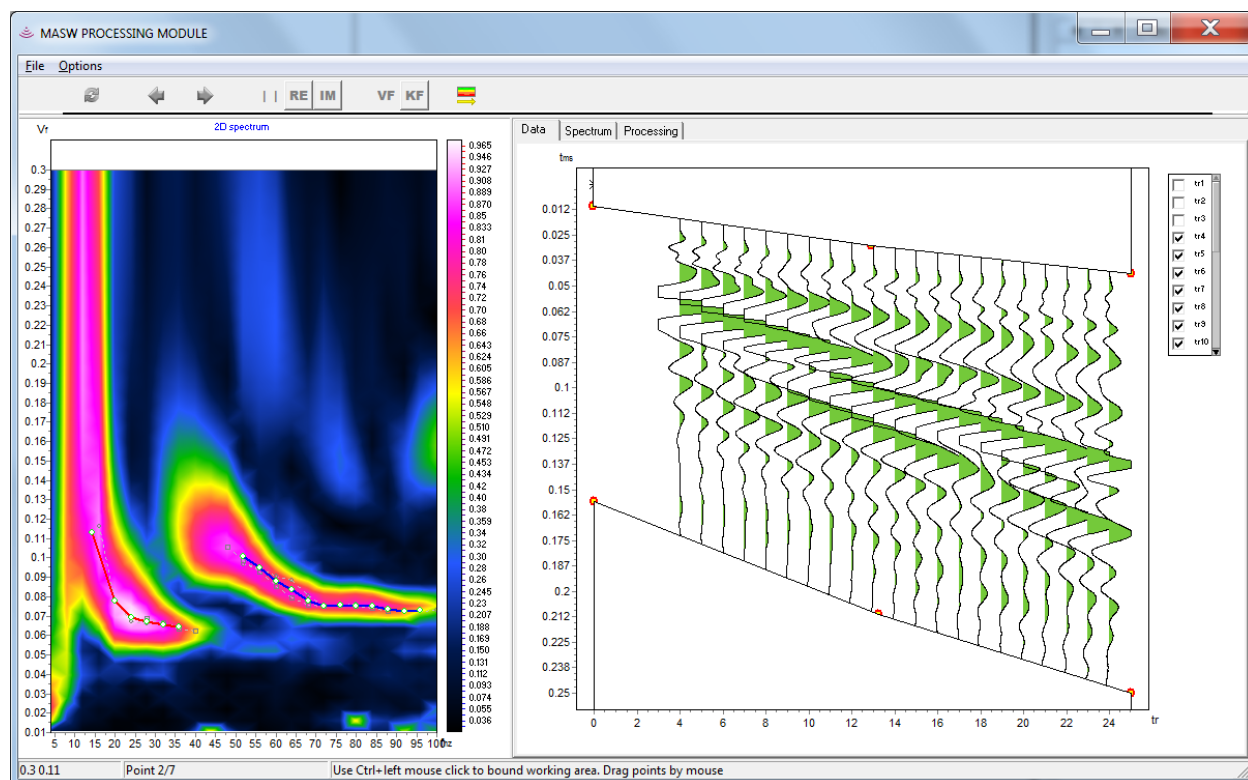
1. Получение полевых материалов. При этом, возможно использовать классические системы наблюдений. Дизайн системы производится с учетом желаемой глубинности и разрешающей способности.
2. Выделение дисперсионных кривых. Это наиболее важный и неоднозначный этап. В зависимости от скоростного разреза, качества материалов и других факторов, следует подбирать различные параметры алгоритма построения двумерного спектра для улучшения разрешения.
3. Получение вертикальных разрезов поперечных волн. В качестве базовой модели поперечного скоростного профиля используется горизонтально-слоистая среда. Алгоритм инверсии адаптирован для получения гладкого и кусочно-гладкого распределения параметров.

Обработка полевых данных в программе ZondST2D начинается с ввода геометрии источников и приемников. Эта процедура производится в модуле пикировки



сейсмограмм. Если один и тот же сет данных используется для интерпретации данных МРВ и MASW, то вероятнее всего геометрия была заведена ранее и никаких дополнительных действий производить не нужно. Просто запустите модуль MASW из окна пикировки с открытым проектом. После загрузки данных в модуль появляется окно анализа дисперсионных кривых, разбитое на несколько секций.

Выделение дисперсионных кривых



Панель инструментов в режиме пикировки дисперсионной кривой содержит следующие функции:



- пересчитать двумерный спектр с новыми параметрами



- перейти к предыдущей точке MASW. В некоторых случаях точки MASW могут быть “пустыми”. Например, в конфигурации Forward это – точки последних положений источников.



- перейти к следующей точке MASW.



- Отображать модуль двумерного спектра. Пикировка осуществляется в этом режиме.



- Отображать вещественную часть двумерного спектра.



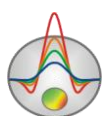
- Отображать мнимую часть двумерного спектра.



- Построить VF спектр. Зависимость фазовой скорости от частоты.



- Построить KF спектр. Зависимость пространственной переменной от частоты.





- Перейти в режим инверсии дисперсионных кривых. Переходить в режим инверсии и обратно можно в любое время, корректируя дисперсионную кривую и модель.

Главное меню окна.

Главное меню модуля дублирует опции панели инструментов, а также содержит ряд дополнительных.

File/Save MASW project – сохранить текущий проект (кривые+модели).

File/Load MASW project – загрузить заранее сохраненный проект.

File/Save model as XYZ – сохранить модель в текстовый файл для программы Surfer.

File/Save models – сохранить модель в текстовую таблицу.

File/Load borehole data – загрузить файл скважинной информации.

Options/Delete active curve – удалить дисперсионную кривую для текущей моды активной точки (сегмент кривой).

Picking – перейти в режим пикировки.

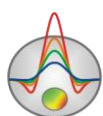
Zoom&Scroll – включить режим лупы (увеличения участка спектра) для двумерного спектра.

Options/Units – дублирует опции настройки единиц измерений модуля пикировки первых вступлений для отображения сейсмограмм.

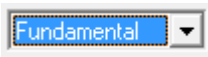
Options/Goto inversion mode – перейти в режим пикировки.

В верхней секции отображается геометрия установки и текущей точки MASW. Под точкой MASW будем понимать источник и набор приемников, геометрический центр которых является точкой зондирования. Приемники могут быть слева, справа или по обе стороны от источника. Ширина группы источников контролируется минимальным максимальным разносом (расстоянием между источником и приемником). Выбор группы приемников играет важную роль при построении двумерного спектра. Для идеальной (синтетической) сейсмограммы увеличение количества источников приводит к улучшению качества получаемого спектра. Для реальных данных следует ограничивать группу, так как с удалением шумовая составляющая в данных возрастает. Также необходимо убирать “мертвые” и трассы для очень малых удалений (фронт волны искажен). Обычно выбор группы производится опытным путем.

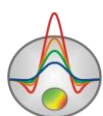
В левой нижней секции находится двумерный спектр, по которому производится пикировка дисперсионных кривых. Он представляет собой интерполяционную картинку,



на которой цветом обозначена амплитуда сигнала, в зависимости от фазовой скорости (пространственной частоты) и частоты. Пикировка производится с помощью мыши по максимальным значениям амплитуды сигнала. Для уверенного выделения дисперсионных кривых на спектре требуется опыт. Дисперсионные кривые сложным образом зависят от параметров среды, имеют различную форму и могут содержать несколько мод (несколько участков кривой смещенных друг относительно друга вдоль оси частот). Разделяют фундаментальную моду, отвечающую обычно за более глубинную часть разреза и дополнительные – менее глубинные. В большинстве случаев удается выделить только фундаментальную моду сигнала. Но в некоторых ситуациях можно выделить одну и даже две дополнительные моды. Использование нескольких мод при интерпретации положительно сказывается на качестве получаемых результатов.

В программе реализован полуавтоматический режим пикировки дисперсионной кривой. В этом случае выбор значений производится в режиме f-k спектра с нажатой клавишей ALT. При нажатии ALT появляется прямоугольная область (область поиска). В данном режиме, при нажатии мыши на спектре пикировка будет осуществляться автоматически в выбранной области (по сетке частот соответствующих шагу дискретизации сигнала). Увеличение/уменьшение области поиска регулируется колесом мыши (с нажатой клавишей ALT). Коррекция положений точек кривой производится левой кнопкой мыши. Удаление – нажатием правой кнопки мыши на точке. Выбор активной моды дисперсионных кривых производится в главном меню или в соответствующем всплывающем списке . Моды отображаются различными цветами. Как правило, каждая последующая мода находится правее предыдущей.

Правая нижняя секция окна состоит из нескольких вкладок. Первая содержит область активной сейсмограммы. В данной вкладке производится выбор трасс, которые будут участвовать в построении двумерного спектра. Выбор трасс осуществляется в области легенды либо двойным щелчком на графике трассы (если ее требуется исключить или восстановить). Масштаб отдельных трасс регулируется колесом мыши (когда курсор находится над трассой). Специальный инструмент позволяет ограничить область, по которой производится расчет спектра, что удобно использовать для подавления других типов волн. Он реализован в форме двух резиновых многоугольников расположенных сверху и снизу сейсмограммы. Форму многоугольников можно менять, потянув за характерные кружки в узлах. Та область сейсмограммы, которая перекрывается резиновым многоугольником – не будет участвовать в расчетах.



Вкладка spectrum отображает осредненный одномерный спектр текущей точки MASW. Два вертикальных бегунка позволяют выбрать минимальную и максимальную частоту, которые будут использованы при построении двумерного спектра.

Вкладка processing содержит основные опции контролирующие алгоритм построения двумерного спектра.

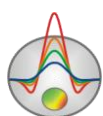
The screenshot shows the 'Processing' tab of a software interface. It is divided into two main sections: 'Limits' and 'Processing'. The 'Limits' section contains six input fields arranged in a 3x2 grid: VMin (0.1), VMax (1), FrqMin (1), FrqMax (50), OffsetMin (1), and OffsetMax (60). The 'Processing' section contains two input fields: Smoothness (0.2) and Offset 1/r^ (2), a checkbox for 'Zero padding' which is unchecked, and a dropdown menu for 'Array' set to 'Forward'. An 'Apply' button is located at the bottom center of the tab.

Опции VMin, VMax, FrqMin и FrqMax устанавливают границы рассчитываемого двумерного спектра. Они необходимы для сужения области поиска и для лучшего представления спектра. Значения минимальной и максимальной фазовой скорости назначаются исходя из представлений о скоростях поперечных волн в среде.

Опции offsetMin и offsetMax определяют линейный размер группы приемников точки MASW (желательно, чтобы их было не меньше пяти).

Значение опции Smoothness устанавливает дополнительное сглаживание расчетного спектра. При значении 0 – сглаживание не происходит.

Offset 1/rⁿ - устанавливает веса каждой трассы в зависимости от разноса. При значении 0 – все трассы равнозначны. При больших значениях - трассы имеют веса пропорциональные 1/rⁿ. Это означает, что более удаленные трасы будут меньше влиять на результирующий спектр.



Zero padding – опция для получения более гладкого спектра с большим количеством промежуточных частот (лучшей детализацией вдоль оси частот).

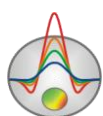
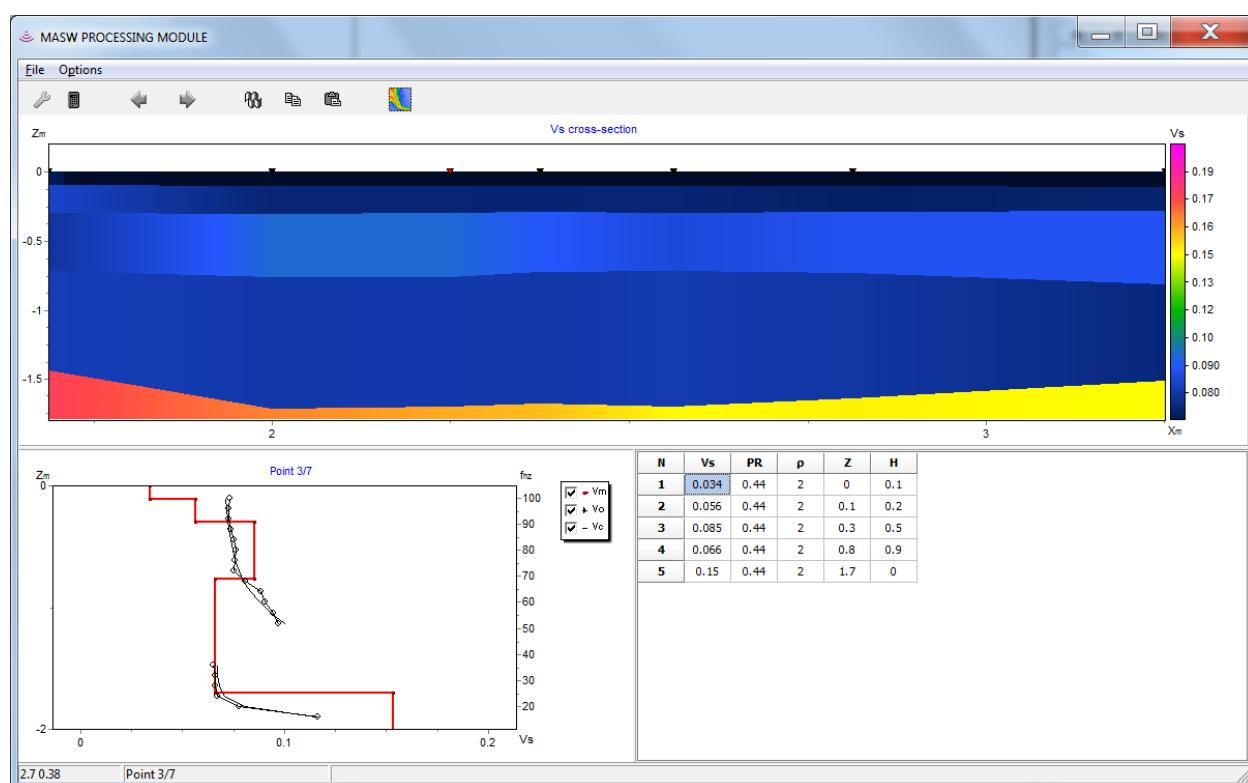
Array – тип точки MASW. Forward – источник находится перед группой приемников. Reverse – источник находится после группы приемников. Forward&reverse – приемники расположены по обе стороны от источника. При изменении этой опции настройки для групп приемников сбрасываются.

После изменения параметров данной вкладки следует нажать кнопку Apply.

Режим интерпретации данных

Переход в режим интерпретации может быть осуществлен в любой момент. Не обязательно, чтобы все кривые были предварительно пропикированы.

Под интерпретации предполагается подбор параметров горизонтально слоистой модели для каждой точки MASW. Совокупность одномерных моделей вдоль определенного профиля представляет собой разрез поперечных скоростей. Цель интерпретации – добиться хорошего совпадения пропикированной и расчетной кривой для адекватной, с геологической точки зрения модели. Параметрами слоев выступают – продольная и поперечная скорости, плотность и мощность. Подбор обычно осуществляется только для поперечных скоростей и мощностей слоев.



Панель инструментов в режиме интерпретации дисперсионной кривой содержит следующие функции.



- вызвать диалог настройки параметров интерпретации.



- рассчитать прямую задачу.



- перейти к предыдущей точке MASW. При отсутствии кривой на данной точке процесс интерпретации не возможен.



- перейти к следующей точке MASW.



- запустить процедуру автоматического подбора параметров модели.



- скопировать текущую модель в буфер обмена.



- вставить модель в текущую из буфера обмена.



- перейти в режим пикировки дисперсионных кривых.

Главное меню окна.

Главное меню модуля дублирует опции панели инструментов, а также содержит ряд дополнительных.

Options/Poisson ratio – назначить вторым параметром модели – коэффициент Пуассона.

Options/Vp value – назначить вторым параметром модели скорость продольных волн.

Options/Auto recalculation – автоматический пересчет прямой задачи при изменении параметров модели (на графе или в таблице).

Options/Draw labels – рисовать значения Vs на слоях модели.

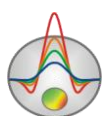
Options/Export/Model to CAD – экспортировать результаты интерпретации в файл dxf системы CAD.

Options/Export/Report to Excel - экспортировать результаты интерпретации в Excel в форме отчетных таблиц.

Options/Export/Pseudo boreholes – экспортировать модели в форме колонок скважин. Это удобный способ совместного представления данных сейсмотомографии и MASW. Псевдоскважины следует открывать в режиме интерпретации данных МПВ (главный модуль программы).

Options/Goto processing mode – перейти в режим пикировки дисперсионных кривых.

Процесс инверсии (то есть автоматический подбор параметров разреза) можно проводить, если на данной точке есть дисперсионная кривая, которая отображается в графе нижней левой секции окна. Здесь также можно увидеть график текущей модели и расчетную кривую соответствующую данной модели. Подбор параметров осуществляется



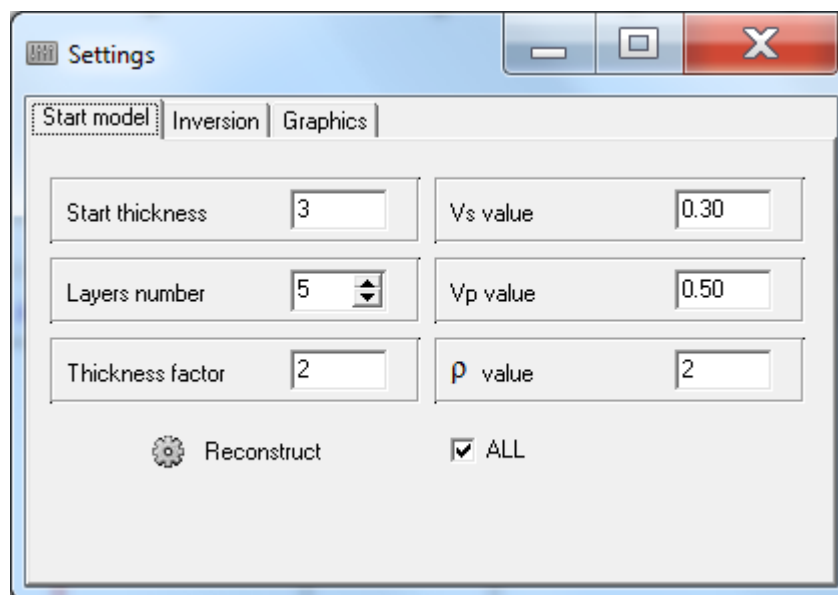
либо вручную (редактированием элементов кривой модели – мышью или в таблице правой нижней секции окна) или автоматически. При автоматическом подборе корректируются только значения поперечных скоростей и мощностей слоев. Поэтому остальные параметры нужно установить заранее. Существует два способа задания скорости продольных волн V_p – непосредственным редактированием значений V_p или изменением коэффициента Пуассона PR . Второй способ предпочтительнее, так как коэффициент Пуассона стабилен и изменяется в узком диапазоне. Для переключения из одного режима в другой используется соответствующий пункт меню или двойной щелчок мыши на заголовке третьего столбца таблицы.

При автоматическом подборе бывает полезно закреплять некоторые параметры (V_s и мощность слоя). Для этого дважды щелкните мышью на ячейке параметра, который необходимо зафиксировать. Ячейка при этом изменит цвет на серый.

В верхней секции окна отображается разрез поперечных скоростей вдоль профиля. Он получается путем линейной интерполяции моделей набора точек MASW. Цветовая шкала справа от разреза связывает значение V_s с определенным цветом.

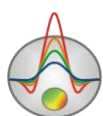
Диалог настройки параметров интерпретации.

Вкладка Start model – содержит опции, предназначенные для создания стартовой модели среды.



Опции V_s , V_p , ρ – задают начальные параметры среды – поперечную и продольную скорости, плотность.

Опции Start thickness и Thickness factor – устанавливают мощность первого слоя и параметр увеличения мощности каждого последующего слоя (1-5). Мощность первого слоя выбирается исходя из геометрических параметров системы наблюдений.



Опция **Layers number** – устанавливает количество слоев начальной модели. Обычно используют 3-7 слоев.

Кнопка **Reconstruct** должна быть использована после изменения параметров начальной модели. При этом предыдущая модель уничтожается.

Вкладка **Inversion** содержит опции для управления процедурой автоматического подбора. Они идентичны тем, что используются при инверсии данных сейсмотомографии на первых вступлениях, с тем лишь отличием, что применяются к одномерной инверсии.

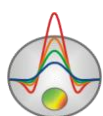
Опции **Vs minimum** и **Vs maximum** – ограничивают параметр скорости поперечных волн при автоматическом подборе.

Вкладка **Graphics** предназначена для настройки параметров цветовой шкалы модели.

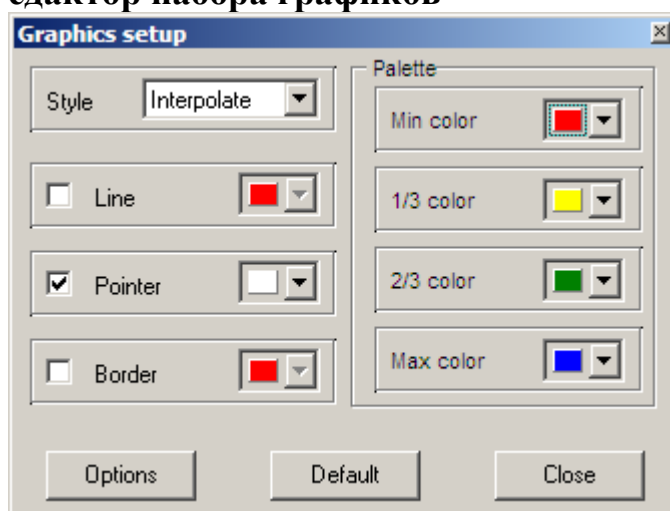
Опции **Color scale min** и **Color scale max** – устанавливают минимальное и максимальное значение цветовой шкалы модели **Vs**.

Опция **Draw borders** – указывает, нужно ли рисовать границы между слоями.

Опция **Colors** – вызывает диалог настройки цветовой палитры модели.



Приложение 1: Редактор набора графиков



Редактор предназначен для настройки цветовой последовательности набора графиков.

Опция **Style** устанавливает алгоритм задания цветовой палитры для графиков.

При выборе значения **Interpolate** используется интерполяционная палитра, построенная с использованием цветов заданных в опциях: **min color**, **1/3 color**, **2/3 color** и **max color**. Значение **const** устанавливает одинаковое значение цвета (опция **color**) для всех графиков. Значение **random** задает случайные цвета всем графикам

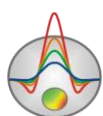
Опция **Line** позволяет задать определенный цвет для соединительных линий графиков. При отключенной опции используется цвет из палитры, иначе используется заданное в **Line** значение цвета.

Опция **Pointer** позволяет задать определенный цвет для заливки указателей графиков. При отключенной опции используется цвет из палитры, иначе используется заданное в **Pointer** значение цвета.

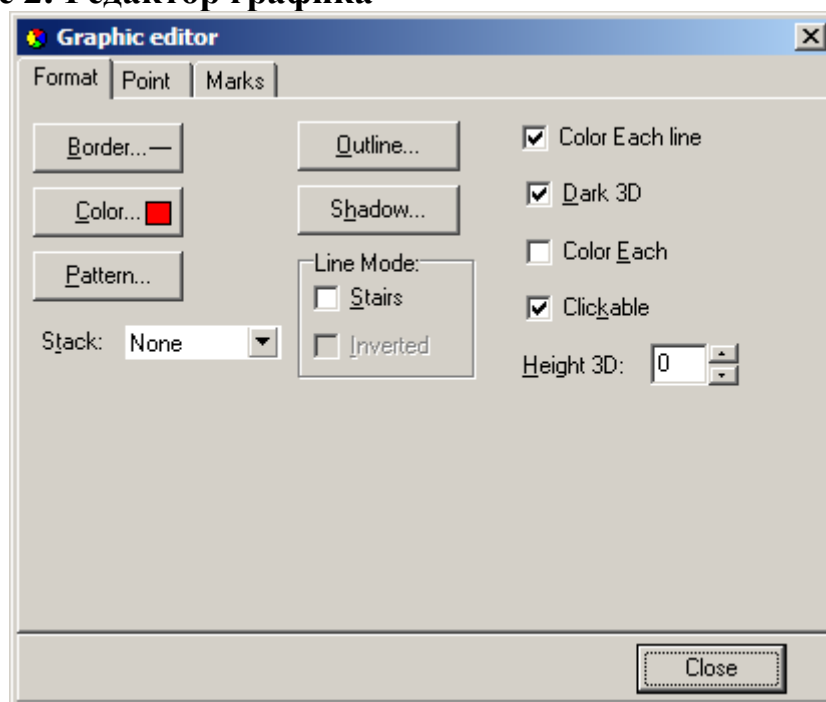
Опция **Border** позволяет задать определенный цвет для обводки указателей графиков. При отключенной опции используется цвет из палитры, иначе используется заданное в **Border** значение цвета.

Кнопка **Options** вызывает диалог настройки графика.

Кнопка **Default** устанавливает настройки графиков равными значениям по умолчанию.



Приложение 2: Редактор графика



Редактор предназначен для настройки внешнего вида графика. Его можно вызвать щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на графике.

Вкладка **Format** содержит настройки соединительных линий графика.

Кнопка **Border** вызывает диалог настройки параметров соединительных линии графика.

Кнопка **Color** вызывает диалог выбора цвета графика.

Кнопка **Pattern** вызывает диалог выбора параметров заливки графика.

Кнопка **Outline** вызывает диалог настройки параметров обводки соединительных линии графика.

Кнопка **Shadow** вызывает диалог настройки внешнего вида тени падающей от графика.

Вкладка **Point** содержит настройки указателей графика.

Опция **Visible** позволяет показать/скрыть указатели графика.

Опция **Style** устанавливает форму указателя.

Опция **Width** задает ширину указателя в единицах экрана.

Опция **Height** задает высоту указателя в единицах экрана.

Опция **Inflate margins** определяет, будет ли увеличиваться размер изображения в соответствии с размером указателей.

Кнопка **Pattern** вызывает диалог выбора параметров заливки указателя.

Кнопка **Border** вызывает диалог настройки параметров обводящей линии указателя.

Кнопка **Gradient** вызывает диалог настройки градиентной заливки указателей.

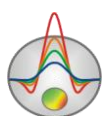
Вкладка **Marks** содержит настройки подписей к указателям графика.

Вкладка **Style**.

Опция **Visible** позволяет показать/скрыть подписи к указателям графика.

Опция **Draw every** позволяет рисовать каждую вторую, третью и т.д. подпись в зависимости от выбранного значения.

Опция **Angle** определяет угол поворота текста подписей к указателям.



Опция **Clipped** устанавливает, следует ли рисовать подпись к указателю, если она выходит за область графа.

Вкладка **Arrows** служит для настройки внешнего вида стрелки идущей от подписи к указателю.

Кнопка **Border** вызывает диалог настройки параметров линии стрелки.

Кнопка **Pointer** вызывает диалог настройки формы наконечника стрелки (опции вкладки Point).

Опция **Length** задает длину стрелки.

Опция **Distance** задает расстояние между наконечником стрелки и указателем графика.

Опция **Arrow head** определяет внешний вид наконечника стрелки. **None** – используется наконечник заданный кнопкой **Pointer**. **Line** – используется классическая тонкая стрелка. **Solid** – используется классическая толстая стрелка.

Опция **Size** задает размер наконечника, если используется классическая стрелка.

Вкладка **Format** содержит графические настройки для рамки вокруг подписи к указателю.

Кнопка **Color** вызывает диалог выбора цвета заднего фона рамки.

Кнопка **Frame** вызывает диалог настройки линии рамки.

Кнопка **Pattern** вызывает диалог выбора параметров заливки заднего фона рамки.

Опция **Bevel** задает стиль рамки: обычная, приподнятая или погруженная.

Опция **Size** задает уровень поднятия или погружения рамки.

Опция **Size** позволяет отображать рамку с закругленными углами.

Опции **Transparent** и **Transparency** задают степень прозрачности рамки.

Вкладка **Text**:

Кнопка **Font** вызывает диалог настройки шрифта для подписей указателей.

Кнопка **Outline** вызывает диалог настройки линий обводки букв подписей указателей.

Опция **Inter-char** spacing устанавливает межбуквенное расстояние для текста подписей указателей.

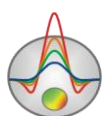
Кнопка **Gradient** вызывает диалог настройки градиентной заливки для текста подписей указателей.

Опция **Outline gradient** указывает, где будет использоваться градиентная заливка текста: на линиях обводки или внутренней области букв.

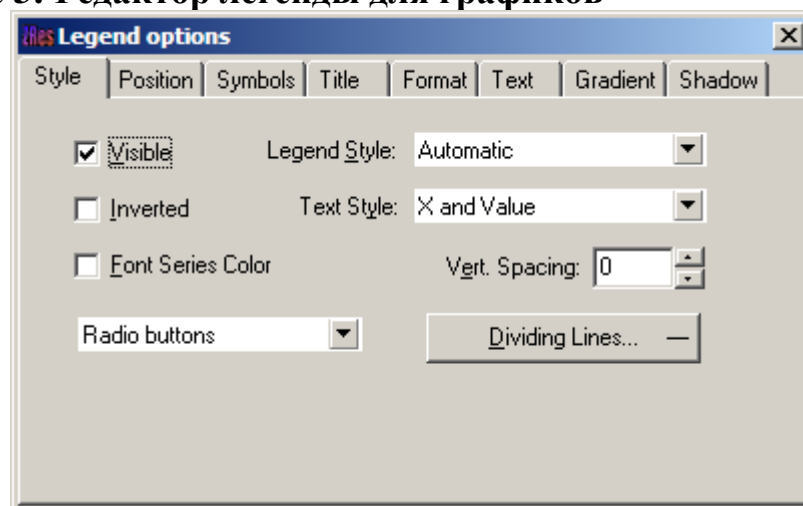
Кнопка **Shadow** вызывает диалог настройки внешнего вида тени падающей от текста подписей указателей.

Вкладка **Gradient** содержит настройки градиентной заливки для рамок вокруг подписей к указателям.

Вкладка **Shadow** содержит настройки внешнего вида тени падающей от рамок вокруг подписей к указателям.



Приложение 3: Редактор легенды для графиков



Редактор предназначен для настройки внешнего вида графиков и легенды к ним. Его можно вызвать щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей **SHIFT** на легенде справа от графика.

При этом появляется всплывающее меню с набором вкладок.

Вкладка **Style** позволяет настроить стиль отображения легенды, выбрать формат подписи данных к легенде, отобразить границы между подписями в легенде и т.д.

Вкладке **Position** позволяет выбрать место расположения легенды относительно плана графиков.

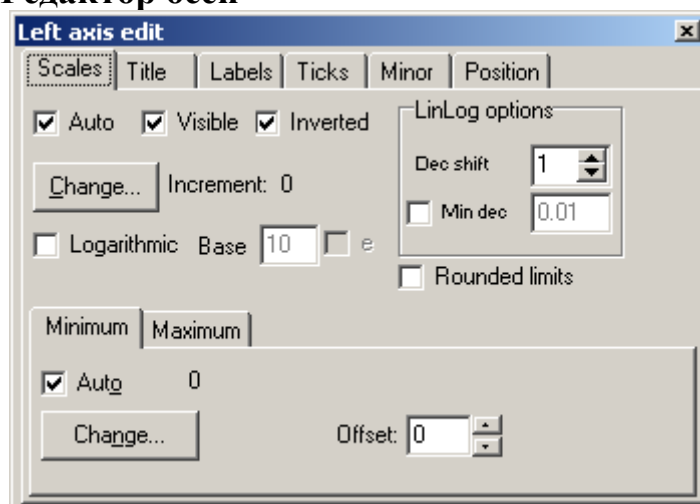
Вкладка **Symbols** задает параметры отображения символов легенды.

Вкладка **Title** задает название легенды и позволяет настроить его формат.

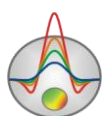
Вкладка **Text** позволяет настроить формат подписей в легенде.

Вкладки **Format**, **Gradient** и **Shadow** содержат настройки окна легенды, его градиентной заливки и тени.

Приложение 4: Редактор осей



Редактор предназначен для настройки графических и масштабных параметров осей. Его можно вызвать щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей **SHIFT** на интересующей оси. При этом появляется всплывающее меню с двумя пунктами: **options** и **default**. Первый вызывает диалог, второй устанавливает значения равными значениям по умолчанию.



Первая вкладка диалога **Scales** содержит опции связанные с настройкой масштабных параметров оси.

Опция **Auto** указывает программе, каким образом определяется минимум и максимум оси. Если опция включена, пределы оси находятся автоматически, иначе задаются пользователем в областях **Minimum** и **Maximum**.

Опция **Visible** позволяет показать/скрыть выбранную ось.

Опция **Inverted** определяет ориентацию оси.

Кнопка **Increment change** вызывает диалог задания шага меток оси.

Опция **Logarithmic** устанавливает масштаб оси - логарифмический или линейный. В случае знакопеременной оси следует дополнительно использовать опции области **LinLog options**.

Опция **Base** определяет основание логарифма для логарифмической оси.

Область **LinLog options** содержит опции, предназначенные для настройки линейно-логарифмической оси. Линейно-логарифмический масштаб позволяет представлять знакопеременные или ноль содержащие данные в логарифмическом масштабе.

Опция **Dec Shift** устанавливает отступ (в логарифмических декадах) относительно максимального по модулю предела оси до нуля. Минимальная (преднулевая) декада имеет линейный масштаб, остальные логарифмический.

Опция **Min dec** задает и фиксирует значение минимальной (преднулевой) декады, если опция включена.

Опция **Rounded limits** указывает программе, нужно ли округлять значения минимума и максимума оси.

Области **Minimum** и **Maximum** содержат набор опций по настройке пределов осей.

Опция **Auto** определяет, каким образом определяется предел оси - автоматически или задается кнопкой **Change**.

Опция **Offset** устанавливает процентный сдвиг предела оси относительно его фактического значения.

Вкладка **Title** содержит опции связанные с настройкой заголовка оси.

Вкладка **Style**:

Опция **Title** определяет текст заголовка оси.

Опция **Angle** определяет угол поворота текста заголовка оси.

Опция **Size** определяет отступ текста заголовка оси. При заданном 0 отступ находится автоматически.

Опция **Visible** позволяет показать/скрыть заголовок оси.

Вкладка **Text**:

Кнопка **Font** вызывает диалог настройки шрифта для заголовка оси.

Кнопка **Outline** вызывает диалог настройки линий обводки букв заголовка оси.

Опция **Inter-char** spacing устанавливает межбуквенное расстояние для текста заголовка оси.

Кнопка **Gradient** вызывает диалог настройки градиентной заливки для текста заголовка оси.

Опция **Outline gradient** указывает, куда применить градиентную заливку текста: на линии обводки или внутренней области букв.

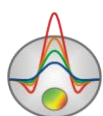
Кнопка **Shadow** вызывает диалог настройки внешнего вида тени падающей от текста заголовка оси.

Вкладка **Labels** содержит опции связанные с настройкой подписей оси.

Вкладка **Style**:

Опция **Visible** позволяет показать/скрыть подписи оси.

Опция **Multiline** используется для задания многострочных подписей оси.



Опция **Round first** округляет первую подпись оси.

Опция **Label on axis** убирает подписи выходящие за пределы оси.

Опция **Alternate** расставляет подписи оси в два ряда.

Опция **Size** определяет отступ подписей оси. При заданном 0 отступ находится автоматически.

Опция **Angle** определяет угол поворота текста подписей оси.

Опция **Min separation %** задает минимальное процентное расстояние между подписями.

Вкладка **Text**:

Кнопка **Font** вызывает диалог настройки шрифта для подписей оси.

Кнопка **Outline** вызывает диалог настройки линий обводки букв подписей оси.

Опция **Inter-char spacing** устанавливает межбуквенное расстояние для текста подписей оси.

Кнопка **Gradient** вызывает диалог настройки градиентной заливки для текста подписей оси.

Опция **Outline gradient** указывает, где будет использоваться градиентная заливка текста: на линиях обводки или внутренней области букв.

Кнопка **Shadow** вызывает диалог настройки внешнего вида тени падающей от текста подписей оси.

Вкладка **Ticks** содержит опции связанные с настройкой главных меток оси.

Кнопка **Axis** вызывает диалог настройки линии оси.

Кнопка **Grid** вызывает диалог настройки линий сетки главных меток оси.

Кнопка **Ticks** вызывает диалог настройки линий главных внешних меток оси. Опция **Len** устанавливает их длину.

Кнопка **Inner** вызывает диалог настройки линий главных внутренних меток оси. Опция **Len** устанавливает их длину.

Опция **Centered** – центрирует сетку меток оси.

Опция **At labels only** указывает программе рисовать главные метки только при наличии подписи на оси.

Вкладка **Minor** содержит опции связанные с настройкой промежуточных меток оси.

Кнопка **Grid** вызывает диалог настройки линий сетки промежуточных меток оси.

Кнопка **Ticks** вызывает диалог настройки линий промежуточных внешних меток оси.

Опция **Length** устанавливает их длину.

Кнопка **Minor** вызывает диалог настройки линий основных внутренних меток оси. Опция **Len** устанавливает их длину.

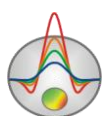
Опция **Count** устанавливает количество второстепенных меток между главными.

Вкладка **Position** содержит опции определяющие размеры и положение оси.

Опция **Position %** устанавливает смещение оси на графе относительно стандартного положения (в процентах от размера графа или единицах экрана, в зависимости от значения выбранного опцией Units).

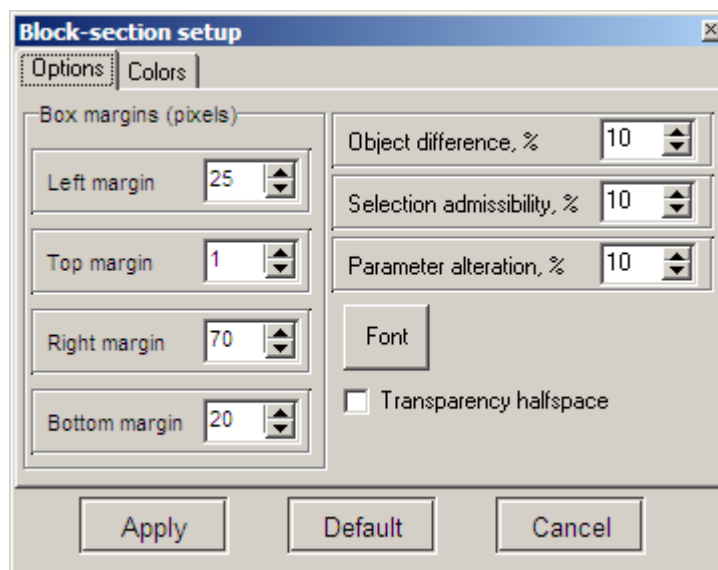
Опция **Start %** устанавливает смещение начала оси на графе относительно стандартного положения (в процентах от размера графа).

Опция **End %** устанавливает смещение конца оси на графе относительно стандартного положения (в процентах от размера графа).



Приложение 5: Диалог настройки параметров модели

Вкладка Options



Область **Box margins**

Left – устанавливает отступ (в пикселах) изображения от левого края окна.

Right – устанавливает отступ (в пикселах) изображения от правого края окна.

Top – устанавливает отступ (в пикселах) изображения от верхнего края окна.

Bottom – устанавливает отступ (в пикселах) изображения от нижнего края окна.

Object difference - устанавливает максимальное значение отношения параметров смежных ячеек, при превышении которого между ними рисуется граница.

Selection admissibility - устанавливает допустимый уровень различия параметров смежных ячеек, при котором, ячейки являются единым объектом и выделяются совместно (в режиме выделения Magic Wand).

Parameter alteration – определяет величину приращения к параметрам выделенных ячеек (в процентах относительно значения параметра), при работе в режиме **Edit**, с нажатой клавишей Shift.

Кнопка **Font** вызывает диалог настройки шрифта.

Вкладка **Colors**

Область **Color bar**

Опции **Min color**, **1/3 color**, **2/3 color** и **Max color** задают интерполяционную последовательность цветов, которая устанавливает зависимость между значением параметра модели и определенным цветом.

Область **Others**

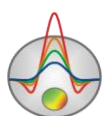
Body border – позволяет задать цвет границы между соседними ячейками, если степень различия между ними больше чем заданное в опции **Parameter alteration** значение.

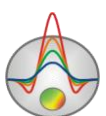
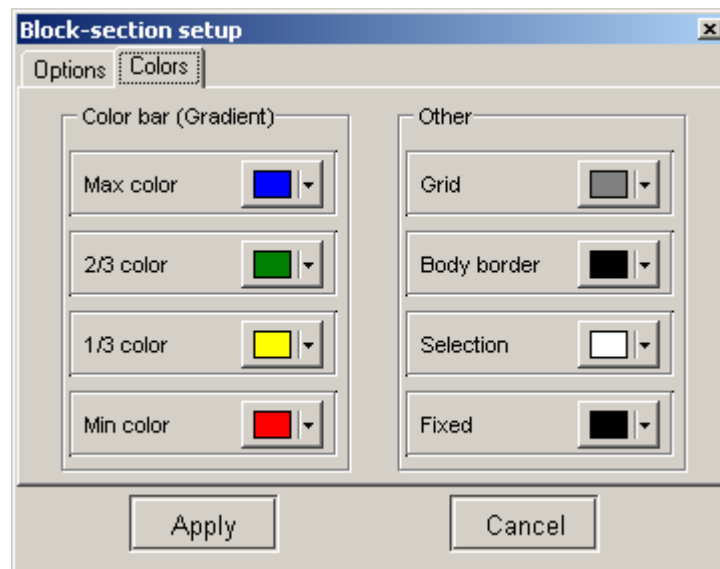
Grid – устанавливает цвет сети.

Selection - устанавливает цвет метки выделенной ячейки.

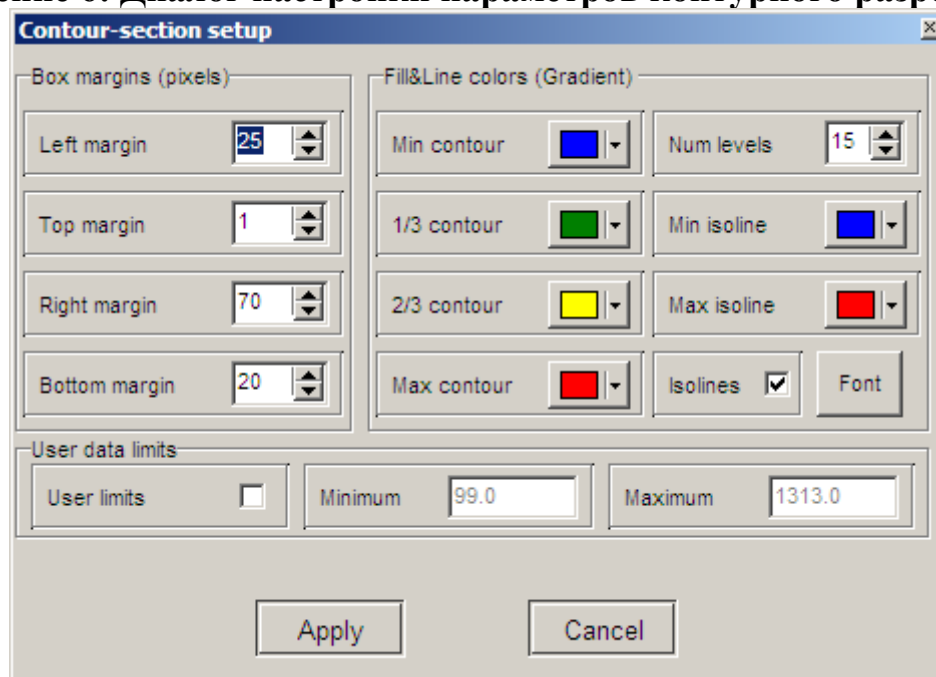
Fixed - устанавливает цвет метки зафиксированной ячейки.

Transparency halfspace – включает режим прозрачности ячейки, если значение параметра соответствует значению вмещающей среды.





Приложение 6: Диалог настройки параметров контурного разреза



Диалог служит для настройки параметров контурный разреза.

Область **Box margins**

Left margin – устанавливает отступ (в пикселах) изображения от левого края окна.

Right margin – устанавливает отступ (в пикселах) изображения от правого края окна.

Top margin – устанавливает отступ (в пикселах) изображения от верхнего края окна.

Bottom margin – устанавливает отступ (в пикселах) изображения от нижнего края окна.

Область **Fill&Line colors**

Опции **Min contour**, **1/3 contour**, **2/3 contour** и **Max contour** задают интерполяционную последовательность цветов от **Min contour** к **Max contour** через **1/3 contour** и **2/3 contour**. Созданная таким образом палитра используется для закраски пространства между соседними изолиниями.

Поле **Num levels** – определяет количество сечений изолиний. Сечения изолиний задаются равномерным линейным или логарифмическим шагом, в зависимости от типа данных.

Опции **Min isoline** и **Max isoline** задают интерполяционную последовательность цветов от **Min isoline** к **Max isoline**. Созданная таким образом палитра используется при рисовке изолиний.

Опция **Isolines** – указывает программе, нужно ли рисовать изолинии.

Область **User data limits**

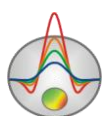
Опция **User limits** - указывает программе, использовать минимальное и максимальное значения данных или использовать значения полей **Minimum** и **Maximum** при задании сечений изолиний.

Поле **Minimum** – устанавливает минимальное значение при задании сечений изолиний.

Поле **Maximum** – устанавливает максимальное значение при задании сечений изолиний.

Приложение 7: Геологический редактор разрезов

Модуль Geological editor позволяет быстро построить геологический разрез по результатам профильной интерпретации, полученным в программе.



Результаты геофизической интерпретации служат своеобразной цветовой подложкой, поверх которой строится геологическая модель. В ходе создания модели выделяются локальные объекты и слои, на которые затем наносится выбранный интерпретатором геологический крап. Модуль позволяет также отображать скважинные данные, что существенно упрощает процесс построения модели.

Таким образом, основная задача модуля состоит в быстром построении геологических разрезов на базе геофизических результатов и дальнейший экспорт в системы CAD.

Перед началом работы необходимо очень внимательно выбрать тип разреза и его графические настройки. Наилучшим вариантом является представление разреза в форме изолиний.

Далее запускается опция Geological editor после чего, собственно и начинается работа с разрезом. Задаются тела и слои в форме замкнутых и незамкнутых многоугольников, им задается цвет и крап.

