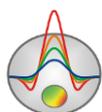


**Программа двумерной обработки и интерпретации
данных сейсмотомографии
(наземный, скважинный и акваторный варианты).**

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

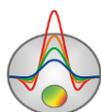
ZONDST2D

Руководство пользователя

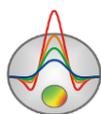


Оглавление

<i>Назначение и возможности программы</i>	4
Скорость упругих волн.....	7
<i>Установка и удаление программы</i>	12
<i>Требования к системе</i>	12
<i>Единицы измерения</i>	13
<i>Модуль обработки сейсмограмм – Trace editor</i>	13
Начало работы с модулем	14
Панель инструментов окна пикирования сейсмограмм.....	15
Меню функций окна пикирования сейсмограмм	18
Диалог общих настроек чтения файла SEG-Y	24
Диалог автоматического сбора амплитуд первых вступлений	25
Диалог настройки типа наблюдений	26
Настройки визуализации и масштабирования сейсмограммы.....	27
Диалог настройки масштабов сейсмограммы	28
Диалог графических настроек сеймотрасс	30
Ввод геометрии наблюдений	32
Режимы просмотра сейсмограммы	33
Основные опции модуля пикирования сейсмограмм	35
Опции многовкладочной секции.....	36
Операции с сейсмограммами	41
Пикировка первых вступлений.....	43
Диалог фильтрации данных	46
<i>Модуль MASW/ReMi</i>	48
Главное меню окна.....	52
Режим интерпретации данных.....	56
Главное меню окна.....	58
Диалог настройки параметров интерпретации	60
<i>Модуль инверсии полевых данных</i>	63
<i>Панель инструментов главного окна программы</i>	63
<i>Меню функций главного окна программы</i>	64
<i>“Горячие” клавиши</i>	80
<i>Панель статуса</i>	81
Создание и открытие файла данных для инверсии	81
<i>Формат основного файла данных ST</i>	82
Создание синтетической системы наблюдений	86
Диалог настройки стартовой модели.....	88



<i>Ввод и редактирование топографической информации</i>	91
<i>Способы визуализации данных</i>	94
План графиков	94
Дополнительные возможности визуализации данных измерений	96
Редактор измерений (Data editor)	98
Режимы визуализации сеточной модели	101
<i>Моделирование</i>	104
Редактор сеточной модели	104
Работа с моделью	106
Диалог настройки параметров ячейки.....	108
Полигональное моделирование	110
<i>Инверсия полевых данных</i>	115
Диалог настройки параметров инверсии	115
Режим моделирования и инверсии анизотропии скоростей	125
Режим Attenuation tomography.....	126
Режим Layered inversion	128
<i>Априорная информация</i>	134
Создание скважинных данных	141
<i>Представление результатов</i>	146
Работа с несколькими моделями в одном проекте.....	146
Окно построения геолого-геофизической модели.....	148
Объемная визуализация моделей по нескольким профилям	152
Диалог Summary plot.....	157
<i>Сохранение результатов интерпретации</i>	159
<i>Дополнительные возможности программы</i>	160
Диалог Model smooth/raster	160
Работа с гравимагнитными данными	162
<i>Настройка графических параметров</i>	165
Диалог настройки экспортируемого изображения	165
Диалог настройки параметров контурного разреза и псевдоразреза.....	166
Диалог настройки палитры.....	168
Редактор набора графиков	169
Редактор графика	169
Редактор осей.....	171
Диалог настройки параметров отображения модели	175
Диалог предварительного просмотра печати (Print preview)	176
<i>Дополнительные материалы:</i>	178



Назначение и возможности программы

Программа **ZondST2D** предназначена для двумерной обработки и интерпретации данных сейсмической томографии на преломленных волнах и КМПВ в наземном, скважинном, межскважинном и акваторном вариантах. Кроме этого в программе реализованы следующие модули: 1. **MASW** — обработка и интерпретация данных поверхностных волн, 2. **КМПВ** — произвольная слоистая среда, 3. инверсия амплитуд, 4 — анизотропия сейсмических скоростей, 5 — сейсмическая томография на временах прихода отраженных волн .

ZondST2D представляет готовое решение для сейсмической томографии и решает широкий спектр задач от математического моделирования и анализа чувствительности, до обработки и интерпретации полевых данных. Удобный интерфейс и широкие возможности представления данных позволяют максимально эффективно решить поставленную геологическую задачу.

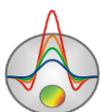
Программа разбита на два основных модуля и несколько дополнительных. Первый предназначен для пикирования первых вступлений (корреляции) на сейсмограммах. Второй используется для решения прямой и обратной задачи сейсмотомографии.

Для обработки сейсмограмм разработан специальный интерфейс, призванный максимально упростить и автоматизировать процесс пикирования первых вступлений. Основной упор сделан на разнообразие способов визуализации и доступность часто используемых функций. В данном модуле пользователь может одновременно пикировать несколько типов волн V_s , V_p рефрагированных и до 3-х отраженных. Обработка материалов оптимизирована для совместного использования продольных и поперечных преломленных волн.

При решении прямой задачи трассировки лучей используется специальный алгоритм теории графов (*Shortest path's method*). Этот метод позволяет рассчитать кратчайший путь, по которому проходит рефрагированная волна. Комбинация траекторий лучей минимального пробега от источника и приемника к отражателю позволяет построить путь отраженной волны для каждой границы. В качестве точки отражения выбирается участок границы с минимальным суммарным временем пробега от источника и приемника.

Данный алгоритм характеризуется высокой скоростью расчетов и контролируемой точностью.

Прямая задача, то есть алгоритм трассировки луча реализован в трех вариантах:

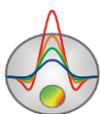


1. Лучевое приближение. Постоянная скорость внутри ячейки.
2. Лучевое приближение. Линейное измерение скорости внутри ячейки. Скорости задаются в узлах.
3. Моделирование лучевого канала переменного радиуса. Линейное измерение скорости внутри ячейки. Скорости задаются в узлах.

Модуль сейсмотомографии позволяет получать скоростные разрезы, как по продольным, так и по поверхностным волнам, что необходимо при сейсмическом районировании. Источники и приемники могут быть расположены на поверхности земли, в скважинах, на дне или на поверхности водоема. Возможно использование модуля для интерпретации данных вертикального сейсмического профилирования (ВСП). Наряду со скоростными разрезами реализован алгоритм восстановления распределения анизотропии скоростей. В программе используется простейший вариант коэффициента анизотропии сейсмических скоростей – отношение V_x к V_z . Учет анизотропии очень важен, особенно при интерпретации межскважинных измерений.

Модуль “Произвольно слоистая среда” предназначен для получения произвольно – слоистых разрезов по данным метода преломленных волн или отраженных волн. Скоростной разрез задается набором слоев с произвольной геометрией границ и произвольным распределением скорости вдоль профиля в каждом слое. Сложность геометрии границ контролируется количеством узлов. Любая граница может быть отражающей и преломляющей, либо только преломляющей. К преимуществам данного варианта модели следует отнести возможность совместной интерпретации P и S волн в рамках одной геометрии границ. Также его удобно использовать при разреженной системе наблюдений (КМПВ). В программе реализовано точное решение для произвольно-слоистой среды. Это означает, что в отличие от метода t_0 , где волна всегда “бежит” по преломляющей границе, луч распространяется по принципу Ферма, который правильно описывает физику процесса. Модуль позволяет моделировать времена прихода преломленных и отраженных волн, а также решать обратную задачу наблюдаемых времен совместно и по отдельности.

Набирающий популярность в инженерной сейсморазведке метод MASW/ReMi, основанный на анализе распространения поверхностных волн, реализован в одноименном модуле. В результате обработки полевых данных могут быть получены вертикальные профили поперечных скоростей. Методика полевых наблюдений MASW практически не отличается от стандартных, то есть не требует дополнительных измерений. Поэтому скоростные разрезы V_s могут быть получены непосредственно из данных МПВ или МОВ.



В программе реализован полный цикл обработки данных от получения дисперсионных кривых до построения скоростных разрезов, поддерживается мультимодальный режим.

Модуль “Инверсия амплитуд” реализует алгоритм “Attenuation tomography” и позволяет получить разрез параметра затухания Q в среде из значений амплитуд первых вступлений. Задача решается на базе предварительно полученного скоростного разреза. Значения амплитуд первых вступлений пикируются параллельно с временами.

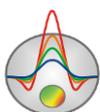
ZondST2D использует простой и понятный формат данных, позволяющий легко совмещать различные системы наблюдений, включающий различные варианты задания рельефа и другой вспомогательной информации. Также поддерживаются общеизвестные форматы данных.

Важным этапом, предваряющим полевые измерения, является математическое моделирование скоростного строения участка работ. Моделирование дает возможность оценить разрешающую способность и осуществить выбор оптимальных параметров установки для решения поставленной геологической задачи. Реализовано два варианта моделирования данных сейсмотомографии — в сеточном или полигональном режиме.

Так как основной задачей программы является восстановление параметров скоростного разреза – в **ZondST2D** реализовано несколько вариантов решения обратной задачи, важнейшими из которых являются: сглаживающая инверсия – для получения гладкого, блочная для получения блокового и фокусирующая–для получения кусочно-гладкого распределения скоростных параметров с глубиной.

При разработке программы особое внимание уделено учету априорной информации. Ввиду эквивалентности обратных геофизических задач, качество получаемых результатов напрямую зависит от количества используемых априорных данных. В **ZondST2D** имеется возможность назначения весов измерениям, закрепления и задания пределов изменения свойств отдельных ячеек, использования априорной модели, как опорной при инверсии. Кроме этого в программе реализованы робастные схемы оценки шумовой составляющей. Также имеется возможность импортировать и отображать результаты измерений другими методами и скважинные данные, что способствует более комплексному подходу к интерпретации данных. Программа позволяет проводить совместную инверсию с данными других геофизических методов, что позволяет эффективно комплексировать данные методы со скоростным разрезом на основе единого каркаса, границ или минимизации оператора cross-gradient .

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



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

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.

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

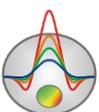
Исследование чувствительности позволяет сделать оптимальный выбор системы наблюдений для решения поставленной геологической задачи.

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.

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 .



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

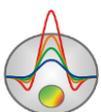
$$v_s = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\sigma)}}$$

В горных породах эти параметры определяются множеством разнородных факторов – литологическим и гранулометрическим составом, пустотностью (пористостью, кавернозностью, трещиноватостью), флюидонасыщенностью, внутрислоевым 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.



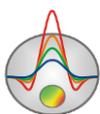
Воздействие на упругие свойства горных пород множества характерных факторов приводит к тому, что не существует однозначной связи между геологическим определением породы и ее скоростной характеристикой: совершенно разные породы могут иметь одинаковые значения скоростей, а породы одного названия могут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

$$\frac{1}{v_p} = \frac{k_p}{v_\phi} + \frac{1-k_p}{v_\tau},$$

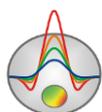
где k_p - коэффициент пористости, v_τ и v_ϕ – скорости продольных волн в твердом скелете и флюиде соответственно.

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 $v_\tau > v_\phi$. С другой стороны, скорость v_τ зависит от площади соприкосновения соседних зерен породы, которая возрастает с увеличением давления, что приводит к увеличению модуля Юнга и, соответственно, скоростей v_τ 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.

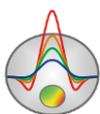
В пористых отложениях на значительных глубинах скорость зависит от соотношения внешнего геостатического давления со стороны вышележащей толщи и внутрислоевого давления флюида, заполняющего поры. Первое, уменьшая пористость, повышает скорость. Второе, создавая распор зерен породы, препятствует сокращению пористости и снижает скорость. Эффективное давление, определяющее величину скорости, практически равно разности внешнего и внутреннего давлений. В некоторых случаях отток флюида из песчаных отложений под действием геостатического давления затруднен экранирующим действием вмещающей глинистой породы. По этой причине внутрислоевое 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 через интернет. В комплект поставки входит настоящее Руководство. Последние обновления программы можно загрузить на сайте: www.zond-geo.com.

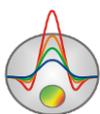
Для установки программы перепишите программу в выбранную директорию. Для установки обновления, просто запишите новую версию программы поверх старой.

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.

Требования к системе

Программа **ZondST2D** может быть установлена на компьютере с операционной системой Windows XP и выше. Рекомендуемые параметры системы: процессор P IV-2 ГГц, 1 Гб 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 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

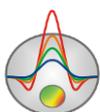
Геометрические единицы (координаты источников и приемников, топография) – метры.

Единицы времен первых вступлений – миллисекунды.

Единицы скорости сейсмических волн – километры в секунду.

Модуль обработки сейсмограмм – Trace editor

Основной задачей обработки полевых данных является получение годографов времен (или амплитуд) прихода вступлений целевой волны. Для начала процесса обработки полевых материалов необходимо иметь файл или файлы полевых наблюдений формата SEG-Y(SEG2). Процесс пикирования полевых сейсмограмм производится в специальном модуле (рис.1), который вызывается пунктом **Trace editor** главного меню программы или кнопкой на панели инструментов . После вызова данного модуля необходимо загрузить в него полевые сейсмограммы, назначить геометрию и приступить к процессу пикирования.



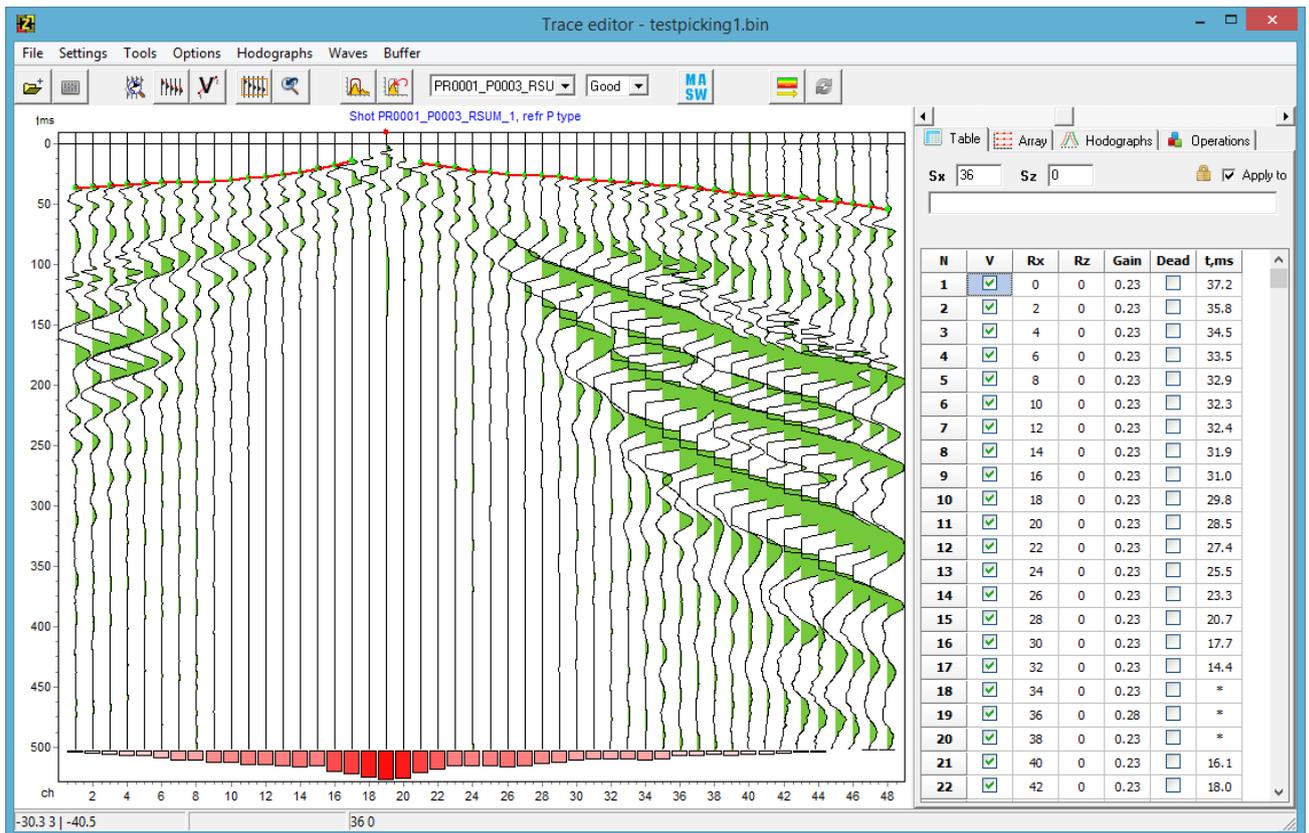
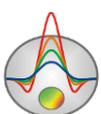


Рис. 1 Рабочее окно модуля пикирования сейсмограмм Trace editor

Окно разбито на две части: граф отображения сеймотрасс (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(SEG2) 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) (рис. 2).



tr	used	shot	tx	rx	tz	rz
1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	40	0	0
2	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	45	0	0
3	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	50	0	0
4	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	55	0	0
5	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	60	0	0
6	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	65	0	0
7	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	70	0	0
8	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	75	0	0
9	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	80	0	0
10	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	85	0	0
11	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	90	0	0
12	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	95	0	0
13	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	100	0	0
14	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	105	0	0
15	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	110	0	0
16	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	115	0	0
17	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	120	0	0
18	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	125	0	0
19	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	130	0	0
20	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	135	0	0
21	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	140	0	0
22	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	145	0	0

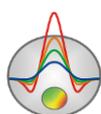
Рис. 2 Окно выбора сейсмотрасс и установки координат

Перед загрузкой SEG-Y файлов необходимо убедиться в правильности настроек чтения файла  (более подробно описано в разделе [Диалог общих настроек чтения файла](#)).

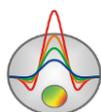
Панель инструментов окна пикирования сейсмограмм

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

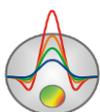
	Открыть файл или набор файлов полевых данных формата SEG-Y (SEG2) или рабочий проект BIN.
	Вызвать дополнительное подменю быстрого доступа к различным настройкам.
	Включить режим увеличения/выделения участка сейсмограммы. Выделение осуществляется резиновым прямоугольником с помощью мыши. После активации данного режима появляются две следующие кнопки.
	Установить рабочее окно данных. Размеры окна задаются в режиме  . Рабочее окно используется при фильтрации и автомасштабировании сейсмотрасс.



	Перейти к предыдущему участку выделения сейсмограммы.
	Включить режим пикирования первых вступлений. Выбор первых вступлений осуществляется левой кнопкой мыши. Нажатие правой кнопки мыши удаляет выбранное значение на годографе. Трассирование производится в обычном или полуавтоматическом режимах. После активации данного режима появляются две следующие кнопки.
	Включает режим <i>Multipicking</i> . Трассировка при этом производится автоматически, от первой до второй нажатой на сейсмограмме точке. Путь трассировки отображается в виде линии, соединяющей первую нажатую точку и текущее положение курсора. Если выбран один из режимов <i>multipicking</i> , то вместо линии отображается полоса, в которой производится поиск и предварительные значения времен (в виде кружков). Ширина полосы поиска регулируется колесом мыши (с нажатой кнопкой CTRL).
	<p>Опция <i>Autopicking</i>. Включает процедуру автоматического уточнения положений времен первых вступлений по одному из заданных критериев. В режиме <i>Multipicking</i>, процедура применяется ко всем временам (попадающим в полосу) на заданном участке, иначе поиск производится в пределах выбранной трассы (окна выбора). Для <i>Autopicking</i> важно правильно выбрать ширину полосы (или окна) в которой производится поиск решения по заданному критерию (регулируется колесом мыши с нажатой кнопкой ctrl).</p> <p>Критерий выбора задается во всплывающем меню, которое можно вызвать нажатием правой кнопки. Доступные критерии:</p> <p><i>To null:</i> поиск перехода нулевых или близких к нулевому значений в окне/полосе выбора и установка туда первых вступлений (пикировка по фазе).</p> <p><i>To extremum:</i> поиск максимального по модулю значения в окне/полосе выбора и установка туда первых вступлений.</p> <p><i>To maximum:</i> поиск максимального значения в окне/полосе выбора и установка туда первых вступлений.</p> <p><i>To minimum:</i> поиск минимального значения в окне/полосе выбора и установка туда первых вступлений.</p>



	<p><i>To best correlated point:</i> поиск областей наилучшей корреляции с соседними трассами и установка туда первых вступлений.</p> <p><i>Move to reciprocity point:</i> если для задаваемого значения имеется назначенное взаимное, их времена будут осредняться.</p>
	<p>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.</p> <p>В режиме пикировки отраженных волн, для определения скорости следует нажать клавишу V. Сразу после этого появится гипербола, проведенная через текущее положение курсора. Параметры гиперболы регулируются колесом мыши и отображаются в панели статуса. Нажатие правой кнопки мыши в этом режиме, строит годограф, соответствующий текущим параметрам гиперболы.</p>
	Вызвать диалог фильтрации данных (подробнее).
	Отменить результаты фильтрации или вернуться к исходным данным.
	Выбрать активную сейсмограмму из списка. В списке находятся все сейсмограммы проекта.
	Задать оценку качества пикировки для данной сейсмограммы. Эта оценка будет использована при инверсии.
	Запустить модуль мультикомпонентного анализа поверхностных волн (подробнее). Предварительно следует ввести координаты всех источников и приемников.
	Создать систему наблюдений и модель и перейти в окно моделирования и инверсии данных.
	Обновить пикировки для текущего проекта и перейти в окно моделирования и инверсии данных. При обновлении пикировок не следует изменять геометрию системы измерений.



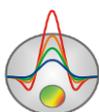
Подраздел  общих настроек содержит следующие опции:

	Настроить параметры чтения файла (подробнее).
	Вызвать диалог графических настроек сеймотрасс и годографов (подробнее).
	Вызвать диалог настройки масштабов и muting'a сейсмограммы (подробнее).
	Вызвать диалог настройки графических параметров подложки (подробнее).
	Включить режим выделения активной трассы с помощью мыши. Активная трасса подсвечивается другим цветом и рисуется последней. Не следует использовать данный режим во время пикирования, т.к. он замедляет работу программы.
	Показать подложку, изображающую сейсмограмму в интерполяционном виде.
	Развернуть сеймотрассы на девяносто градусов. В зависимости от типа данных удобно использовать вертикальную или горизонтальную ориентацию сейсмограммы.
	Показать профиль мощности сеймотрасс. Мощность характеризуют энергию сеймотрассы, которая изменяется в зависимости от удаления от источника.

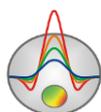
Меню функций окна пикирования сейсмограмм

Ниже перечислены названия пунктов меню и их назначение:

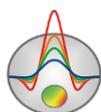
File	Open SEG-Y/Project	Открыть файл(ы) полевых данных формата SEG-Y(SEG2) или рабочий проект.
File	Add to project	Добавить данные в рабочий проект. Опция служит для объединения данных полученных в разное время в один проект.
File	Save project	Сохранить данные, результаты обработки, корреляции волн и различные настройки в рабочий проект BIN.
File	Close project	Закрыть все сейсмограммы рабочего проекта.
File	Print preview	Вызвать диалог печати сейсмограммы.



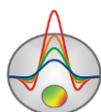
File	Import topography	Подключить к проекту файл содержащий информацию о топографии измерений. Для описания топографии используется двухколоночный текстовый файл.
File	Run MASW module	Запустить модуль MASW для данных текущего проекта (подробнее).
File	Run MASW for groups	Запустить модуль MASW для данных текущего проекта. Используется при необходимости суммирования сигналов от нескольких источников для одного положения косы. Позволяет улучшить качество спектра.
Settings	Survey type	Диалог настройки параметров системы наблюдения. Очень важно задать тип съемки непосредственно перед процессом пикировки, особенно, если работа ведется с межскважинными данными.
Settings	Change orientation	Развернуть сеймотрассы на девяносто градусов. В зависимости от типа данных удобно использовать вертикальную или горизонтальную ориентацию сейсмограммы. Дублирует опцию 
Settings	Show background	Показать подложку, изображающую сейсмограмму в интерполяционном виде. Дублирует опцию 
Settings	Background settings	Вызвать диалог графических настроек интерполяционной подложки. Дублирует опцию 
Settings	Plot's color	Вызвать диалог настройки заливки заднего фона сейсмограммы.
Settings	Trace/hodograph settings	Вызвать диалог графических настроек сеймотрасс и годографов. Дублирует опцию 
Settings	Scale/muting settings	Вызвать диалог настройки масштабов и muting'a сейсмограммы. Дублирует опцию 
Settings	Amplitudes collect settings	Вызвать диалог настройки параметров сбора амплитуд.
Settings	Working area/Display rectangle	Показывать область рабочего окна в виде рамки.



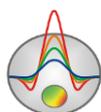
Settings	Working area/Set working area	Установить рабочее окно данных. Размеры окна задаются в режиме  . Рабочее окно используется при автомасштабировании сеймотрасс. Если во вкладке Table многовкладочной секции включена опция <i>Apply for next shots</i> , рабочее окно назначается для всех последующих сейсмограмм проекта.
Settings	Working area/Select all	Выбрать всю сейсмограмму, как рабочее окно.
Settings	Units	Указывает, в каких единицах отображать сейсмограмму: ось расстояния: номер канала, координата, удаление от источника; ось измерений: миллисекунды или отсчеты.
Settings	Set sample time	Установить шаг дискретизации оси измерений, мс. Если не задан или неправильно задан в файле.
Tools	Filtering	Вызвать диалог фильтрации данных (подробнее).
Tools	Undo filtering	Вернуться к первоначальным данным (до обработки).
Tools	Picking mode	Включить режим пикирования первых вступлений. Выбор первых вступлений осуществляется левой кнопкой мыши. Нажатие правой кнопки мыши убирает выбранное значение на годографе. Дублирует кнопку  .
Tools	Zoom mode	Включить режим увеличения/выделения участка сейсмограммы. Выделение осуществляется резиновым прямоугольником с помощью мыши. Далее можно включить режим автомасштабирования для выбранного окна. Дублирует кнопку  .
Tools	Display cross	Показывать перекрещивающиеся линии, следующие за курсором. Служит для более точного позиционирования.
Tools	Edit source pos	Вызвать диалог задания координат источников (подробнее).
Tools	Set survey lines	Если линия профиля имеет сложную геометрию или источники вынесены за профиль, позволяет получить



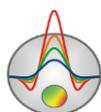
		проекции на заданную пользователем линию, в качестве координат источников и приемников.
Options	Delete current shot	Удалить текущую сейсмограмму из проекта.
Options	Delete empty shots	Удалить из проекта все сейсмограммы, для которых не было проведено пикирование (например неудачные повторы или сильно зашумленные данные).
Options	Delete dead traces	Удалить «мертвые» трассы. Обычно эти трассы соответствуют неисправным или не подключенным сейсмоприемникам. «Мертвые» трассы выбираются в таблице.
Options	Sort shots by filename	Отсортировать сейсмограммы по именам файлов.
Options	Sort shots by position	Отсортировать сейсмограммы по положениям источника.
Options	Sort all trace	Отсортировать сейсмограммы для всех трасс.
Options	Sort all trace	Отсортировать трассы сейсмограммы по координатам приемников.
Options	Combine shots	Прибавить к текущей сейсмограмме, сейсмотрассы других сейсмограмм с такой же координатой источника. Удобно при использовании коротких кос. В этом случае, как правило, коса перемещается по профилю, при неизменном положении источника. Опция позволяет получить длинную запись от одного источника для нескольких положений кос. Перед использованием, следует проверить правильность координат.
Options	Apply AGC	Применить AGC (Automatic Gain Control) – Автоматическую регулировку усиления (АРУ). Выполняет нормирование записи по средней величине ее уровня на некотором временном интервале регистрации (окне). Размер окна задается в отсчетах и выбирается экспериментальным путем.
Options	Remove aver in window	Удалить среднее значение в заданном окне. Позволяет выделить более высокочастотные сигналы. Размер окна



		задается в отсчетах и выбирается экспериментальным путем.
Options	Collect amplitudes shot	Сбор амплитуд первых вступлений там, где проведена пикировка времен для данной сейсмограммы. Опция позволяет осуществлять сбор амплитуд не в точке пикировки, т.к. она может быть нулем, а в некотором окне вокруг нее. Размер окна (устанавливается в отсчетах) и способ сбора выбирается в меню File settings/Amplitudes collect settings.
Options	Collect amplitudes all	Сбор амплитуд первых вступлений там, где проведена пикировка времен для всех сейсмограмм.
Options	Undo action	Отменить последнее действие режима пикировки.
Hodographs	Delete current	Удалить текущий годограф.
Hodographs	Autocorrect current	Автоматическая корректировка текущего годографа (выполняется корреляция уже отпикированных вступлений, исходя из характера пиков вблизи, которых они находятся)
Hodographs	Project current	Режим автоматической пикировки, основанный на использовании соседних годографов, которые будут спроецированы на текущую сейсмограмму. Построенный таким образом годограф, может быть использован как начальное приближение для последующей пикировки.
Hodographs	Project empty times	Режим автоматической пикировки, основанный на использовании соседних годографов, которые будут спроецированы на текущую сейсмограмму. Построение производится только для тех трасс, где первые вступления отсутствуют (например данные сильно зашумлены).
Hodographs	Copy current	Скопировать активный годограф в буфер обмена.
Hodographs	Paste to current	Скопировать первый вступления из буфера обмена в текущий годограф.
Hodographs	Load picks	Загрузить результаты пикировки из файла в одном из форматов.
Hodographs	Save picks	Сохранить текущие результаты пикировки в файл.



		Возможны следующие типы файлов: <i>Laccolite god file</i> – сохранить текущий годограф в файл *.god, <i>Laccolite directory</i> – сохранить годографы для всех сейсмограмм в указанную директорию в формате *.god, <i>SRT file</i> – сохранить файл формата *.SRT
Hodographs	Smooth all	Сгладить все годографы (для сглаживания используется специальный алгоритм, учитывающий принцип взаимности)
Hodographs	Smooth current	Сгладить текущий годограф (для сглаживания используется специальный алгоритм, учитывающий принцип взаимности)
Hodographs	Correct start times (reciprocity)	Корректировка моментов начала записи сейсмограмм основанная на взаимных временах текущей пикировки.
Hodographs	Average reciprocity data	Осреднить взаимные времена, если таковые имеются.
Hodographs	Correct start times (calculated)	Корректировка моментов начала записи сейсмограмм основанная на теоретических временах полученных в 2D инверсии.
Hodographs	Calc reciprocity error	Показать среднюю ошибку корреляции данных, рассчитанную на основе принципа взаимности.
Hodographs	$X_{pos}=(S+R)/2$	Если опция включена, то точкой записи, при отображении годографов, считается – среднее между положением источника и приемника, иначе – положение приемника. Данная опция применяется к годографам вкладки Hodographs.
Waves	P- refracted	Установить тип пикируемых волн – P-преломленные
Waves	S-refracted	Установить тип пикируемых волн – S- преломленные
Waves	Reflected-1	Установить тип пикируемых волн – отраженные, первая граница
Waves	Reflected-2	Установить тип пикируемых волн – отраженные, вторая граница
Waves	Reflected-3	Установить тип пикируемых волн – отраженные, третья граница
Waves	Exchange P&S	Поменять тип волн при пикировке. Опция используется в



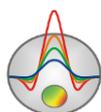
		случае, если при пикировке был установлен неверный тип волны.
Waves	Remove active data	Удалить все годографы для текущего типа волны
Buffer	Picks1...	Сохранить текущие результаты пикирования в буфер обмена (или загрузить из него). Возможно хранить до 5 вариантов пикировок. Сохраненные варианты можно загрузить, нажав на них повторно. После повторного нажатия появляется окно Working with buffer, содержащее две кнопки: From buffer – загрузить сохраненные годографы вместо текущих, To buffer – сохранить текущие годографы в буфер обмена.

Диалог общих настроек чтения файла SEG-Y

Вызвать диалог общих настроек чтения файла формата SEG-Y можно при помощи опции .

Вкладка **SEG-Y** содержит опции управляющие чтением полевых данных (Рис.3). Как известно данный формат является базовым стандартном для сейсморазведочных данных. Некоторые станции могут отходить от стандартной формы записи, и в этих случаях, для корректной загрузки данных, необходимо выбрать параметры записи.

Перед созданием нового проекта из файлов SEG-Y надо быть уверенным, что настройки данной вкладки соответствуют используемым файлам (в большинстве случаев это так).



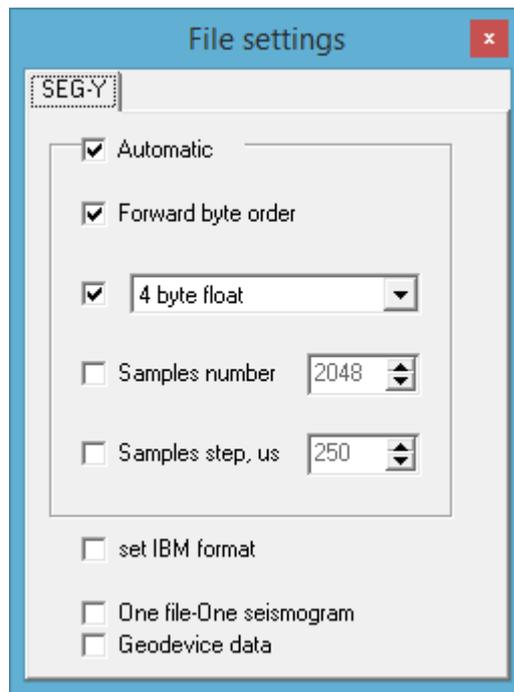


Рис. 3 Диалоговое окно **File settings**, вкладка **SEG-Y**

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 сейсмотрассе. Опция *Samples interval* – устанавливает интервал дискретизации сейсмотрассы (в миллисекундах).

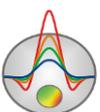
Опция *Set IBM format* – устанавливает формат числа PC/UNIX.

При настройке чтения, главным образом используются опции *Set IBM format* и *Forward byte order*.

Опция *One file-One seismogram* – устанавливает, что каждый загружаемый файл, является отдельной сейсмограммой.

Диалог автоматического сбора амплитуд первых вступлений

Вызвать диалог общих настроек сбора амплитуд можно при помощи опции **Settings/Amplitudes collect settings** главного меню окна.



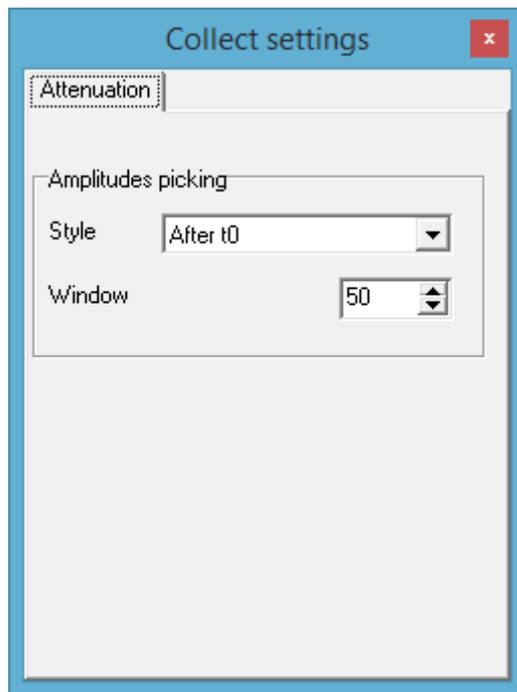


Рис. 4 Диалог общих настроек сбора амплитуд **Amplitudes collect settings**

Опция *Style* задает способ сбора амплитуды: около (вокруг) t_0 или после t_0 (если пикировка производилась по фазе). В окне *Window* необходимо установить размер окна в отсчетах, в котором производится поиск максимальной амплитуды. Длина окна обычно выбирается в соответствии с частотой полезной волны.

Диалог настройки типа наблюдений

Диалог доступен в главном меню модуля пикирования сейсмограмм **Settings/Survey type**. Очень важно задать тип съемки перед началом корреляции.

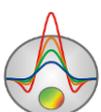
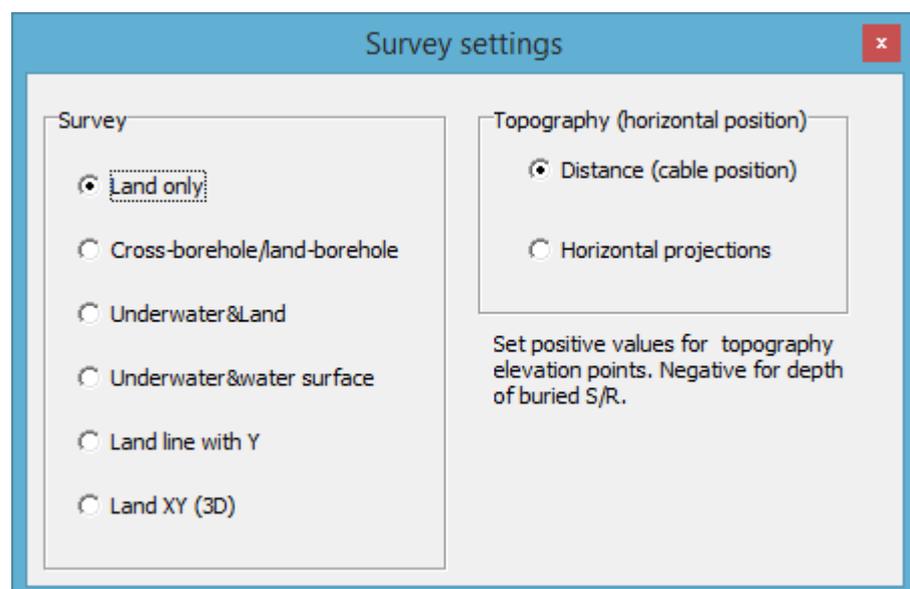


Рис. 5 Диалоговое окно **Survey settings**

Диалоговое окно *Survey settings* разбито на две области. В левой части находится область *Survey*, в которой задается тип наблюдений:

Land only – система наблюдений земля-земля, в этом случае во вкладке *Table* многовкладочной секции в колонке *Rz* будут содержаться данные топографии. Для этого типа возможно задавать погруженные источники (отрицательное значение в *Sz*).

Cross-borehole/land-borehole – система наблюдения межскважинного просвечивания/вертикального сейсмического профилирования (земля-скважина). В этом случае во вкладке *Table* многовкладочной секции в колонке *Rz* будут содержаться значения глубин ($Sz/Rz=0$ – означает расположение источников/приемников на поверхности).

Underwater&Land – комбинированная система наблюдений, включающая подводные и наземные измерения.

Underwater&water surface – комбинированная система наблюдений, включающая измерения на поверхности воды и на дне.

Land line with Y – 2D съемка по криволинейному профилю или выносными источниками. В этом режиме доступно редактирование *Y* координат. Считается, что профиль (и модель) идут вдоль оси *X*, а ось *Y* проходит перпендикулярно линии профиля.

Land XY 3D – используется, когда для 2D интерпретации используется часть площадной съемки. В этом режиме доступно редактирование *Y* координат. Считается, что профиль (и модель) идут вдоль оси *X*, а ось *Y* проходит перпендикулярно линии профиля.

В правой части находится область *Topography (horizontal position)*, где определяется тип горизонтальной координаты:

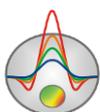
Distance (cable position) – используется расстояние по кабелю, обычно этот способ используется только для стандартной, наземной съемки, когда имеется топографическая привязка приемников, а координаты приемников заданы в дистанциях вдоль косы.

Horizontal projection – горизонтальная проекция, используется в остальных случаях

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. 6 А).

Опции подраздела Working area позволяют подобрать оптимальные масштабы для выбранной области.

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. 6В).

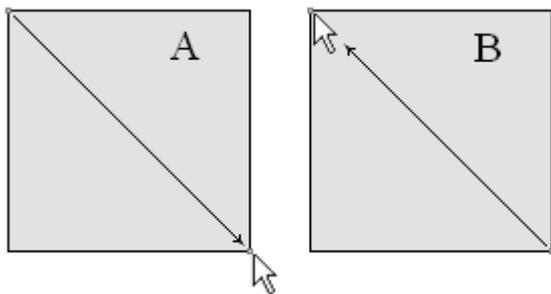


Рис. 6 Направление движения мыши при изменении масштаба

Диалог настройки масштабов сейсмограммы

Вызвать диалог настройки масштабов сейсмограммы можно с помощью опций **Settings/Scale settings** или .

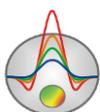
Диалог **Scaling options** содержит две вкладки.

Вкладка **Scales** содержит опции, определяющие масштабы графиков сейсмотрасс и всего изображения (рис. 7).

Область **Traces scaling type** устанавливает тип нормировки графиков сейсмотрасс. Значение *Common maximum* - масштабирует графики по общему максимуму сейсмограммы.

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

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



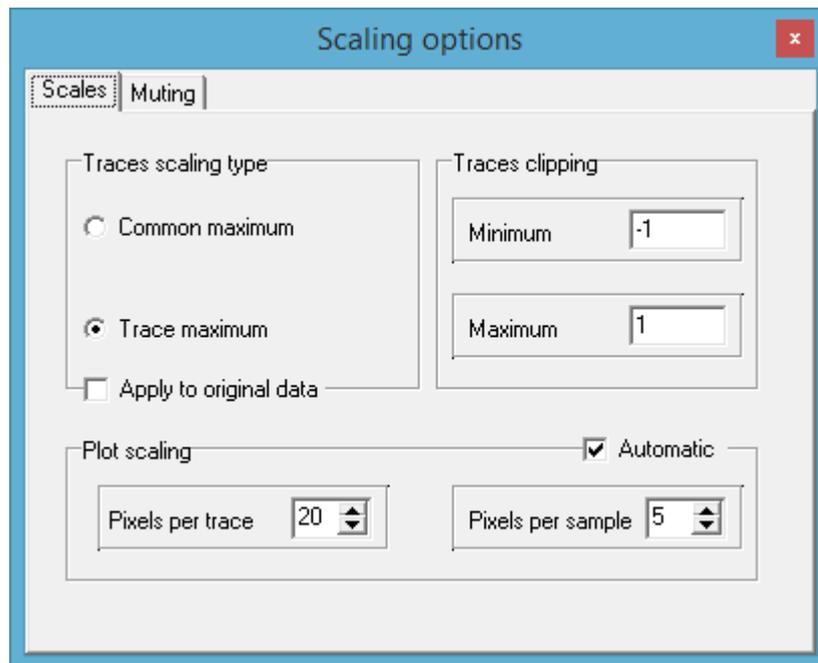


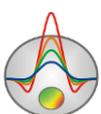
Рис. 7 Диалоговое окно **Scaling options**, вкладка **Scales**

Область **Traces 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 *Automatic* в области *Plot scaling* – 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).

Вкладка **Muting** содержит опции, определяющие граничные значения скоростей (рис. 8). В поле *Velocities* необходимо установить граничные значения скоростей. Опция *Muting* отображает границы заданных граничных скоростей. Если выбрана опция *Draw muted data*, то данные, находящиеся вне пределах заданных скоростных границ, отображаться не будут. Поле *Delay, ms* устанавливает значение отметки момента (положительное число в мс 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.



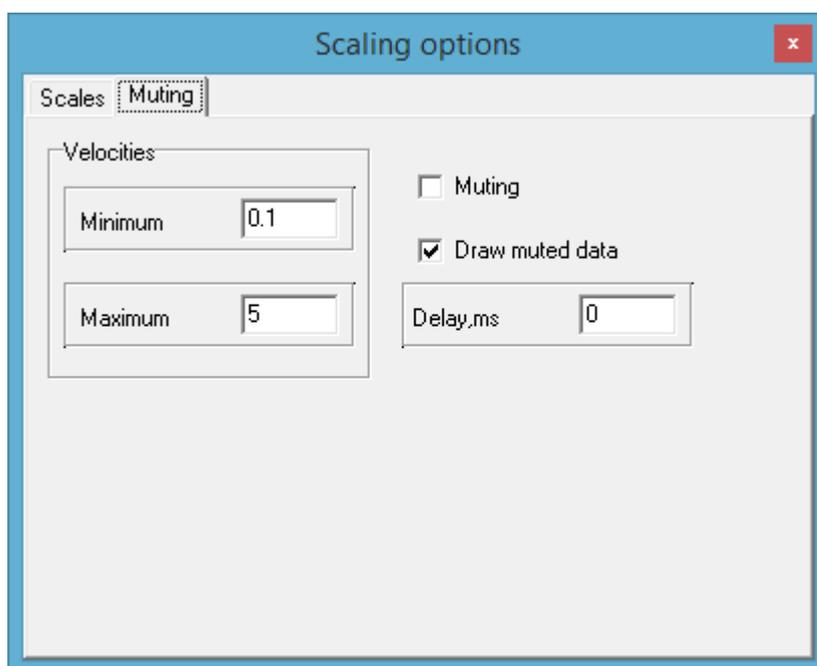


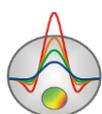
Рис. 8 Диалоговое окно **Scaling options**, вкладка **Muting**

Диалог графических настроек сейсмограмм

Вызвать диалог графических настроек сейсмограмм и годографов можно с помощью опций **Settings/Trace/hodographs settings** или .

Вкладка **Trace** содержит опции, отвечающие за внешний вид графиков сейсмограмм. Две основные области **Primary** и **Additional** 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).



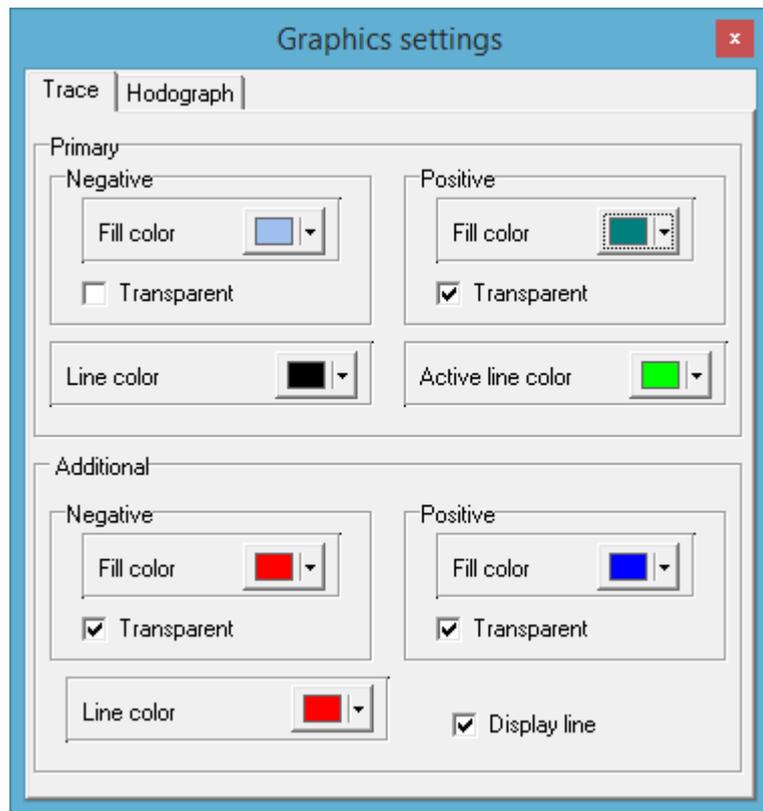
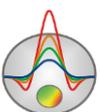


Рис. 9 Диалоговое окно **Graphics settings**, Вкладка **Trace**

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.



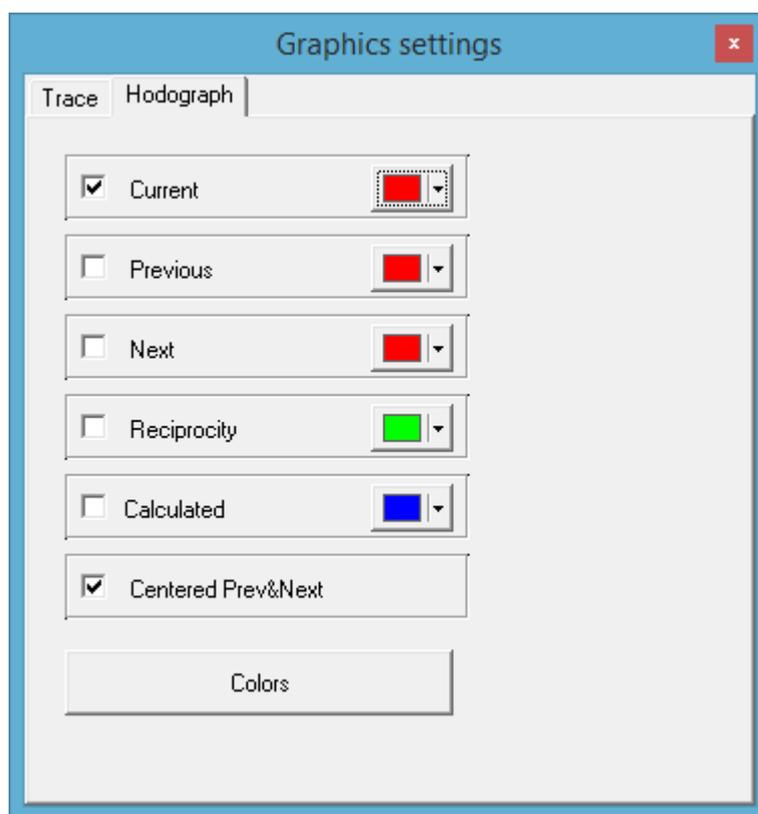


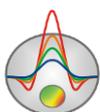
Рис. 10 Диалоговое окно **Graphics settings**, Вкладка **Hodograph**

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). *Centered Prev&Next* - проецирует соседние годографы с учетом удалений от источника.

Кнопка *Colors* вызывает диалог настройки редактора набора графиков годографов вкладки *Hodographs*, правой секции рабочего окна.

Ввод геометрии наблюдений

В случае если геометрия наблюдений не введена при записи SEG-Y(SEG2) файлов, ввести эти данные можно с помощью опций программы. В разделе [Опции многовкладочной секции](#) также описаны функции, позволяющие быстро задавать геометрию наблюдений. В связи с тем, что для одного положения источника, могут быть повторные измерения, удобно вначале ввести координаты источников, затем отсортировать



сейсмотрассы по положению источников. Это позволит оценить данные и удалить, в случае необходимости, ненужные записи.

Диалог **Set source positions**, вызываемый с помощью опции **Tools/Edit source pos** позволяет быстро ввести координаты источников для списка файлов(сейсмограмм) (Рис. 11).

В верхней строке этого диалога в полях dx и dz указывается приращение координаты по X и Z (Y). Кнопка  присваивает координату следующему файлу по X равной $Sx+dx$ и по Z – $Sz+dz$. 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.

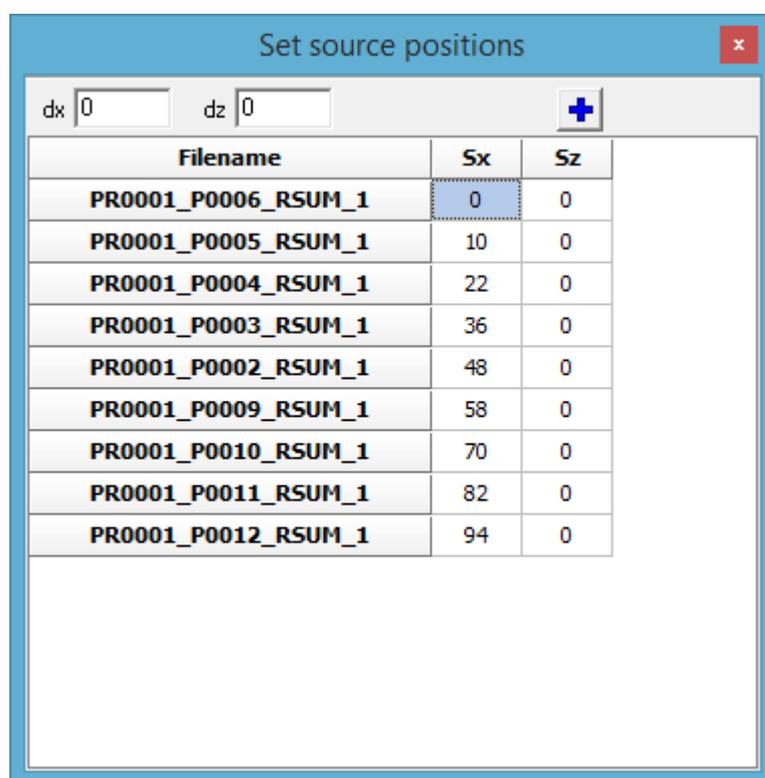
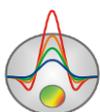


Рис. 11 Диалоговое окно **Set source positions**

Координаты источников и приемников можно вводить также в столбцах Rx , $Rz(Ry)$ и Sx , $Sz(Ry)$ во вкладке **Table** многовкладочной секции. При включенной опции **Apply to next shots** координаты приемников будут скопированы во все следующие сейсмограммы.

Режимы просмотра сейсмограммы



В зависимости от типа данных удобно использовать вертикальную или горизонтальную ориентацию сейсмограммы. Опция **Settings/Change orientation** позволяет повернуть сейсмограмму на 90° (рис. 12).

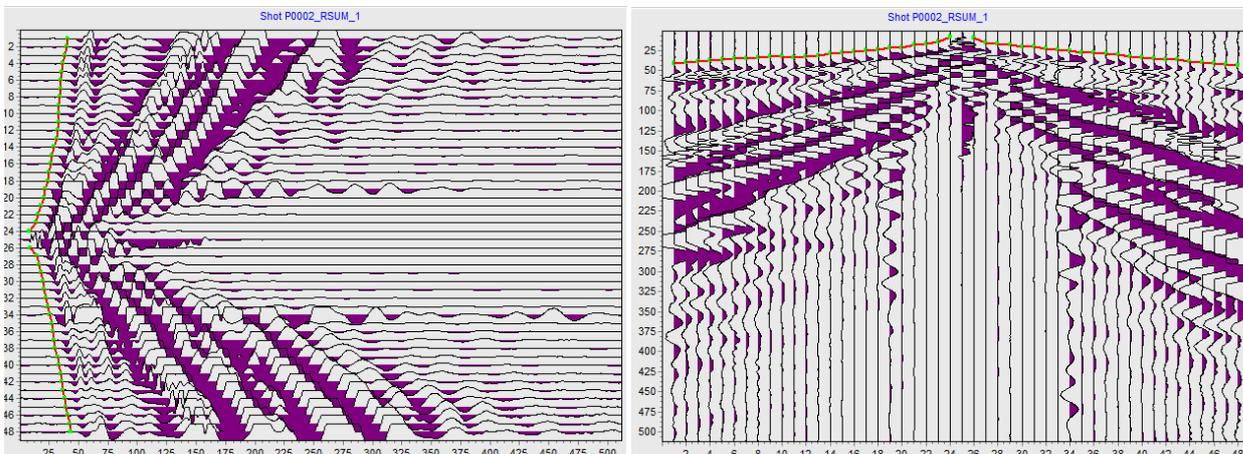


Рис. 12 Горизонтальная и вертикальная ориентация сейсмограммы

Показать подложку, изображающую сейсмограмму в интерполяционном виде, возможно, воспользовавшись , а затем нажав кнопку , или функцией меню **Settings/Show background** (рис.13). Цветовую палитру можно настроить, вызвав диалог **Color palette** с помощью функции меню **Settings/Background settings** (рис.14). (кнопка )

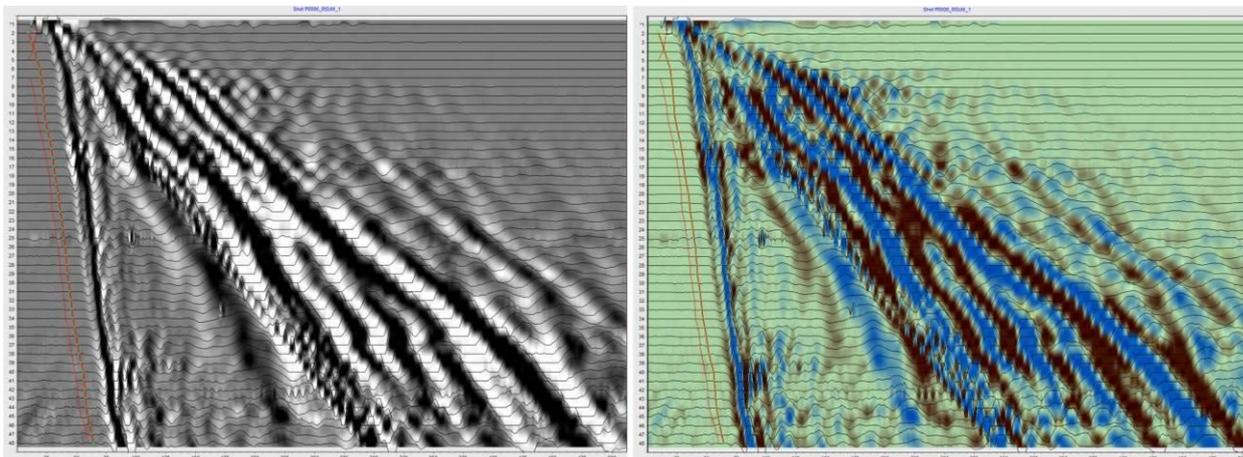
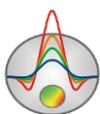


Рис. 13 Варианты отображения сейсмограммы в интерполяционном виде.



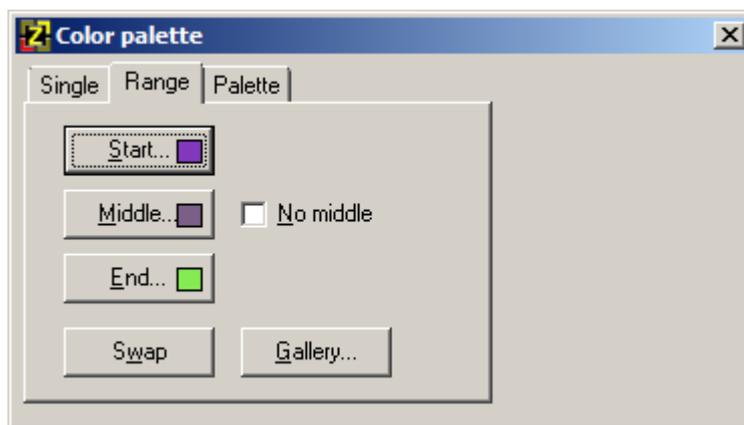


Рис. 14 Диалог Color palette

Основные опции модуля пикирования сейсмограмм

Сейсмограммы можно отсортировать:

по именам файлов - **Options/Sort shots by filename;**

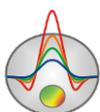
по положениям источника - **Options/Sort shots by position;**

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 с вкладкой **Operations** многовкладочной секции (более подробно в разделе [Опции многовкладочной секции](#)).

Корректировать значение отметки момента возможно во вкладке **Hodographs** многовкладочной секции с помощью поля . Опции устанавливают значение отметки момента (положительное число в мс или отсчетах) для текущей или всех сейсмограмм (при нажатии на кнопку с флажком). Ось времен/отсчетов смещается таким образом, чтобы отметке момента соответствовал ноль оси. При этом возможно появление отрицательных значений на оси.

Выбор первых вступлений осуществляется в режиме **Picking mode**  левой кнопкой мыши. Нажатие правой кнопки мыши отключает выбранное значение на годографе. Наблюдаемый годограф по умолчанию отображается красным цветом, рассчитанный (если вернуться к процессу редактирования годографов после инверсии **Trace editor** ) – синим.



Программа позволяет отображать взаимные времена первых вступлений (в виде кружков) во время пикирования сейсмограмм. Для этого должна быть включена опция reciprocity в настройках годографов.

Переход на взаимные трассы сейсмограммы выполняется нажатием комбинации [CTRL]+[ALT]+щелчок левой кнопки мыши на нужную трассу.

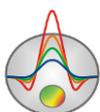
Отмена действия (пикировка, ввод координат) осуществляется сочетанием клавиш [CTRL]+[Z].

Создание системы наблюдений и переход в модуль инверсии данных осуществляется с помощью кнопки  на панели задач.

Опции многовкладочной секции

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

Вкладка  **Table** содержит таблицу с координатами приемников, коэффициентами усиления и прочими настройками трасс активной сейсмограммы (Рис.15).



Sx 20 Sz 0 Apply to next shots

N	Ψ	Rx	Rz	Gain	Dead	t,ms
1	<input checked="" type="checkbox"/>	40	0	1	<input type="checkbox"/>	*
2	<input checked="" type="checkbox"/>	45	0	1	<input type="checkbox"/>	*
3	<input checked="" type="checkbox"/>	50	0	1	<input type="checkbox"/>	*
4	<input checked="" type="checkbox"/>	55	0	1	<input type="checkbox"/>	*
5	<input checked="" type="checkbox"/>	60	0	1	<input type="checkbox"/>	*
6	<input checked="" type="checkbox"/>	65	0	1	<input type="checkbox"/>	*
7	<input checked="" type="checkbox"/>	70	0	1	<input type="checkbox"/>	*
8	<input checked="" type="checkbox"/>	75	0	1	<input type="checkbox"/>	*
9	<input checked="" type="checkbox"/>	80	0	1	<input type="checkbox"/>	*
10	<input checked="" type="checkbox"/>	85	0	1	<input type="checkbox"/>	*
11	<input checked="" type="checkbox"/>	90	0	1	<input type="checkbox"/>	*
12	<input checked="" type="checkbox"/>	95	0	1	<input type="checkbox"/>	*
13	<input checked="" type="checkbox"/>	100	0	1	<input type="checkbox"/>	*
14	<input checked="" type="checkbox"/>	105	0	1	<input type="checkbox"/>	*
15	<input checked="" type="checkbox"/>	110	0	1	<input type="checkbox"/>	*
16	<input checked="" type="checkbox"/>	115	0	1	<input type="checkbox"/>	*
17	<input checked="" type="checkbox"/>	120	0	1	<input type="checkbox"/>	*
18	<input checked="" type="checkbox"/>	125	0	1	<input type="checkbox"/>	*
19	<input checked="" type="checkbox"/>	130	0	1	<input type="checkbox"/>	*
20	<input checked="" type="checkbox"/>	135	0	1	<input type="checkbox"/>	*
21	<input checked="" type="checkbox"/>	140	0	1	<input type="checkbox"/>	*
22	<input checked="" type="checkbox"/>	145	0	1	<input type="checkbox"/>	*
23	<input checked="" type="checkbox"/>	150	0	1	<input type="checkbox"/>	*

Рис. 15 Вкладка Table

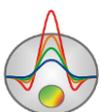
Опции S_x и $S_z(S_y)$ устанавливают горизонтальную и вертикальную координату источника для активной сейсмограммы.

Эти же координаты задаются с помощью диалога **Set source positions** (более подробно описано в разделе [Ввод геометрии наблюдений](#)) или в соответствующих полях ввода.

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

Поле ввода ниже предназначено для ввода комментариев к текущей сейсмограмме.

Опция *Apply to next shots* предназначена для включения режима общего (сквозного) редактирования параметров трасс 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 $R_x(R_y)$ – устанавливает горизонтальную координату сейсмоприемника. При нажатии правой кнопки мыши на ячейке таблицы можно задать приращение координаты для всех последующих ячеек.

Столбец таблицы R_z – устанавливает вертикальную координату сейсмоприемника (в случае скважинных наблюдений – глубину). 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 *Apply to next shots* усиления устанавливаются для всех последующих сейсмограмм.

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

Столбец таблицы t,ms – устанавливает значение времени первого вступления трассы (в миллисекундах или отсчетах).

Вкладка  **Array** содержит граф со схемой наблюдений (рис.16).

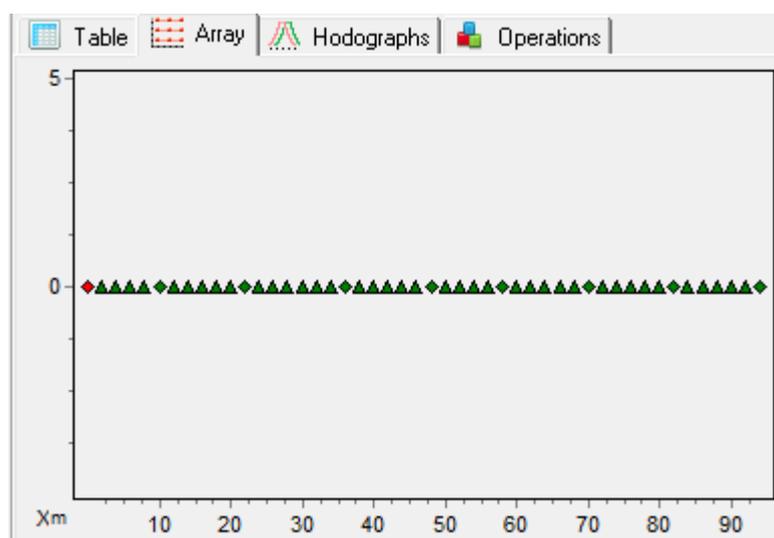
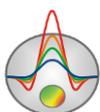


Рис. 16 Вкладка **Array**

Текущий пункт возбуждения активной сейсмограммы отображается красным цветом. Для правильного отображения схемы наблюдений следует ввести координаты приемников



и источников. Сочетание клавиш [CTRL]+щелчок левой кнопки мыши на положении ПВ позволяет осуществить переход к соответствующей сейсмограмме.

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.17).

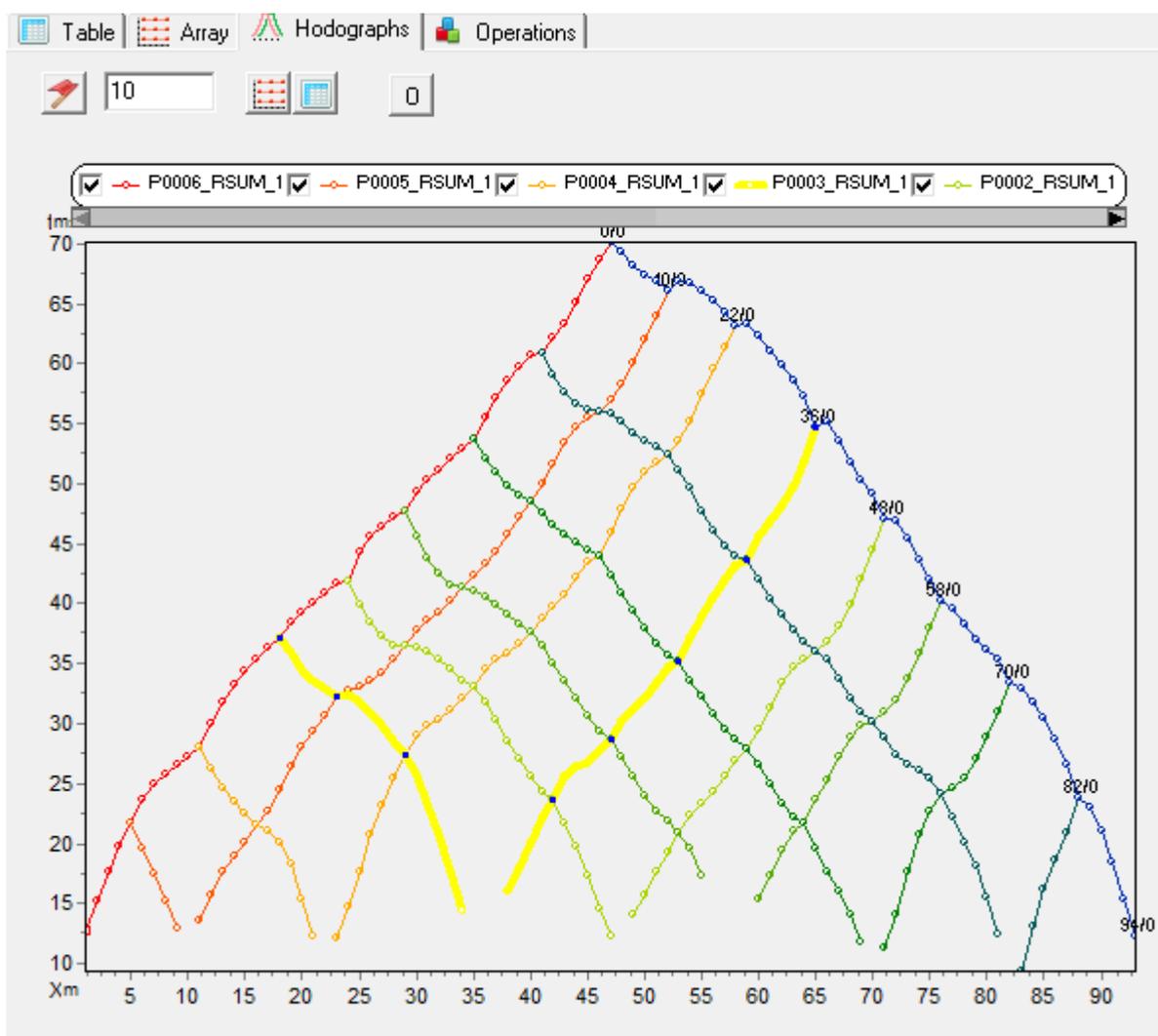
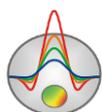


Рис. 17 Вкладка Hodographs

Редактирование измеренных значений производится путем перетаскивания точки графика с нажатой левой кнопкой мыши. Весь годограф перемещается с нажатой [SHIFT], с нажатой [CTRL] производится выбор отметки момента.

Для того чтобы показать только один график следует нажать левой кнопкой мыши на легенде с нажатой клавишей [SHIFT]. При повторном нажатии производится обратная операция. Для прокрутки графиков используется колесо мыши. Для этого необходимо



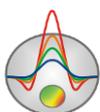
выделить несколько соседних графиков (на легенде) и крутить колесо мыши, поместив курсор на легенду. Индексы активных графиков будут меняться.

Опция  - устанавливает значение отметки момента, выбранное в окне ввода, для текущей сейсмограммы. При нажатии на кнопку с флажком, выбранное значение скопируется во все остальные сейсмограммы. Ось времен/отсчетов смещается таким образом, чтобы отметке момента соответствовал ноль 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.

Кнопка  вызывает всплывающее меню выбора типа отображаемых годографов. Можно выбрать время прихода волн, кажущиеся скорости или амплитуды.

Вкладка  **Operations** предназначена для совместного отображения двух сейсмограмм (рис.18). Это бывает полезно при сравнении, суммировании, вычитании сейсмограмм или анализе взаимных сеймотрасс. Вторая сейсмограмма отображается линией без заливки и отображается в соответствии с масштабом первой. При отображении двух сейсмограмм одновременно, предварительно следует задать координаты приемников и источников.



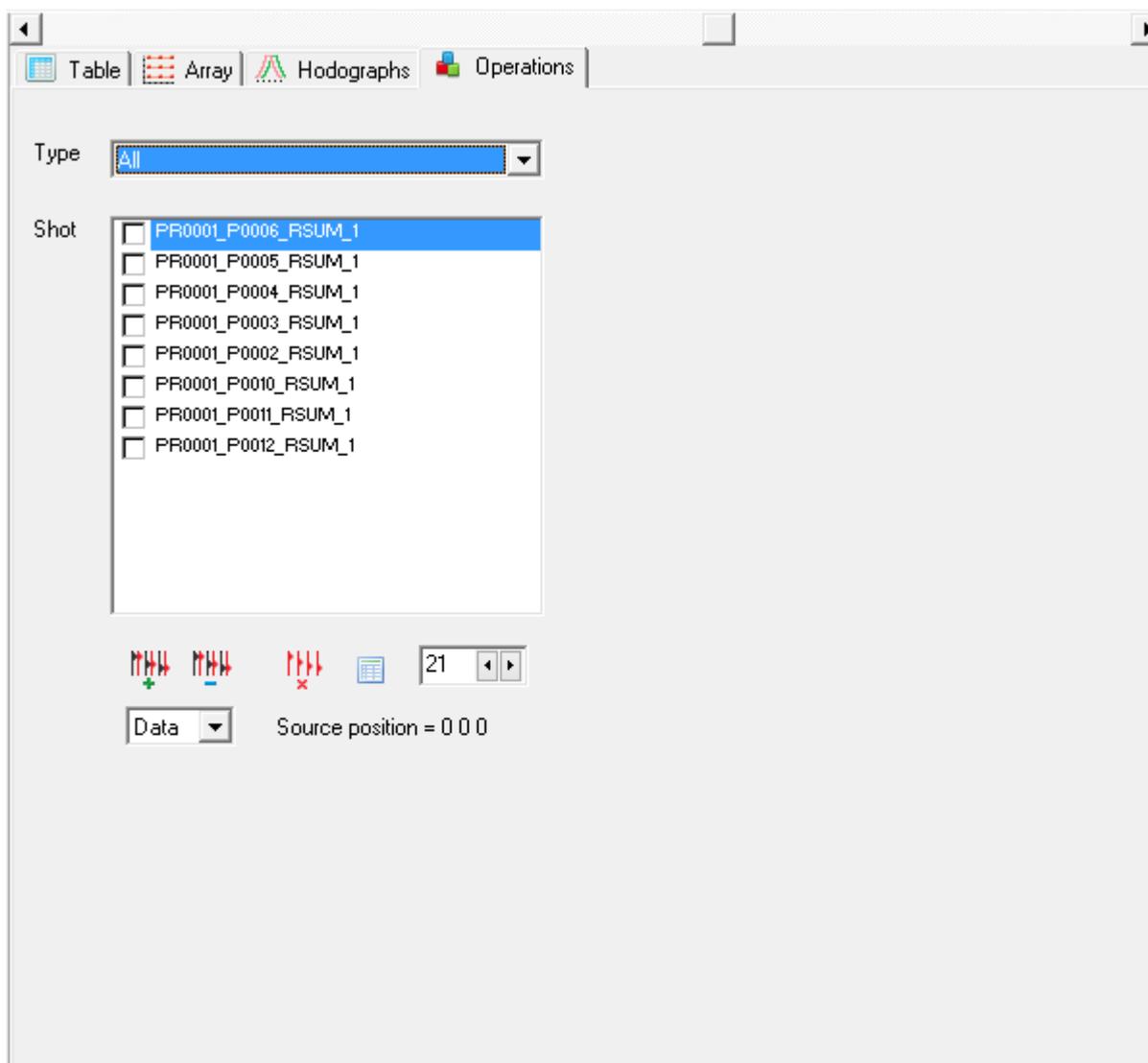
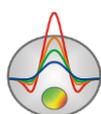


Рис. 18 Вкладка **Operations**

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



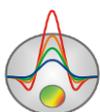
Как правило, результатом сейсморазведочных работ является набор файлов формата *Seg-Y* или *Seg2*. Эти файлы представляют “сырые” данные, которые необходимо предварительно подготовить. После загрузки данных в проект необходимо ввести геометрию системы наблюдений для каждой сейсмограммы (если геометрия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

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 **Operations**. 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 . Кнопка  используется для вычитания одной сейсмограммы из другой, например при методике левых и правых ударов. Опция  предназначена для предварительного просмотра (до выполнения действия) результатов суммирования(Sum) и вычитания(Sub). В этом случае вместо исходных данных выбранной сейсмограммы будет показан результат операции для заданного смещения. Для удаления ненужных сейсмограмм используется кнопка . 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 списка. Это существенно упрощает выбор сейсмограмм, которые будут суммироваться. Коэффициент корреляции отображается справа от названия сейсмограммы в списке.



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

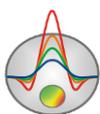
Режим *Reciprocity* позволяет отображать поверх активной, сейсмограмму, построенную по взаимным трассам. Это позволяет оценивать качество полевых материалов, выявить ошибки в определении отметок начала записи, а также контролировать правильность пикировки.

Пикировка первых вступлений

Пикировка времен первых вступлений в программе **ZondST2D** производится в интерактивном 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. Для добавления/корректировки значения используется левая кнопка мыши. Для задания последовательности точек используется режим *multipicking*  (щелчком мыши задается начальная и затем конечная точка трассировки, значения, между которыми определяются по определенному, выбранному пользователем алгоритму). Для удаления точки годографа используется правая кнопка мыши.

В зависимости от предпочтения обработчика, программа предоставляет выбор способа коррекции положений времен первых вступлений: по фронту, максимумам, минимумам и максимуму корреляции. Режим автоматической пикировки лучше использовать только для данных с хорошим качеством. Для включения режима коррекции первых вступлений используется кнопка . При нажатии правой кнопки мыши появляется всплывающее меню выбора способа коррекции. Доступны следующие варианты: *to null* – привязка к нулю, *to extremum* – привязка к любому экстремуму, *to minimum* – привязка к точке минимума, *to maximum* – привязка к точке максимума, *Correlate* – корректирует положение первых вступлений таким образом, чтобы точки на соседних трассах коррелировали друг с другом, *Move to reciprocity point* – используется значений взаимных точек.



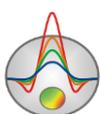
При автоматической коррекции важным параметром является радиус или ширина полосы поиска. Область поиска отображается кругом вокруг курсора (при пикировке отдельной точки) или полосой – при пикировке группы значений. Ширина/радиус области поиска регулируется колесом мыши с нажатой клавишей [CTRL]. При полуавтоматической пикировке выбор первых вступлений производится в области поиска. В режиме максимума корреляции программа определяет также точки на соседних трассах исходя из этого критерия и до потери корреляции. При пикировке группы значений, в полосе поиска кружками будут отображаться предварительные точки, где будут находиться значения первых вступлений после замыкания.

Дополнительная функция главного меню окна **Hodographs/Autocorrect current** 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 (отдельные кружки на сейсмограмме). Они служат своеобразным критерием правильности пикировки (или правильности выбранной отметки момента). 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 контролировать правильность пикировки, с другой - автоматически корректировать ошибки в определении отметок начала записи (опция *Correct Start times*). Если между взаимными точками большая невязка – следует выяснить причину, с чем она связана. 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 всей группы годографов. Контролируем ошибку пикировки опцией *Reciprocity error*.
3. Корректируем отметки начала записи автоматически для всех сейсмограмм (опция *Correct Start times*) или вручную для каждой.
4. Осредняем взаимные времена.
5. Сглаживаем годографы если необходимо.

Для пикировки первых вступлений отраженных волн следует сначала выбрать тип волны, в главном меню окна. Обычно, на инженерных данных, в лучшем случае видно только одну отраженную волну. Поэтому, в меню, лучше выбрать пункт *reflected 1*. Отраженные волны имеют годограф в форме гиперболы.



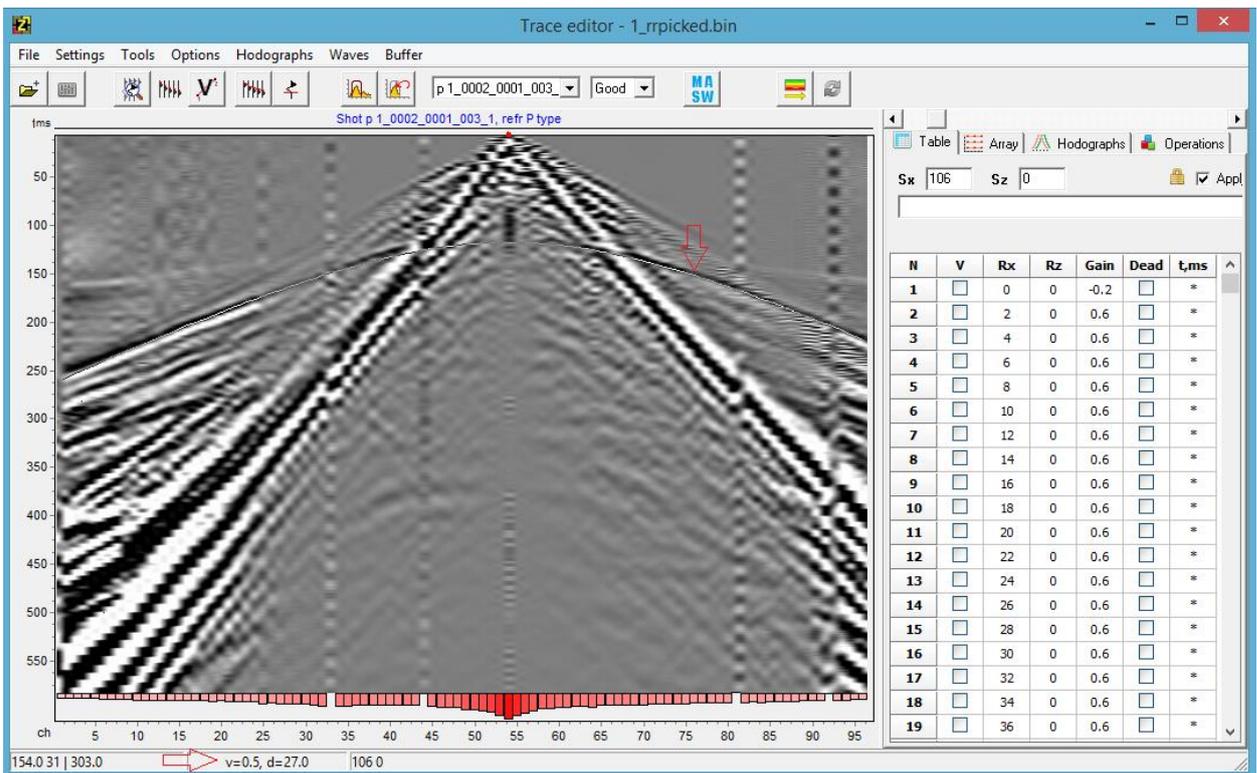
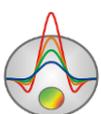


Рис. 19 Trace editor в режиме пикировки отраженной волны

Специальный инструмент, вызываемый клавишей V, в режиме пикировки отраженных волн, позволяет отображать предполагаемый годограф (гипербола) в зависимости от координат курсора. Параметры годографа (скорость и глубина) отображаются в панели статуса окна. Для изменения формы годографа используется колесо мыши, при этом, новые скорость и глубина обновляются в панели статуса. Если выбранный годограф хорошо коррелирует с наблюдаемыми данными, то можно провести предварительную автоматическую пикировку всей сейсмограммы. Для этого используется правая кнопка мыши. После автоматической пикировки, времена можно уточнить вручную.

Дополнительный пункт главного меню reflection scanner появляется после перехода в режим пикировки отраженных волн. Он вызывает окно, позволяющее отображать график вероятности присутствия отраженной границы в зависимости от глубины и скорости. В верхней панели окна можно сузить диапазон поиска, задав пределы по скоростям и глубинам отражающей границы (опции MaxZ, MinZ, MaxV, MinV) или выбрать критерий поиска корреляции (Any – любой экстремум, Positive – максимум, Negative - minimum).



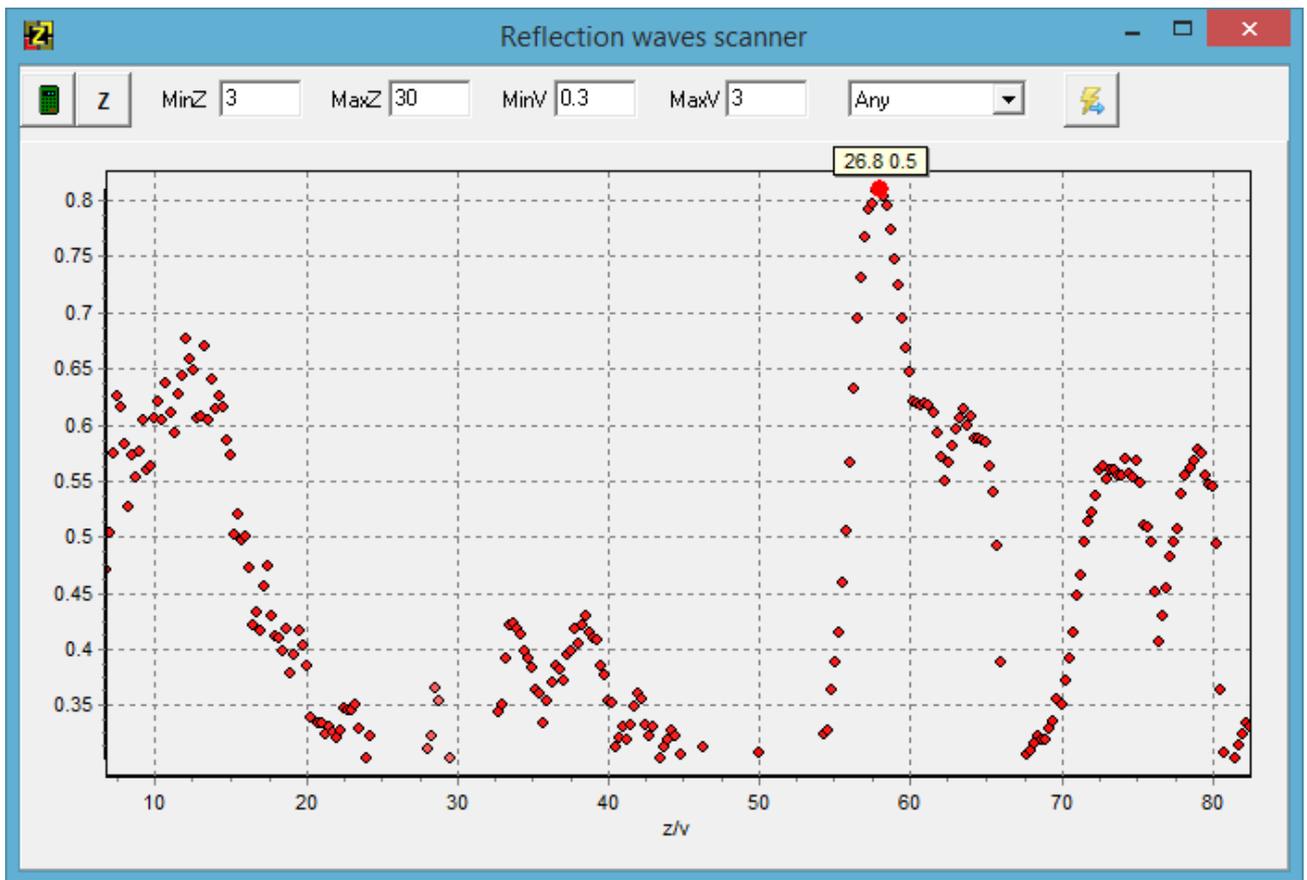


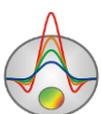
Рис. 20 Окно диалога **Reflection Scanner**

Кнопка  рассчитывает график вероятности в выбранном диапазоне. Кнопка  переключает график с зависимости от глубины, к зависимости от отношения глубины к скорости и наоборот. При выборе точки на графике, значения параметров (z,v) будут отображены рядом с точкой, а на сейсмограмме будет построен соответствующий годограф. Для того чтобы использовать времена выбранного годографа, как предварительные пикировки, следует нажать кнопку .

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.

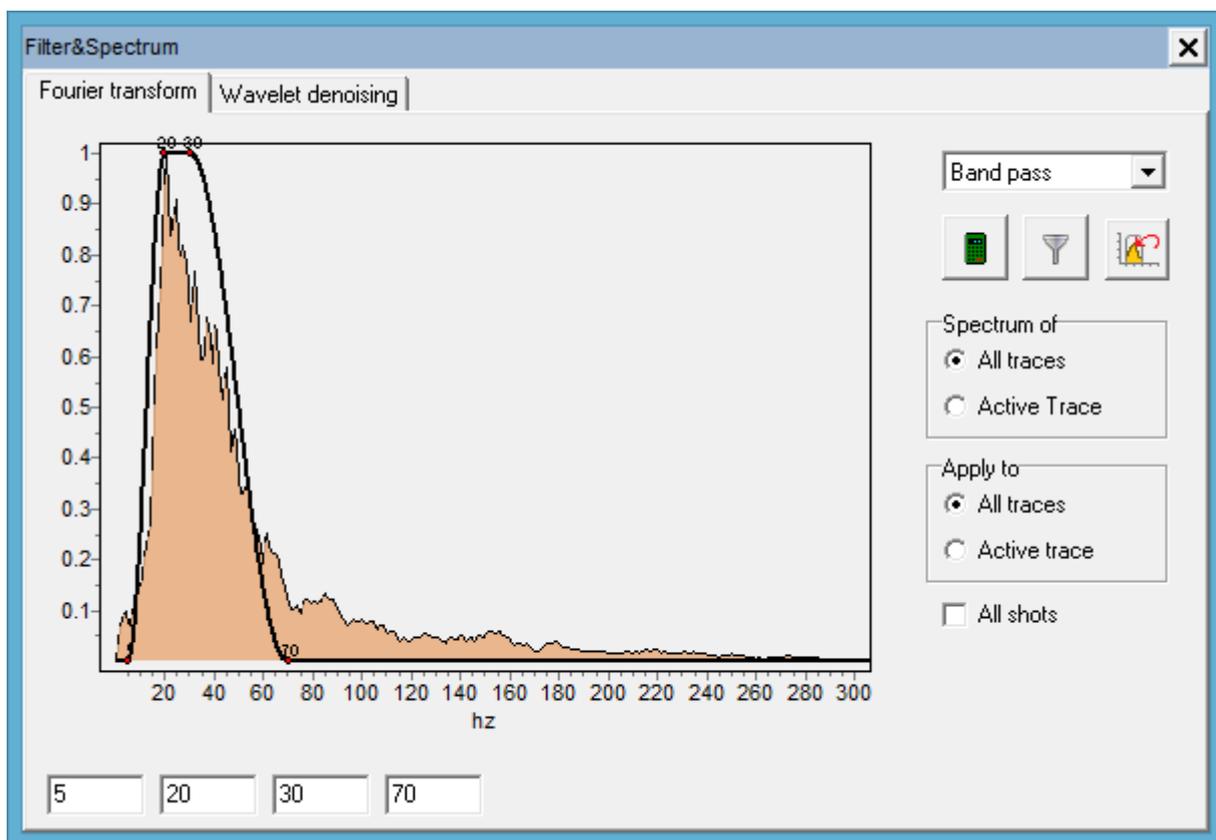
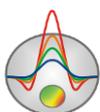


Рис. 21 Диалоговое окно **Filter&Spectrum**. Вкладка **Fourier transform**

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 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.

Для построения спектра определенной части сейсмограммы следует выделить ее в режиме , с нажатой клавишей CTRL.

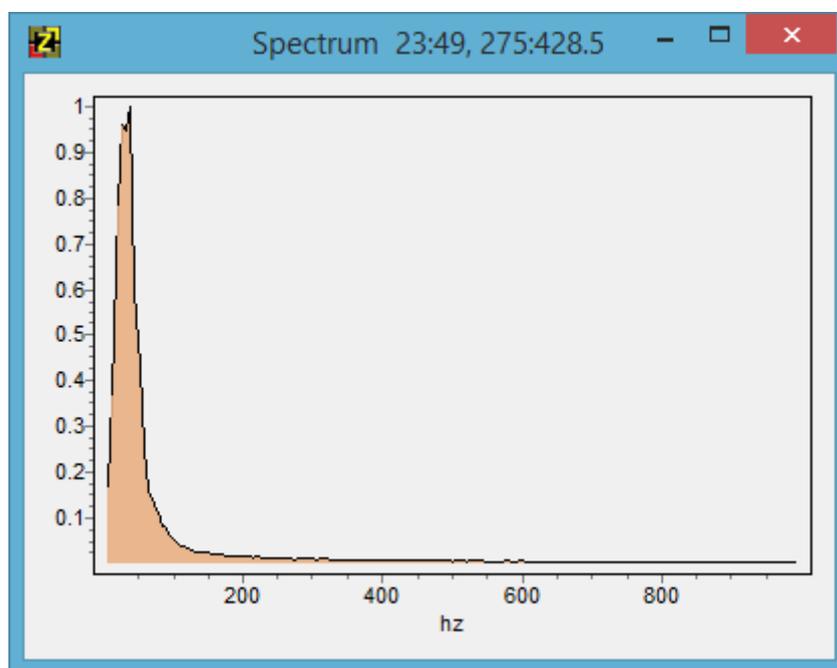
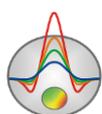


Рис. 22 **Спектр выделенного участка сейсмограммы**

В появившемся окне будет отображаться спектр для выделенного участка. В заголовке окна показан диапазон сейсмотрасс и отсчетов участка.

Модуль MASW/ReMi



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 ввиду, что разрешающая способность и глубинность метода определяется геометрическими параметрами установки, периодом накопления, частотой дискретизации сигнала и скоростным разрезом.

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.

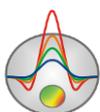
Естественно, возможность применения метода MASW также определяется характером сейсмического разреза. Наиболее благоприятными разрезами – являются среды с плавным увеличением скорости поперечных волн с глубиной.

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 осязаемое 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 МПВ 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.

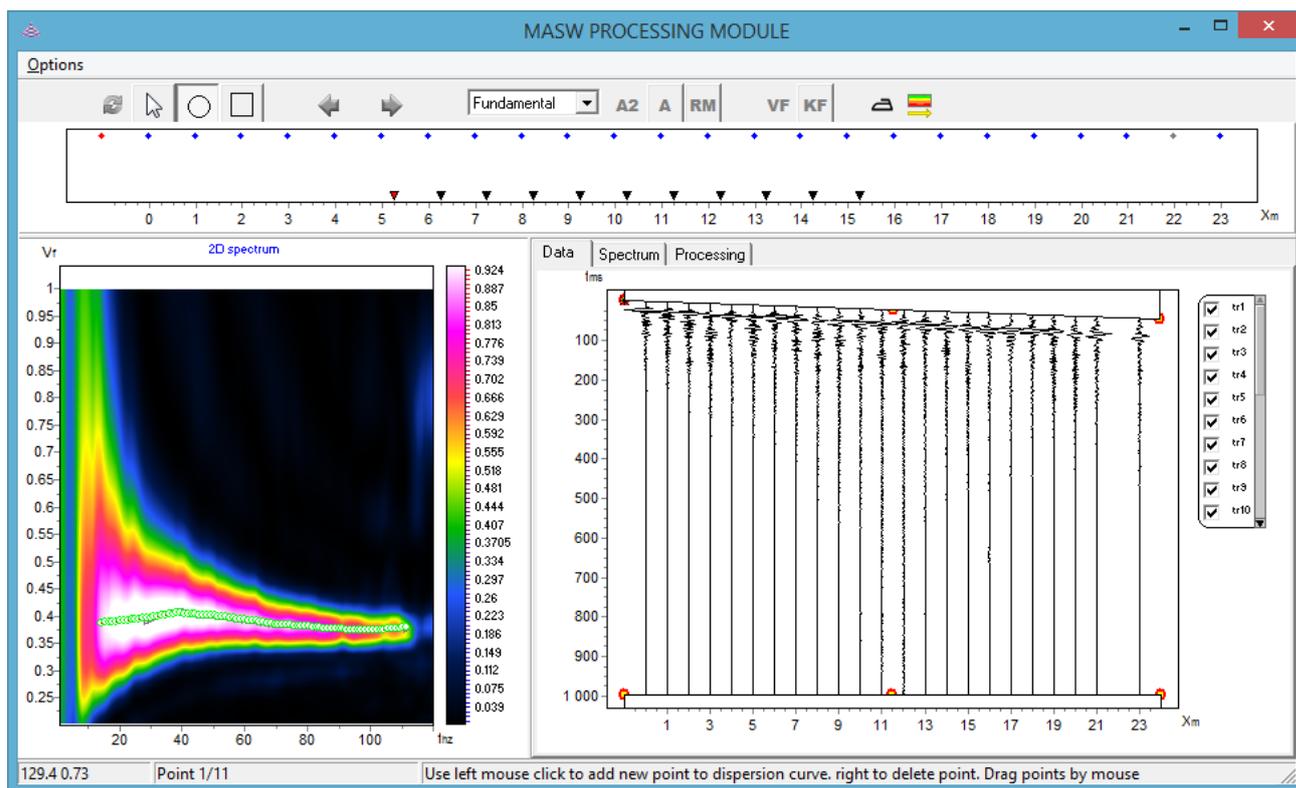
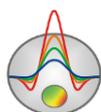


Рис. 23 Модуль MASW. Пикирование дисперсионных кривых

Панель инструментов в режиме пикировки дисперсионной кривой содержит следующие функции:



 - пересчитать двумерный спектр с новыми параметрами. Параметры задаются во вкладке processing.

 - режим точного пикирования при помощи указателя мыши.

 - режим полуавтоматического пикирования, область поиска круг. Размер круга регулируется при помощи колеса мыши.

 - режим полуавтоматического пикирования, область поиска квадрат. Размер квадрата регулируется при помощи колеса мыши.

 - 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. В некоторых случаях точки MASW могут быть “пустыми”. Например, в конфигурации Reverse это – точки первых положений источников.

 - область выбора моды для пикировки. Fundamental – фундаментальная мода, mod 1 и mod 2 – первая и вторая моды. При наличии в спектре дополнительных мод - их использование при интерпретации существенно повышает качество получаемых разрезов.

 - отображать двумерный спектр квадрата амплитуд (более резкий)

 - отображать двумерный спектр амплитуд

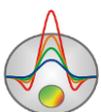
 - отображать спектр ReMi. В этом случае отображается вертикальный градиент спектра амплитуд. Значения пикируются по максимуму данного спектра.

 - Построить VF спектр. Зависимость фазовой скорости от частоты.

 - Построить KF спектр. Зависимость пространственной переменной от частоты.

 - сгладить результаты пикировки

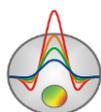
 - перейти в режим инверсии дисперсионных кривых. Переходить в режим инверсии и обратно можно в любое время, корректируя дисперсионную кривую и модель.



Главное меню окна

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

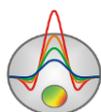
Options	Delete active curve	Удалить дисперсионную кривую для текущей моды активной точки (сегмент кривой).
Options	Copy curves	Скопировать текущую дисперсионную кривую в буфер
Options	Paste curves	Вставить дисперсионную кривую из буфера в текущую станцию.
Options	Clear muting	Сбросить настройки, ограничивающие область расчета спектра (инструмент реализован в виде полилиний, которые отображаются в нижнем правом окне во вкладке Data).
Options	Spectrum	<p><i>Recalculate</i> – пересчитать спектр с новыми настройками</p> <p><i>KF spectrum</i> – отображать KF спектр</p> <p><i>VF spectrum</i> – отображать VF спектр</p> <p><i>A style</i> – отображать двумерный спектр амплитуд</p> <p><i>A² style</i> - отображать двумерный спектр квадрата амплитуд</p> <p><i>ReMi style</i> - отображать спектр пассивных данных</p> <p><i>Clip extremal values ReMi</i> – обрезать выбросы на временных рядах при построении спектра ReMi.</p>
Options	Picking	Перейти в режим пикировки
Options	Zoom&Scroll	Включить режим лупы (увеличения участка спектра) для двумерного спектра.
Options	Smooth	Сгладить пропикированные кривые.
Options	Change mode	Изменять пикируемую моду при нажатии на ней мышью.
Options	Extra settings	<i>Precise point mode</i> – режим точной пикировки. При пикировке, с использованием инструментов круг или квадрат, точки кривой будут выстраиваться строго по максимуму спектра.



		<i>Apply to current mode</i> – при выборе данной опции, действия (например сглаживание или удаление точек на кривой) будут производиться только для текущей моды, выбранной на панели инструментов.
Options	Fundamental mode	Режим пикировки фундаментальной моды дисперсионной кривой.
Options	Mode 1	Режим пикировки первой дополнительной моды дисперсионной кривой.
Options	Mode 2	Режим пикировки второй дополнительной моды дисперсионной кривой.
Options	Station position	<i>Geometric center S-R</i> точка записи – среднее всех центральных позиций между источником и приемником <i>Geometric center R</i> точка записи – средняя позиция всех участвующих в расчете спектра приемников. <i>Autorecalculate</i> – автоматически пересчитывать точки записи, при изменении набора трасс или типа съемки. <i>Edit position</i> – изменить положения точек записи. После выбора появится диалоговое окно Station position с редактируемой таблицей.
Options	Units	Дублирует опции настройки единиц измерений модуля пикировки первых вступлений для отображения сейсмограмм. Отображать данные: <i>Index</i> – в отсчетах <i>mSec</i> – в миллисекундах <i>Channel</i> – по каналам <i>Meters</i> – в метрах
Options	Export	<i>Curves to text</i> – экспортировать кривые в текстовый формат
Options	Go to inversion mode	Перейти в режим интерпретации дисперсионной кривой.

В верхней секции отображается геометрия установки для текущей точки MASW. Под точкой MASW будем понимать источник и набор приемников (в режиме ReMi только группа приемников). Приемники могут быть слева, справа или по обе стороны от

Zond geophysical software



источника. Ширина группы приемников 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.

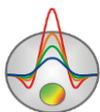
В левой нижней секции находится двумерный спектр, по которому производится пикировка дисперсионных кривых. Он представляет собой интерполяционную картинку, на которой цветом обозначена амплитуда сигнала, в зависимости от фазовой скорости (пространственной частоты) и частоты. Пикировка производится с помощью мыши по максимальным значениям амплитуда 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. 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. Коррекция положений точек кривой производится левой кнопкой мыши. Удаление – нажатием правой кнопки мыши на точке. Выбор активной моды дисперсионной кривых производится в главном меню или в соответствующем всплывающем списке

Fundamental

. 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 (вкладка **Data**). 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 включить). 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 полилиний расположенных сверху и снизу сейсмограммы. Форму полилиний можно менять, потянув за характерные кружки в узлах. Та область сейсмограммы, которая перекрывается резиновым многоугольником – не будет участвовать в расчетах.

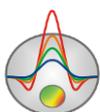
Вкладка **Spectrum** отображает осредненный одномерный спектр текущей точки MASW. Два вертикальных бегунка позволяют выбрать минимальную и максимальную частоту, которые будут использованы при построении двумерного спектра.

Вкладка **Processing** содержит основные опции контролирующие алгоритм построения двумерного спектра.



Рис. 24 Модуль MASW. Настройки параметров спектра

Опции *KMin* (*VMin*), *KMax* (*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). Эти параметры влияют на начальной стадии, когда группы создаются. В дальнейшем размер группы можно изменить.

Опции ***Both dir*** – используется только при работе с данными ReMi, т.к. в этом случае, в отличие от данных MASW, положение источника не известно

Smooth image – сгладить двумерный спектр, опция используется, когда спектр имеет разрывы, для более уверенной пикировки.

Zero padding – опция для получения более детального (по частоте) спектра.

Segment – используется при обработке длинных временных рядов ReMi. Устанавливает длину обрабатываемого сегмента в сэмплах. Это ускоряет процесс расчета и позволяет получить более надежные спектры.

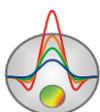
Array – тип точки MASW. *Forward* – источник находится перед группой приемников. *Reverse* – источник находится после группы приемников. *Forward&reverse* – приемники расположены по обе стороны от источника. При изменении этой опции настройки для групп приемников сбрасываются. После изменения типа массива, группы приемников можно изменить вручную. Трассы входящие в группу отображаются на сейсмограмме.

For all records – данная опция предназначена для расчета осредненного спектра для всех точек MASW. Позволяет получить представление о фоновом спектре участка работ, но может занимать значительное время.

Режим интерпретации данных

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

Под интерпретацией 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.



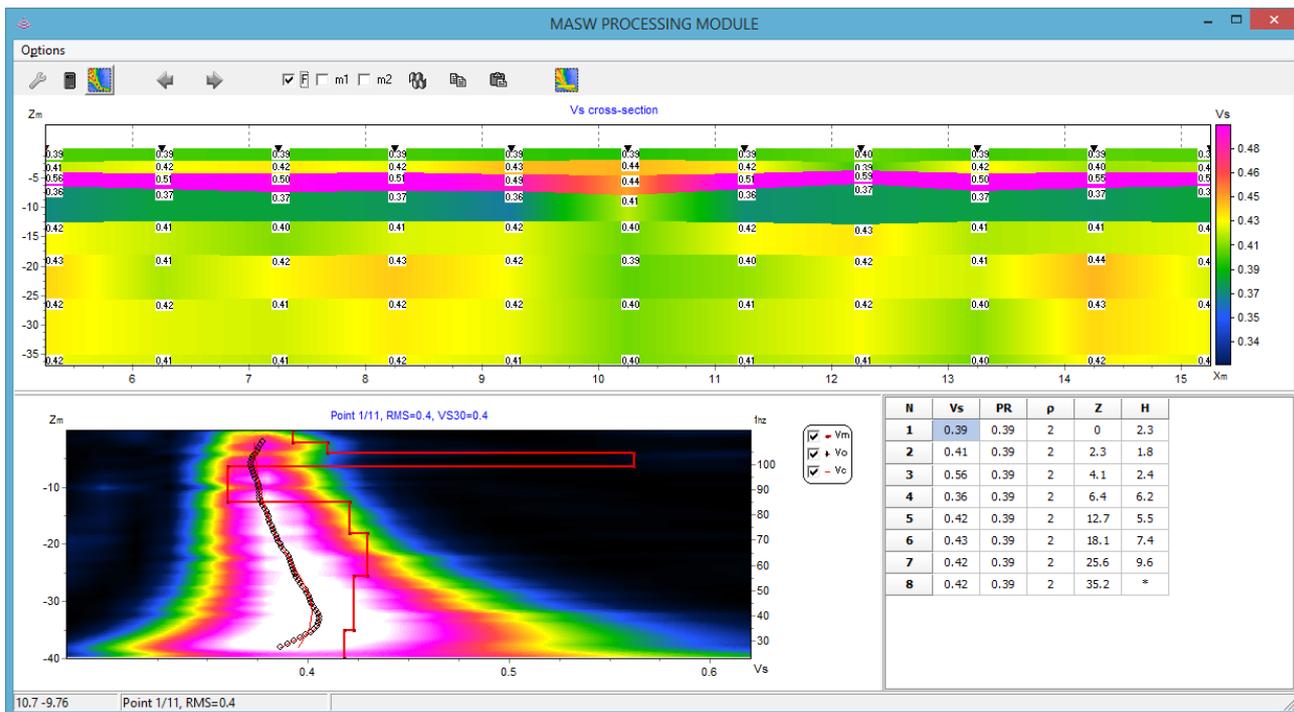
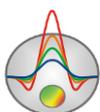


Рис. 25 Модуль MASW. Окно инверсии дисперсионных кривых

Панель инструментов в режиме интерпретации дисперсионной кривой содержит следующие функции.

-  - вызвать диалог настройки параметров интерпретации.
-  - рассчитать прямую задачу для заданной модели.
-  - показать спектры в качестве подложки
-  - перейти к предыдущей точке MASW. При отсутствии кривой на данной точке процесс интерпретации не возможен.
-  - перейти к следующей точке MASW. При отсутствии кривой на данной точке процесс интерпретации не возможен.
-  - запустить процедуру автоматического подбора параметров модели. Правая кнопка мыши запускает инверсию на текущей и всех последующих точках.
-  - скопировать текущую модель в буфер обмена.
-  - вставить модель из буфера обмена в текущую станцию.
-  - перейти в режим пикировки дисперсионных кривых.

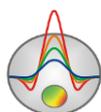


Опции F , $m1$ и $m2$ отвечают соответственно за выбор для инверсии фундаментальной или дополнительных мод. Рекомендуется в начале провести инверсию фундаментальной моды, а затем подключить остальные.

Главное меню окна

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

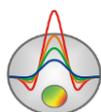
Options	Settings	Вызвать диалог настройки параметров интерпретации.
Options	Run Forward problem	Рассчитать прямую задачу.
Options	Run Inversion	Запустить инверсию.
Options	Global search	Запустить алгоритм отжига для поиска решения.
Options	Autorecalculation	Автоматический пересчет прямой задачи при изменении параметров модели (на графе или в таблице).
Options	Fast solver	Включает решим быстрого решения прямой задачи.
Options	Copy model	Копировать модель в буфер обмена.
Options	Paste model	Вставить модель из буфера обмена в текущую.
Options	Poisson ratio	Назначить вторым параметром модели – коэффициент Пуассона. Обычно удобнее пользоваться коэффициент Пуассона, т.к. ν_p слабо влияет на результаты расчетов.
Options	ν_p value	Назначить вторым параметром модели скорость продольных волн.
Options	Section	Interpolate – изображать модель с гладким распределением параметров Standard – изображать модель в форме отдельных слоев для каждой станции.
Options	Background	Load – загрузить изображение подложки из файла графического формата Show – отобразить подложку Remove - отобразить подложку
Options	Draw labels	Рисовать значения V_s на слоях модели.
Options	Load borehole data	Загрузить файл скважинных данных crt
Options	Remove boreholes	Удалить скважинный данные



Options	Export/Model to CAD	Экспортировать результаты интерпретации в файл dxf системы CAD.
Options	Export/Model as XYZ	Сохранить модель в виде текстового файла с колонками X – расстояние по профилю, Y – глубина, Z – скорость поверхностных волн
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	Export/MOD 1D file	Сохранить модели в формате *.MOD1D для последующего использования в этой и других программах инверсии Zond . Файл MOD1D, также может быть импортирован как набор скважин.
Options	Export/VS30 profile	Сохранить значения параметра VS30 для каждой станции в текстовый файл.
Options	Import MOD1D/2D	Загрузить значения параметров модели из файла MOD1D или MOD2D. Файл модели должен быть представлен в тех же координатах, что и профиль MASW.
Options	Goto processing mode	Перейти в режим пикировки дисперсионной кривой.

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

Zond geophysical software



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.

Следует отметить, что данные MASW можно включать в совместную инверсию (в режиме произвольно слоистой модели). Для этого используется опция *Invert MASW* подраздела главного меню **Layered**. Для того чтобы оценить невязки данных MASW, после инверсии следует войти в модуль MASW и посмотреть на полученные модели и результаты расчетов.

Диалог настройки параметров интерпретации

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

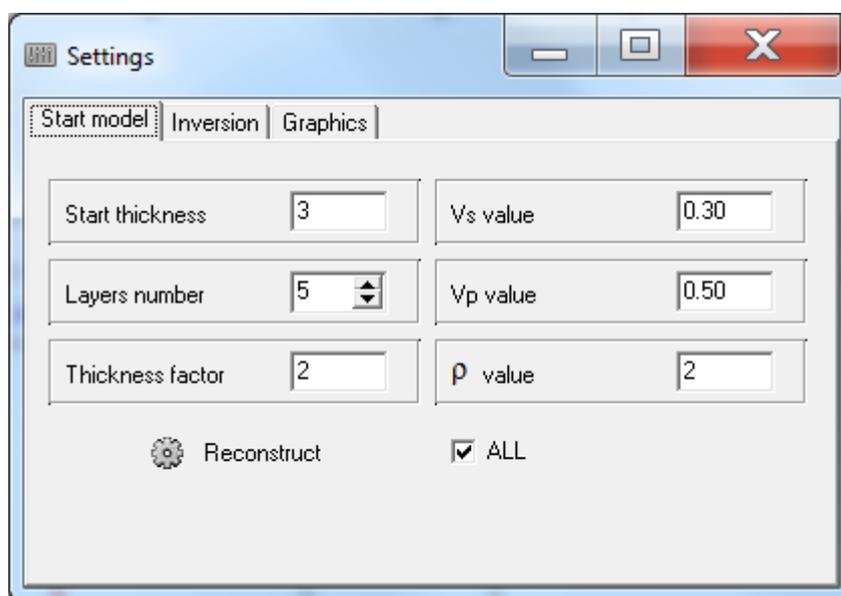
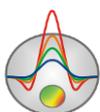


Рис. 26 Модуль MASW. Настройки параметров инверсии. Вкладка **Start model**

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 3-10 слоев.

Кнопка [Reconstruct] должна быть использована после изменения параметров начальной модели. При этом предыдущая модель уничтожается. Если включена опция ALL, новые модели формируются для всех станций, иначе только для текущей.

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.

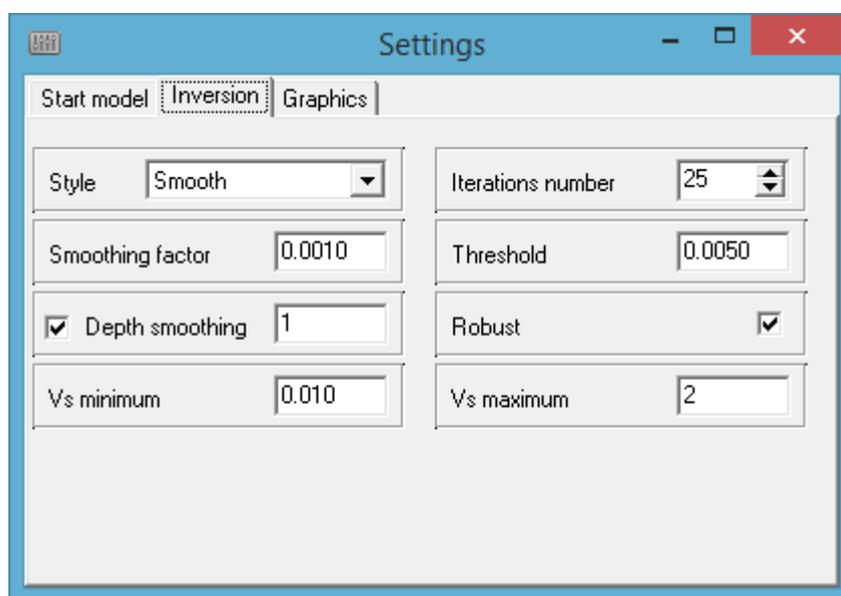
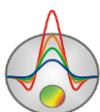


Рис. 27 Модуль MASW. Настройки параметров инверсии. Вкладка **Inversion**

Style – определяет алгоритм инверсии.

Standard - классический алгоритм инверсии по методу наименьших квадратов с регуляризацией демпфирующим параметром. При малом количестве слоев, алгоритм позволяет получать наилучшее значение невязки.

Smooth – инверсия по методу наименьших квадратов с использованием сглаживающего оператора и дополнительной минимизацией контрастности. В результате применения этого алгоритма получают наиболее гладкое распределение параметров (в зависимости от *smoothing factor*).



Focused - инверсия по методу наименьших квадратов с использованием сглаживающего оператора и дополнительной фокусировкой контрастности. В результате применения этого алгоритма получают кусочно-гладкое распределение параметров.

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: 0.05 – 0.1. При больших значениях сглаживающего параметра чаще всего получают большие значений невязки данных. Используется в алгоритмах инверсии *Smooth* и *Focused*.

Depth smoothing – устанавливает степень сглаживания модели с глубиной. Используется, когда в нижней части модели появляются сильные осцилляции, связанные с ошибками в данных.

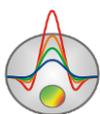
Threshold – устанавливает пороговое значение контрастности соседних слоев по достижению которого параметры этих слоев не усредняются между собой. Значения этого параметра выбирается эмпирическим путем (0.001-0.1). Выбор очень малого значения параметра может привести к расхождению алгоритма (при этом следует увеличить его значение). Слишком большие значения параметра приводят к получению гладкого распределения.

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

Iterations number - процесс инверсии останавливается по достижении установленного номера итерации.

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

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



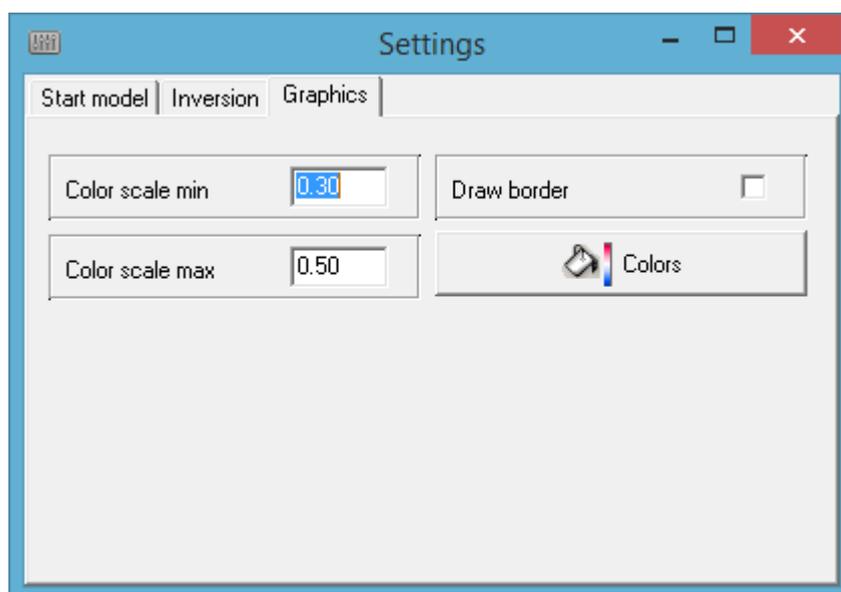


Рис. 28 Модуль MASW. Настройки параметров инверсии. Вкладка Graphics

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 палитры цветовой шкалы.

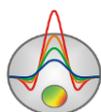
Результаты пикировки и инверсии данных MASW/ReMi сохраняются как в проекте пикировки BIN, так и в проекте инверсии ST. Это сделано для возможности сохранения этих результатов для ограниченной версии, поддерживающей только режим поверхностных волн. В этой версии, для того чтобы не потерять результаты, из окна MASW вернитесь в окно **Trace editor** и сохраните проект BIN. При следующем открытии файла все результаты MASW будут загружены из проекта.

Модуль инверсии полевых данных

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 или проекта ST.
	Вызвать модуль пикирования первых вступлений. Если проект с сейсмограммами загружен – можно отредактировать значения первых



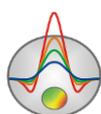
	вступлений в соответствии со значениями теоретических годографов (из инверсии). Для обновления значений пикировок используется кнопка  при выходе.
	Вызвать диалог сохранения данных или проекта.
	Перейти в режим сеточной модели.
	Перейти в режим произвольно слоистой модели.
	Перейти в режим полигонального моделирования.
	Вызвать диалог настройки параметров инверсии.
	Вызвать таблицу с геометрией измерительной системы и первыми вступлениями.
	Запустить процедуру расчета прямой задачи.
	Запустить процедуру инверсии или остановить ее (при повторном нажатии).
	Запустить процедуру одномерной инверсии. Результаты одномерной инверсии могут быть хорошим начальным приближением для двумерной инверсии. При нажатии правой кнопкой мыши, появится всплывающее меню для выбора типа инверсии: 1D solution – одномерное решение строится для осредненного годографа профиля, 1.5D solution - решение строится с учетом изменения характера годографов вдоль профиля.
	Отменить шаг изменения модели среды.

Меню функций главного окна программы

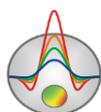
Если необходимо в процессе работы с программой вызвать подсказку о той или иной функции меню, это делается нажатием правой кнопкой мыши на эту опцию.

Ниже перечислены названия пунктов меню и их назначение:

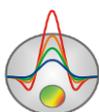
File	Create synthetic survey	Вызвать диалог создания синтетической системы измерений. Можно выбрать геометрию кос для наземного, межскважинного варианта или их комбинации. Данный диалог переводит программу в режим моделирования. Данный режим может быть полезен при планировании геофизических работ.
------	-------------------------	--



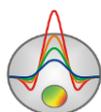
File	Open file	Открыть файл данных или проекта.
File	Import data from text/excel	Импортировать данные из произвольного (многоколоночного) текстового файла (или таблицы excel). Пользователю необходимо задать названия столбцов в первом ряду таблицы.
File	Save file	Вызвать диалог сохранения данных.
File	Edit data	Открыть, используемый программой файл данных, в редакторе Notepad .
File	Print preview	Перейти в диалог предварительного просмотра и настройки печати (подробнее).
File	Recent	Открыть один из ранее открытых проектов.
File	Русский	Русская версия программы.
File	English	Английская версия программы.
File	Exit	Выход из программы.
Options	Project information	Показать информацию о загруженном проекте. Эта информация может быть отредактирована.
Options	Mesh constructor	Вызвать конструктор сети для моделирования. Содержит набор опций для автоматического создания сети и тонких настроек для опытных пользователей (подробнее).
Options	Program setup	Основные настройки программы. Большинство настроек предназначены для инверсии (подробнее).
Options/ Modules	Data picker	Запустить модуль пикирования времен первых вступлений (подробно описан выше).
Options/ Modules	Geological editor	Построить интерпретационный (геологический) разрез, на геофизической основе. Используется полигональный интерфейс задания объектов (подробнее).
Options/ Modules	3D fence diagram	Вызвать окно трехмерной визуализации сейсмических разрезов, с учетом их реальных координат. Для построения нескольких разрезов необходимо загрузить их из mod2d файлов (подробнее).
Options/ Inversion	Set boundaries	Вызвать диалог задания границ, которые программа будет учитывать при проведении инверсии. Используйте этот инструмент, если точно знаете положение границ.



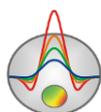
		<p>Старайтесь задавать границы максимально близко к направляющим сети. Лучше использовать в комбинации: <i>Ossam inversion</i>, <i>smoothness factor</i> = 0.1..1 (подробнее).</p>
Options/ Inversion	Optimization	<p>Настройки параметров оптимизации. Доступны следующие:</p> <p><i>Line search</i> - Поиск оптимального параметра демпфирования на каждой итерации (замедляет процесс инверсии примерно в 3-4 раза). В большинстве случаев эта опция позволяет достичь минимальной невязки за небольшое количество итераций, но увеличивает время выполнения итерации и может являться причиной попадания решения в локальный минимум. Если опция отключена, поведение параметра демпфирования, контролируется двумя параметрами – <i>smoothness factor</i> (начальное значение) и <i>factor</i> (коэффициент уменьшения).</p> <p><i>Factor</i> - Если опция <i>line search</i> отключена, <i>Factor</i> контролирует поведение параметра демпфирования в ходе инверсии. На первой итерации используется значение <i>smoothness factor</i>, и на каждой следующей, это значение делится на заданный пользователем коэффициент. <i>Smoothness factor</i> м.б. выбран автоматически, если выбрана опция около поля ввода <i>Smoothness factor</i> (во вкладке Model в Program setup).</p> <p><i>Lim based inv</i> - Если заданы слишком узкие общие пределы изменения параметров или индивидуальные пределы для некоторых ячеек, инверсия будет пытаться вывести параметры за заданные пределы. Это может сильно влиять на скорость сходимости. В этом случае, следует включить данный вариант инверсии, который с одной стороны уменьшает вклад ячеек, выходящий за заданные пределы, а с другой – использует специальные нормы параметров, затрудняющие такой выход.</p>
Options/	Resolution	Набор параметров по увеличению разрешающей



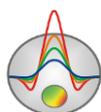
Inversion		<p>способности инверсии с глубиной. Увеличение чувствительности ведет к увеличению влияния нижних ячеек модели.</p>
Options/ Inversion	Smoothness	<p>Этот набор опций по управлению гладкостью и сглаживающим оператором. Они могут сильно влиять на результат инверсии. Относятся ко второму члену функции цели $C^C*(m-m_0)$.</p> <p><i>m0 - start model - m0 (опорная модель)</i> некоторая, заданная пользователем модель (или результат инверсии). Основная задача инверсии в данном случае, уменьшить невязку при сохранении близости к опорной модели. Степень близости контролируется параметром <i>Smoothing factor</i>. Работает в случае инверсии <i>Occam</i> и <i>Focused</i>.</p> <p><i>m0 - median - m0 (опорная модель)</i> медиана модели на текущей итерации. Основная задача инверсии в данном случае, уменьшить невязку при сохранении максимально гладкой модели. Гладкость контролируется параметром <i>Smoothing factor</i>. Работает в случае инверсии <i>Occam</i> и <i>Focused</i>. Это наилучший вариант при использовании <i>focused inversion</i> или инверсия с априорными границами.</p> <p><i>m0 - previous model - m0 (опорная модель)</i> модель на предыдущей итерации. Основная задача инверсии в данном случае, получение минимальной невязки при стабильной сходимости. Скорость сходимости контролируется параметром <i>Smoothing factor</i>. Работает в случае инверсии <i>Occam</i> и <i>Focused</i>. Для <i>Focused</i> иногда может не давать желаемый результат (кусочно-постоянную модель).</p> <p><i>Diagonal filter</i> - диагональное сглаживание при инверсии. Используйте эту опцию, если в разрезе присутствуют наклонные структуры.</p> <p><i>Average window</i> – поиск среднего значения параметров опорной модели <i>m0</i> в окне, <i>Smoothness=median</i>.</p>



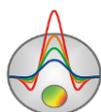
Options/ Inversion	Cross gradient/Pushing factor	Главный параметр совместной инверсии, контролирующей степень близости образов (минимум кросс-градиента) моделей для двух методов. Обычно выбирается методом проб и ошибок в диапазоне 0-1000. При нулевом значении, модели подбирается полностью независимо. Большие значения параметра могут являться причиной невязки по одному или двум методам. Балансировать невязками можно, задавая веса соответствующих методов.
Options/ Inversion	Cross gradient/Off- layers num	Очень часто верхняя часть разреза сильно неоднородна и различна для разных геофизических методов. В этих случаях следует исключить несколько слоев из оператора кросс-градиента. Верхняя часть при этом будет свободна в изменениях.
Options/ Inversion	Cross- gradient / MinMax range	Задать диапазон изменения параметров для второго метода участвующего в совместной инверсии.
Options/ Inversion	Cross-gradient / CC criteria	Использовать критерий общей корреляции двух моделей для совместной инверсии. Значения <i>pushing factor</i> в случае выбора этого алгоритма должны быть в диапазоне 0-2.
Options/ Inversion	Cross- gradient /Seismic data – BG image	<i>Seismic data</i> - выбор данных сейсморазведки для совместной инверсии. Например, если в проекте присутствуют пикировки продольных и поперечных волн. Дополнительная опция <i>Limited by PR</i> , в данном случае контролирует, чтобы коэффициент Пуассона находился в разумных пределах. <i>Gravity data</i> - выбор данных гравиразведки для совместной инверсии. <i>Magnetic data</i> - выбор данных магниторазведки для совместной инверсии. <i>Anisotropy data</i> – подбор параметра анизотропии в



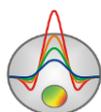
		<p>рамках минимизации кросс-градиентов.</p> <p><i>BG Image</i> - Выбор изображения подложки в качестве основы для совместной инверсии. Рекомендуется использовать изображения в градации серого.</p>
Options/ Inversion	Underwater options	<p>Настройки для работы с акваторными данными. Устанавливает параметры верхнего водного слоя.</p> <p><i>Velocity</i> - задать скорость в воде.</p> <p><i>Invert</i> - включить опцию подбора скорости в воде.</p> <p><i>Subnodes number</i> - установить количество разбиений для водного слоя (5-10).</p> <p><i>No direct waves</i> – запретить волнам проходить только через водный слой (прямые волны).</p>
Options/ Inversion	Invert start time MAX-10	Включает режим автоматического подбора отметок момента при инверсии. Данную опцию следует включать при проблемах с определением отметок моментов.
Options/ Inversion	Invert visible data	В ходе инверсии будут подбираться только показанные годографы. Для того чтобы убрать/показать годографы используется легенда графиков.
Options/ Inversion	Invert anisotropy	Инверсия с подбором параметра анизотропии (подробнее).
Options/ Inversion	Long line inversion	Данная процедура разбивает профиль на несколько кусков, с перекрытием и инвертирует их по отдельности. Для большинства случаев данный способ не рекомендуется, конечно, если количество приемников не превышает 10000.
Options/ Data	First break times	Изображать значения первых вступлений.
Options/ Data	Apparent velocity	Изображать значения кажущихся скоростей.
Options/ Data	Travel time curves	Отображать графики годографов первых вступлений.
Options/ Data	Iso S-R spacing	Показать графики для одинаковых разносов (расстояний между источником и приемником).



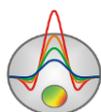
Options/ Data	$X_{pos}=(S+R)/2$	Положение точки наблюдения на графике – середина между источником и приемником, иначе – положение приемника.
Options/ Data	Ray paths	Показать на модели сейсмические лучи соединяющие источники и приемники, рассчитанные для текущей модели. Предварительно следует рассчитать прямую задачу .
Options/ Data	Data editor	Вызвать редактор измерений в виде таблицы (подробнее).
Options/ Data	Survey pseudosection	Отобразить псевдоразрез кажущихся скоростей системы наблюдений (подробнее).
Options/ Data	Velocity offset plot	Показать график зависимости кажущихся скоростей от разноса в отдельном окне. Это зависимость может быть использована при создании стартовой модели (подробнее).
Options/ Data	Display with shifts	Показывать графики годографов с учетом подобранных отметок момента.
Options/ Data	Display error gates	Показать доверительные интервалы пикировок. Задаются в Trace editor, параметром quality.
Options/ Data	Smooth data	Сгладить данные первых вступлений или амплитуд, в зависимости какой режим выбран.
Options/ Model	Block-section	Изобразить сеточную модель в виде ячеек (подробнее).
Options/ Model	Smooth-section	Изобразить сеточную модель в гладкой интерполяционной палитре.
Options/ Model	Contour-section	Изобразить сеточную модель в виде контурного разреза.
Options/ Model	Velocity	Изобразить модель скоростей.
Options/ Model	Sensitivity	Изобразить функцию чувствительности модели в виде контурного разреза. Опция активна при включенном режиме <i>Contour section</i> .
Options/ Model	dVelocity	Изобразить модель полного градиента скоростей. Опция активна при включенном режиме <i>Contour section</i> .



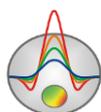
Options/ Model	Quality	Изображать параметр качества подобранной модели. Под качеством понимается количество лучей проходящих через ячейку, нормированное на невязку данных. Опция активна при включенном режиме <i>Contour section</i> .
Options/ Model	Display	Velocity – перейти в режим работы со скоростями. Anisotropy - перейти в режим работы с анизотропиями скоростей. Attenuation – перейти в режим работы с параметром затухания волн. При этом вместо географов первых вступлений, в верхней секции окна отображаются амплитуды (подробнее).
Options/ Model	X:Z=1:1 scale	Установить одинаковыми горизонтальный и вертикальный масштабы модели.
Options/ Model	Model editor toolbar	Показать панель инструментов работы для редактирования сети и модели (подробнее).
Options/ Model	Extend bottom	При наличии рельефа данная опция протягивает нижние ячейки модели до максимума глубины.
Options/ Model	Cut by rays	Обрезать часть модели не покрытую рассчитанными сейсмическими лучами.
Options/ Model	Bound by cable	Обрезать те части модели, которые выходят за первый и последний источник/приемник.
Options/ Topography	Тopo coefficient 0	Задать коэффициент искажения рельефа с глубиной. Если в проекте заданы превышения рельефа, этот коэффициент указывает, как быстро сеть выполаживается до горизонтальной. 0 – каждый новый слой имеет такую же новую геометрию, как и первый, 1 – последний слой сети горизонтальный.
Options/ Topography	Import topography	Загрузить данные о топографии профиля из текстового файла (две колонки x и y).
Options/ Topography	Remove topography	Удалить данные о топографии профиля. Используется для тестовых целей.
Options/ Topography	Restore topography	Вернуть ранее удаленные данные топографии



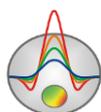
Options/ Topography	Edit topography	Редактировать данные о топографии профиля в режиме таблицы. Топография может быть скопирована из таблицы Excel.
Options/ Topography	Smooth topo	Выполнить операцию усреднения высот соседних пикетов. Помогает получить более плавную топографию вдоль профиля.
Options/ Topography	Suppress topo	Привести данные к плоской границе рельефа посредством инверсии. Данные топографии удаляются из проекта после выполнения процедуры.
Options/ Topography	Set by mouse	Включить режим добавления топографии с помощью мыши. Опция работает по тому же принципу, как и добавление априорной границы.
Options/ Topography	Splined intermediate	Если опция включена, для расчета превышений промежуточных узлов используется сплайн-интерполяция, иначе линейная. Опция работает при наличии топографии в проекте.
Options/ Topography	Reverse line	Зеркально отразить линию профиля (вместе с топографией и системой наблюдений)
Options/ Topography	Shift line	Сдвинуть линию профиля на заданное расстояние в метрах
Options/ Boreholes	Create/Edit borehole data	Создать/отредактировать файл литологии (подробнее)
Options/ Boreholes	Load borehole data	Открыть и показать файл с каротажными данными и литологическими колонками, а также файлы формата mod1d (файлы одномерной интерпретации).
Options/ Boreholes	Remove borehole data	Удалить из проекта каротажные данные и литологические колонки из проекта.
Options/ Boreholes	Set column width	Задать ширину литологической колонки при изображении на разрезе (в процентах от длины профиля).
Options/ Extra	Model smooth/raster	Этот инструмент позволяет сгладить всю или часть модели или сгруппировать ячейки в блоки. Опция может быть полезна, если необходимо сгладить верхнюю сильно гетерогенную часть разреза или для инверсии



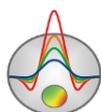
		типа «Blocks» (подробнее).
Options/ Extra	Display t0 map	Построить карту изолиний времен прихода волн t0 в каждый узел, для текущей модели (подробнее).
Options/ Extra	Data&model histogram	Показать графики распределения модели скоростей и кажущихся скоростей. Диалог позволяет задать минимум и максимум цветовой шкалы.
Options/ Extra	Build start model	Построить стартовую модель на основе кажущихся скоростей для межскважинной томографии.
Options/ Extra	Add extra nodes	Добавляет дополнительные узлы по краям модели. Это может быть полезно для межскважинных измерений. Опцию следует включать перед загрузкой данных.
Options/ Extra	Display receiver RMS	Показывает значение относительной невязки для каждого источника/приемника.
Options/ Extra	Orientation	Выбрать режим ориентировки окон: вертикальный или горизонтальный. Вертикальный режим удобен при работе с данными скважинной сейсморазведки.
Options/ Imp ort/Export	Other modules	Набор опций для быстрого обмена моделями между модулями программы. From layered as model – встроить произвольно слоистую модель в сеточную. From MASW as boreholes – показать результаты интерпретации MASW поверх сеточной модели, в форме набора скважин. From MASW as model – встроить результаты MASW в сеточную модель.
Options/Imp ort/Export	Import model/data	Загрузить файл с графиком (две колонки X и Y) или файл mod2d для отображения модели в отдельном окне.
Options/Imp ort/Export	Remove model/data	Удалить из проекта импортированную модель/данные.
Options/Imp ort/Export	Model parts/Save selection	Сохранить выделенную часть модели в текстовый файл (режим сеточной модели).
Options/Imp ort/Export	Model parts/Load selection	Загрузить выделение из текстового файла и вставить в модель (режим сеточной модели).
Options/Imp	Model	Экспортировать 1D модель для выбранной позиции в



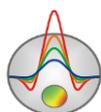
ort/Export	parts/Extract 1D log	текстовой файл.
Options/Import/Export	Model parts/Load 1D log	Вставить в модель вертикальный профиль скоростей и их пределов на заданной горизонтальной координате.
Options/Import/Export	Load image	Загрузить подложку следующих форматов: bmp, png, sgy, sec. Формат sec внутренний формат Zond, содержит изображение и координаты углов.
Options/Import/Export	Remove background	Удалить подложку из проекта.
Options/Import/Export	Change sizes	Эта опция позволяет изменить размеры и положение пользовательской подложки в режиме реального времени.
Options/Import/Export	Create shaded map	Использовать карту теневого рельефа, построенную на базе текущей модели, в качестве подложки.
Options/Import/Export	Load 1D model	Импортировать и встроить в текущую 1D модель из текстового файла.
Options/Import/Export	Load MOD1D/2D	Загрузить файл модели *.MOD1D или *.MOD2D, созданный в другой интерпретационной программе Zond .
Options/Import/Export	Save MOD1D/2D	Сохранить текущую модель в файл *.MOD1D или *.MOD2D, для дальнейшего использования в других интерпретационных программах Zond .
Options/Import/Export	Import SeisOpt picking	Импорт времени первых вступлений из файла программы SeisOpt.
Options/Import/Export	Export model to Excel	Экспортировать модель в формате таблицы Excel.
Options/Import/Export	Export model to CAD	Экспортировать результаты интерпретации в файл формата DXF.
Options/Import/Export	Export model to SEG-Y	Экспортировать текущую модель в сейсмический формат программы seg-y.
Options/Import/Export	Export model to Geosoft	Экспортировать текущую модель в формат программы geosoft.
Options/Import/Export	Export ray paths	Сохранить лучевую схему в текстовом формате.



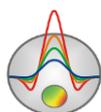
Options/Import/Export	Draw model in Surfer	Построить текущую модель в Surfer. Построение возможно из режима contour section. Могут быть проблемы, если установлены 2 версии Surfer или не установлены библиотеки обмена.
Options/Graphics	Observed graphics	Вызвать диалог настройки отображения наблюдаемых графиков (подробнее).
Options/Graphics	Calculated graphics	Вызвать диалог настройки отображения расчетных графиков (подробнее).
Options/Graphics	Smooth contours	Сглаживать контуры модели в соответствующем режиме отображения (<i>Contour section</i>).
Options/Graphics	Smoothness	Степень гладкости контурного разреза. Чем больше параметр сглаживания, тем более гладкий разрез.
Options/Graphics	Isolines high quality	Рисовать сглаженные изолинии в высоком качестве. Из-за низкой скорости рекомендуется использовать на окончательной стадии получения графики.
Options/Graphics	Bitmap output settings	Вызвать диалог настройки параметров графического изображения при экспорте (подробнее).
Options/Attenuation		Подраздел настроек, появляющийся при переходе в режим Model/Display/Attenuation, если в проекте присутствуют амплитуды.
Options/Attenuation	Modeling mode	Включить режим моделирования амплитуд, для текущего лучевого покрытия. При моделировании, амплитуды всех источников равны единице.
Options/Attenuation	Frequency	Устанавливает рабочую частоту полезного сигнала для расчета амплитуд в режиме затухания.
Options/Attenuation	Max offset	Установить предельное значение разноса (если сейсмотрассы зашумлены), при превышении которого данные не участвуют в инверсии амплитуд.
Options/Attenuation	Joint-velocity	Использовать минимизацию кросс-градиента, с текущей моделью скорости, при инверсии амплитуд.
Options/Attenuation	Invert sources A	Если амплитуда источников выдержана на профиле (например, при работах на акваториях), то эту опцию можно отключить.
Options/Graphics	Load new data	Загрузить гравимагнитные данные из текстового



viMagnetic		(многоколоночного) файла. Заголовки столбцов вводятся в первой строке таблицы. Данные должны быть в той же системе координат (дистанции), что и текущая модель (в метрах).
Options/Gra viMagnetic	Add new data	Добавить гравимагнитные данные к проекту.
Options/Gra viMagnetic	Field setting	Настройки параметров гравитационного и магнитного полей.
Options/Gra viMagnetic	Subtract median grav	Вычесть медиану из гравитационных наблюдений для получения аномального поля.
Options/Gra viMagnetic	Subtract median mag	Вычесть медиану из магнитных наблюдений для получения аномального поля.
Options/Gra viMagnetic	Inversion	Инвертировать данные гравии и магниторазведки в полигональном режиме.
Options/Gra viMagnetic	Invert gravity	Устанавливает нужно ли инвертировать данные гравиразведки в режиме произвольно слоистой модели.
Options/Gra viMagnetic	Invert magnetic	Устанавливает нужно ли инвертировать данные магниторазведки в режиме произвольно слоистой модели.
Options/Gra viMagnetic	Set weight of gravity	Задать общий вес для всех данных гравиразведки для совместной инверсии. Вес позволяет уменьшить или увеличить относительную невязку метода.
Options/Gra viMagnetic	Set weight of magnetic	Задать общий вес для всех данных магниторазведки для совместной инверсии. Вес позволяет уменьшить или увеличить относительную невязку метода.
Options/Gra viMagnetic	Display GM window	Показать окно с гравитационными и магнитными данными и модель(в режиме cross-gradient).
Options/TD EM data	Load TDEM data	Для импорта данных используются текстовые TDF (zondtem1d) и USF (universal sounding format) файлы. Координаты (дистанции) должны быть в той же системе, что и текущая модель. Совместная инверсия поддерживается только в режиме «произвольно слоистой модели».

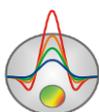


Options/TD EM data	Show TDEM data	Показать окно с данными метода ЗС или частотных зондирований (ЧЗ).
Options/TD EM data	Invert TDEM data	Включить данные ЗС или ЧЗ в совместную инверсию для произвольно слоистой среды.
Options/TD EM data	Set weight of TDEM	Задаёт общий вес всех данных ЗС/ЧЗ для совместной инверсии. Вес позволяет уменьшить или увеличить относительную невязку инверсии.
Options/VES data	Load VES data	Для импорта данных используются текстовые форматы zond. Координаты (дистанции) должны быть в той же системе, что и текущая модель. Совместная инверсия поддерживается только в режиме «произвольно слоистой модели».
Options/VES data	Show VES plot	Показать окно с данными метода ВЭЗ.
Options/VES data	Invert VES data	Включить данные ВЭЗ в совместную инверсию для произвольно слоистой среды.
Options/VES data	Set weight of VES	Задаёт общий вес всех данных ВЭЗ для совместной инверсии. Вес позволяет уменьшить или увеличить относительную невязку инверсии.
Options/MT data	Load MT data	Для импорта данных используются текстовые форматы zond. Координаты (дистанции, км) должны быть в той же системе, что и текущая модель. Совместная инверсия поддерживается только в режиме «произвольно слоистой модели».
Options/MT data	Show MT plot	Показать окно с данными метода МТЗ.
Options/MT data	Invert MT data	Включить данные МТЗ в совместную инверсию для произвольно слоистой среды.
Options/MT data	Set weight of MT	Задаёт общий вес всех данных МТЗ для совместной инверсии. Вес позволяет уменьшить или увеличить относительную невязку инверсии.
Buffer	Model 1, 2....	Буфер позволяет хранить до пяти моделей полученных разными способами. Их можно сравнивать в



		специальном окне, что может быть полезно для сравнения результатов инверсии с различными настройками (подробнее).
Buffer	Open	Показать окно со всеми моделями из буфера.
Waves	P- refracted	Перейти в режим работы с P-преломленными волнами
Waves	S-refracted	Перейти в режим работы с S-преломленными волнами (если они есть в проекте)
Waves	Reflected-1	Перейти в режим работы с отраженными от первой границы волнами (если они есть в проекте)
Waves	Reflected-2	Перейти в режим работы с отраженными от второй границы волнами (если они есть в проекте)
Waves	Reflected-3	Перейти в режим работы с отраженными от третьей границы волнами (если они есть в проекте)
Waves	Summary plot	Показать сводные модели распределения скорости, анизотропии и затухания, если последние были рассчитаны в соответствующих модулях) и т.д. Окно разбито на три секции, в каждой из которых можно построить выбранный параметр.
Help	About	О программе
Help	Manual	Открыть инструкцию к программе.
Help	Check for updates	Проверить наличие обновлений.
Help	ERROR!!!Set default values	Сбросить все настройки и вернуться к первоначальным, после повторного запуска.
Help	Bing maps api_key	Если карты автоматически не загружаются из интернета, необходимо ввести пользовательский ключ <i>bing api key</i> .
Help	Show news	Показывать новости.
Help	Send message to us	Отправить сообщение разработчику. Сообщения передаются корректно только латиницей. Поэтому следует использовать транслит.

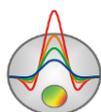
Файл импортируемых данных должен состоять из двух столбцов: координата измерения, значение. Вертикальной осью импортируемых данных служит правая ось плана графиков. Импортируемая модель должна содержаться в файле проекта Zond MOD2D, при загрузке которого, появится новое окно, содержащее модель. При перемещении курсора в



области моделирования, положение активной ячейки отображается на модели из файла импорта.

При переходе в окно «произвольно слоистой модели» (кнопка  панели инструментов быстрого доступа основного окна программы) дополнительно становятся доступными следующие опции меню:

Layered / Model constructor	Вызвать конструктор для произвольно слоистой модели.
Layered / Save to mesh	Встроить произвольно слоистую модель в сеточную.
Layered / Load from mesh	Использовать в качестве параметров слоев, среднее всех ячеек входящих в этот слой.
Layered / Invert VP&VS	Совместная инверсия данных VP и VS в рамках единой геометрии слоев.
Layered / Invert boundaries	Подбирать геометрию границ при инверсии. Иногда необходимо подобрать только параметры (границы известны и закреплены).
Layered / Invert MASW	Включить данные MASW в инверсию произвольно слоистой среды.
Layered / Invert MASW-VP	При включении данной опции, текущие продольные скорости будут использованы при подборе данных MASW.
Layered / Draw labels	Отображать значения физического свойства в узле параметра. Выбор параметра, который будет отображаться, производится в конструкторе.
Layered / Transparent	Не закрашивать слои. Позволяет видеть подложку с результатами инверсии в сеточном режиме и задавать оптимальную начальную модель.
Layered / Edit mode	Включить режим редактирования произвольно слоистой среды. Редактирование производится с помощью мыши. Границы перетягиваются в вертикальном направлении, щелчок по подписи к слою позволяет редактировать значение параметра.
Layered / Save layers	Сохранить слоистую модель в текстовой файл.
Layered / Load layers	Загрузить слоистую модель из текстового файла.
Layered / Create from	Создать границы произвольно слоистой модели, используя



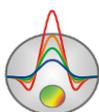
boreholes	скважины текущего проекта.
-----------	----------------------------

При переходе в окно полигонального моделирования (кнопка  панели инструментов главного окна программы) становятся доступными следующие дополнительные опции меню:

Modeling / Get values from mesh	Присвоить значения параметров полигонам автоматически. Это значение будет равно среднему значению всех попадающих ячеек модели внутри полигона.
Modeling / Set values to mesh	Встроить полигональную модель в сеточную.
Modeling / Save polygons	Сохранить полигоны в текстовой файл.
Modeling / Load polygons	Загрузить полигоны из текстового файла.
Modeling / Remove all polygons	Удалить заданные пользователем полигоны.
Modeling / Display color scale	Показывать цветовую шкалу рядом с разрезом.
Modeling / Colors from color scale	Назначить цвета полигонам в соответствии с цветовой шкалой.

“Горячие” клавиши

Курсорные клавиши /курсор в редакторе модели	Изменение активной ячейки модели.
Delete /курсор 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.

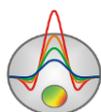
Создание и открытие файла данных для инверсии

Для начала интерпретации в программе **ZondST2D** необходимо произвести обработку данных в модуле пикирования первых вступлений (**Trace editor**) и перейти в режим инверсии , либо открыть файл данных определенного формата, содержащий информацию о координатах сейсмоприемников, топографии и значения первых вступлений. Также, можно воспользоваться опцией главного меню File/Import from txt/excel для импорта данных из произвольного текстового файла или таблицы Excel.

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.
Reflex picking	Открыть файл с пикировками программы ReflexW.

Для правильной работы программы файл данных не должен содержать:



- нетрадиционные символы, разделяющие записи в строке (используйте символы TAB или SPACE)
- абсурдные или не числовые значения параметров измерений

Желательно, чтобы суммарное количество измерений содержащихся в одном файле не превышало 100000, а количество уникальных положений источников/приемников не превышало 5000. Все геометрические величины должны быть в метрах, времена в миллисекундах.

Формат основного файла данных ST

Программа представляет универсальный формат данных, включающий информацию о координатах питающих и приемных источников/приемников, отметки относительных превышений рельефа и собственно значения первых вступлений и амплитуд.

Файлы формата *.st могут иметь разную структуру – являться либо файлами данных (структура такого файла описывается ниже), либо файлами проектов (создаются программой при сохранении). Файл проекта бинарный, прочесть его можно только с помощью **ZondST2D**. Он содержит всю информацию, которая используется при работе с проектом – наблюдаемые данные, рассчитанные данные, модели, введенную априорную информацию, данные других методов и т.д.

Тестовый формат данных программы **ZondST2D data files** (расширение *.ST).

Файл данных условно можно разделить на две части: 1) наблюдаемые данные, 2) данные топографии (если таковые имеются).

1 часть файла данных: Наблюдаемые данные

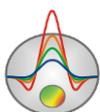
Первая строка – содержит управляющие ключи, указывающие программе, какие данные содержатся в том или ином столбце.

В **ZondST2D** приняты следующие обозначения (ключи) для координат источников и приемников:

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

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.



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.29)).

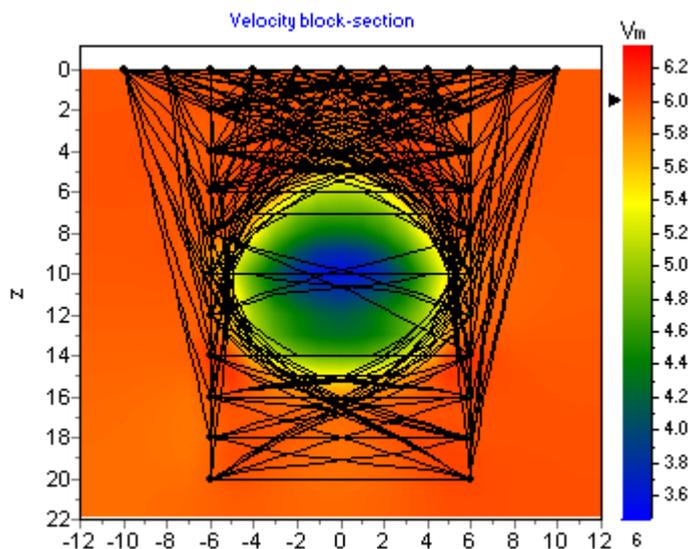


Рис. 29 Система наблюдений скважина-скважина, скважина-поверхность, поверхность-поверхность

Отрицательные координаты используются при акваторных или скважинных измерениях (здесь поверхностью измерений считается дно 0).

Для измеренных значений:

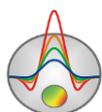
Времена первых вступлений (мс) **ft**

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.

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.

topo~ приведение к горизонтальной плоскости (рис.30). 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.

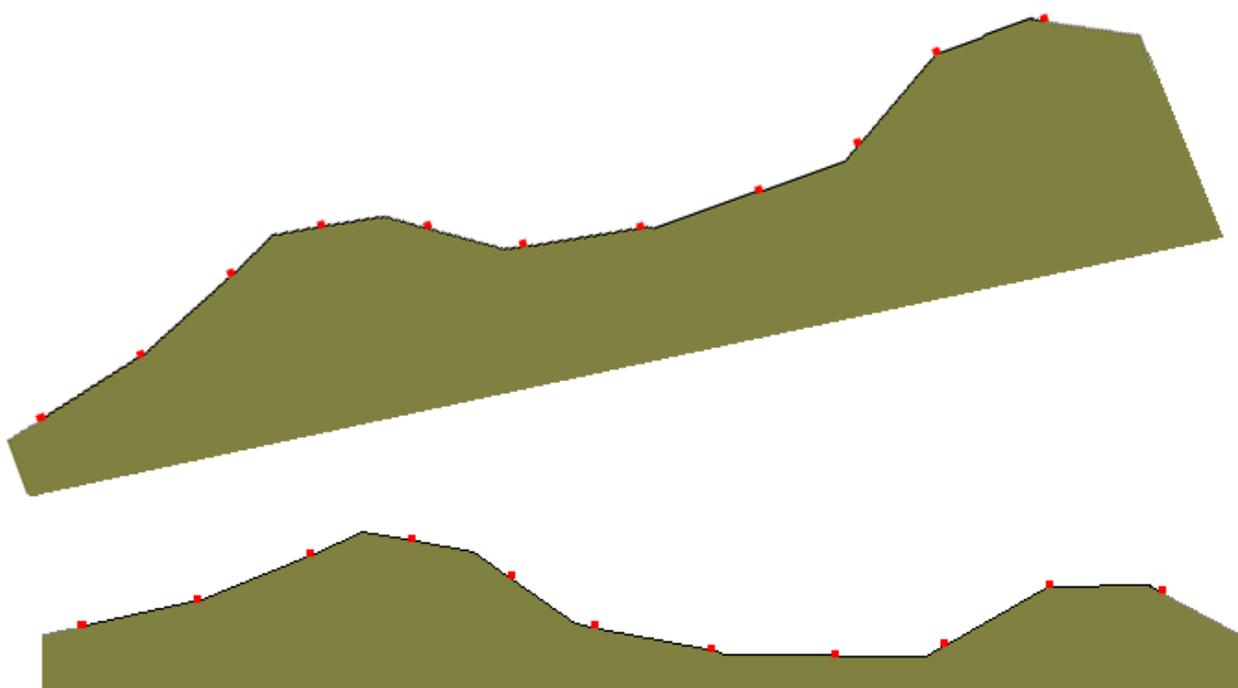
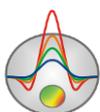


Рис. 30 Приведение рельефа по склону к горизонтально плоскости

topo# задание координат профиля по длинам (“змейка”) (рис.31). 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.



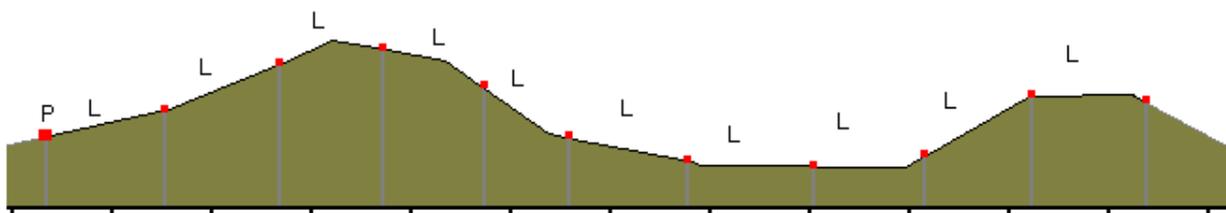


Рис. 31 Положение приемников с расстоянием между ними с учетом изменений рельефа (вдоль косы)

topo^ данный ключ необходим, если данные топографии и координаты приемников заданы в расстояниях вдоль косы.

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

topow – 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. 32). 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 (3-10). Последние два параметра можно менять, используя меню функций главного окна программы. Можно задавать комбинированные системы, когда измерения производятся на дне и на поверхности водного слоя (транзитная зона). Для этого следует вводить вертикальные координаты приемников относительно уровня профиля дна.

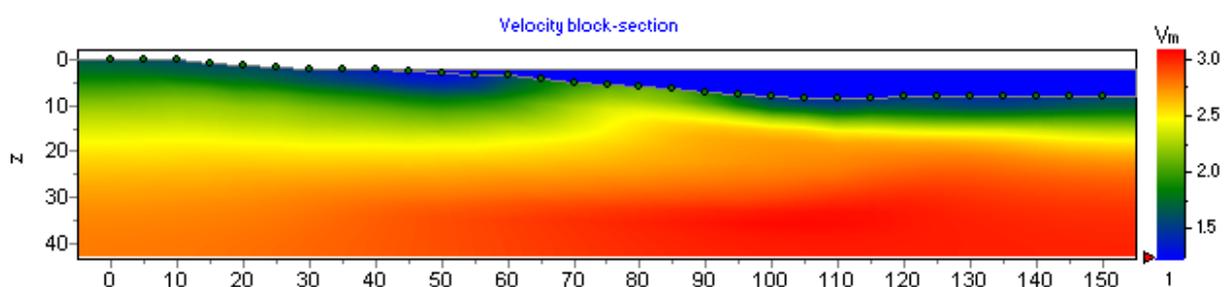
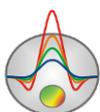


Рис. 32 Скоростной разрез, полученный в результате смешанных измерений на суше и акватории.

topow* – в водном случае данный ключ упрощает ввод данных топографии, если коса находится на поверхности воды.



Создание синтетической системы наблюдений

Диалог создания синтетической системы наблюдений можно вызвать пунктом меню **File/Create synthetic survey** главного окна программы.

Окно разбито на три части: граф геометрии источников/приемников (слева), таблица координат источников/приемников (справа вверху) и таблица текущего годографа (справа внизу), в которой отображается список пар индексов источник-приемник (рис.33) для текущего годографа.

График 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. Проще всего задавать систему наблюдений кнопкой .

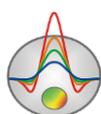
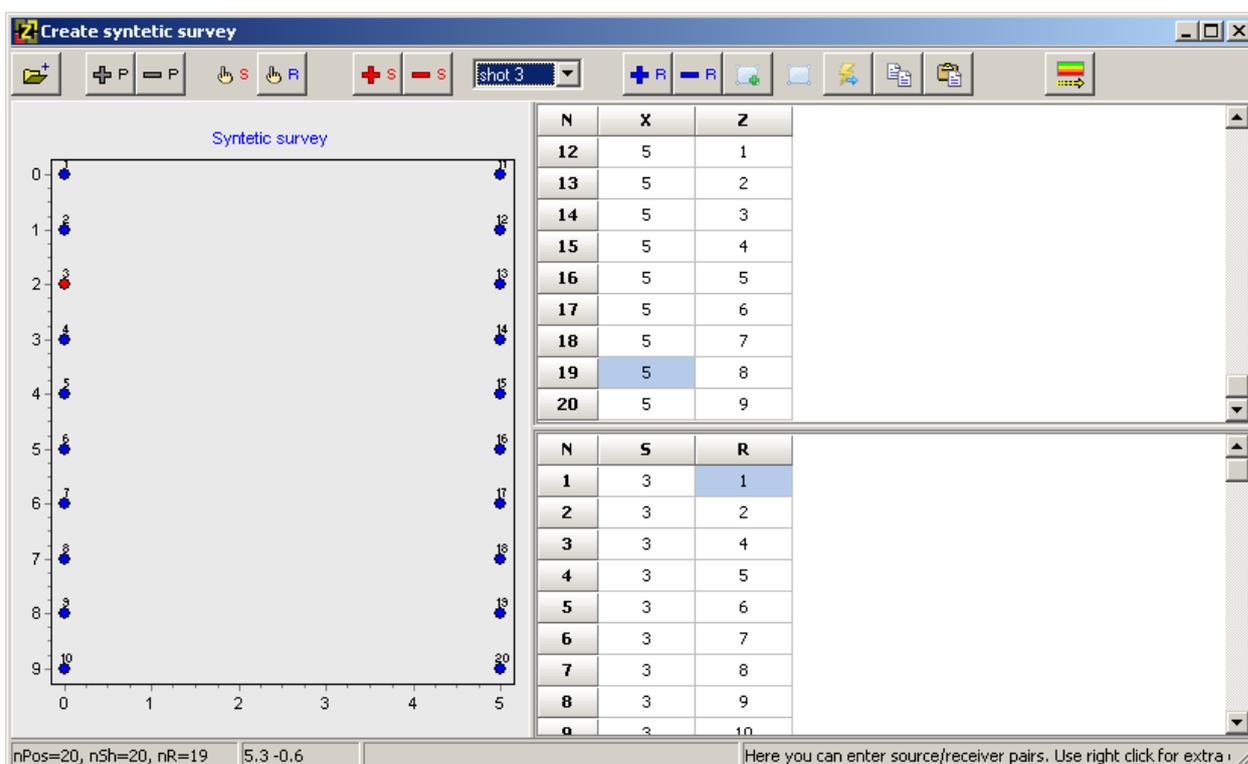
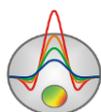


Рис. 33 Окно программы Create synthetic survey

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.
	Сохранить файл с координатами источников/приемников
	Добавить новую позицию источника/приемника. Новая позиция отображается в левом графе окна, координаты в верхней таблице справа. Нажимать нужно много раз, в строке статуса показывается текущее количество позиций.
	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



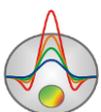
	<p>годографов.</p> <p><i>Select all positions</i> – Выбрать все позиции, кроме позиции источника в годограф.</p> <p><i>Deselect all positions</i> – Удалить все приемники из годографа.</p> <p><i>Create full array</i> – Создать систему наблюдений, в которой источник находится в каждой позиции, и каждому источнику соответствует группа из всех остальных приемников.</p>
	Копировать индексы приемников текущего годографа в буфер.
	Загрузить индексы приемников в текущий годограф из буфера.
	Создать систему и перейти в режим моделирования.

После создания синтетической системы наблюдений нажимается кнопка  и появляется диалог настройки параметров сети.

Результаты моделирования часто используются в инверсии, для подтверждения каких то гипотез. Для этого следует сохранить проект с результатами моделирования в режиме *Save model with calculated*, открыть сохраненный таким образом проект, очистить модель и провести инверсию.

Диалог настройки стартовой модели

После загрузке данных из файла (или окна **Trace editor**) или создании синтетической измерительной системы, появляется диалог настройки стартовой сети 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.34).



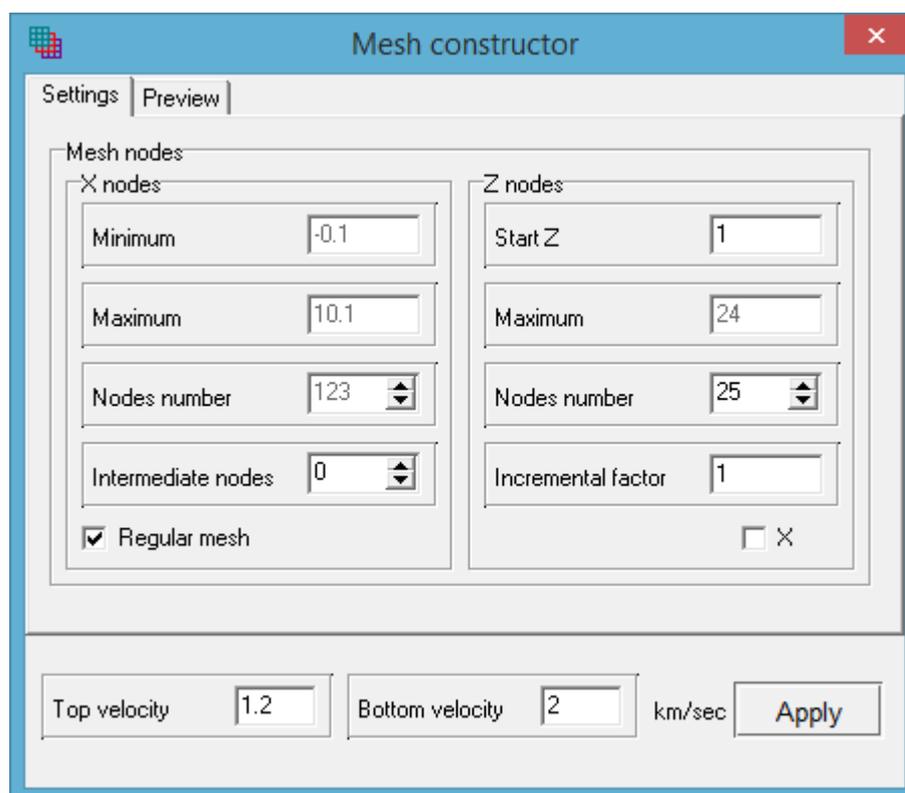


Рис. 34 Окно диалога Mesh constructor, вкладка Settings

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

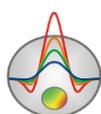
Minimum – указывает минимальную координату профиля измерений.

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). Если заданы только 2 вертикальные скважины, следует ввести больше количество промежуточных узлов или постоянный шаг разбиения.

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. При нажатии правой кнопкой мыши на панели с надписью **Regular mesh** можно указать шаг разбиения ячеек по оси X.



Область **Z nodes** содержит опции позволяющие задать параметры вертикальной сетки модели. Для наземных систем измерений программа автоматически выбирает эти параметры, руководствуясь следующими правилами:

- Глубина нижнего слоя соответствует трети максимального разноса.
- Число слоев примерно соответствует количеству уникальных разносов для данной системы измерений.
- Толщина последующего слоя в 1.05 раз больше предыдущего.

Но для многих типов съемок, в особенности для межскважинного просвечивания, параметры должны быть настроены вручную.

Start Z – устанавливает толщину первого слоя. Эта величина должна приблизительно соответствовать длине ячейки и удовлетворять необходимой разрешающей способности. Если установлена опция **X** (для скважинных измерений) указывает минимальную вертикальную координату модели. Это бывает полезно, когда разбиение нужно начинать с определенной глубины. В этом случае, вместо *Start Z* заменяется *Minimum*.

Maximum – указывает глубину нижнего слоя. Следует иметь в виду, что максимальная глубина не должна быть слишком велика (для наземных измерений), т.к. глубина проникновения лучей ограничена максимальным разносом и геологией. Для межскважинных измерений это величина должна превышать глубину наиболее погруженного источника/приемника.

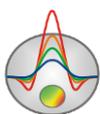
Nodes number – устанавливает количество слоев модели. Обычно достаточно 15-18 слоев для описания модели при наземных работах. Если установлена опция **X** указывает количество вертикальных узлов модели (рассчитывается исходя из количества уникальных положений источников/приемников в скважинах).

Incremental factor – устанавливает соотношение между толщиной смежных слоев для наземной съемки (**X** отключена). Значения этого параметра обычно выбирают в диапазоне от 1 до 2. Если установлена опция **X** (*Intermediate nodes*, скважинный вариант), определяет количество промежуточных вертикальных узлов сети (между источниками/приемниками).

X – устанавливает вертикальные узлы сети модели в положения приемников. Эту опция доступна 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 вертикальных расстояний между соседними источниками/приемниками.

Top velocity – устанавливает скорость верхнего слоя стартовой модели.



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

Во вкладке **Preview** отображается предполагаемая сеть без учета топографии.

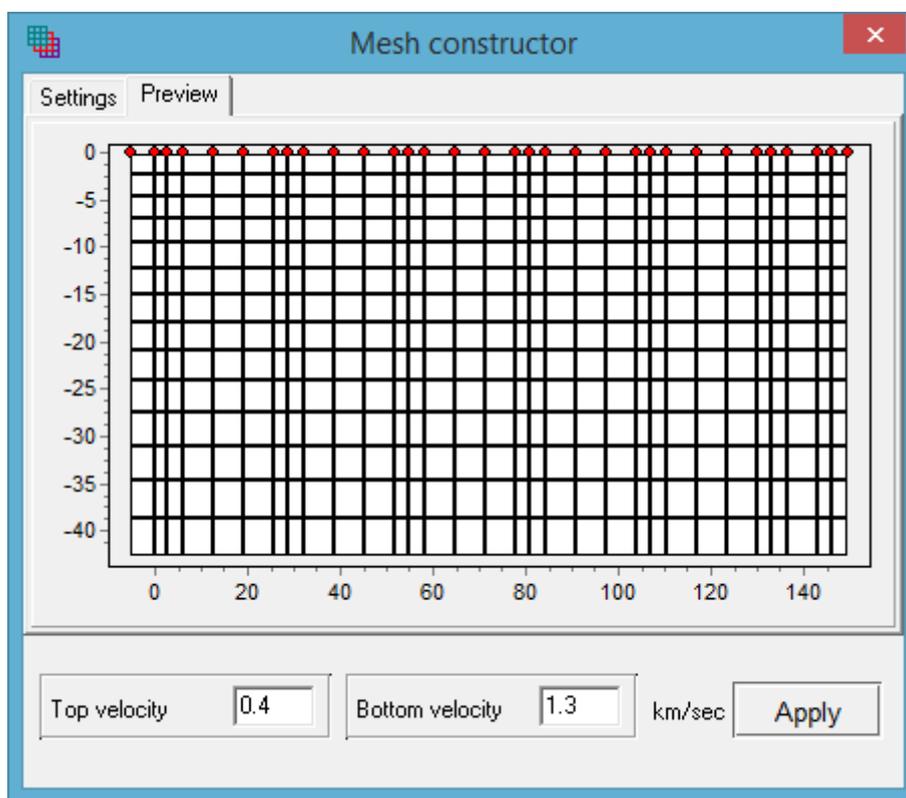


Рис. 35

[Ошибка](#)

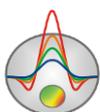
[! Источник ссылки не найден.](#) **Окно диалога Mesh constructor, вкладка Preview**

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 воспользовавшись опциями в редакторе модели.

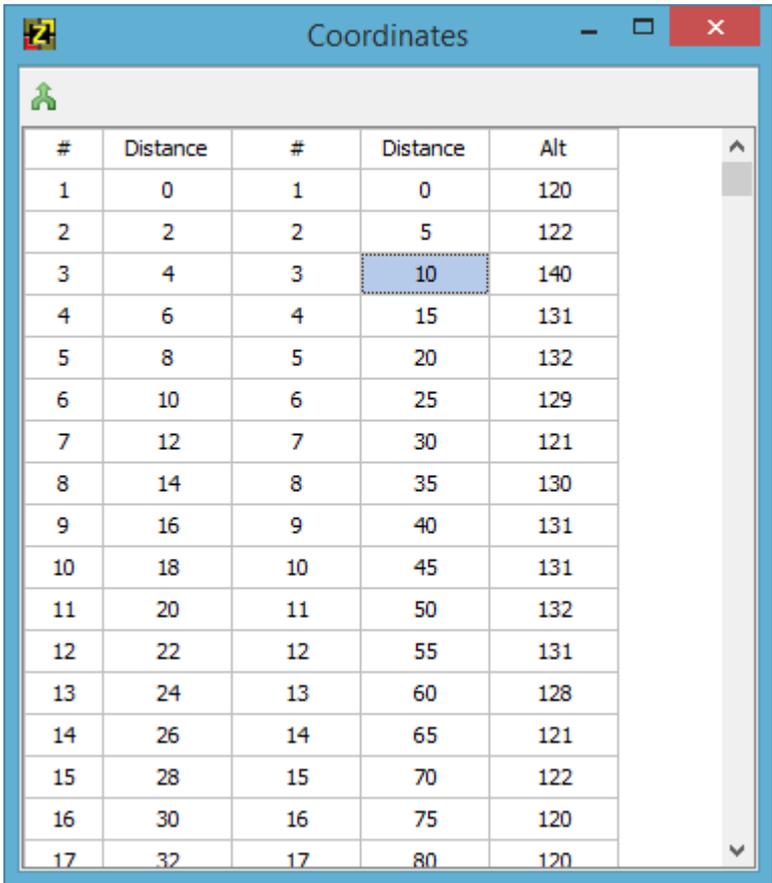
Ввод и редактирование топографической информации

В программе **ZondST2D** ввод рельефа возможен несколькими способами – в модуле **Trace editor** на этапе пикировки, через информацию во входном файле данных ST, с помощью опции импорта топографической информации главного меню программы **Options/Topography/Import topography** или копированием из excel в



Options / Topography / Edit topography. Также возможен вариант задания топографии с помощью мыши.

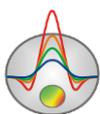
Импорт топографической информации производится из текстового файла, содержащего две колонки: расстояние по профилю и высотные отметки. Опция **Options/Topography/Import topography** вызывает таблицу, в колонки которой загружается информация из выбранного текстового файла (рис.36). В названиях соответствующих колонок необходимо выбрать Distance/X и Alt (для этого в первой строке выбирается заголовок колонки из списка). Ввод топографической информации завершается нажатием кнопки  .



#	Distance	#	Distance	Alt
1	0	1	0	120
2	2	2	5	122
3	4	3	10	140
4	6	4	15	131
5	8	5	20	132
6	10	6	25	129
7	12	7	30	121
8	14	8	35	130
9	16	9	40	131
10	18	10	45	131
11	20	11	50	132
12	22	12	55	131
13	24	13	60	128
14	26	14	65	121
15	28	15	70	122
16	30	16	75	120
17	32	17	80	120

Рис. 36 Таблица импорта топографической информации

Пункт меню **Options/Topography/Edit topography** вызывает диалог, позволяющий с помощью таблицы редактировать топографическую информацию, содержащуюся в исходном файле данных или импортированную в проект. Данные топографии могут быть скопированы из таблицы эксель. Если выбрана опция X, то горизонтальная координата не будет пересчитываться в зависимости от профиля превышений. Опция XY позволяет ввести реальные XY координаты каждого источника/приемника (для криволинейных профилей), которые будут использованы при отображении разреза в 3D.



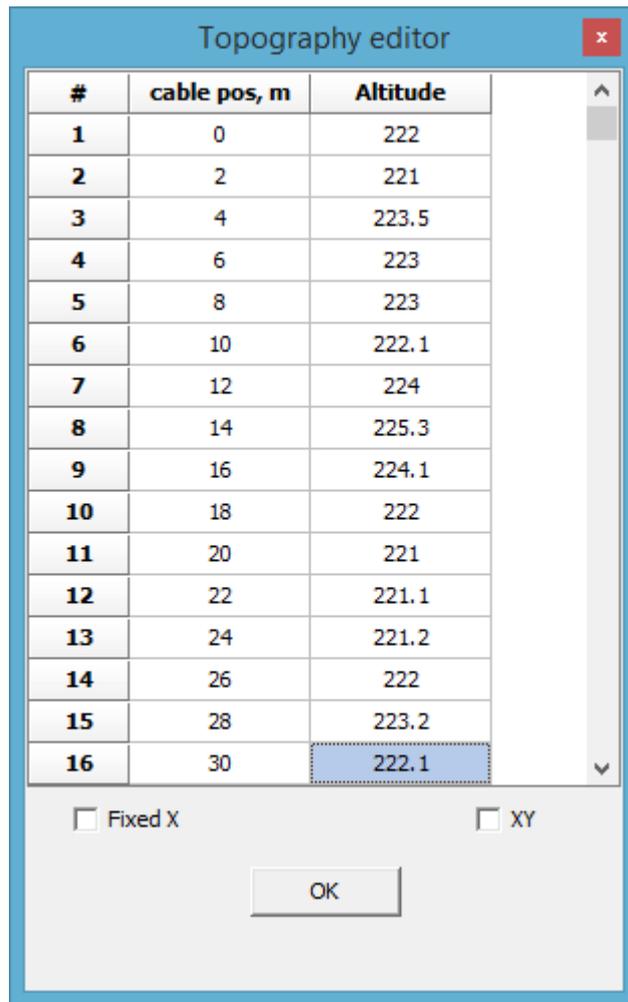


Рис. 37 Диалог редактирования топографической информации

Режим добавления топографии с помощью мыши может быть полезен для тестовых целей (так как слишком грубый). Он вызывается пунктом меню *set by mouse*. Процесс задания топографии сходен с заданием априорных границ.

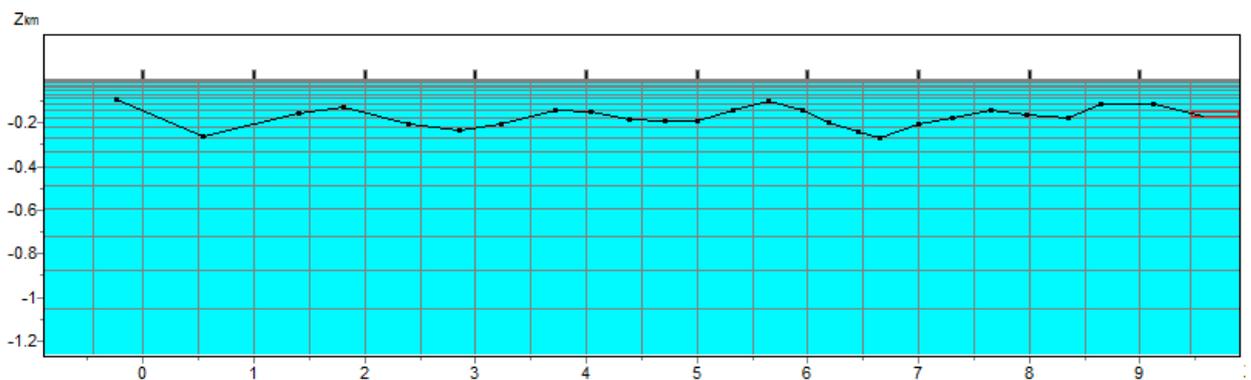
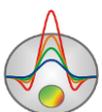


Рис. 38 Пример разреза в режиме добавления топографии с помощью мыши



Коэффициент искажения рельефа с глубиной (0-5) можно задать в меню **Option/Topography/Topo coefficient**. 0 – рельеф каждого последующего слоя повторяет предыдущий. 1 - рельеф выполаживается с глубиной, последний слой – плоский (рис.39). Искаженная глубина рассчитывается по следующей формуле:

$$z^*(x, z) = Topo(x) + z \cdot \left(1 + \frac{\max(Topo) - Topo(x)}{\max(z)} \cdot Tcoeff \right),$$

где *Topo* – превышение рельефа, *z* - глубина от поверхности.

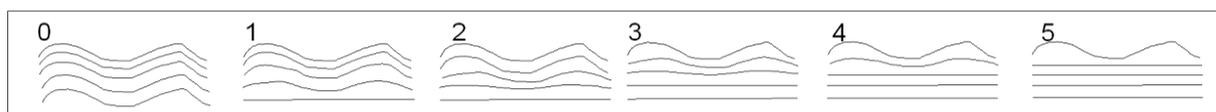


Рис. 39 Искажение слоев модели при значениях параметра **Topo coefficient** от 1 до

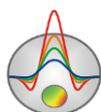
5

Способы визуализации данных

План графиков

План графиков служит для отображения значений годографов первых вступлений **Options/Data/First break times** и кажущихся скоростей **Options/Data/Apparent velocity** вдоль профиля, в форме графиков. В режиме Attenuation отображаются графики амплитуд.

В главном меню программы **Options/Data** можно выбрать способ построения графиков или годографы **Travel time curves** (рис. 40А), или графики для определенного разноса **Iso S-R spacings** (рис. 40В).



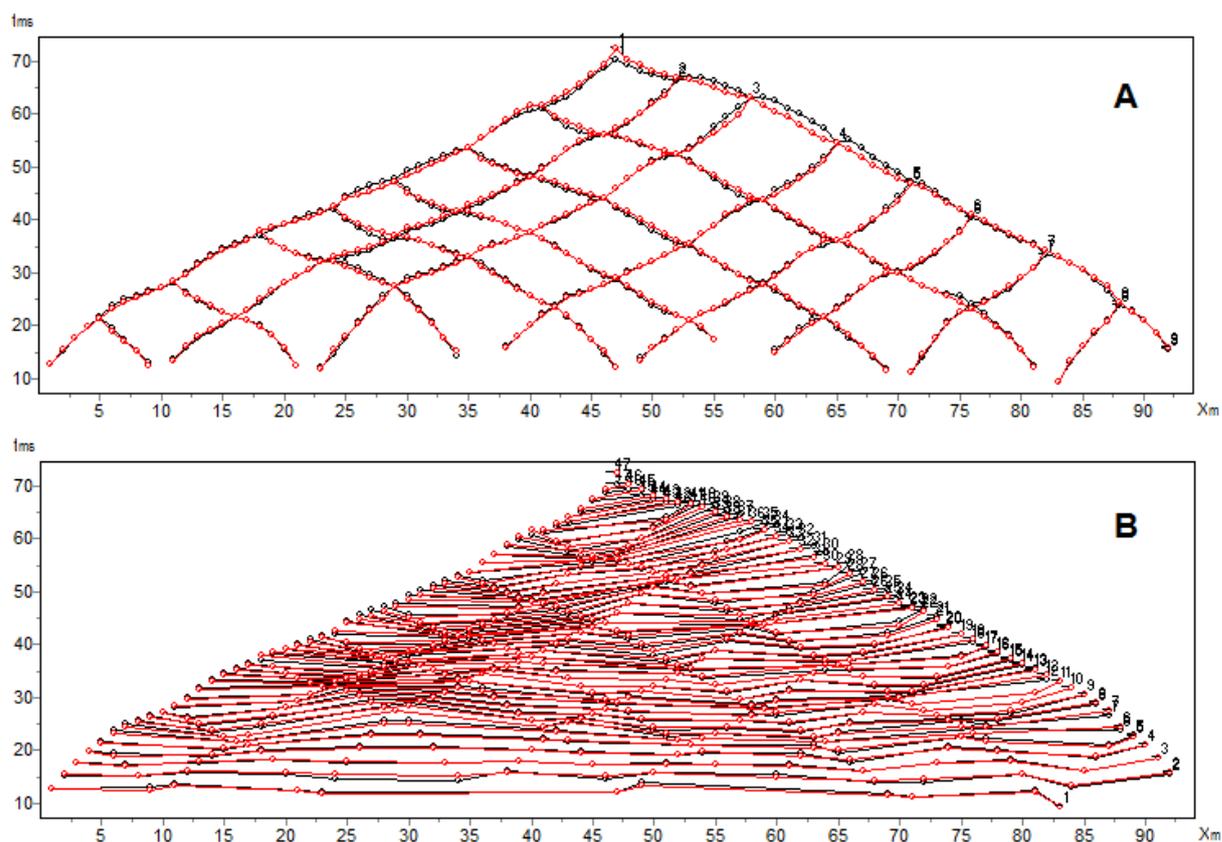


Рис. 40 Планы графиков: «А» - Travel time curves, «В» - Iso S-R spacings

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.41А). Для возврата к первоначальному масштабу, производятся те же действия, но мышь движется вверх и влево (рис.41В).

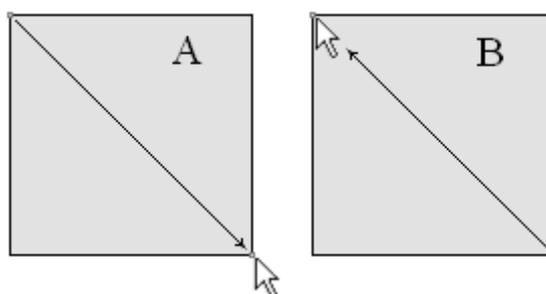
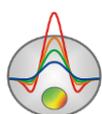


Рис. 41 Направление движения мыши при изменении масштаба.

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 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. При нажатии правой кнопки мыши на точке графика – измерение будет выделено в таблице (если табличный редактор активен).

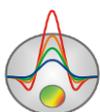
Диалог настройки графиков вызывается из главного меню [Options/Graphics/Observed\(Calculated\) graphics.](#)

В режиме отображения данных в виде графиков существует возможность удалить/задать веса определенных измерений. Удаление производится при нажатии центральной кнопки мыши на точках, изменение веса левой и правой кнопками мыши. Эти действия следует производить с нажатой клавишей ALT. При этом область выделения отображается в виде круга, размер которого регулируется колесом мыши. Для редактирования отдельных значений графиков используется левая кнопка мыши с нажатой клавишей CTRL.

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

Дополнительные возможности визуализации данных измерений

В главном меню модуля инверсии **Options/Data** доступны следующие функции: *Survey pseudosection* и *Velocity offset plot*, предназначенные для дополнительного анализа исходных данных. При выборе функции *Survey pseudosection* появляется дополнительное окно Survey scheme (рис.42), содержащее псевдоразрез кажущихся скоростей.



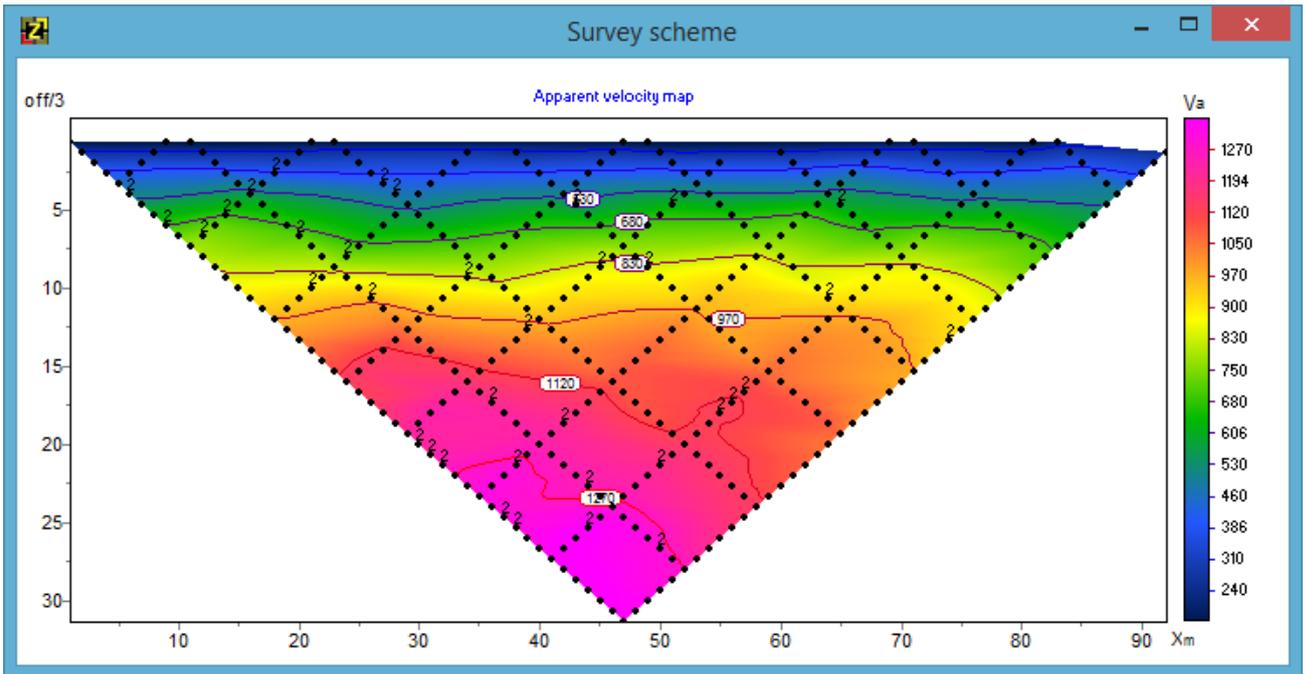


Рис. 42 Псевдоразрез кажущихся скоростей. Окно Survey scheme.

При выборе функции *Velocity offset plot* появляется дополнительное окно **Velocity-Spacing plot** (Рис. 43), граф зависимости кажущихся скоростей от удаления. Эта зависимость позволяет задать начальную модель для инверсии при помощи кнопки . Коэффициент устанавливает соотношение между глубиной и удалением.

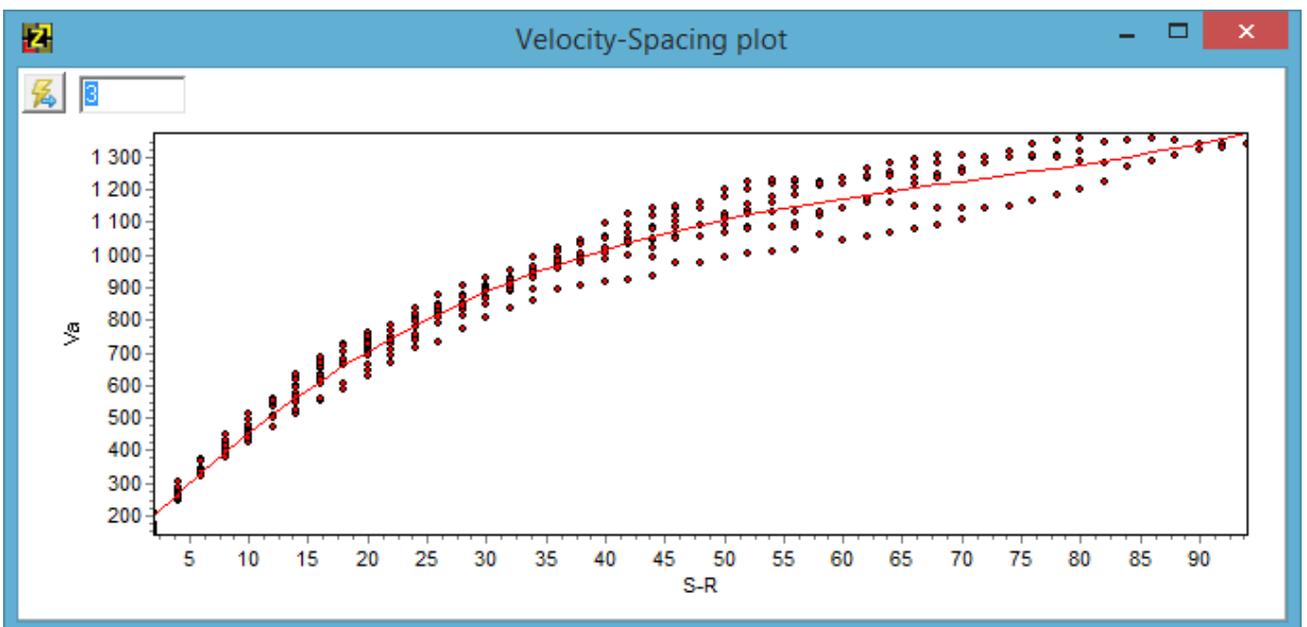
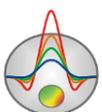


Рис. 43 Окно Velocity-Spacing plot

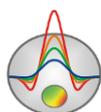


Редактор измерений (Data editor)

Редактор измерений вызывается кнопкой  и служит для представления системы наблюдений и измеренных значений в виде таблицы (рис. 44). Таблица содержит 10 столбцов:

Sx	Положение источника по X*.
Sy	Положение источника по Y.
Sz	Глубина погружения источника.
Rx	Положение приемника по X*.
Ry	Положение приемника по Y.
Rz	Глубина погружения приемника.
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 (дистанциях), которые содержатся в файле данных (режим – *Coordinates*) или в вычисленных горизонтальных проекциях (режим – *Positions*).



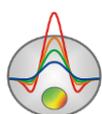
Array	Positions	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz	ft	Vk	weight	pr
70		0.1	0	1.1	10	0	8	5.96	2024.1	1	1000
71		0.1	0	1.1	10	0	9	6.01	2106.1	1	1000
72		0.1	0	1.1	10	0	10	6.15	2165.3	1	1000
73		0.1	0	1.1	10	0	11	6.32	2213.6	1	1000
74		0.1	0	1.1	10	0	12	6.53	2254.3	1	1000
75		0.1	0	1.1	10	0	13	6.76	2290.3	1	1000
76		0.1	0	1.1	10	0	14	7.00	2322.9	1	1000
77		0.1	0	1.1	10	0	15	7.26	2352.2	1	1000
78		0.1	0	1.1	10	0	16	7.52	2380.3	1	1000
79		0.1	0	1.1	10	0	17	7.83	2391.2	1	1000
80		0.1	0	1.1	10	0	18	8.21	2384.6	1	1000
81		0.1	0	1.1	10	0	19	8.63	2370.4	1	1000
82		0.1	0	1.1	10	0	20	9.07	2352.6	1	1000
83		0.1	0	1.1	10	0	21	9.52	2334.2	1	1000
84		0.1	0	1.1	10	0	22	9.99	2315.3	1	1000

Рис. 44 Диалоговое окно Data editor

Три 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** лучи в окне модели, будут отображаться только для текущего положения источника в таблице (рис.45).



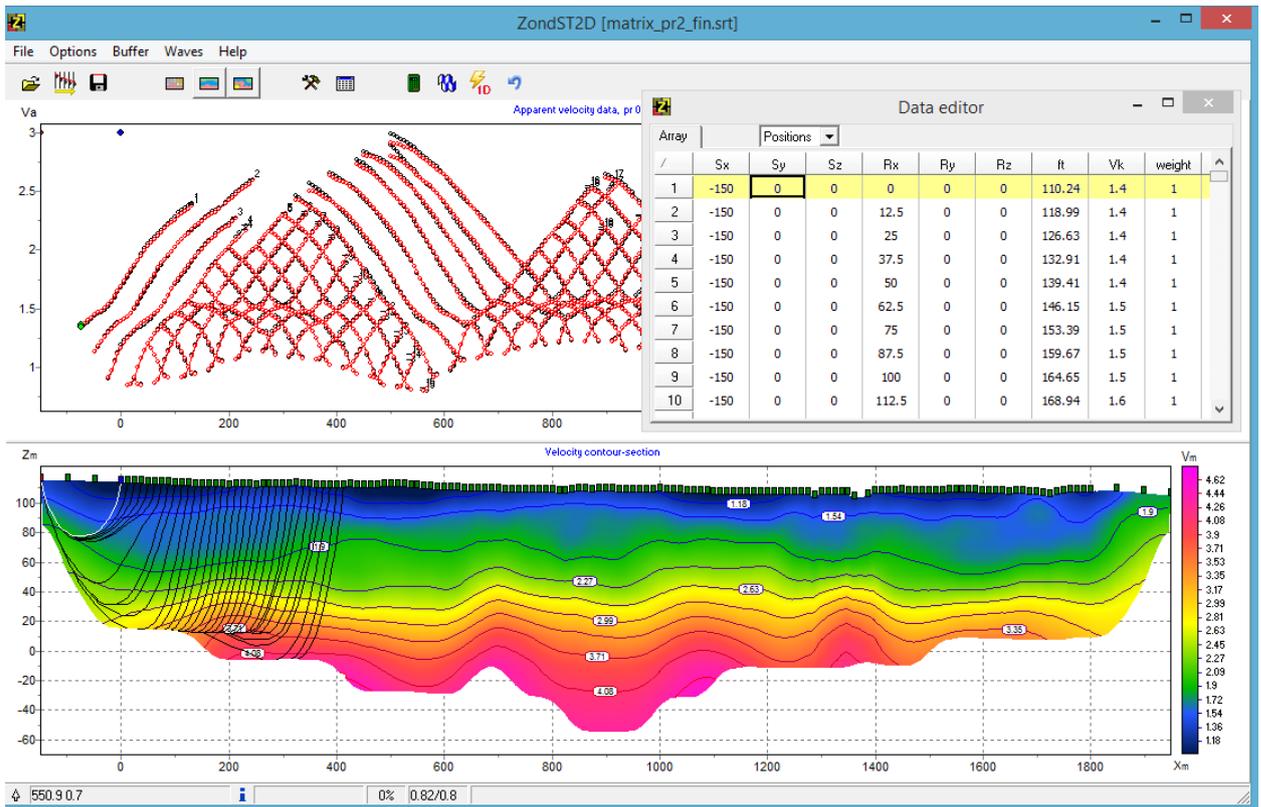
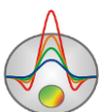


Рис. 45 Просмотр лучевых траектории в рабочем окне программы с использованием диалога Data editor

При выборе опции **Options/Extra/Display t0 map** диалог Data Editor запустится автоматически. После расчетов на модели будет изображена карта изолиний t_0 для выбранного в таблице источника. Настройка изолиний производится кнопкой  верхней панели окна.



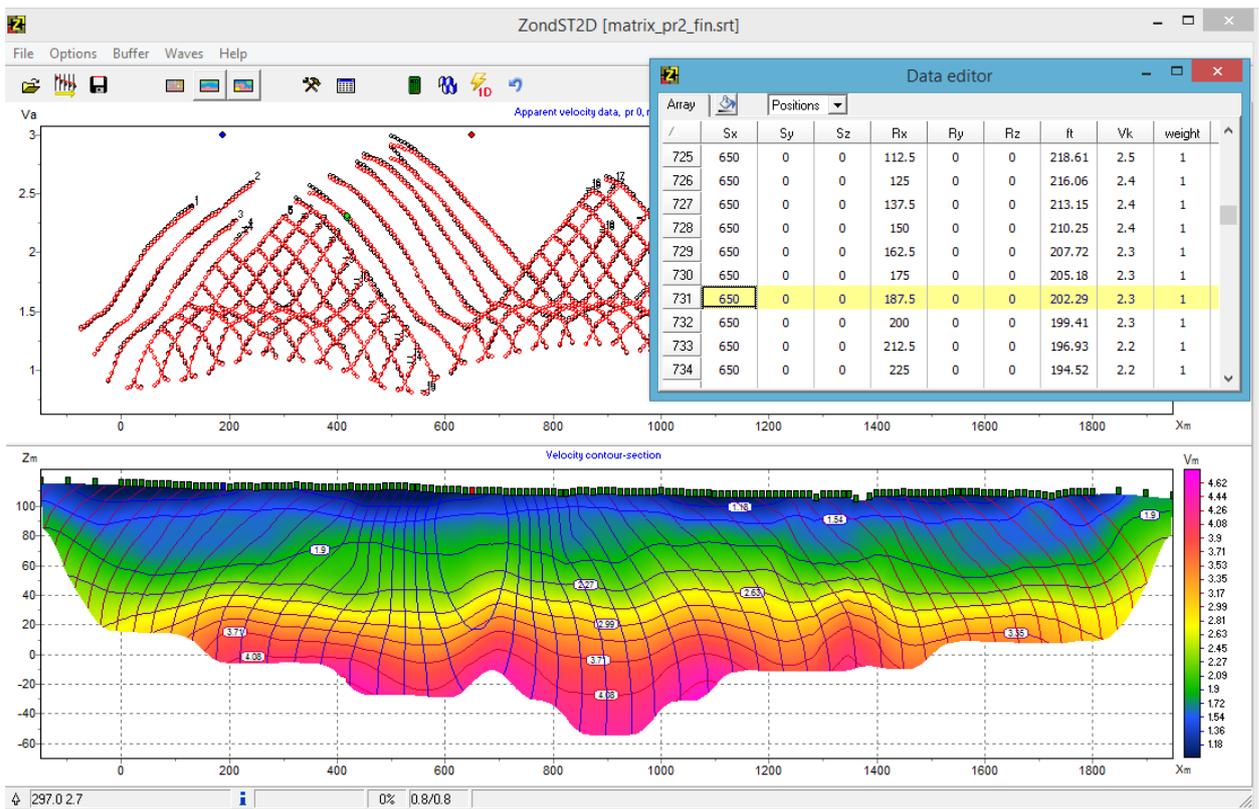
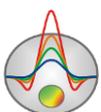


Рис. 46 Просмотр схемы изолиний t_0 для выбранного в таблице источника

Режимы визуализации сеточной модели

Модель можно отображать в виде ячеек **Options/Model/Block-section** (Рис.47А), в гладкой интерполяционной палитре **Options/Model/Smooth-section** (Рис.47В), а также в виде контурного разреза **Options/Model/Contour-section** (Рис.47С).



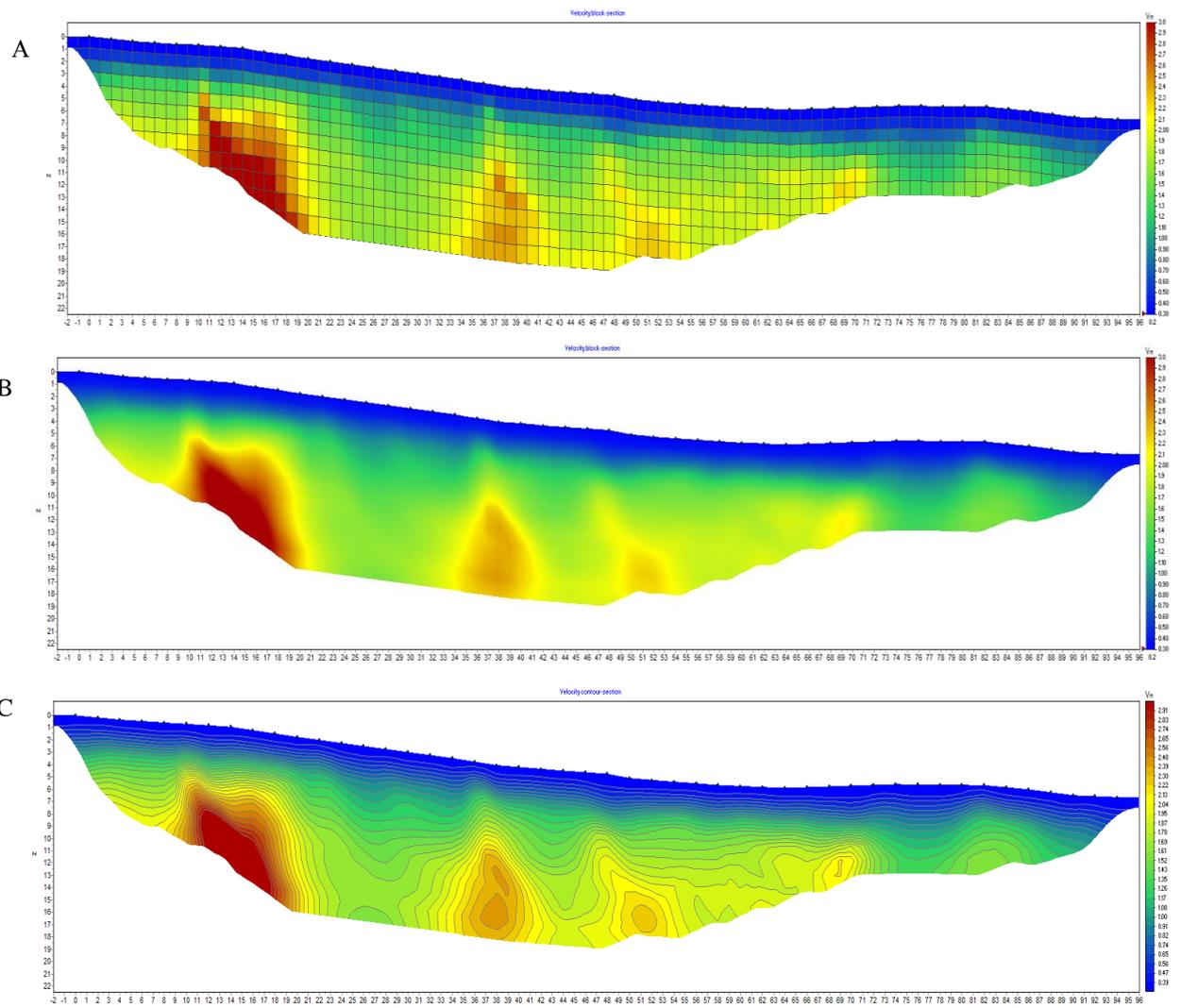


Рис. 47 Варианты отображения модели: Block-section (A), Smooth-section (B), Contour-section (C)

Удобным инструментом является опция *Create shaded map*, позволяющая отобразить текущую модель в виде карты теневого рельефа (рис. 48).

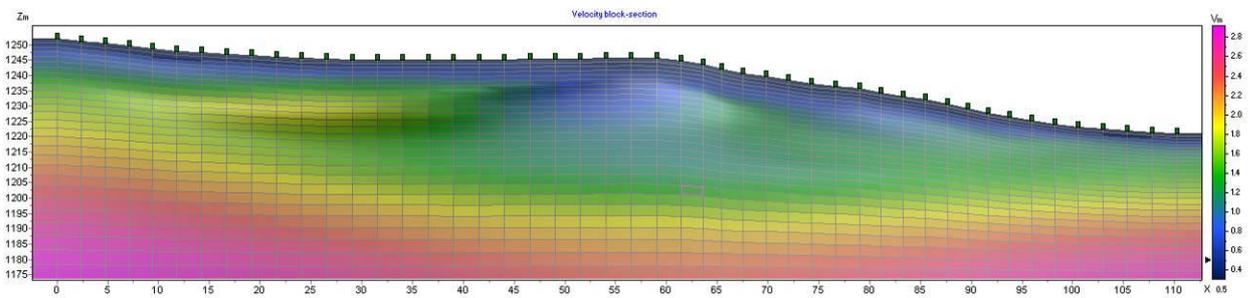
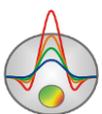


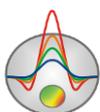
Рис. 48 Просмотр модели в виде карты теневого рельефа



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 данной секции.

От выбранного режима отображения модели зависят 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.47С). В этом же режиме благодаря опции **Option/Model/dVelocity** можно рассчитать и отобразить модель полного градиента скоростей (Рис.47В).

Надежность определения скоростей того или иного участка модели определяют по плотности лучевых траекторий. С помощью опции **Data/Ray paths/Calculated** можно отобразить схему лучевых траекторий, рассчитанную для данной модели. Опция **Options/Model/Cut bay rays** позволяет скрыть зоны модели, по которым в результате инверсии не проходят лучевые траектории (Рис.47А).



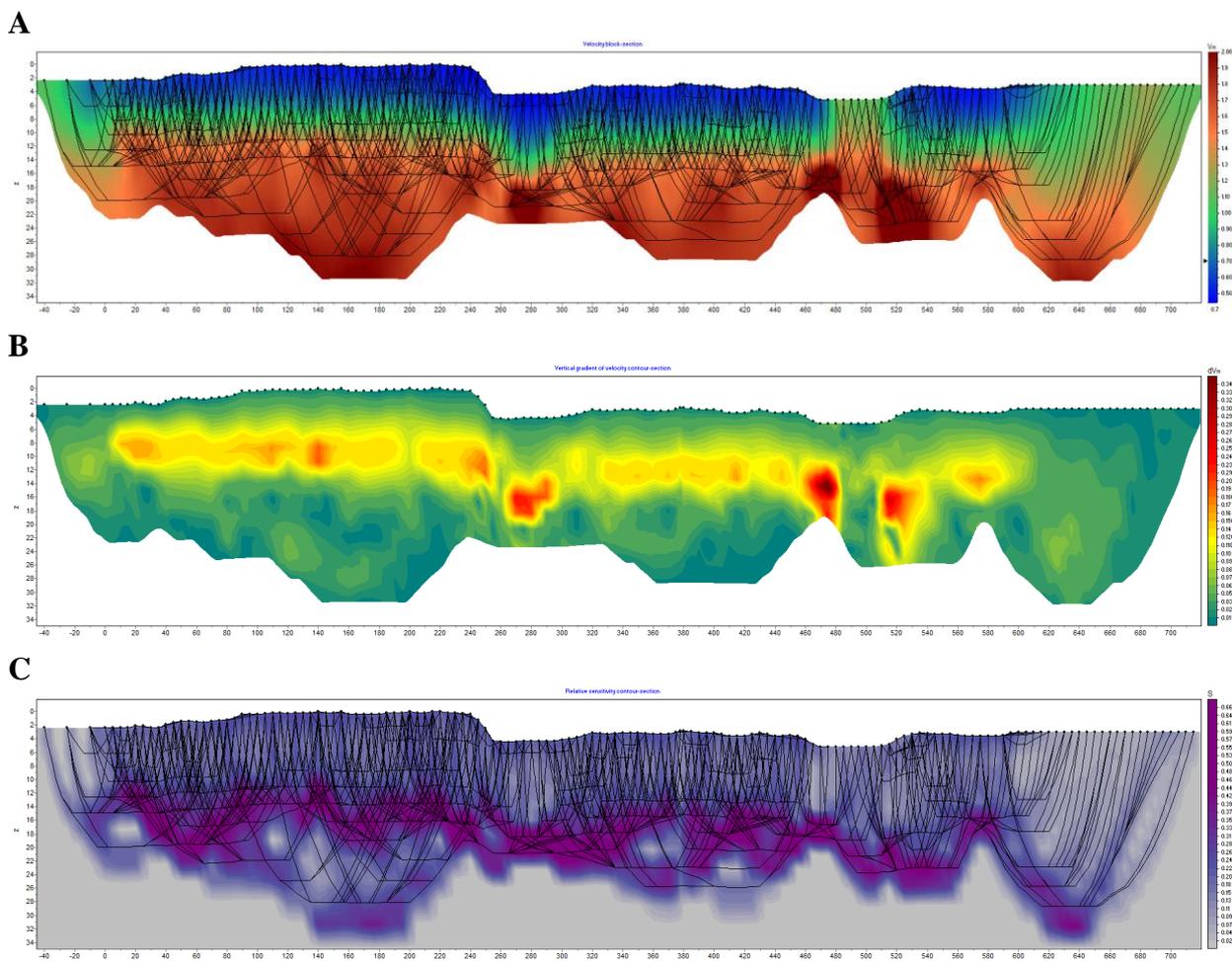
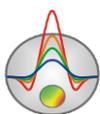


Рис. 49 Скоростная модель с рассчитанными лучевыми траекториями (А), ограниченная областью лучевого покрытия, Модель полного градиента скоростей (В), Распределение интегральной чувствительности для данной модели (С)

Моделирование

Моделирование – важный процесс, предваряющий 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.

Редактор сеточной модели



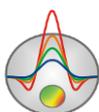
Создание скоростной среды производится в редакторе модели – нижняя графическая секция окна программы при режиме **Block-Section**. Редактор модели служит для изменения параметров отдельных ячеек модели с помощью мыши. Справа от области редактирования модели находится цветовая шкала, связывающая значение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

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 диалогом **Mesh constructor**.

Вертикальная ось	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:

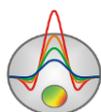
Display cell setup	Вызвать диалог настройки параметров ячейки.
--------------------	---



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 нею, 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.
Clear parameters	Очистить текущие параметры.

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.

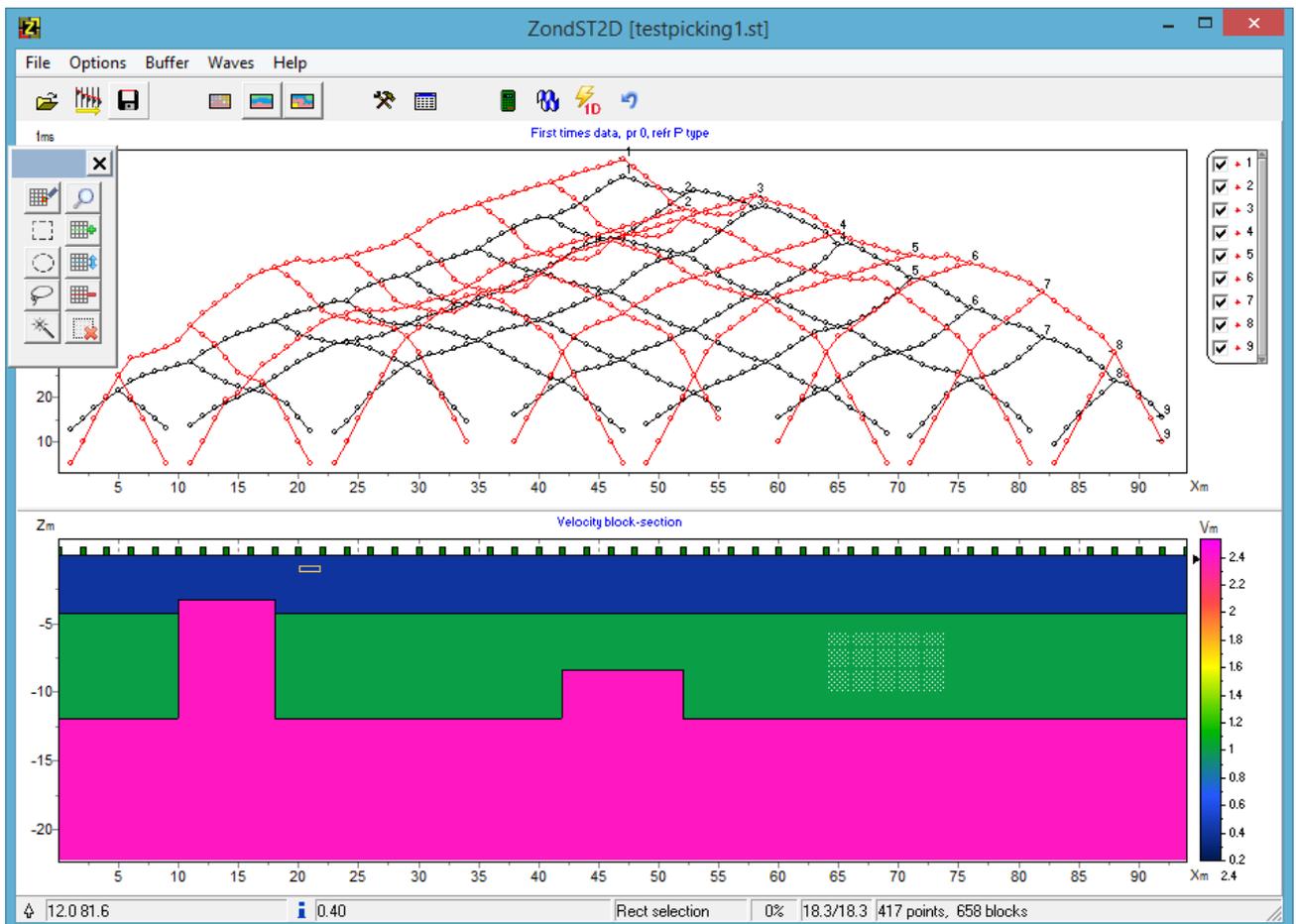
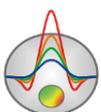


Рис. 50 Окно программы в режиме моделирования

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.

Нажатие левой кнопки мыши при нажатом [SHIFT] по ячейке увеличивает ее параметр. Нажатие правой кнопки мыши при нажатом [SHIF] 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.

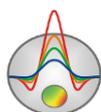
Нажатие кнопки мыши при нажатом [CTRL] позволяет переместить выделенный набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. При перемещении выделения с нажатой левой кнопкой мыши содержимое выделенных ячеек копируется в новое место. При перемещении выделения с нажатой правой кнопкой мыши содержимое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

Также можно задавать значения параметра выделенным ячейкам используя диалог настройки параметров ячейки **Cell setup** (Рис.51).

Дополнительно можно использовать опцию **Options/Model/Model editor toolbar**. После выбора данной опции появляется панель инструментов редактирования модели:

	Включить режим редактирования модели.
	Включить режим масштабирования модели.
	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет вид прямоугольный вид.
	Добавить новую вертикальную или горизонтальную границу. Новая граница появляется при нажатии мыши в выбранном месте.
	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет эллиптический вид.
	Изменить толщину ряда или колонки с помощью мыши.
	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет заданные пользователем границы.
	Удалить выбранную вертикальную или горизонтальную границу.
	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Выделяются активная ячейка и ячейки смежные с нею параметры которых близки к ее параметру. Степень близости задается в диалоге настройки параметров модели.
	Убрать выделение

Диалог настройки параметров ячейки



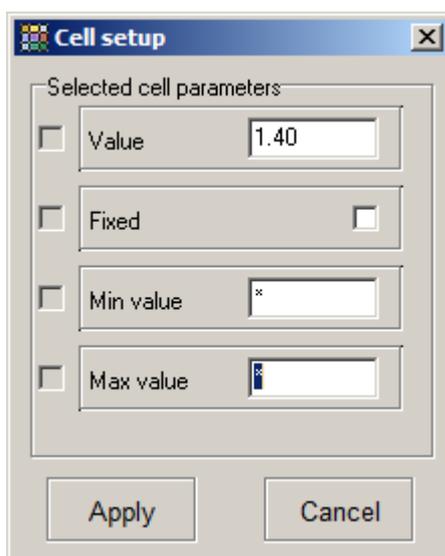


Рис. 51 Диалоговое окно Cell setup

Диалог предназначен для выбора параметров ячейки или набора выделенных ячеек.

Value – устанавливает значение параметра ячейки.

Fixed – закрепляет или освобождает параметр ячейки.

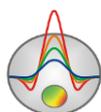
Min value, Max value – определяет диапазон изменения параметра ячейки.

Галочки, слева от каждой из опций выбираются, если необходимо применить новое значение ко всем ячейками выделения.

Для того чтобы рассчитать отклик кажущихся параметров от заданной скоростной модели (решить прямую задачу) необходимо нажать кнопку  на панели инструментов.

При нажатии правой кнопкой 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	Setup	Вызвать диалог настройки параметров



		шкалы.
	Set range	Установить минимальное значение цветовой шкалы.
	Automatic	Автоматически определить минимальное и максимальное значения цветовой шкалы.
	Log scale	Установить логарифмический масштаб для цветовой шкалы.
	Set halfspace value	Определить параметры вмещающей среды.
	Set cursor value	Установить текущее значение параметра.
	Color as histogram	Установить цветовую шкалу в соответствии с гистограммой распределения параметров модели.

Полигональное моделирование

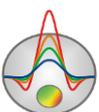
Режим полигонального моделирования предназначен для быстрого создания разреза из тел в форме многоугольников. Полигональный вариант описания модели среды способствует более структурному ее представлению и простому управлению элементами.

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* главного меню программы.

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 плотности разбиения сети подложки модели. Чем гуще сеть разбиения, тем точнее получаются результаты.

Две полезные опции для обмена между полигональной и сеточной моделью:

Get values from mesh – данная опция может быть использована при создании модели по результатам инверсии в рамках сеточной модели. Непосредственно перед использованием опции, наносятся контуры полигональных тел (можно создавать полигоны прямо по



изолиниям сеточной подложки). Далее выполняется процедура определения параметров объектов, по средним значениям, входящих в полигон ячеек.

Set values to mesh – данная опция может быть полезна при использовании данных моделирования в инверсии. Опция встраивает параметры полигонов в сеточную модель.

Создание и редактирование полигонов производится при помощи панели инструментов, появляющейся после нажатия кнопки .

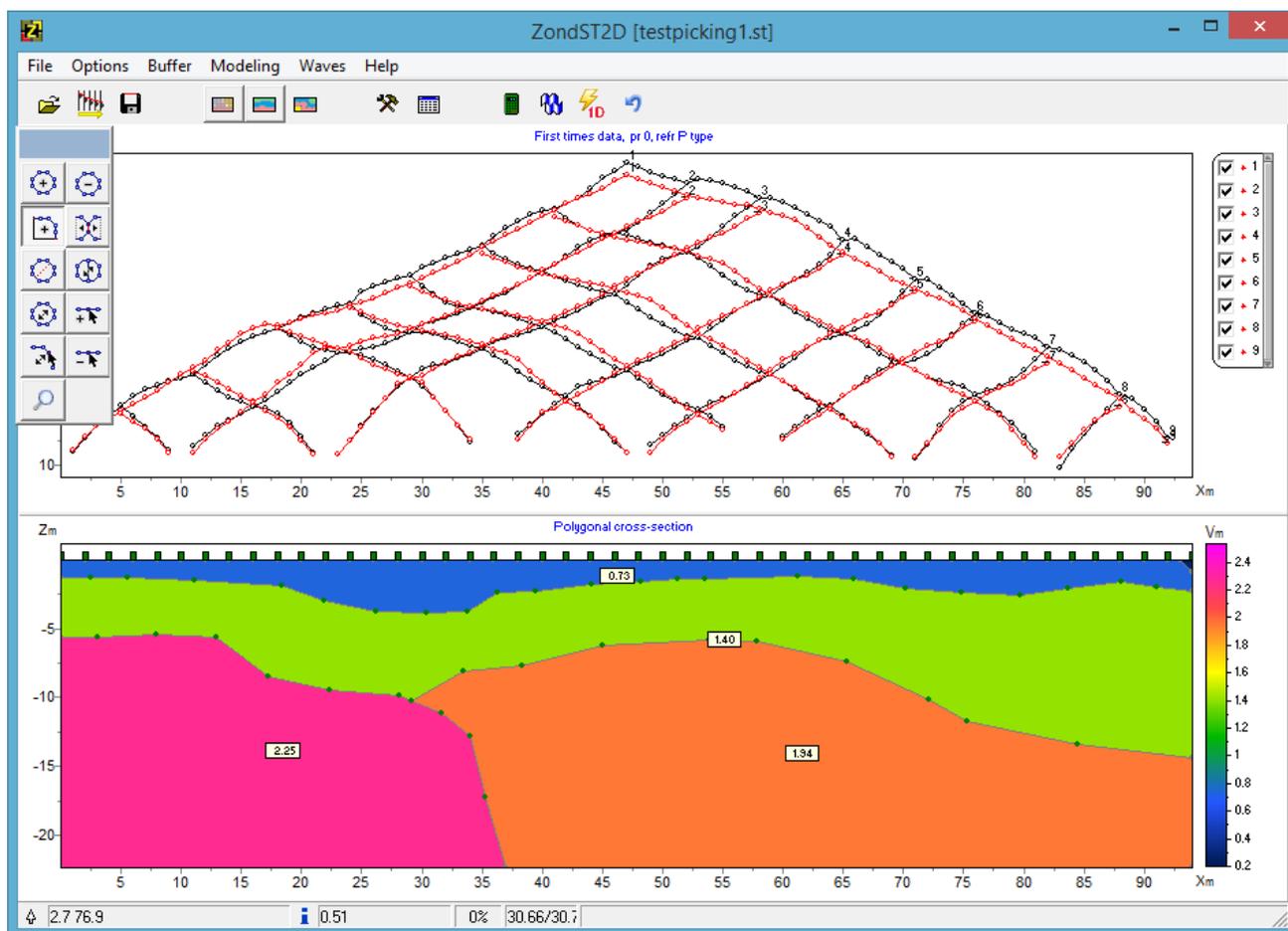
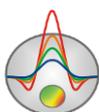


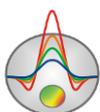
Рис. 52 Пример модели в режиме полигонального моделирования

Режим полигонального моделирования позволяет описывать как отдельные полигоны (тела) в однородной вмещающей среде, так и систему связанных друг с другом полигонов (тел). Для создания полигона и его редактирования нужно выбрать необходимый инструмент из панели инструментов полигонального моделирования:

Инструмент	Опция
	Создание полигона. Нажатие левой кнопки мыши добавляет новый узел к границе полигона. Описание границы полигона завершается нажатием



	правой кнопки мыши, после которого полигон автоматически замыкается.
	Удаление полигона. После выбора инструмента осуществляется нажатием правой кнопки мыши на полигон, который необходимо удалить.
	Создание полигона, примыкающего к существующему полигону или границе области моделирования. После выбора данного инструмента необходимо задавать границу, не смежную с существующим полигоном. Первая и последняя точка задаваемой границы должна принадлежать либо границе смежного тела, либо границе области моделирования. Задание границы завершается нажатием правой кнопки мыши. Смежную границу программа выберет автоматически или предложит выбрать с помощью диалога (если возможны 2 варианта).
	Разъединение смежных полигонов. Если с помощью предыдущего инструмента создана модель, содержащая смежные полигоны, данный инструмент позволяет разъединить их, чтобы получить возможность несвязанного изменения границ, перемещения, удаления полигона. После выбора инструмента левой кнопкой мыши выбирается полигон, который необходимо отделить (однократное нажатие в любой точке полигона, при этом его границы меняют цвет). Нажатие правой кнопки мыши завершает процедуру разъединения.
	Разделить полигон по прямой линии (создать из одного полигона два).левой кнопкой мыши указывается первая точка прямой, затем правой кнопкой – вторая. Обе точки должны находиться на границе разделяемого полигона.
	Переместить полигон. Выбор полигона осуществляется нажатием левой кнопки мыши. При движении мыши перегон перемещается. Положение полигона фиксируется нажатием правой кнопки.
	Переместить часть полигона.
	Добавить узел. Осуществляется нажатием правой кнопки мыши на точку границы, куда необходимо добавить узел.
	Удалить узел. Осуществляется нажатием правой кнопки мыши на узел, который необходимо удалить.
	Переместить узел. Выбор узла осуществляется нажатием левой кнопки мыши, перемещение – движением мыши, окончание перемещения –



	нажатием правой кнопки.
	Лупа. Позволяет изменять масштаб отображения модели.

При работе с инструментами полигонального моделирования необходимо помнить, что **все операции завершаются нажатием правой кнопки мыши.**

Для изменения параметров полигона необходимо два раза щелкнуть левой кнопки мыши на любую его точку. В результате появится диалоговое окно **Body parameters** (см. рисунок ниже).

Диалог настройки параметров полигона

Данный диалог используется для настройки разнообразных параметров полигонов, и вызывается двойным щелчком мыши по интересующему полигону.

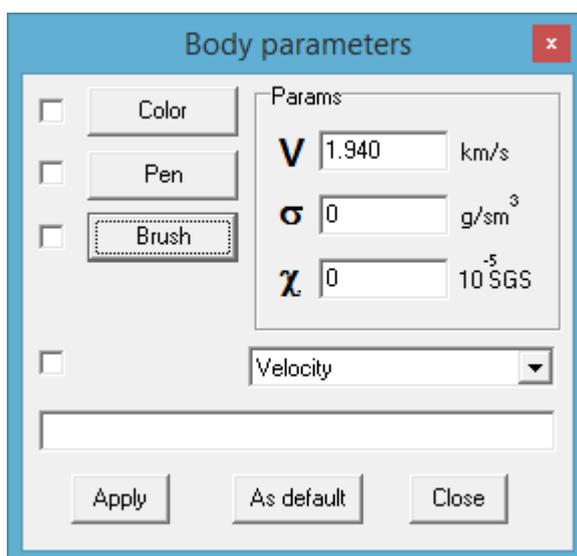
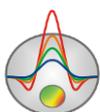


Рис. 53 Диалог настройки параметров полигона

Color – вызывает диалог выбора цвета заливки полигона. Если опция включена, то выбранный цвет будет использован во всех полигонах модели.

Pen – вызывает диалог настройки параметров границы полигона. Если опция включена, то выбранные параметры будут использованы во всех полигонах модели.

Brush – вызывает диалог настройки параметров заливки полигона. Если опция включена, то выбранные параметры будут использованы во всех полигонах модели.



Gradient – вызывает диалог настройки параметров градиентной заливки полигона. Если опция включена, то выбранные параметры будут использованы во всех полигонах модели.

V- устанавливает значение скорости для полигона

σ – устанавливает значение плотности полигона.

χ – устанавливает значение магнитной восприимчивости полигона.

Следующая опция определяет тип отображаемой на полигоне подписи. Если опция включена, то выбранный тип будет использован во всех полигонах модели.

Значение *None* – на полигоне не будет отображаться подпись.

Значение *Velocity* – на полигоне будет отображаться значение плотности полигона.

Значение *All* – на полигоне будут отображаться значения скорости, плотности и магнитной восприимчивости полигона.

Значение *User text* – на полигоне будет отображаться значение из нижележащего поля. Следующая опция определяет тип отображаемой на полигоне подписи. Если опция включена, то выбранный тип будет использован во всех полигонах модели.

Полигональные модели можно сохранять/загружать с помощью опций **Save polygons** и **Load polygons** меню **Modeling** главной панели инструментов. С помощью опции **Export model to CAD** полигональная модель экспортируется в файл формата Autocad dxf.

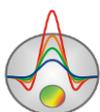
Расчет прямой задачи от созданной модели осуществляется с помощью нажатия кнопки



на панели инструментов или клавиши пробел.

Для повышения точности расчета прямой задачи рекомендуется задавать более детальную сеть разбиения. В частности, создав полигональную модель, можно перейти с помощью кнопки  к блоковому режиму и воспользоваться опцией **Thin mesh** в настройках каждой из осей, после чего вернуться в режим полигонального моделирования, и нажать . После этого расчет прямой задачи будет проведен уже для более детальной сети разбиения.

Режим Polygonal modeling может быть использован для совместной интерпретации данных сейсморазведки и грави- и/или магниторазведки. При этом в качестве общей части выступает полигональный каркас, т.е. по сути, т.к. каркас фиксирован, параметры инвертируются по отдельности. Подбор скоростей полигонов запускается кнопкой , а



для инверсии гравимагнитных данных используется опция: *Options/GraviMagnetic/Inversion*.

Инверсия полевых данных

Диалог настройки параметров инверсии

Диалог настройки параметров инверсии можно вызвать с помощью кнопки  или пункта меню **Option/Program setup**.

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

Вкладка **General** предназначена для настройки параметров инверсии (рис.54).

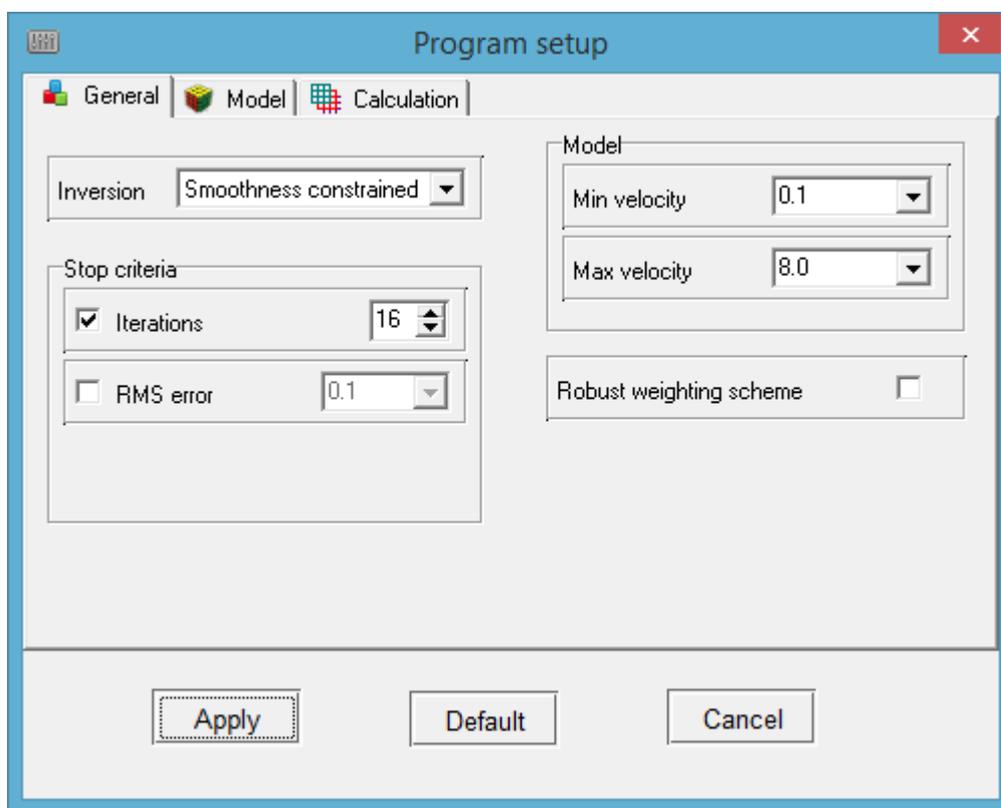
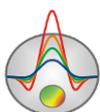


Рис. 54 Диалоговое окно **Program setup**, вкладка **General**

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

Рассмотрим различные алгоритмы инверсии, на примере модели среды состоящей из нескольких блоков (рис.55).



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

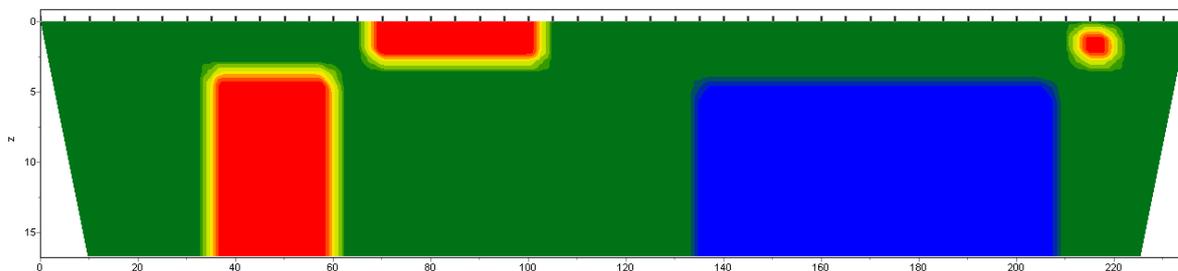


Рис. 55 Тестовая модель среды

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.56).

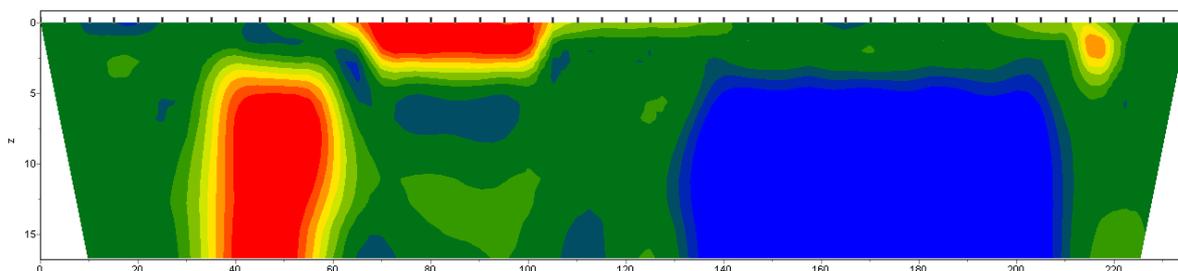


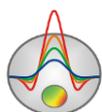
Рис. 56 Восстановленная модель в результате инверсии *Smoothness constrained*

Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

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

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.

Oscam – 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.57).



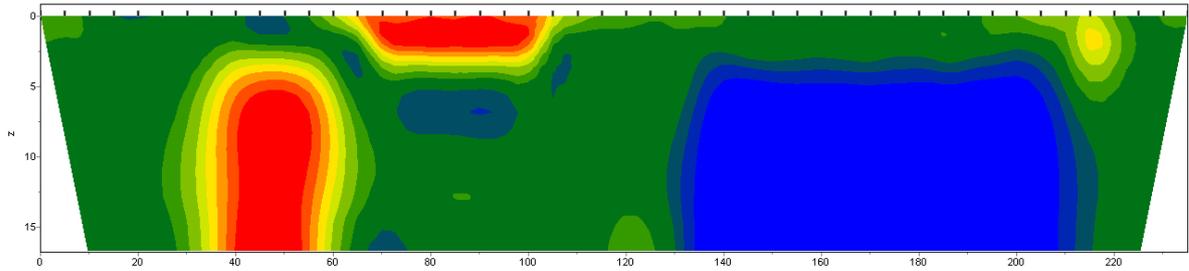


Рис. 57 Восстановленная модель в результате инверсии *Occam*

Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

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

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.58).

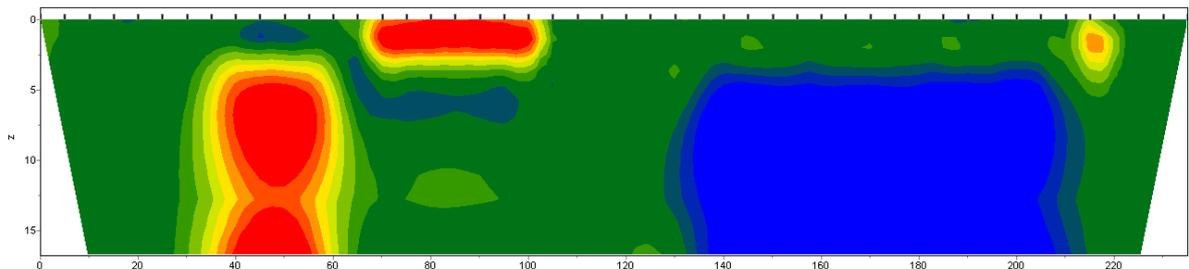


Рис. 58 Восстановленная модель в результате инверсии *Marquardt*

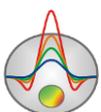
Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

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

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 постоянную скорость (Рис.59).

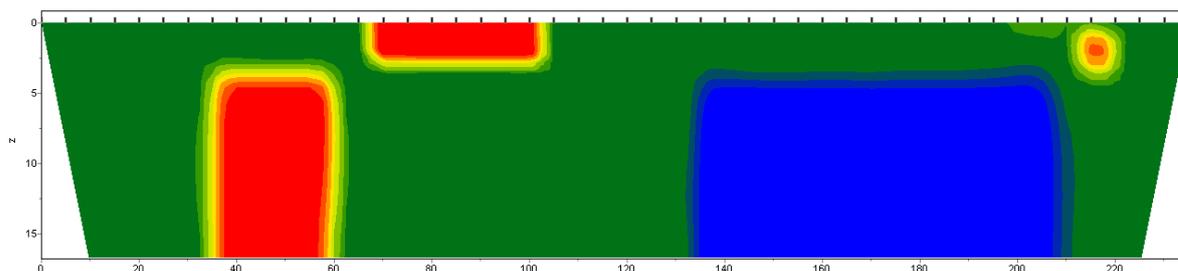


Рис. 59 Восстановленная модель в результате инверсии *Focused*

Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

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

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:

$$R_i = \frac{e^2}{e^2 + r_i^2}.$$

Blocks – подбор параметров отдельных областей различающихся по скоростям. Области с одинаковыми скоростями рассматриваются как единые блоки (рис.60).

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

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

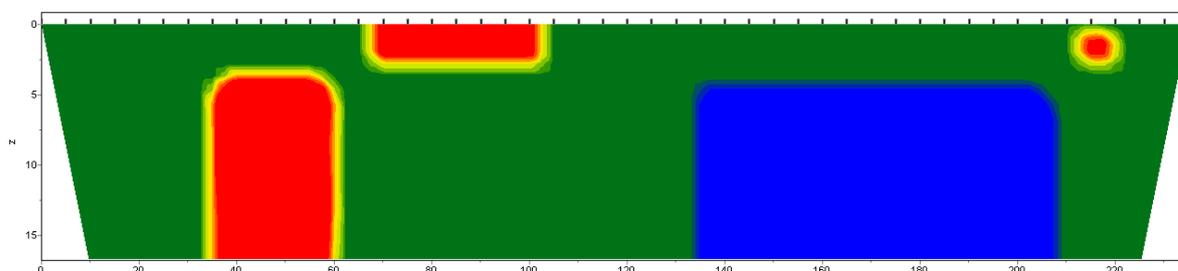
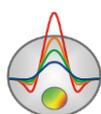


Рис. 60 Восстановленная модель в результате инверсии *Blocks*

Алгоритм лучше использовать на этапе уточнения результатов предыдущих методов (лучше всего *Focused*), предварительно объединив ячейки в нужные блоки с помощью *Zond geophysical software*



опции *Model smooth/rough*. 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.

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

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

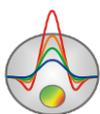
RMS error – если опция включена, то процесс инверсии останавливается по достижении установленного значения невязки.

Область **Model**

Min velocity, Max velocity – устанавливает пределы изменения параметров модели при инверсии. Если заданы узкие общие пределы изменения параметров или индивидуальные пределы для некоторых ячеек, инверсия будет постоянно пытаться вывести параметры за заданные пределы. Это может сильно влиять на скорость сходимости. В этом случае следует включить **Options / Inversion / Optimization / Lim based inv**. Данный вариант инверсии с одной стороны уменьшает вклад ячеек, выходящий за заданные пределы, а с другой – использует специальные нормы параметров, затрудняющий такой выход.

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

Вторая вкладка **Model** предназначена для настройки дополнительных параметров инверсии (рис.61).



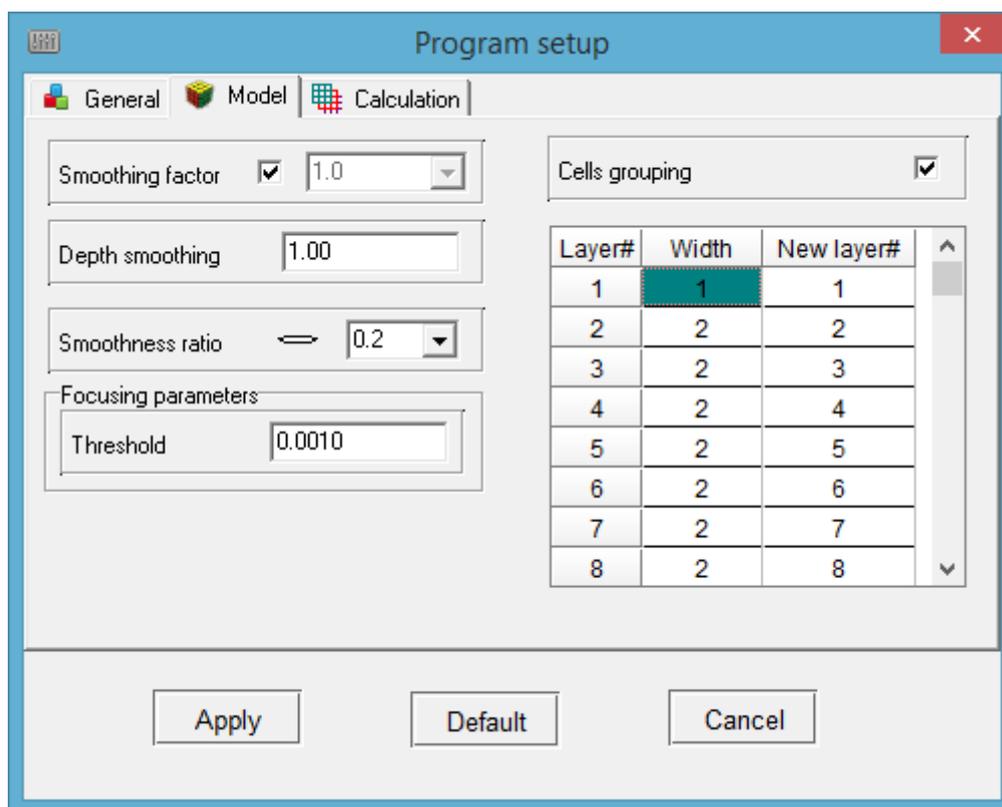


Рис. 61 Диалоговое окно Program setup, вкладка Model

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 - 10; при высоком качестве измерений используются значения: 0.005 - 0.1. При больших значениях сглаживающего параметра чаще всего получают большие значений невязки данных (см. рисунок ниже). Используется в алгоритмах инверсии *Occam* и *Focused*. Если оптимизация (*Line search*) отключена, программа позволяет выбрать значение сглаживающего параметра автоматически. Для этого нужно нажать галочку справа от *smoothing factor*.

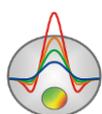
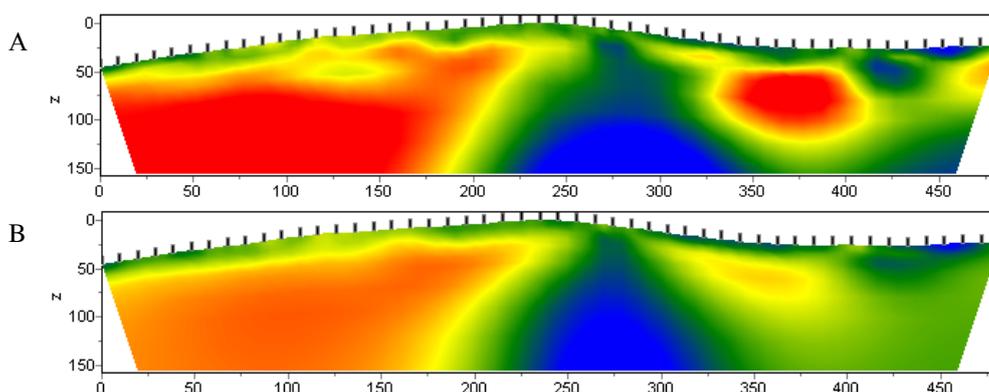


Рис. 62 Модели, полученные в результате инверсии *Occam* с параметром *smoothing factor*: 0.01 (A) и 1.0 (B)

Depth smoothing - устанавливает коэффициент сглаживания с глубиной. Значение этого параметра также зависит от уровня помех – при высоком уровне и появлении при инверсии осцилляций и «негеологичных» объектов в нижней части разреза этот параметр необходимо увеличить. Само значение подбирается эмпирическим путем.

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.63).

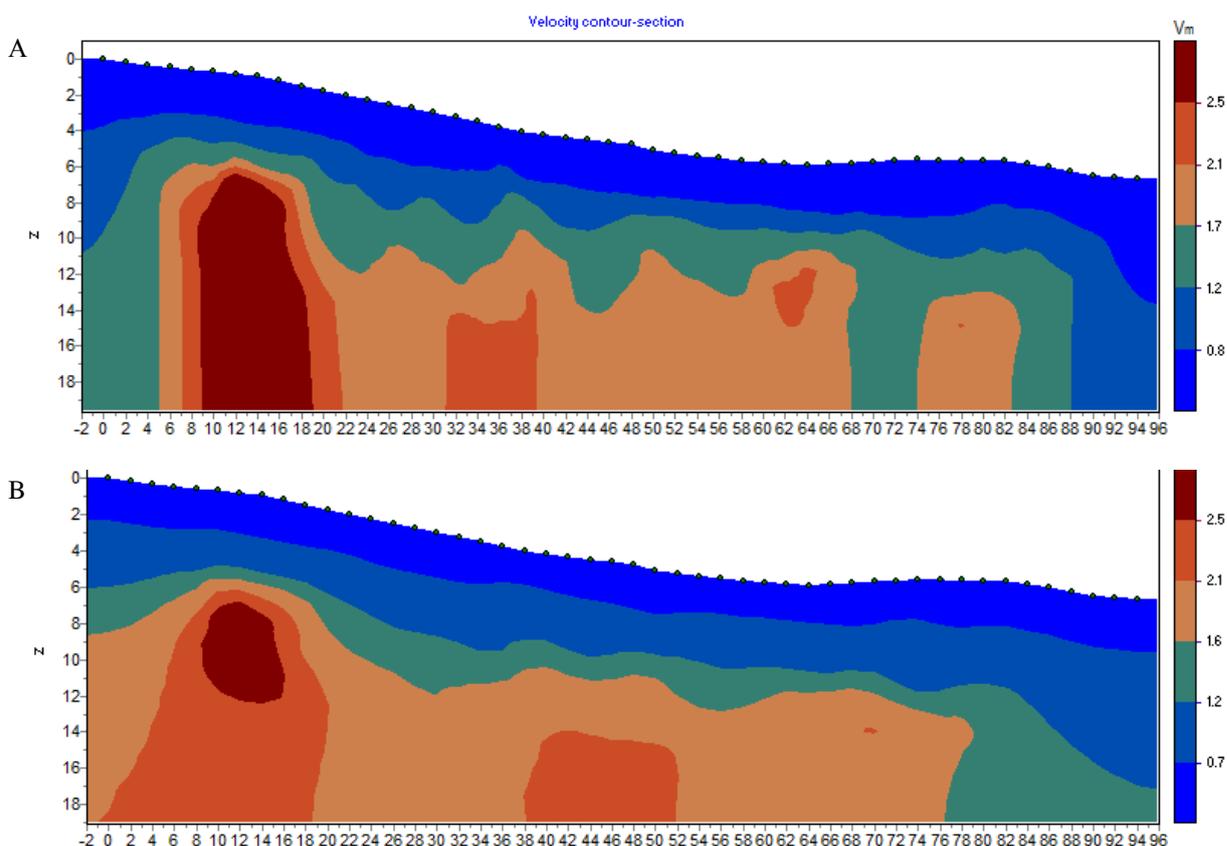
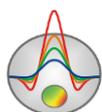


Рис. 63 Скоростные модели в результате «гладкой» инверсии с параметром *Smoothness ratio*: 1 (A) и 0.5 (B)

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.64). 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.

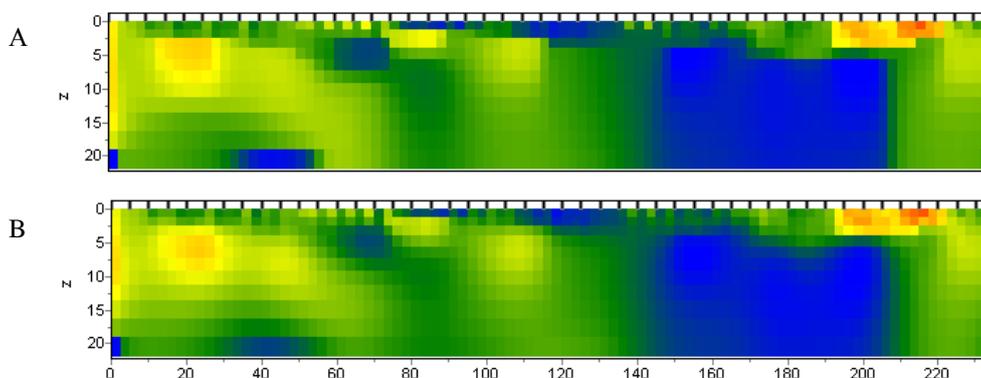


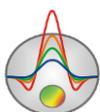
Рис. 64 Модели, полученные в результате инверсии *Focused* с параметром *Threshold: 0.01 (A) и 0.1 (B)*

Cells 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 ячейки 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.65A), во второй, начиная со второго слоя, ячейки



объединены в группы по две (рис.65В), в третьей, начиная со второго слоя, ячейки объединены в группы по четыре ячейки (рис.65С).

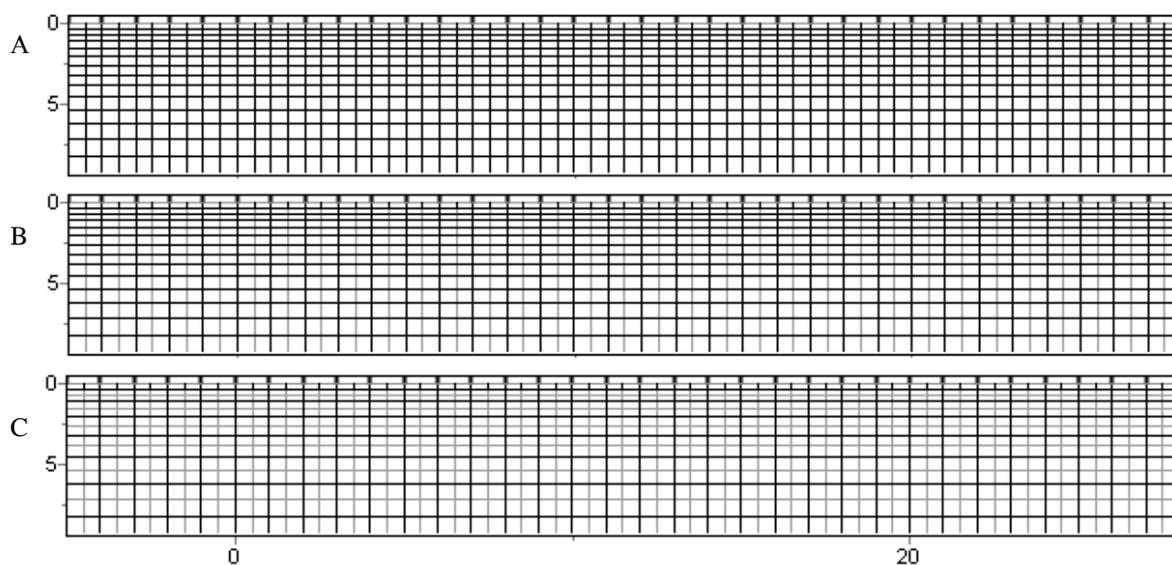


Рис. 65 Примеры инверсионных сетей

Третья вкладка **Calculation** предназначена для настройки параметров прямой задачи (Рис.66).

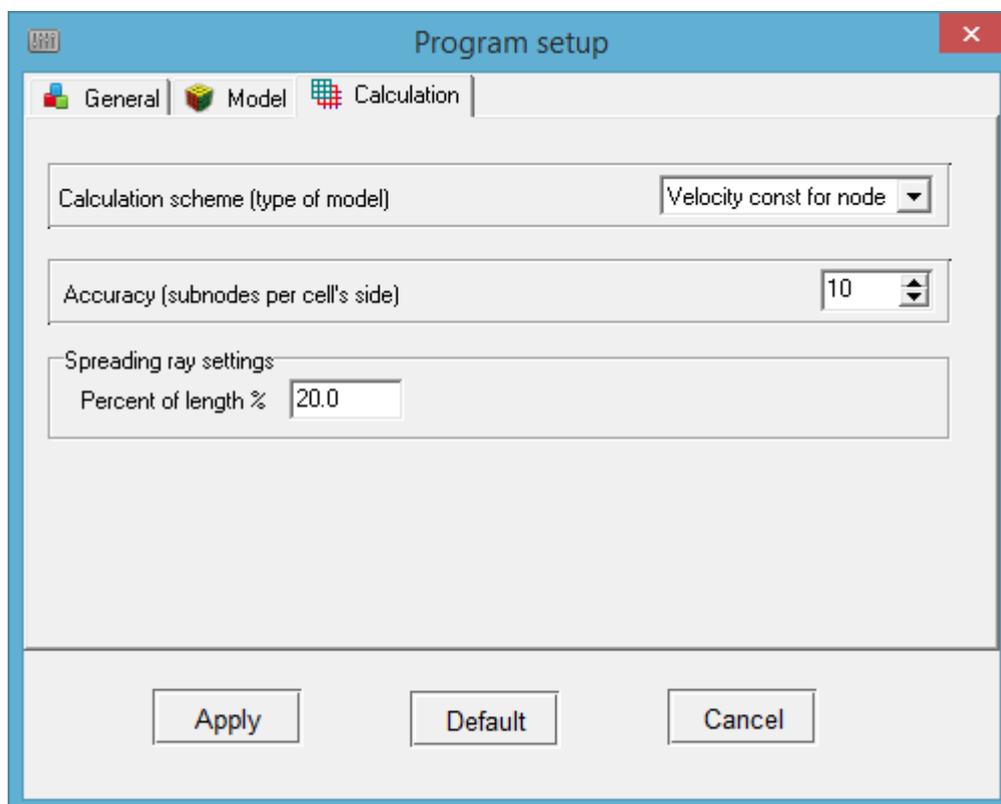
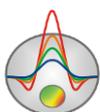


Рис. 66 Диалоговое окно Program setup, вкладка Calculation

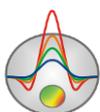


Calculation scheme (type of model) – выбрать схему расчета прямой задачи.

В программе реализованы три варианта решения прямой задачи, т.е. расчета траекторий сейсмических лучей в произвольной двумерной среде. В первом случае (*Velocity const for cell*), 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 const for node*), 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 ячеистой модели (после инверсии). Данная процедура слегка сглаживает значения скоростей и увеличивает невязку.

Третий способ (*Spreading ray*) реализует наиболее устойчивую 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. Опция *Percent of length, %* контролирует степень расширения луча в зависимости от расстояния до источника/приемника, в процентах от длины пути луча. 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 сеточной модели.



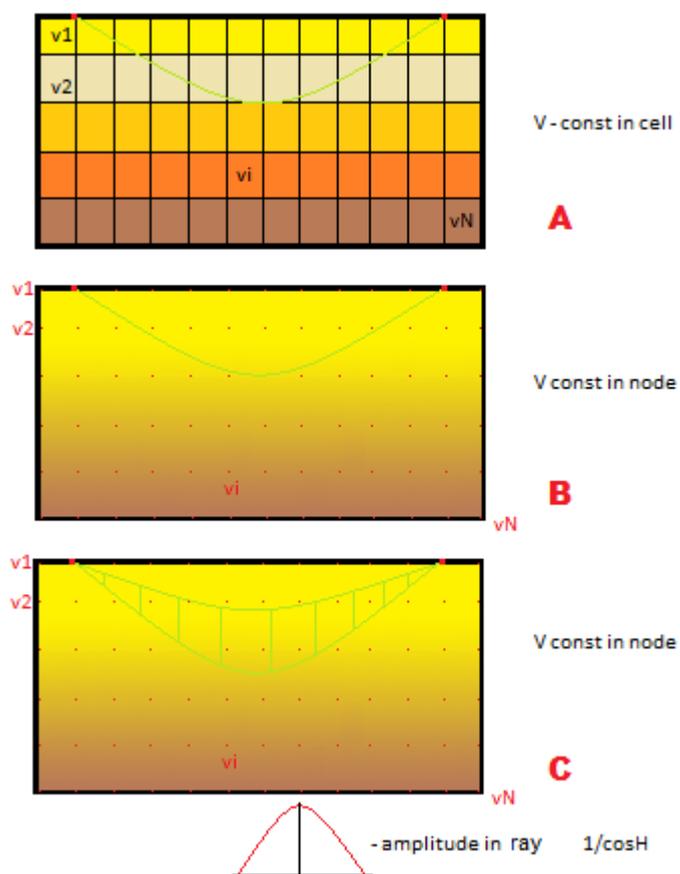


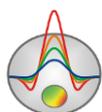
Рис. 67 Варианты задания скорости в ячейке

Опция *Accuracy subnodes per cell's side* 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 больше узлов, тем ниже скорость.

Режим моделирования и инверсии анизотропии скоростей

В настоящий момент в программе реализован простой 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. Для расчета анизотропии выберите функцию *Invert Anisotropy* во вкладке **Options/Inversion** главного меню программы. При выборе этой опции в ходе инверсии (после второй итерации) появится дополнительное окно, в котором



показано распределение параметра анизотропии (V_x/V_z) разреза и рассчитанная модель. Если необходимо, чтобы скоростной разрез и разрез анизотропии имели больше сходных черт, можно провести совместную инверсию в режиме cross-gradient. Для этого в подразделе меню *Cross-gradient* следует выбрать пункт *Anisotropy*.

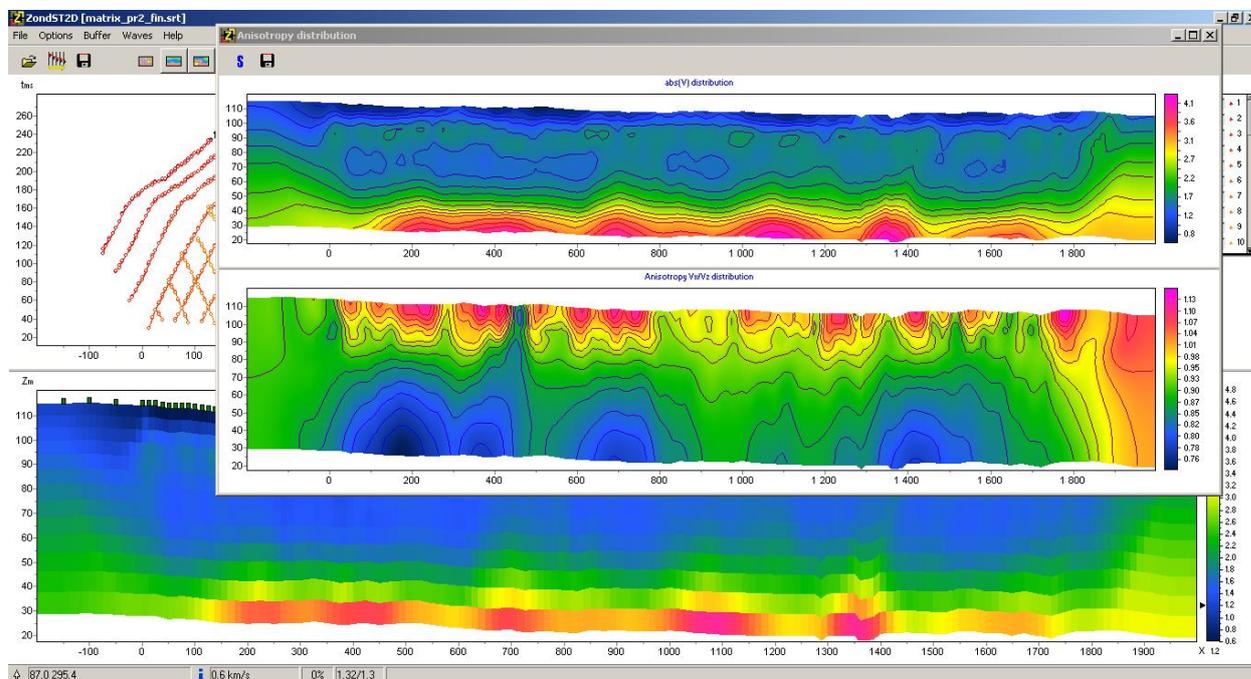
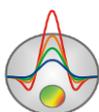


Рис. 68 Результат расчета анизотропии. Окно **Anisotropy distribution**

Следует быть осторожным при одновременном подборе средней скорости и параметра анизотропии, т.к. он дает дополнительную степень свободы (усиливает эквивалентность) решения. Лучше всего использовать данный режим в том случае, если вы уверены, что в разрезе присутствуют породы, характеризующиеся анизотропией или при инверсии межскважинных измерений, где “углов обстрела” значительно больше.

Для перехода в режим моделирования эффекта анизотропии используйте пункт меню **Options/Model/Display/Anisotropy**. Этот режим позволяет смоделировать различные геологические ситуации, выявить насколько наличие анизотропии влияет на данные и оценить возможность восстановления этого параметра при инверсии.

Режим Attenuation tomography



Модуль **Attenuation tomography** предназначен для восстановления параметра затухания Q среды (обратный добротности среды). Для доступа к данному модулю необходимо выбрать опцию *Attenuation* в меню **Options/Model/Display** главного меню программы. После этого в меню **Options** появится дополнительная вкладка *Attenuations*.

Алгоритм расчета предполагает, что предварительно была решена обратная задача для сейсмических скоростей и лучевое покрытие известно.

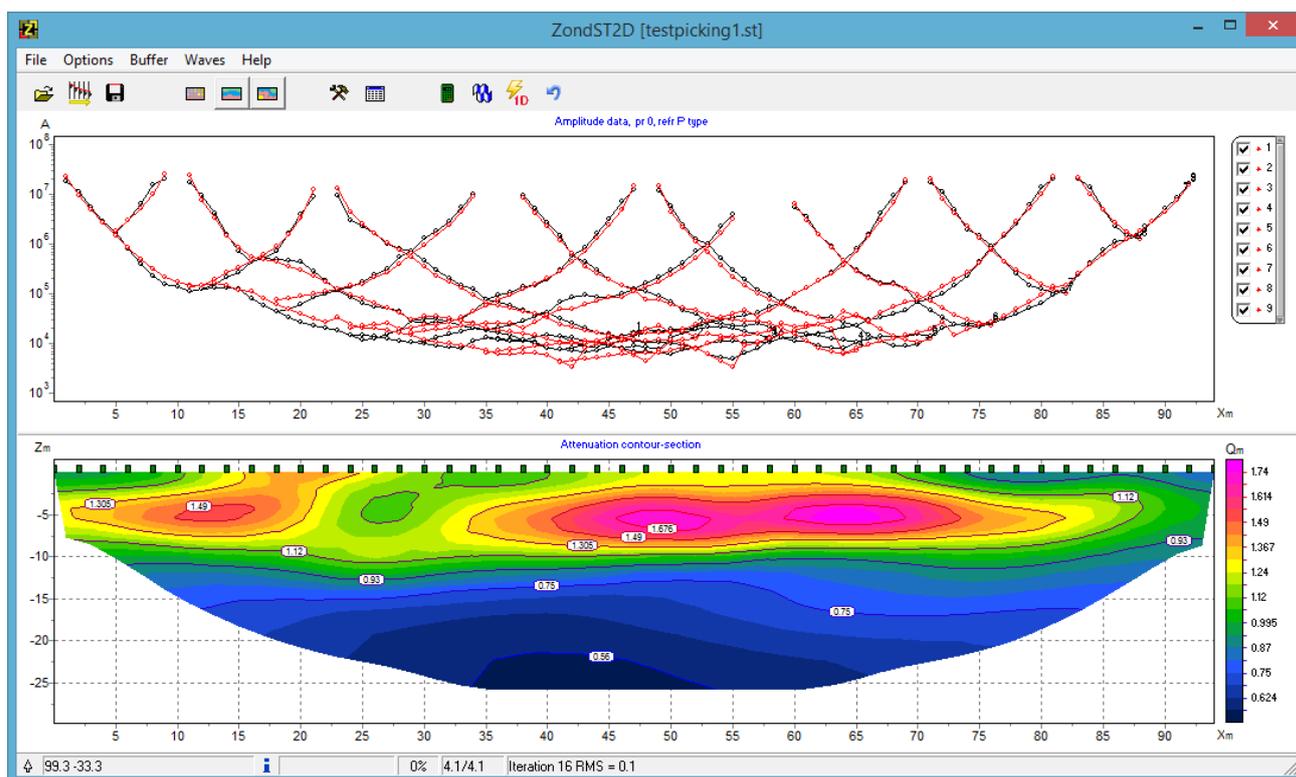
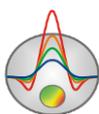


Рис. 69 Разрез параметра Q (затухания)

На вход процедуры 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 from* и настройки *Amplitude collect settings*.

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



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.

Добившись качественного лучевого покрытия можно переходить в модуль *Attenuation*. В верхней секции окна модуля расположены графики амплитуд. Они построены в таком же виде, что и годографы первых вступлений, только по левой оси отложены амплитуды в логарифмическом масштабе. Если графики амплитуд имеют много высокочастотных выбросов или выглядят “зашумленными”, то данные можно сгладить, используя опцию **Data/Smooth data** в режиме *Attenuation*. 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]).

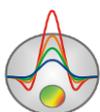
Алгоритм инверсии амплитуд использует те же основные настройки, что и томография на рефрагированных волнах. Важным параметром, который необходимо задать перед расчетом, является средняя частота полезного сигнала (*Attenuation/Frequency*). Ее можно оценить визуально или по среднему спектру сейсмограмм. 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 в купе со скоростным разрезом представляет большой интерес для инженерной геологии.

Режим **Layered inversion**

Режим **Layered Inversion** предназначен для решения обратной и прямой задач сейсмической томографии на преломленных и отраженных 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 структурирован и понятен



геологам. В отличие от метода T0, в **ZondST2D** 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, 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 (рис. 70).

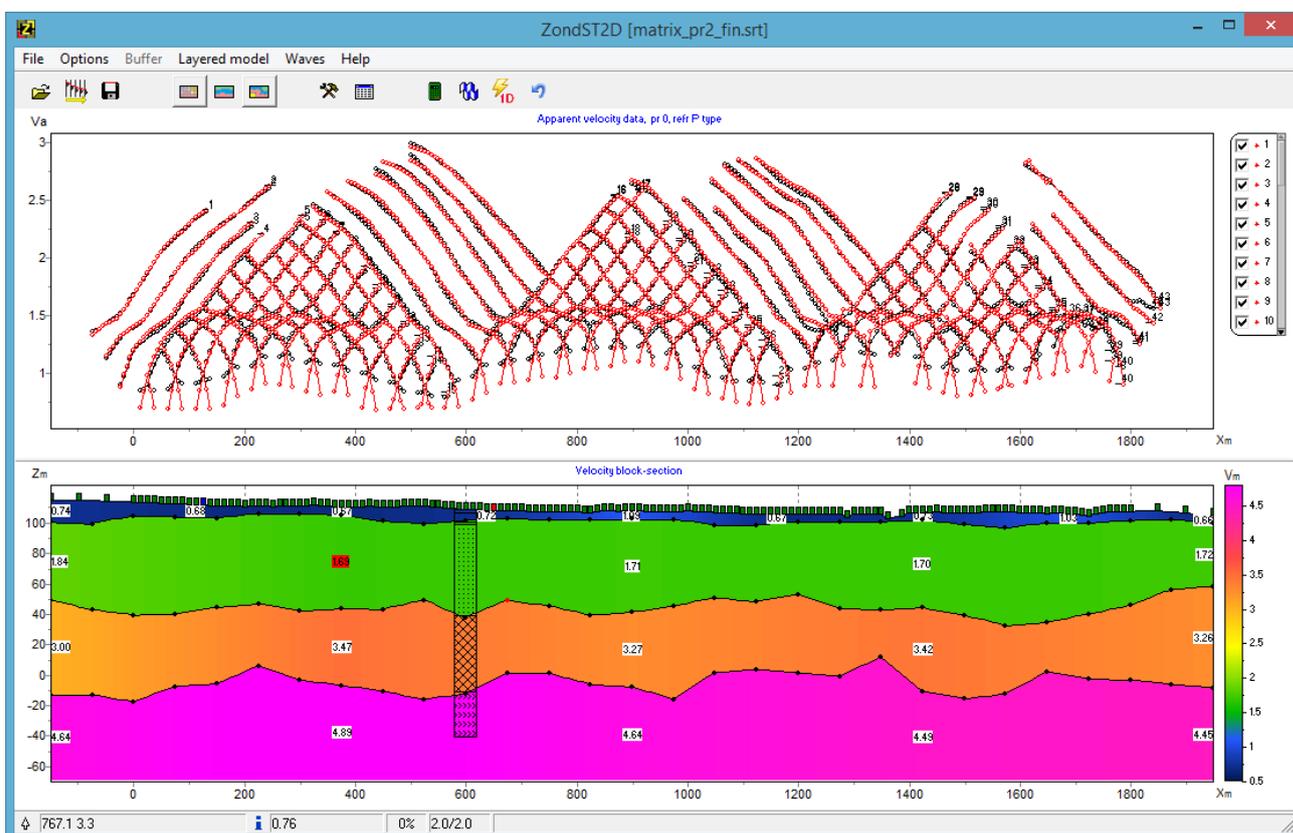
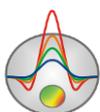


Рис. 70 Главное окно программы в режиме Layered Inversion

После перехода в режим слоистой модели в главном меню программы появляется вкладка *Layered model*.

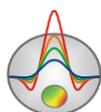
Перед началом работы необходимо создать начальную модель среды. В качестве стартового разреза используется горизонтально слоистая среда с постоянной скоростью



внутри каждого слоя. Настроить стартовую модель можно в диалоговом окне, которое вызывается пунктом главного меню **Layered/model constructor**. При решении обратной задачи, очень важно задать хорошее начальное приближение модели, которое было бы близко к реальной среде. Стартовая модель может быть выбрана на основе анализа результатов инверсии в режиме сеточной модели. Эти же результаты могут быть встроены в каркас созданной модели опцией **Layered/Load from mesh**. 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). Кроме того, кнопка , позволяет существенно упростить процесс выбора стартовой модели (если количество слоев известно). Результатом работы процедуры 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. Для всех границ слоев (кроме поверхности измерений) количество узлов одинаково. В режиме моделирования (**Layered/Edit mode**) узлы отображаются кружками, которые можно перетягивать с помощью мыши или закреплять при инверсии (при щелчке мыши узла с нажатой CTRL, закрепленные узлы отображаются красным). Редактировать границы удобно, при включенной опции **Layered/Transparent**, когда подложкой является результат инверсии в сеточном режиме.

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. В режиме моделирования (**Layered/Edit mode**), можно редактировать значения узловых параметров, для этого используется правый щелчок мыши на метке значения, для закрепления параметра при инверсии используется правый щелчок мыши на метке значения с нажатой клавишей CTRL.



Следует отметить еще одну важную роль произвольно слоистой среды – возможность проводить совместную инверсию различных геофизических методов (не только сейсмических), для получения модели с общей геометрией границ и положениями узлов изменения параметров. Совместная инверсия возможна со следующими типами данных: времена VP, времена VS, кривые MASW, времена отраженных волн, данные гравirazведки, данные магниторазведки, данные ВЭЗ, данные МТЗ, данные ЗСБ. Безусловно, так как разные геофизические методы используют разные физические параметры, то настроить нужно каждый из них.

Диалог настройки стартовой модели

Диалог настройки стартовой модели вызывается пунктом главного меню **Layered/model constructor**. Начальная модель, как мы уже писали, очень важна при решении обратной задачи. Важно правильно выбрать количество слоев, градиент скоростей и фактор изменения мощностей.

N	par	Pmin	Pmax	Z	Zmin	Zmax
1	0.7-1.1	0.1	8	5.0-15.5	5	20
2	1.7-1.8	0.1	8	46.4-75.	20	80
3	3.0-3.5	0.1	8	94.2-13	65	260
4	4.4-4.9	0.1	8	*	*	*

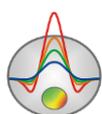


Рис. 71 Вкладка **Start model** меню настроек параметров инверсии в режиме **Layered model**

Start thickness позволяет задать мощность первого слоя.

Layers number задает количество слоев модели.

Thickness factor – коэффициент увеличения мощности каждого последующего слоя относительно предыдущего.

Geometry nodes – количество геометрических узлов для каждой границы слоя (10-30).

В этих узлах граница может быть изменена по вертикали.



- задает тип параметра из списка.

Gravity – плотность, данные гравиразведки

Magnetic – магнитная восприимчивость, данные магниторазведки

VelocityP – скорость продольных волн, преломленные или отраженные волны

VelocityS – скорость поперечных волн, преломленные волны или данные VASW

Resistivity – удельное сопротивление, данные ВЭЗ, МТЗ или ЗСБ.

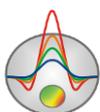
Если выбранный тип не доступен (данные по методу, ему соответствующему, не загружены в проект), значение переключится в *VelocityP*.

Следует отметить, что параметры текущего значения этого списка, будут показаны метками на слоях. Это позволяет одновременно отображать результаты интерпретации по двум свойствам. Цветом будет показана скорость текущего режима (VP/VS), а числовым значением параметр из списка.

Par value – задает начальное значение параметра в первом слое (для текущего типа параметра).

Par nodes 1 layer – количество узлов параметров – определяет распределение параметров внутри первого слоя. Профиль изменения параметра задается набором фиксированных значений узлов, между которыми параметр меняется линейно. Если в окне ввода ввести 1, то параметр слоя будут постоянными. Если 2- то параметры будут меняться линейно от левого края до правого.

Par nodes 2-n layers – количество узлов параметров – определяет распределение параметров внутри последующих слоев. Профиль изменения параметра задается набором фиксированных значений узлов, между которыми параметр меняется линейно. Если в окне ввода ввести 1, то параметр слоя будут постоянными. Если 2- то параметры будут меняться линейно от левого края до правого.



В нижней части окна *Start model* расположена таблица. В таблице можно вручную задать значение физического свойства ρ и пределы $Pmin$ до $Pmax$ для инверсии (для текущего типа). Кроме этого можно задать глубину подошвы слоя Z и пределы, в которых она может изменяться в процессе инверсии (от $Zmin$ до $Zmax$). Диапазон глубин можно задать в процентах от текущего значения (если выбрана опция *ZminMax %*), это значительно проще, но подразумевает запуск инверсии несколько раз, так как диапазон, выбранный таким образом, обычно слишком узкий.

Approximate solution – приближенный расчет для КМПВ, увеличивает скорость решения (луч в этом случае, должен идти строго по границе).

При наличии в проекте данных отраженных волн в таблице появляется два дополнительных столбца *rfl* и *inv*. Для того чтобы их увидеть необходимо переключиться в режим отраженных волн в *Waves/Reflected 1-3*. Так как выделить более одной отраженной волны в инженерных данных, часто не представляется возможным, программа позволяет выбрать одну границу из таблицы в качестве отражающей. Столбец *rfl* – позволяет выбрать границу, которая будет отражающей. Столбец *inv* - указывает программе, следует ли инвертировать данные отражений.

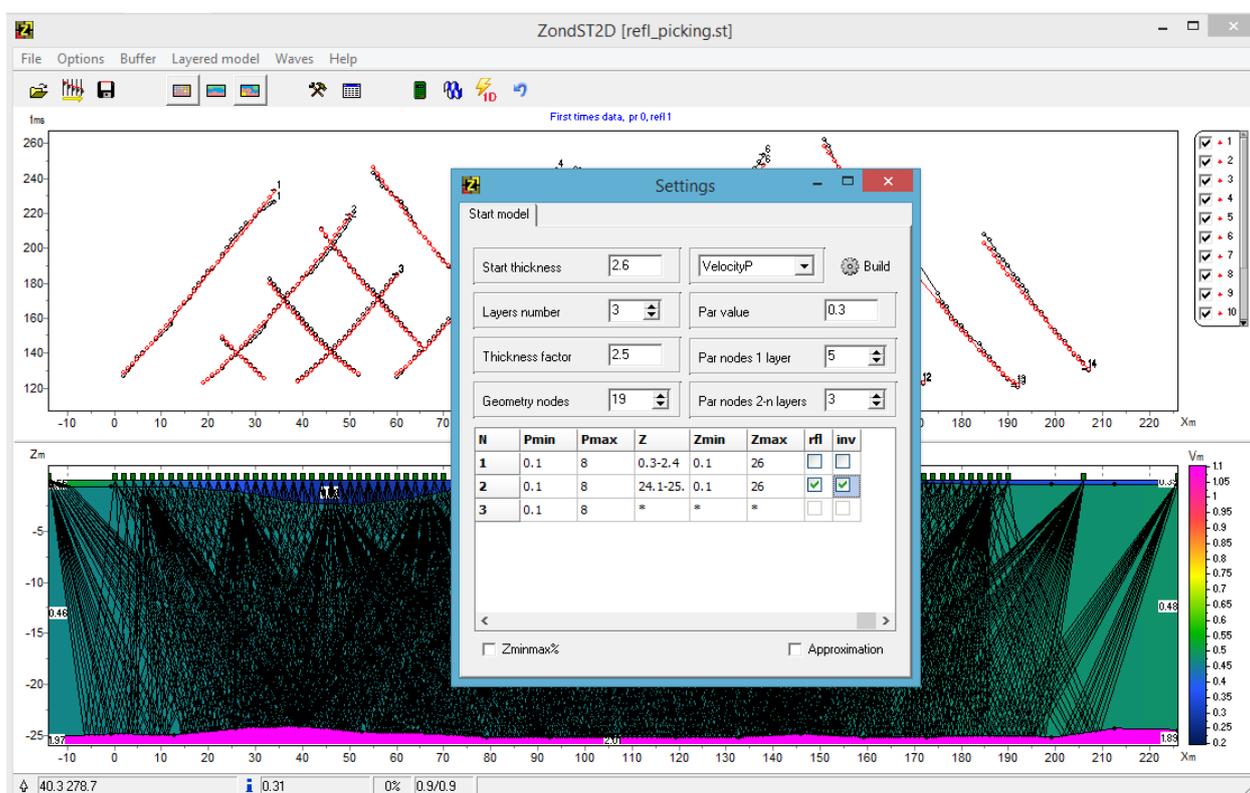
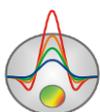


Рис. 72 Окно программы в режиме работы с отраженными волнами



В режиме отраженных волн программа рассчитывает времена прихода отраженных волн для произвольно слоистой модели и позволяет отобразить лучевое покрытие. Для того чтобы запустить совместную инверсию отраженных и преломленных волн, необходимо в режиме *Waves/Reflected – 1*, в меню **Layered** выбрать опцию *Invert VP&VS*.

Выбор параметра для совместной инверсии осуществляется во всплывающем списке слева от кнопки **Build**. Начальные значения и пределы изменений настраиваются для каждого из параметров участвующего в совместной инверсии.

После задания настроек стартовой модели нажимается кнопка **Build**.

Подбор геометрии границ при инверсии происходит при включенной опции **Invert boundaries**. Иногда необходимо подобрать только параметры (границы известны и закреплены) в этом случае нужно отключить опцию **Invert boundaries**.

Draw labels – отображать значения физического свойства параметра выбранного во всплывающем списке параметров.

Опция **Transparent** делает слоистую модель прозрачной на фоне подложки сеточной (блочной) модели (видны только горизонтальные границы слоистой модели).

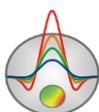
Edit mode – включает режим редактирования произвольно слоистой модели. Редактирование производится с помощью мыши. Границы редактируются при помощи изменения положения узлов только в вертикальном направлении.

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.

Если какой-нибудь из параметров известен – можно его исключить из подбора. Для этого нужно перейти в режим моделирования и закрепить его. Из инверсии также можно исключить отдельные годографы. Управление годографами производится в легенде графиков. Отключенные годографы не подбираются и не отображаются (опция *Invert visible data* должна быть включена).

Априорная информация

Инверсия может осуществляться без учета априорной информации и с учетом априорной информации. Учет априорной информации при инверсии осуществляется, чаще всего, двумя способами: заданием стартовой модели (предположительного распределения пределов ее изменения в разрезе) или положения контрастных границ.



По умолчанию стартовой моделью для инверсии в **ZondST2D** является текущая модель, отображаемая в редакторе модели. Ее программа будет изменять в ходе инверсии.

В качестве априорной информации можно ввести положение контрастных границ, известное по данным бурения или других геофизических методов.

Режим установки границ **Set boundaries** доступен в меню **Options/Inversion** и позволяет учесть при инверсии априорную геологическую информацию. После выбора данной вкладки появляется меню, содержащее следующие кнопки:

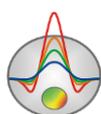
	Enable/Disable editing boundaries mode	Включить/Отключить режим редактирования границ
	Add new boundary	Добавить новую границу
	Delete boundary	Удалить все границы
	Save boundaries to file	Сохранить границы в файл
	Load boundaries from file	Загрузить границы из файла

Внедрение априорных геологических границ в обратную задачу, является важнейшим приемом повышения качества интерпретации. Он, с одной стороны, повышает устойчивость задачи, с другой – уменьшает область эквивалентности и позволяет получить более выдержанную структуру. В тех областях модели, где параметры малочувствительны к изменениям в разрезе, внедрение априорных границ – практически единственный способ получить приемлемый результат.

При наличии внедренных границ, лучше всего воспользоваться алгоритмом **Оссам**. Обычно используют 1-2 границы, и не следует забывать, что геологические границы не всегда совпадают с петрофизическими.

Перед установкой границ рекомендуется выполнить инверсию, используя алгоритм **Оссам**, и затем на полученный разрез нанести, если имеются, данные по скважинам. На полученный разрез следует наносить границы с учетом данных по скважинам, или исходя из априорных представлений о строении изучаемого участка. Установка границ осуществляется при помощи левой кнопки мыши при включенном режиме редактирования границ. Замыкание границы осуществляется правой кнопкой мыши. При нанесении границ не следует использовать много узлов. Желательно чтобы границы были максимально гладкими и проходили вблизи узлов инверсионной сети.

После нанесения границ следует снова запустить инверсию, которая будет выполняться с учетом заданных границ (рис.73).



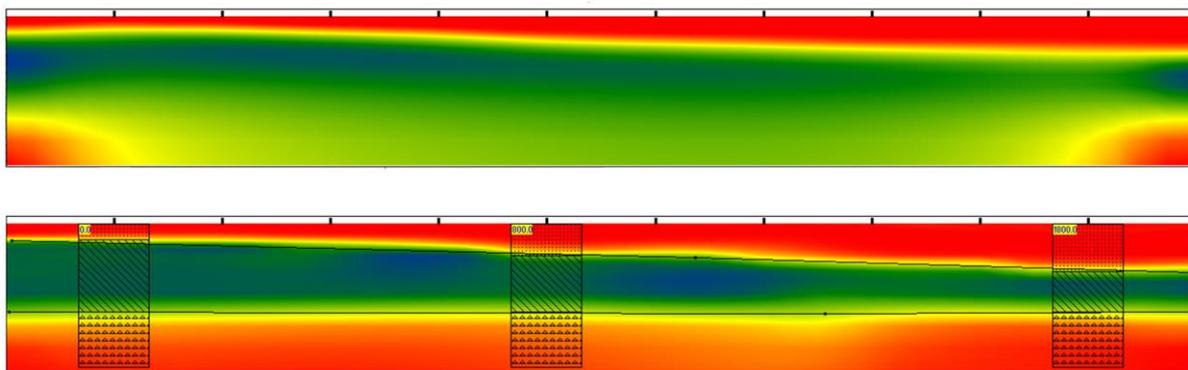


Рис. 73 Пример использования функции установки границ **Set boundaries**.
Верхний разрез получен с использованием алгоритма Occam без ввода границ, нижний разрез получен с учетом априорных границ

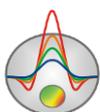
Также необходимо отметить возможности алгоритма **Image guided inversion**, позволяющего на базе графического изображения получать близкие к нему модели (**Options/Inversion/Cross-gradient/BG image**).

В программе реализовано несколько способов визуализации априорной информации. С помощью опции **Options/Import/Export** можно загрузить разнообразную геологическую и геофизическую информацию:

- литологические колонки;
- данные каротажа;
- профильные измерения в виде графиков;
- модели из проектов других программ пакета **Zond**;
- графическое изображение в виде подложки под скоростной разрез (например, геологический или геоэлектрический разрез).

Использование дополнительной априорной информации помогает обеспечивать комплексную интерпретацию данных и повышает надёжность конечного результата интерпретации.

При наличии каротажных измерений или литологических колонок их можно загрузить в окно модели с помощью опции **Options / Borehole / Load borehole data** (см. рисунок ниже) или создать в соответствующем редакторе.



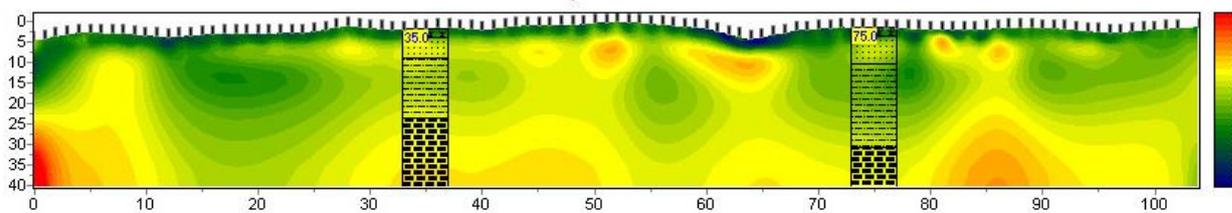


Рис. 74 Разрез с нанесенными литологическими колонками

Options / Import/Export/Import model/data – эта опция позволяет загрузить модели среды из проектов программ пакета **Zond** в отдельные окна (см. рисунок ниже). Опция может быть полезна при сопоставлении результатов интерпретации на соседних профилях или при комплексной интерпретации данных различных методов.

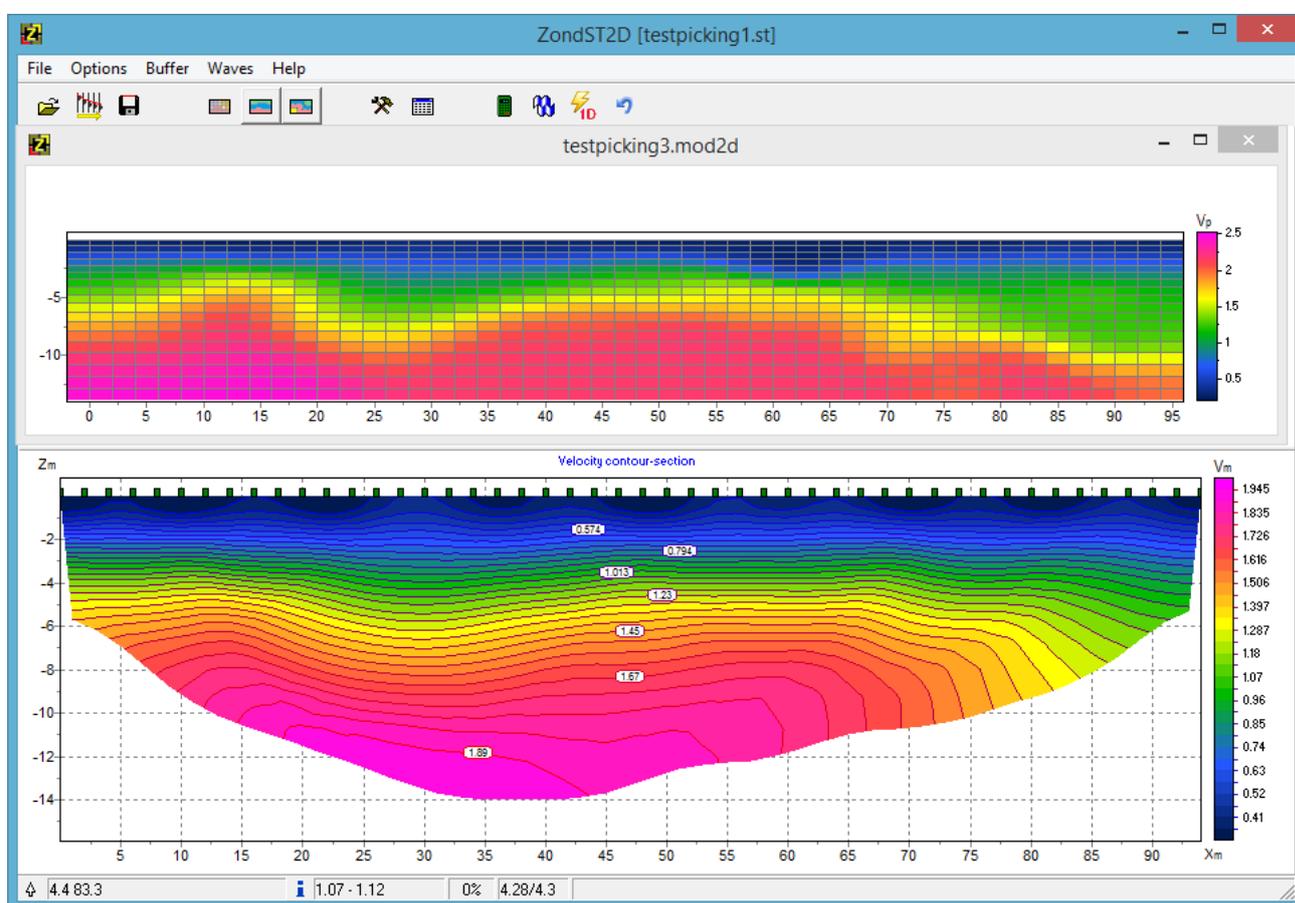
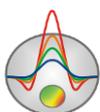


Рис. 75 Рабочее окно программы с импортируемой скоростной моделью

Во время движения курсора в области редактора модели он будет отображаться во всех остальных импортируемых разрезах, в соответствии с размером текущей ячейки при отображении модели в виде блоков (см. рисунок ниже).



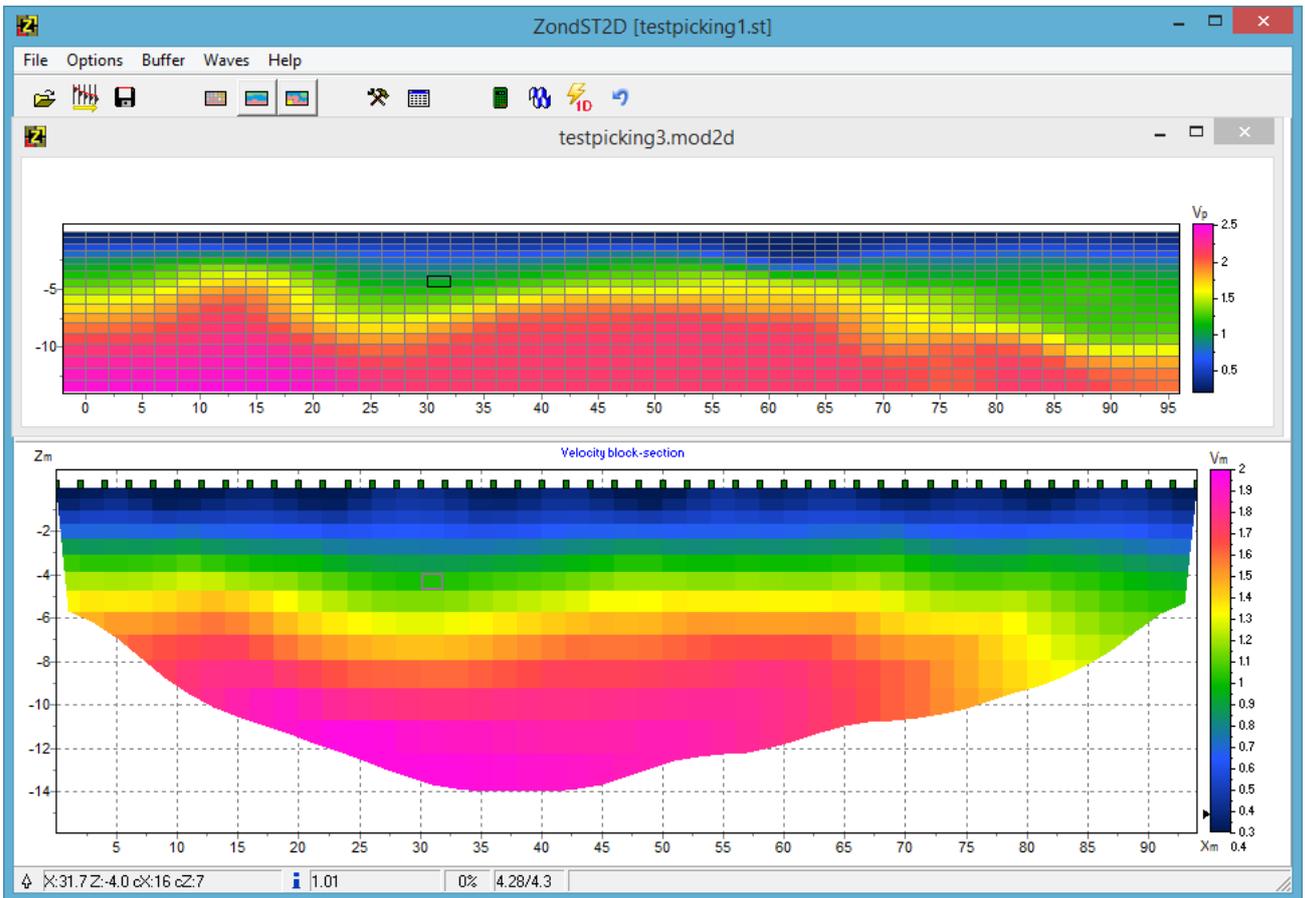
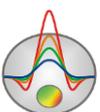


Рис. 76 Отображение моделей рабочей и импортируемой в виде блоков с подсвеченным курсором

Если в качестве импортируемого файла использовать двухколоночный файл с расширением *.dat, то в окне с расчетными данными (в режиме **graphics-plot**) отобразится график, связанный с правой осью (см. рисунок ниже). В первой колонке файла *.dat вводятся горизонтальные координаты точки измерения по профилю, во второй измеренные значения. Таким образом, можно изображать графики изменения любых физических величин вдоль профиля.

Используя опцию **Save/Load selection** можно сохранить или загрузить фрагмент модели. Для сохранения фрагмента необходимо, включив режим отображения модели виде блоков (**Blocks-section**), используя опции раздела **Selection** выделить интересующий фрагмент и нажать **Save selection**.

Загрузить фрагмент модели можно следующим образом – выделить небольшую область текущей модели. Левый верхний край выделения будет считаться тем местом, начиная с которого будет встраиваться фрагмент. Запустить опцию **Load selection** и выбрать имя файла. Если выделение отсутствует, то фрагмент будет вставлен с левого верхнего края модели.



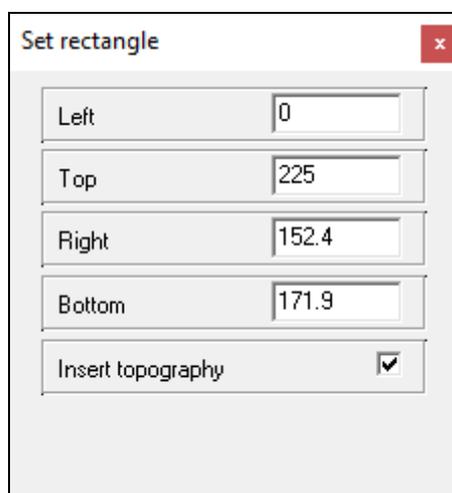
Сохранить или загрузить вертикальный профиль параметра, для заданной горизонтальной координаты можно при помощи опции **Extract 1d log / Load 1d log**. При сохранении вертикального профиля нужно в диалоговом окне задать X координату. При загрузке вертикального профиля требуется указать диапазон по оси X. Этой опцией можно воспользоваться, например, для внедрения каротажных данных или при исследовании мест пересечения профилей.

При наличии априорной информации существует возможность ее использования (в качестве подложки под редактор модели) с помощью опции **Options/Import/Export/Background image**. Это могут быть, например, геологический, электрический или сейсмический разрезы, разрез по соседнему профилю. В программе существует два формата подложки – графический файл *.png, *.bmp, файл *.sec, *.seg-y.

После выбора файла *.bmp появляется диалог настройки координат изображения, в котором указываются координаты границ изображения в системе координат разреза.

Для того чтобы сделать изображение прозрачным, в диалоге настройки модели (нажатие правой кнопки выше разреза block-section в окне модели, опция Setup) выбирается Transparency.

При выборе подложки появляется окно:

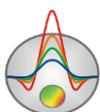


Parameter	Value
Left	0
Top	225
Right	152.4
Bottom	171.9
Insert topography	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 77 Диалог настройки параметров подложки

В этом окне можно вручную задать координаты левого верхнего и нижнего правого угла изображения.

Insert topography – позволяет изменить изображение с учетом топографии (верхняя граница рисунка будет повторять топографию модели).



В режиме **Blocks section** будут отображаться те ячейки, значения которых отличны от вмещающей среды. Таким образом, появляется возможность моделировать аномальные объекты поверх подложки (см. рисунок ниже).

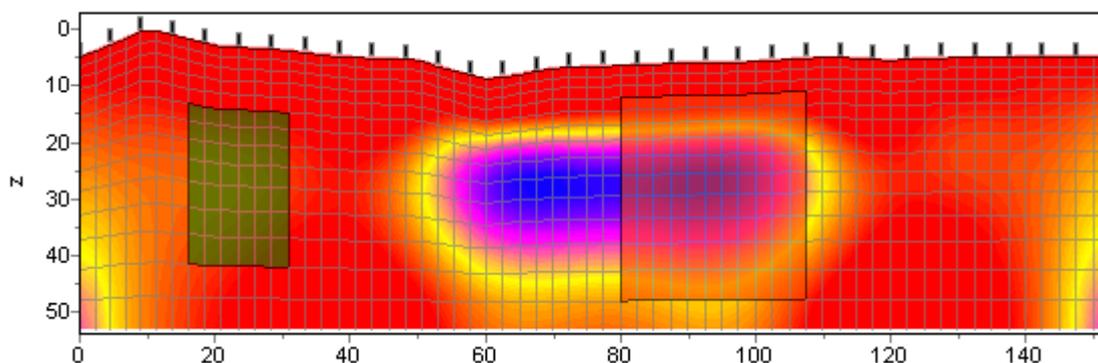


Рис. 78 Модель в режиме **Block-section** с подложкой

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

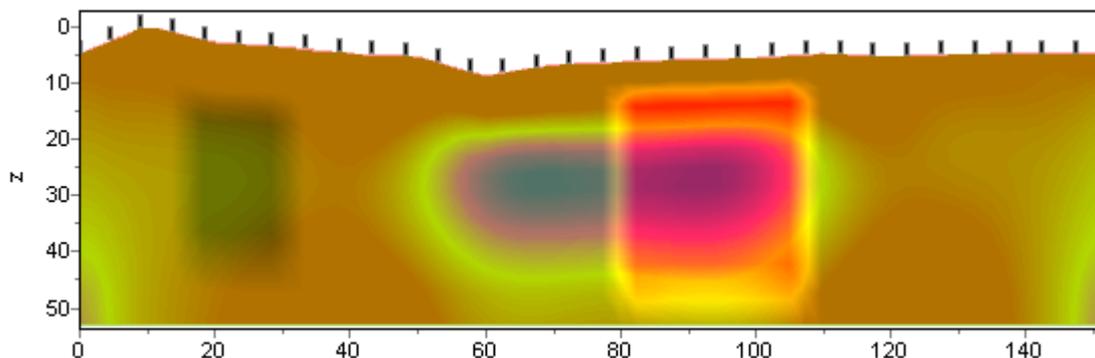
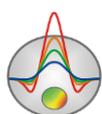


Рис. 79 Модель в режиме **Smooth-section** с подложкой

Использование подложки позволяет при проведении интерпретации учитывать результаты других методов исследования. Например, с использованием данных электроразведки или имеющегося геологического разреза можно задавать границы при создании априорной (стартовой) модели для инверсии данных. На рисунке ниже приведен пример, когда в качестве подложки для скоростной модели используется волновой разрез.



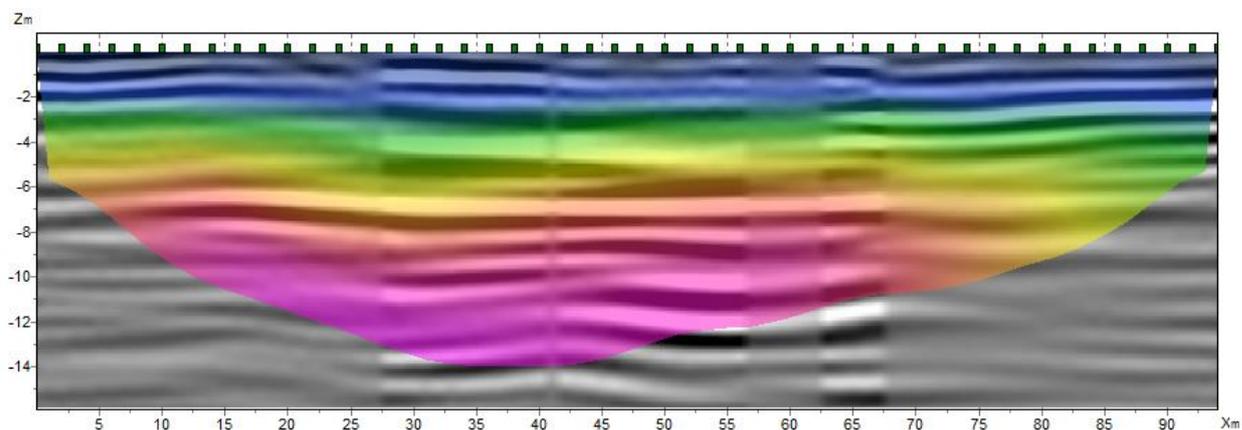


Рис. 80 Модель в режиме Smooth-section с подложкой – данными сейсморазведки

Создание скважинных данных

Добавление данных каротажа и литологии выполняется в специальном модуле **Options / Borehole / Create / Edit borehole data** (см. рисунок ниже). Модуль позволяет создавать, редактировать и визуализировать литологические колонки и каротажные данные вдоль профиля наблюдений.

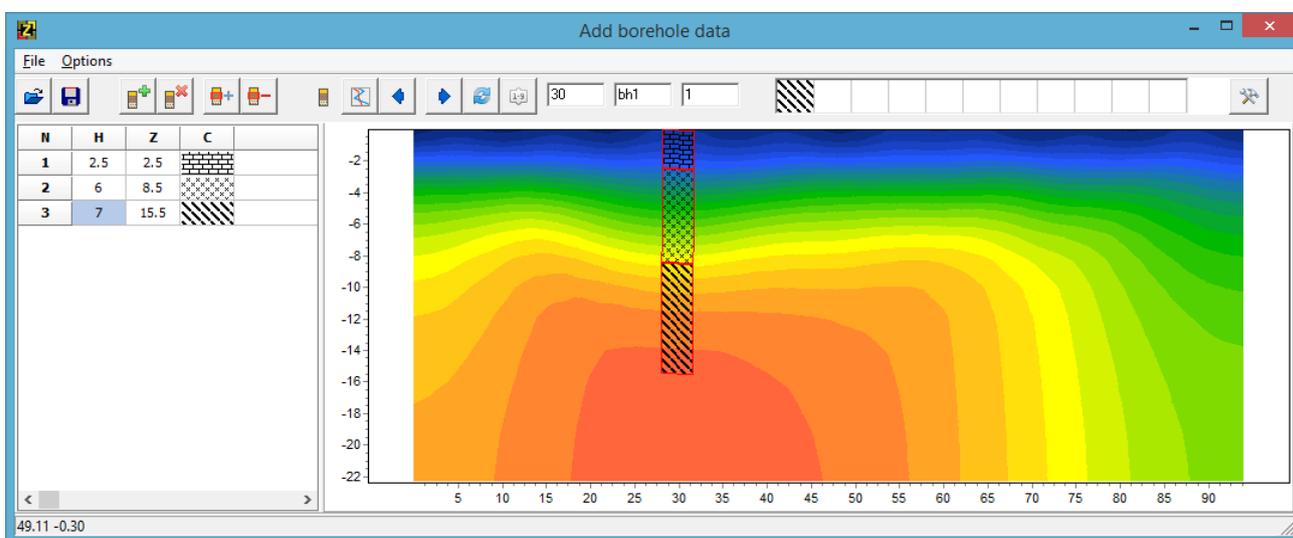
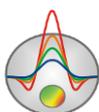


Рис. 81 Модуль добавления данных каротажа и литологии скважин

Панель инструментов диалогового окна содержит следующие кнопки:

	Открыть файл литологии
	Сохранить файл литологии
	Создать новую скважину



	Удалить скважину
	Добавить слой в скважине
	Удалить слой в скважине
	Режим литологических колонок
	Режим каротажных данных
	Перейти к предыдущей скважине
	Перейти к последующей скважине
	Обновить окно прорисовки данных
	Отсортировать скважины по координате
<input type="text" value="30"/>	Устанавливает горизонтальную координату (вдоль профиля)
<input type="text" value="bh1"/>	Подпись к скважине (не более 5ти символов)
<input type="text" value="1"/>	Угол наклона скважины в плоскости XZ.
	Дополнительные опции

Модуль содержит два основных окна. Слева расположено **Окно данных**, содержащее таблицу со следующими столбцами: **N** – порядковый номер слоя, **H** – мощность слоя в метрах, **Z** – глубина подошвы слоя в километрах, **C** – тип заливки. В правом окне данные по скважинам отображаются в графическом виде.

Для начала создания файла литологии необходимо нажать кнопку  на панели инструментов. После чего в секции слева появится новая таблица. При помощи кнопки  необходимо задать нужное число слоев. Далее необходимо отредактировать таблицу, установив значения мощности или глубины подошвы каждого из слоев, а также выбрать тип заливки в соответствии с литологией. Диалог настройки заливки **Pattern Color Editor** вызывается двойным нажатием левой кнопки мыши в столбце **C** окна данных (рис. 82). В программе предлагается богатый выбор литологических заливок. В опции **Color** можно выбрать цвет заливки.

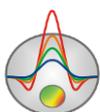




Рис. 82 Окно редактора заливки

После окончания ввода данных по скважине необходимо нажать кнопку  и скважина появится в графическом окне. После этого, необходимо задать горизонтальную и вертикальную координаты скважины на панели инструментов в километрах, после чего скважина будет изображаться в соответствии со своими координатами. В графическом окне активная скважина отображается красным цветом.

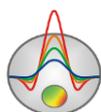
Для удобства работы с большим количеством скважин в программе имеется возможность создания палитры. Для создания палитры выберите необходимую заливку в столбце заливок **Окна данных**, после чего щелкните правой кнопкой мыши в области заливок на главной панели программы. Таким путем может быть создан набор заливок, который затем может быть сохранен. Для этого нажмите кнопку  и выберите **Save default palette**. Сохраненный набор заливок может быть использован при создании нового файла данных литологии и каротажа ( - **Load default palette**).

Set borehole width, доступная при нажатии кнопки  устанавливает ширину скважин в процентах от длины профиля.

После сохранения файла данных будут созданы несколько файлов: *.crt – проект модуля, который может быть загружен в программе **ZondST2D** и *.txt – файла для каждой скважины, имена соответствуют горизонтальной и вертикальной координате

Данные каротажа возможно загрузить через инструмент . При создании файла каротажных данных используется форматы *.txt и *.las.

Структура файла *.txt: первая колонка содержит глубину точки записи (от поверхности земли), вторая колонка содержит каротажные измерения. Третья и четвертая колонки содержат нули. Разделитель между колонками клавиша TAB.



Ниже приведен пример файла каротажных данных, отображаемых на разрезе виде графиков (см. рисунок ниже):

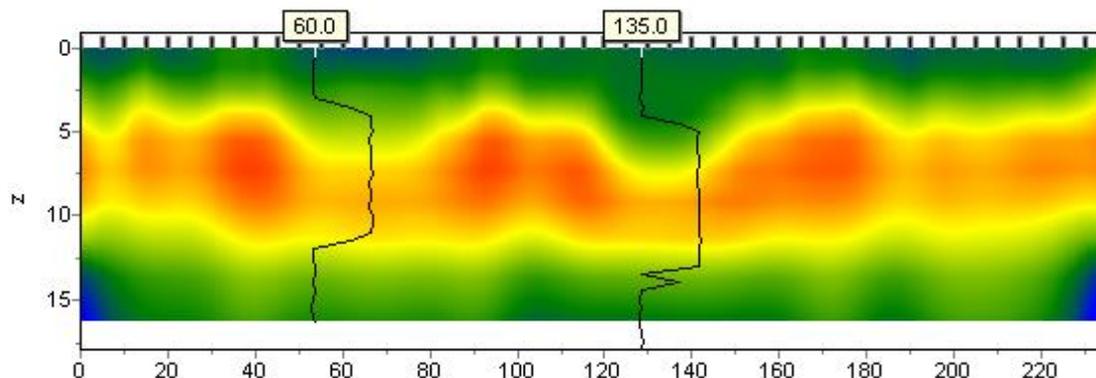


Рис. 83 Модель с нанесенными каротажными диаграммами

При создании файла с литологической информацией используется следующая структура: 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. Колонки разделяются пробелами. Пример модели с нанесенными литологическими колонками приведен на рисунке ниже.

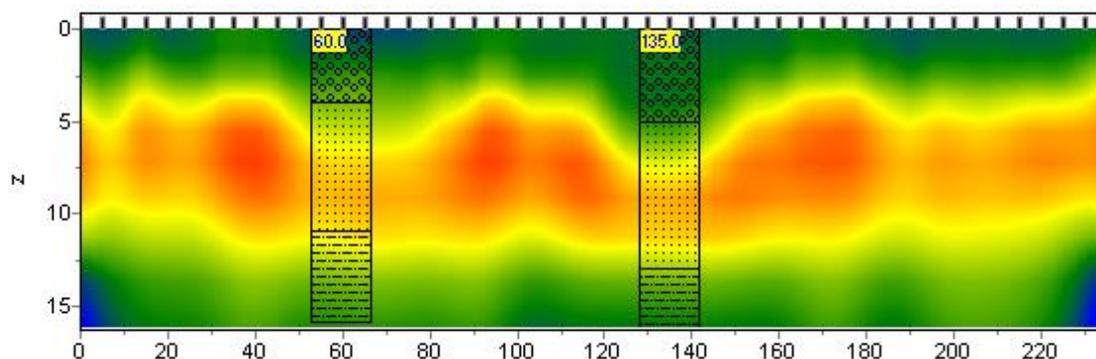
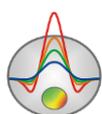


Рис. 84 Модель с нанесенными литологическими колонками

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



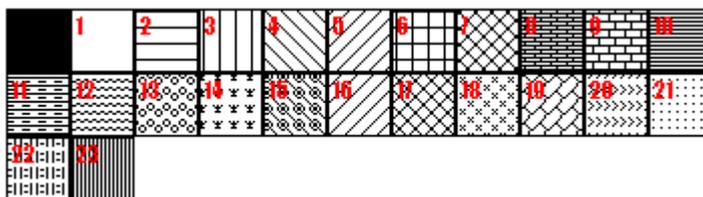


Рис. 85 Варианты штриховки литологической колонки

Помимо формата txt в этом модуле есть возможность загрузки файлов crt. Далее следует описание структуры файла CRT для отображения литологических или каротажных данных для произвольного количества скважин.

2280.txt Первая строка - имя файла с данными каротажа или литологии.

skv2280 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);

1 - каротажные данные (интерполяционная цветовая колонка) для отображения данных используется цветовая шкала разреза;

2 - литологическая колонка;

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 - вычтуть из каждой каротажной диаграммы ее среднее значение.]

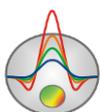
0 - Индекс метода каротажа (если необходимо отображать одновременно несколько типов каротажа, следует ввести индексы для каждого из методов) 0 – n-1, где n – количество методов.

1 - Цвет графика.

0 - Масштаб данных логарифмический 0, линейный 1.

0 – Вертикальное смещение скважины относительно земной поверхности.

Кнопки панели инструментов модуля задания данных литологии дублируются в меню **Options**. Там же содержится функция **Remove background**, которая позволяет убрать подложку – модель скоростей при задании скважинных данных.



При создании или редактировании скважинных данных с помощью описанного модуля результат сохраняется программой в файле внутреннего формата с расширением *.crt или *.bmp.

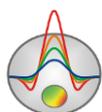
Представление результатов

Работа с несколькими моделями в одном проекте

Часто возникает необходимость в рамках одного проекта хранить несколько моделей и для сравнения одновременно их визуализировать. Например, при определении оптимальных параметров инверсии удобнее не создавать отдельный проект для каждого набора параметров, а хранить все полученные по результатам инверсии модели в одном проекте и иметь возможность сравнивать их в одном окне. Также в режиме моделирования при расчете прямой задачи от нескольких связанных по смыслу моделей их удобнее хранить и сравнивать в рамках одного проекта.

В программе **ZondST2D** описанные функции реализуются с помощью подраздела **Buffer** главного меню программы. Кнопки **Model 1 – Model 5** соответствуют пяти буферным моделям, которые можно хранить в рамках одного проекта.

Чтобы записать текущую модель в буфер, необходимо нажать одну из кнопок, соответствующих буферным моделям. Если выбранная буферная модель пуста, текущая модель будет в нее записана. Возникающий при этом диалог позволяет ввести название буферной модели, которое после этого будет отображаться на соответствующей кнопке в списке **Buffer** и в качестве заголовка – при отображении модели.



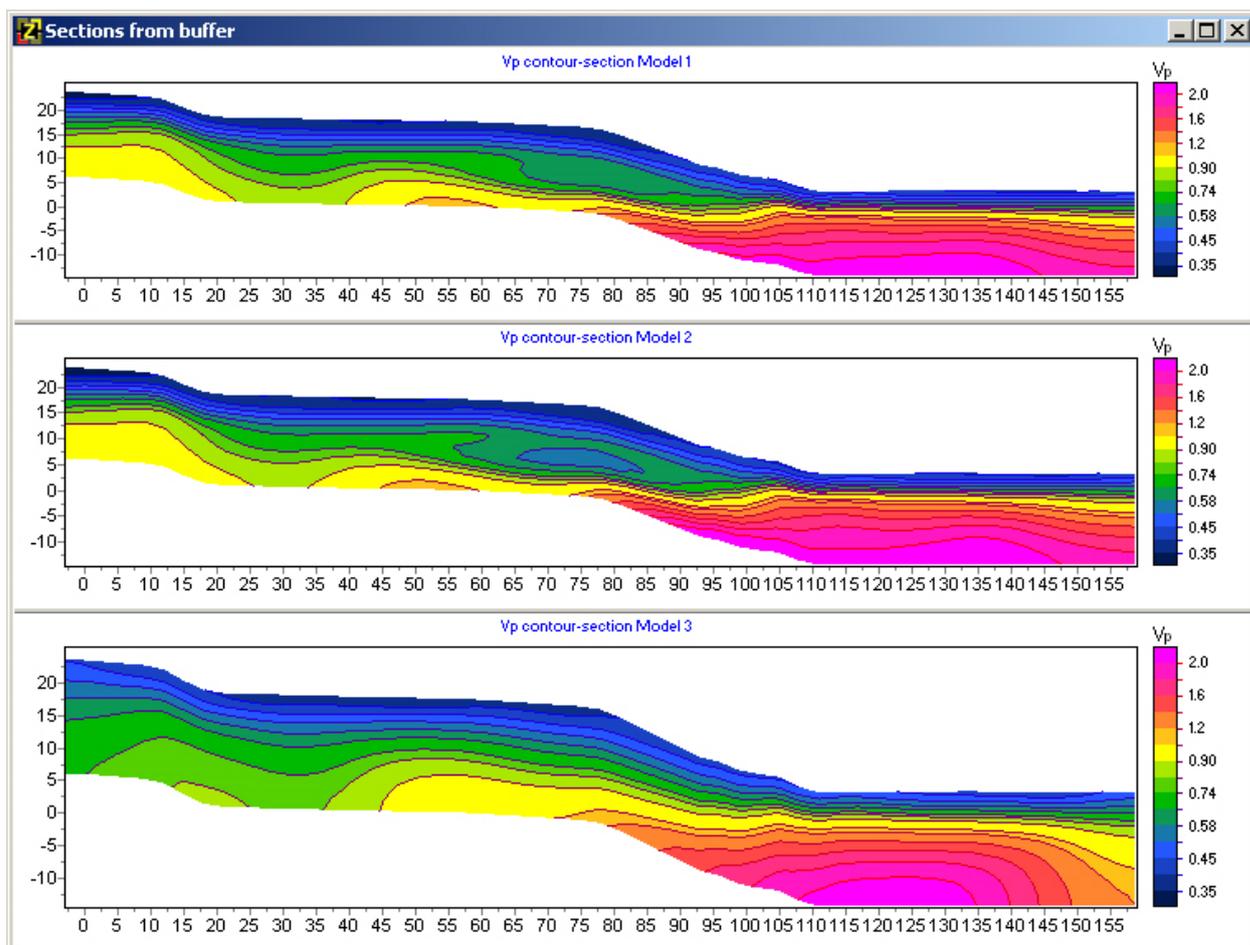
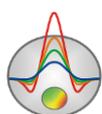


Рис. 86 Окно одновременного просмотра нескольких моделей Buffer/Open.
Пример инверсии одних и тех же данных с использованием разных параметров

После того как первая буферная модель задана, в редакторе модели можно очистить текущую модель и создать следующую, записав ее в следующую буферную модель.

Если выбранная буферная модель не пуста, программа спросит, хотим ли мы открыть эту буферную модель (**From Buffer**) или записать текущую на ее место (**To buffer**). При выборе **From Buffer** модель из буфера будет помещена на место текущей активной модели в редактор разреза.

Кнопка **Buffer/Open** позволяет в одном окне посмотреть все созданные модели, что удобно для их сравнения (**Ошибка! Источник ссылки не найден.86**).



Окно построения геолого-геофизической модели

Для построения геолого-геофизической модели (проведения геологической интерпретации) служит окно редактора геологической модели **Geological editor**, вызываемое с помощью меню **Options/Modules/Geological editor**. Редактор позволяет в интерактивном режиме создать геологическую модель на основе текущей модели проекта, скважинных данных, данных других программ пакета **Zond** и априорной растровой информации, распечатать полученные разрезы в заданном масштабе, сохранить и экспортировать результаты интерпретации.

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.

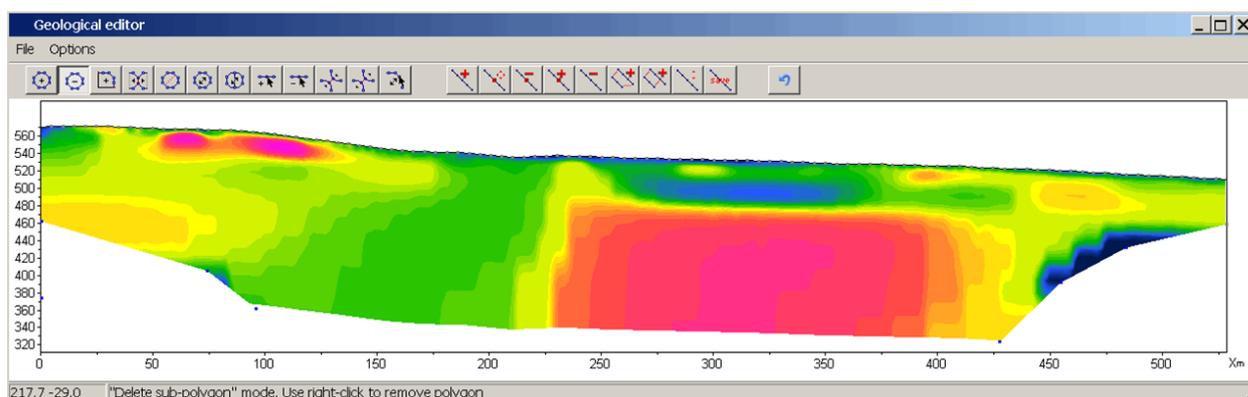
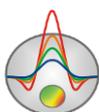


Рис. 87 Окно редактора модели перед началом работы

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

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



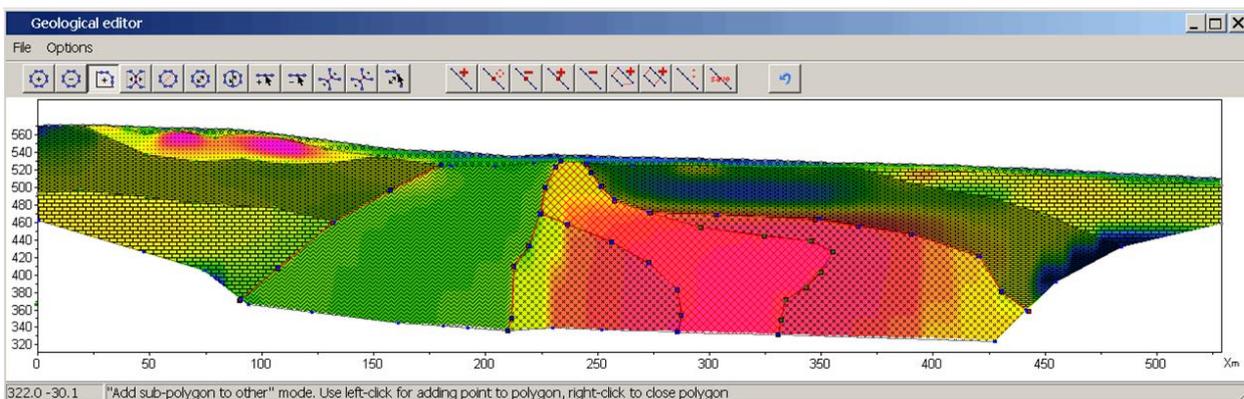


Рис. 88 Окно редактора модели: разрез скоростей и геологическая интерпретация.

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 крапп.

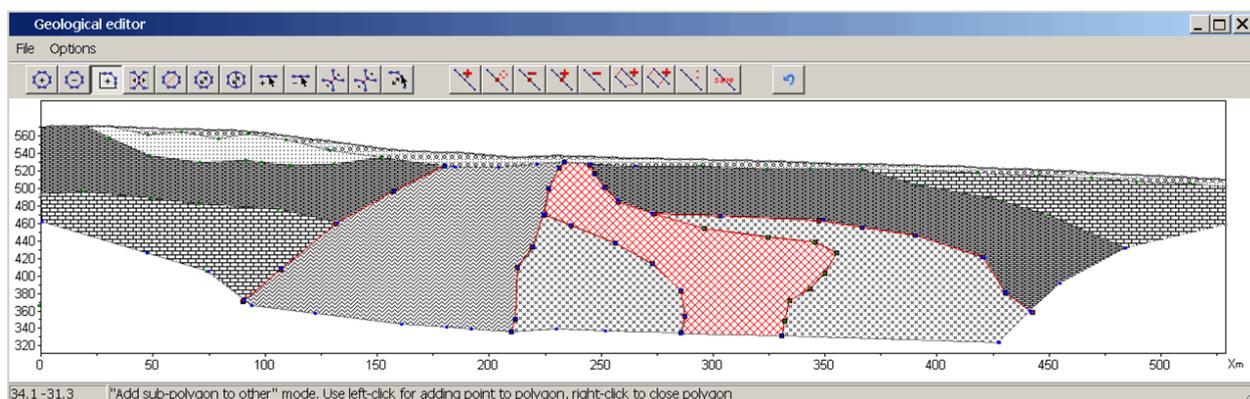
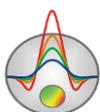


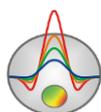
Рис. 89 Окно редактора модели: геолого-геофизический разрез по результатам интерпретации

На панели инструментов окна **Geological editor** находятся кнопки для редактирования полигонов и линий:

Инструмент	Опция
	Создание полигона. Нажатие левой кнопки мыши добавляет новый узел к полилинии - границе полигона. Описание границы полигона завершается нажатием правой кнопки мыши, после которого полилиния автоматически замыкается.



	<p>Удаление полигона. После выбора инструмента осуществляется нажатием правой кнопки мыши на полигон, который необходимо удалить.</p>
	<p>Создание полигона, примыкающего к существующему полигону или границе области моделирования. После выбора данного инструмента необходимо задавать границу, не смежную с существующим полигоном. Первая и последняя точка задаваемой границе должна принадлежать либо границе смежного тела, либо границе области моделирования. Задание границы завершается нажатием правой кнопки мыши. Смежную границу программа выберет автоматически или предложит выбрать с помощью диалога.</p>
	<p>Разъединение смежных полигонов. Если с помощью предыдущего инструмента создана модель, содержащая смежные полигоны, данный инструмент позволяет разъединить их, чтобы получить возможность несвязанного изменения границ, перемещения, удаления полигона. После выбора инструмента левой кнопкой мыши выбирается полигон, который необходимо отделить (однократное нажатие в любой точке полигона, при этом его границы меняют цвет). Нажатие правой кнопки мыши завершает процедуру разъединения.</p>
	<p>Разделить полигон по прямой линии (создать из одного полигона два).левой кнопкой мыши указывается первая точка прямой, затем правой кнопкой – вторая. Обе точки должны находиться на границе разделяемого полигона.</p>
	<p>Переместить полигон. Выбор полигона осуществляется нажатием левой кнопки мыши. При движении мыши перегон перемещается. Положение полигона фиксируется нажатием правой кнопки.</p>
	<p>Переместить часть полигона</p>

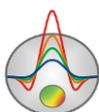


	<p>Добавить узел. Осуществляется нажатием правой кнопки мыши на точку границы, куда необходимо добавить узел.</p>
	<p>Удалить узел. Осуществляется нажатием правой кнопки мыши на узел, который необходимо удалить.</p>
	<p>Переместить узел. Выбор узла осуществляется нажатием левой кнопки мыши, перемещение – движением мыши, окончание перемещения – нажатием правой кнопки.</p>
	<p>Разъединить связанные точки. Данный режим предназначен для разъединения связанных точек. Разъединение точек связанного полигона производится щелчком правой кнопки мыши по ней. В результате этой операции вместо одной связанной точки появляется набор несвязанных точек, принадлежащих каждая своему полигону. Точки полигонов изменяют цвет на красный при приближении курсора.</p>
	<p>Переместить точку. Данный режим предназначен для перемещения точки полигона. Для выбора перемещаемой точки используется щелчок левой кнопки мыши; после которого точка полигона перемещается вслед за курсором. Для закрепления нового положения точки используется щелчок правой кнопки мыши. Если операция невозможна (т.е. какие - либо грани пересекаются) программа не позволяет пользователю переместить точку и возвращает ее в первоначальное положение. Точки расположенные на границе модели перемещаются только вдоль соответствующих краев. Точки полигона изменяют цвет на красный при приближении курсора.</p>

Диалог настройки графических параметров полигона вызывается двойным щелчком мыши в его центре.

Также на панели управления находятся кнопки для создания и редактирования линий:

	<p>Добавить линию</p>
---	-----------------------



	Переместить узел
	Удалить узел
	Добавить узел
	Удалить линию
	Создать полигон из двух линий
	Переместить линию
	Сохранить линию
	Отмена последнего действия

Меню **File** окна **Geological editor** содержит следующие функции:

File/Load polygons – загрузить полигоны из файла

File/Save polygons – сохранить полигоны текущей модели в файл

File/Show background – показать подложку (графическое изображение).

File/Remove background – скрыть подложку из редактора.

File/Print preview – вызвать диалог печати изображения.

Get from modeling – загрузить полигоны из режима полигонального моделирования

Options/Model setup – вызвать диалог настройки размеров области модели

Options/Load borehole data – загрузить скважинные данные из файла

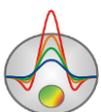
Options/Remove borehole data – удалить скважинные данные из редактора

Options/Remove all polygons – удалить все полигоны

Объемная визуализация моделей по нескольким профилям

Если на площади исследований выполнены измерения по нескольким близкорасположенным профилям, целесообразно проводить их совместную интерпретацию. Это позволяет изучать распространение выделенных структур в плане, а также облегчает интерпретацию каждого профиля в отдельности, упрощая выделение наиболее устойчивых элементов модели.

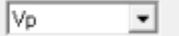
В программе **ZondST2D** для совместной визуализации скоростных моделей, полученных по нескольким профилям, служит модуль **3D section viewer**, вызываемый с помощью пункта меню **Options/Modules/3D fence diagram**. Он позволяет представлять

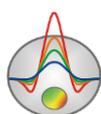


полученные модели в пространстве (с учетом рельефа), а также строить распределения выбранного параметра в плане для заданной пользователем глубины или абсолютной отметки.

Окно объемной визуализации состоит из трех вкладок – **Lines** (задание координат профилей), **3D View** (окно просмотра модели), **Options** (настройки изображения) и панели инструментов (обеспечивает доступ к дополнительным параметрам и возможности загрузки, сохранения и экспорта построенной объемной модели).

Панель инструментов окна содержит следующие кнопки:

	Загружает карту участка из интернета. При этом координаты станций должны быть заданы в UTM координатах. В случае проблем с загрузкой введите актуальный ключ в поле Bing maps api_key
	Построить горизонтальные срезы в surfer
	Предварительный просмотр печати
	Вызвать диалог настройки параметров 3D модели
	Настройки параметров осей (подробнее)
	Вращать 3D модель
	Показать горизонтальный план. Глубина плана от поверхности устанавливается в километрах в окне справа 
	Нажатие этой кнопки устанавливает одинаковые масштабы для всех осей. При этом справа появляется окно позволяющее задавать соотношение масштабов для каждой оси.
	Задать параметр для построения (Vp или Vs)



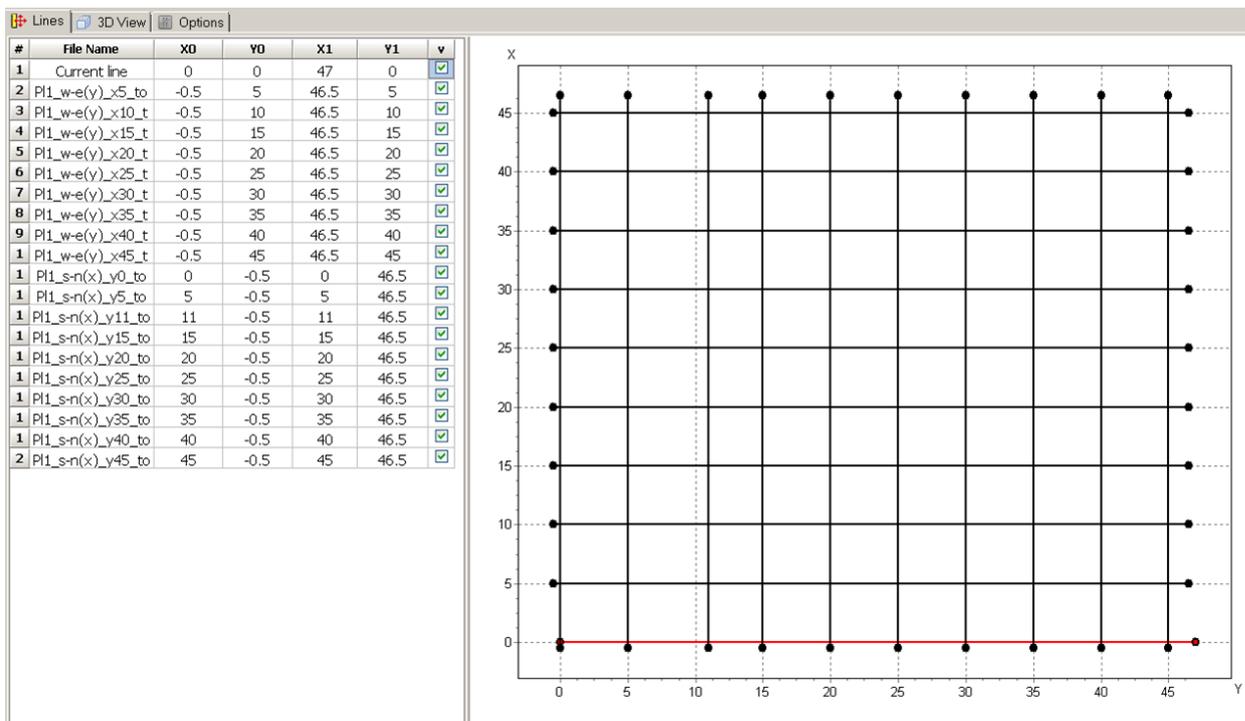
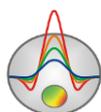


Рис. 90 Вкладка Lines окна 3D Section viewer

Для добавления профилей и присваивания координат предназначена вкладка *Lines* (Ошибка! Источник ссылки не найден.90). Каждому профилю соответствует строка в таблице. Чтобы добавить профиль в таблицу, необходимо правой кнопкой мыши нажать на пустую ячейку первого столбца и выбрать нужный файл. Для объемной визуализации программа использует файл с расширением *.mod2d, который создается автоматически при сохранении основного проекта в формате **ZondST2D**. Добавить пустую строку в таблицу или удалить из нее ненужный файл можно с помощью кнопок  и  панели инструментов. Столбцы X0, Y0, X1, Y1 таблицы содержат прямоугольные координаты начала и конца соответствующего профиля (криволинейные профили могут быть заданы в опции XY/Edit toro). Необходимо отметить, что допускается произвольная взаимная ориентация профилей – они могут быть параллельными, непараллельными, пересекающимися или непересекающимися. План профилей отображается по мере ввода координат в правой части окна вкладки Lines. Последний столбец таблицы позволяет по мере надобности отключать выбранные профили из 3D изображения.

Вкладка *Options* позволяет настраивать параметры отображения – цветовую шкалу и масштабы по каждой из осей. Соотношение масштабов можно также установить с помощью поля  1:1:1 панели инструментов. В поле со значениями содержатся



масштабы отображения по каждой из осей. Нажатие кнопки  позволяет перейти к максимальному масштабу отображения для ограниченной осями области.

Сама объемная модель отображается во вкладке **3D View** (Ошибка! Источник ссылки не найден.91).

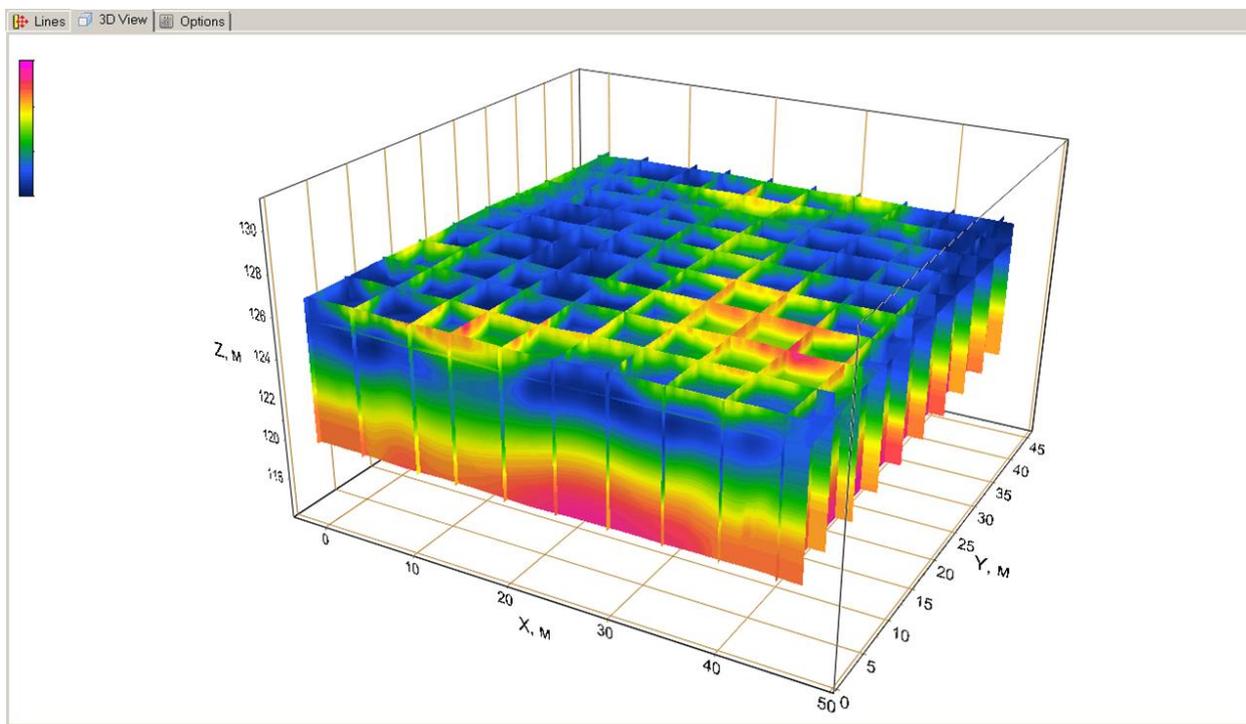
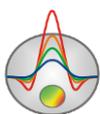


Рис. 91 Вкладка **3D View** окна **3D section viewer**. Объемная визуализация

Настройка осей (каждой по отдельности) осуществляется с помощью диалогов, вызываемых кнопкой  панели инструментов. Соответствующий диалог позволяет менять свойства подписей к осям, настраивать отображение сетки, устанавливать заголовки осей и т.д.

Доступ к настройкам, связанным с объемным изображением модели (типы проекций, масштабы, угол поворота, смещения всей модели в координатах экрана и др.) осуществляется с помощью кнопки .

Работать с созданной моделью также можно с помощью мыши – с нажатой левой кнопкой модель можно произвольно вращать, с помощью колеса мыши достигается изменение масштаба. При нажатии кнопки  происходит автоматическое вращение модели вокруг своего геометрического центра.



Полезной опцией является возможность построения среза параметра на определенной глубине. Доступ к соответствующей опции осуществляется с помощью набора инструментов  панели инструментов. Если галочка не стоит, в числовом окне указывается абсолютная отметка высоты, для которой будет построен срез. Если галочка установлена, в числовом окне указывается глубина от поверхности, для которой будет построен срез. Пример построения среза модели, рис. 92.

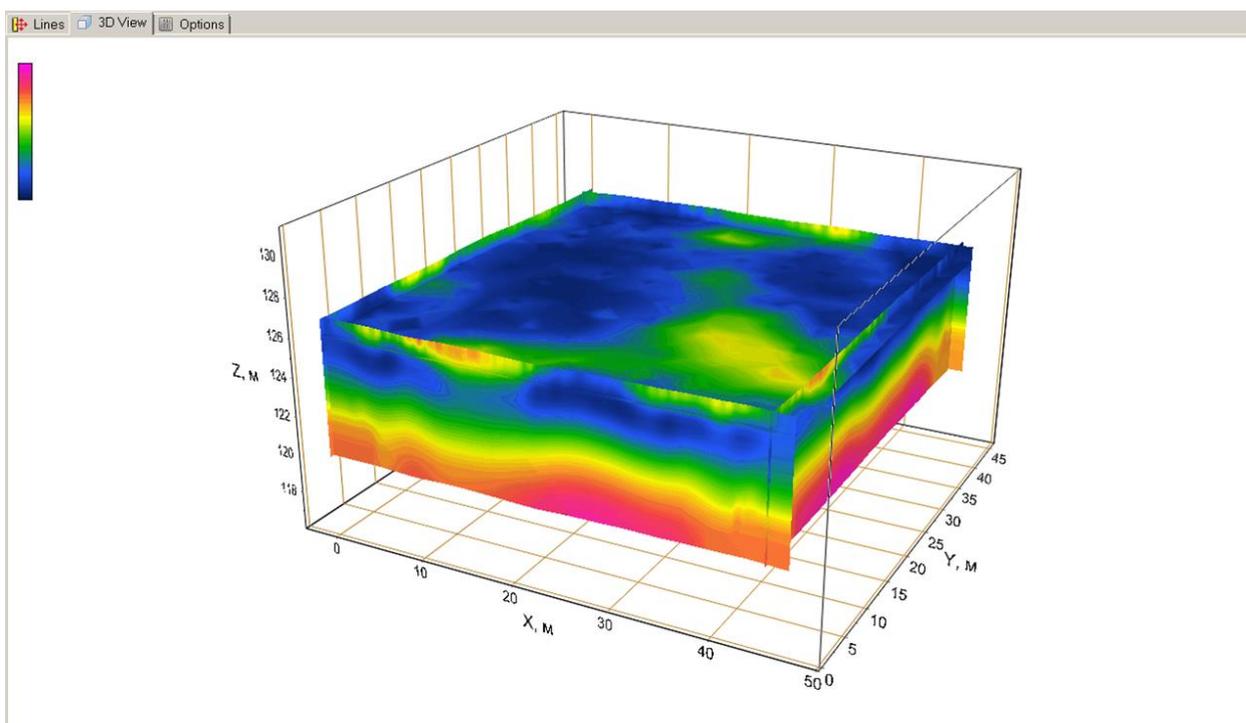


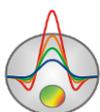
Рис. 92 Вкладка 3D View окна 3D section viewer. Срез скоростей на заданной глубине от поверхности.

Вкладка **Options** предназначена для настройки параметров изображения.

Область *Color scale* позволяет настроить параметры заливки. Кнопка **Palette** вызывает диалоговое окно настройки заливки. Область *Color scale limits* позволяет установить минимум и максимум для цветовой шкалы в ручную или выбрать автоматический режим определения пределов, установив соответствующую галочку.

Опция *Continuous* позволяет визуализировать разрезы в непрерывной градиентной палитре или контурном виде.

Область *Axis scales* предназначена для установки масштабов осей. Масштабы устанавливаются только при нажатой кнопке  на панели инструментов окна.



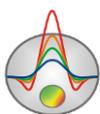
Опция *Boreholes* позволяет показать скважинные данные в трехмерном изображении. При большом количестве скважин в проекте, их отображение может занимать значительное время.

Результаты работы с модулем **3D section viewer** можно сохранить, экспортировать и вывести на печать. Сохранение и экспорт осуществляется с помощью кнопки  панели инструментов. Если в качестве типа файла выбрать Project file, программа создаст файл расширением *.prj, в котором будут храниться абсолютные пути к файлам – профилям и их координаты. Впоследствии, при открытии этого файла с помощью кнопки  программа считает соответствующие данные и вновь построит трехмерную модель. Если в диалоге сохранения выбрать XY plane, программа создаст текстовый файл *.dat, содержащий данные для карты параметра на выбранной глубине. Этот файл можно использовать для работы во внешних программах, например, Surfer. При сохранении в формате Voxler 3d grid программа создает текстовый файл *.dat, содержащий данные для всей модели.

Вывод окна модели на печать осуществляется с помощью нажатия кнопки  панели инструментов.

Диалог **Summary plot**

Данный диалог предназначен для совместной визуализации различных сейсмических результатов в отдельном окне. Он вызывается пунктом меню **Waves/Summary plot** главного меню программы. В зависимости от наличия той или иной информации в проекте, три списка верхней панели окна будут содержать различные параметры, которые можно будет построить в соответствующих секциях.



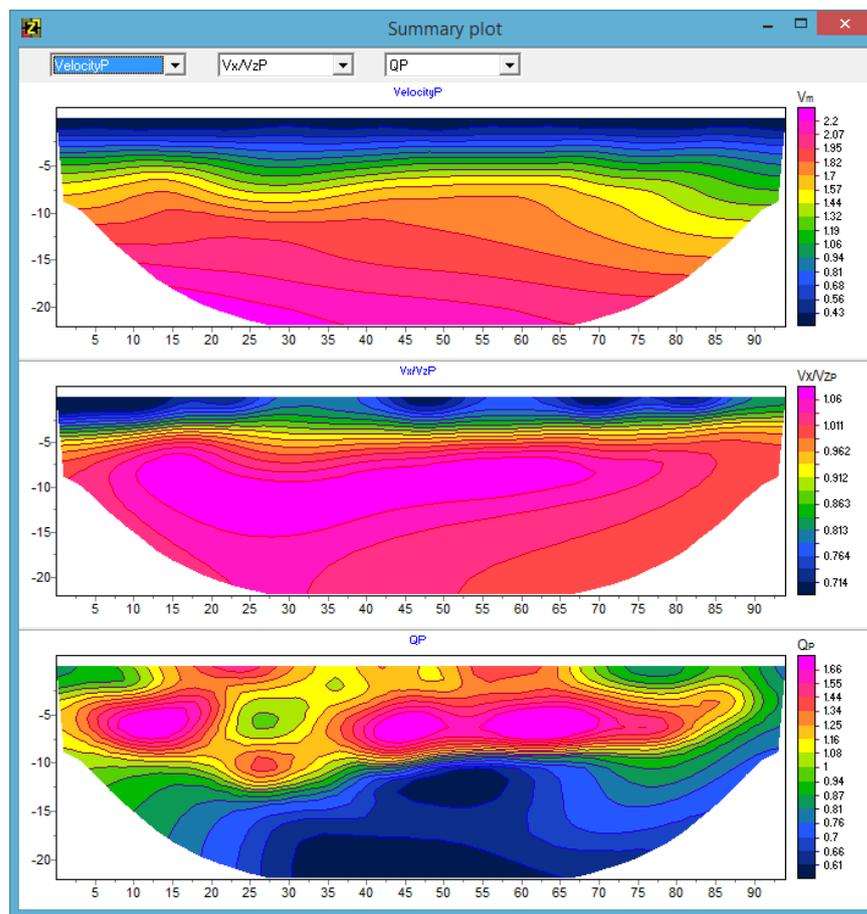


Рис. 93 **Summary plot** в режиме отображения скоростного разреза, коэффициента анизотропии и параметра затухания

При наличии в проекте данных MASW, продольных и поперечных волн, полный список параметров выглядит следующим образом:

VelocityP – скорость продольных волн сеточной модели

VelocityS – скорость поперечных волн сеточной модели

V_x/V_zP – коэффициент анизотропии продольных волн

V_x/V_zS – коэффициент анизотропии поперечных волн

QP – коэффициент затухания продольных волн

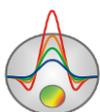
QS - коэффициент затухания поперечных волн

Vp layered - скорость продольных волн произвольно слоистой модели

VS layered - скорость поперечных волн произвольно слоистой модели

VS MASW - скорость поперечных волн по данным MASW

Poisson ratio MASW –коэффициент Пуассона по данным MASW



$$E \text{ MASW} \text{ –коэффициент } E \text{ по данным MASW, } E = \rho \cdot V_s^2 \cdot \frac{3 \cdot V_p^2 - 4 \cdot V_s^2}{V_p^2 - V_s^2}$$

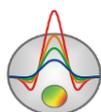
$$G_0 \text{ MASW} \text{ –коэффициент } G_0 \text{ по данным MASW, } G_0 = \rho \cdot V_s^2$$

Сохранение результатов интерпретации

Результат интерпретации профиля данных хранится в файле формата **ZondST2D** (расширение *.ST). В этом файле сохраняются полевые данные, значения относительных весов измерений, текущая модель среды и прочие настройки. 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/Graphics/Bitmap output settings**.

Zond project data	Сохранить измеренные значения и текущую модель среды и все настройки в файл проекта ST.
Zond calculated data	Сохранить рассчитанные значения в текстовый файл данных ST.
Zond observed data	Сохранить наблюдаемые значения в текстовый файл данных ST.
Zond model with calculated	Сохранить измеренные значения и текущую модель среды и все настройки в файл проекта ST. В данном режиме наблюдаемые значения заменяются расчетными. Это очень удобно для тестирования инверсии на различных моделях.
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.
Grid file	Сохранить текущую модель в виде грид-файла в формате DAT. Для удобства последующего построения дополнительно



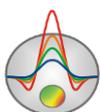
	сохраняется файл bin формата, содержащий характерные точки рельефа и контур обрезки
Section file	Сохранить текущую модель в формате sec(графический файл с геометрической привязкой углов).

Дополнительные возможности программы

Диалог Model smooth/raster

Опция (**Options/Extra/Model smooth/raster**) позволяет загрузить (разбить на блоки) или сгладить текущую модель. Блочная модель может быть использована при инверсии типа **Blocks**. В этом случае производится подбор параметра для каждого блока. Процесс загрузления представляет своеобразную растеризацию гладкой модели, т.е. разбиения модели на области с постоянными параметрами. Наиболее удобным для растеризации является результат фокусирующей инверсии.

При использовании режима **Blocks** (рис.94В), в зависимости от параметра контрастности (*Contrast factor*), производится объединение ячеек с близкими параметрами в области с постоянным значением, в результате. Опция **Start layer** задает номер слоя, начиная с которого производится данная операция.



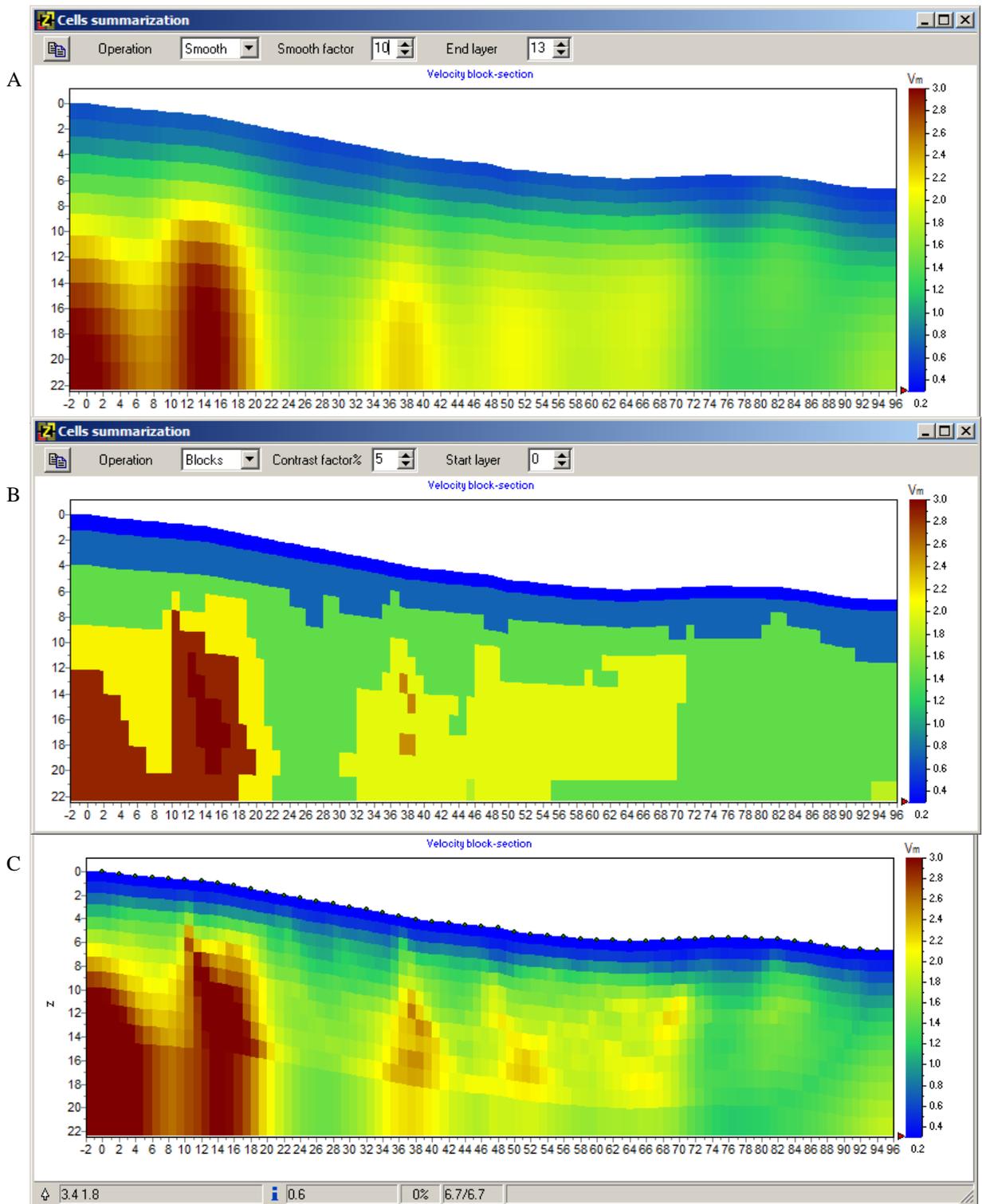
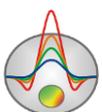


Рис. 94 Пример сглаживания (А) и разбиения на блоки (В) скоростной модели (С) при использовании диалога Cell summarization

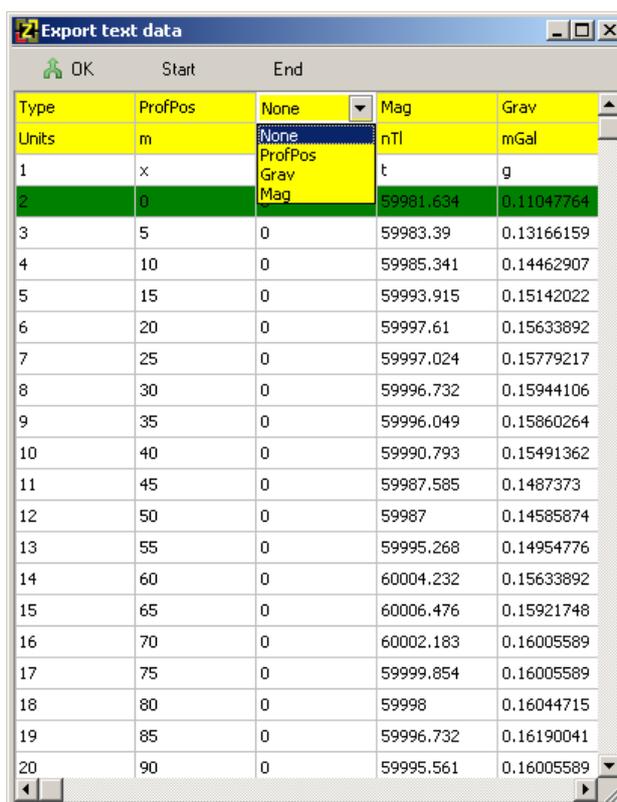


В режиме **Smooth** (рис.94А), в зависимости от сглаживающего фактора (**Smooth factor**), производится осреднение параметров ячеек модели, т.е. её сглаживание. Опция **End layer** задает номер слоя, до которого производится данная операция.

Кнопка  копирует полученную модель в редактор модели.

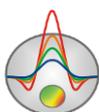
Работа с гравимагнитными данными

Программа может быть использован для совместной интерпретации данных сейсморазведки и грави- магниторазведки. Чтобы загрузить данные выберите функцию **Modeling/ GraviMagnetic/Load data** или **Add data**. Данные могут быть в любом текстовом формате. После выбора файла появится диалог **Export text data**. В нем необходимо задать столбец содержащий расстояния по профилю (*ProfPos*), данные гравитационного (*Grav*) и магнитного полей (*Mag*) в строку *Type*. А также установить единицы измерения в строке *Units* для каждой величины. Кнопки *Start* и *End* позволяют установить строку начала и конца данных. Выберите необходимую строку и нажмите соответствующую кнопку. Строка начала данных выделена в таблице зеленым, конца данных – красным цветом.



Type	ProfPos	None	Mag	Grav
Units	m	None	nTl	mGal
1	x	ProfPos	t	g
2	0	Grav	59981.634	0.11047764
3	5	0	59983.39	0.13166159
4	10	0	59985.341	0.14462907
5	15	0	59993.915	0.15142022
6	20	0	59997.61	0.15633892
7	25	0	59997.024	0.15779217
8	30	0	59996.732	0.15944106
9	35	0	59996.049	0.15860264
10	40	0	59990.793	0.15491362
11	45	0	59987.585	0.1487373
12	50	0	59987	0.14585874
13	55	0	59995.268	0.14954776
14	60	0	60004.232	0.15633892
15	65	0	60006.476	0.15921748
16	70	0	60002.183	0.16005589
17	75	0	59999.854	0.16005589
18	80	0	59998	0.16044715
19	85	0	59996.732	0.16190041
20	90	0	59995.561	0.16005589

Рис. 95 Диалог экспорта данных гравии- и/или магниторазведки **Export text data**



После нажатия кнопки ОК данные будут загружены и появится окно настройки параметров измерений. Также это окно доступно в главном меню **GraviMagnetic/Field settings**. Окно выбора параметров измерений разделено на две области: **Magnetic survey** и **Gravity survey**, соответствующие настройкам для магнитного и гравитационного поля.

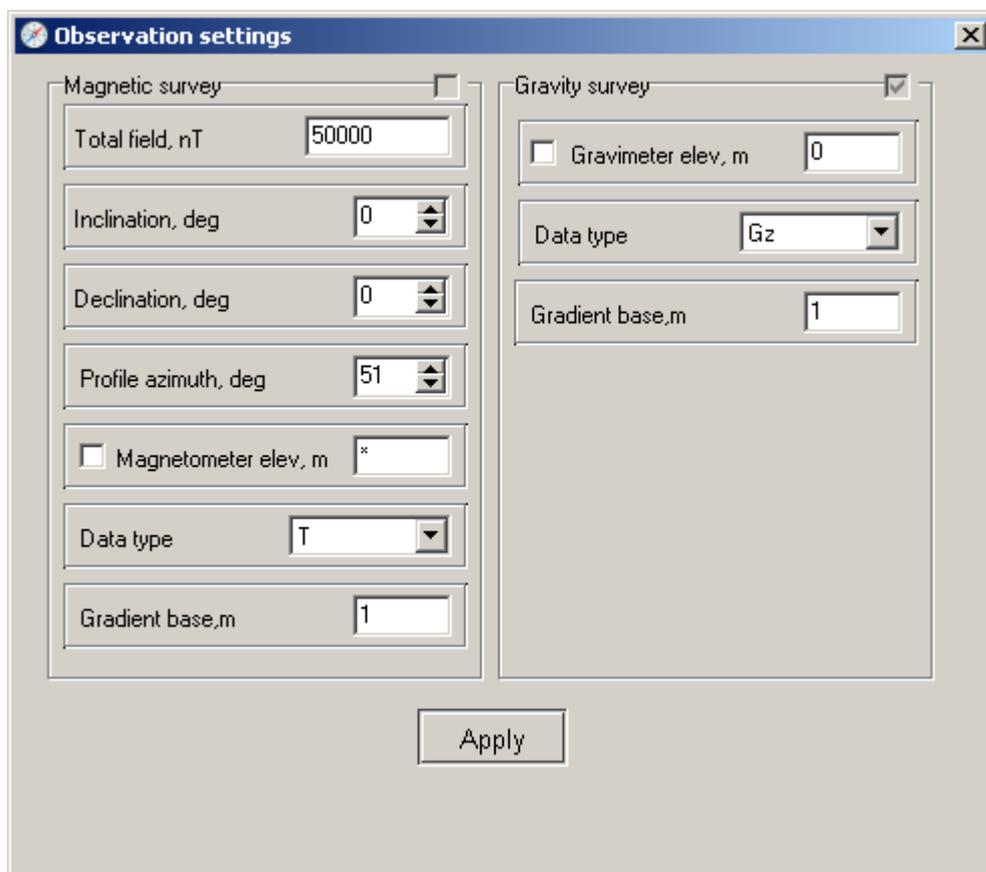


Рис. 96 Диалог настройки параметров наблюдений **Observation settings**

Область **Magnetic survey**:

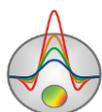
Total field, nT – модуль вектора нормального магнитного поля (T_0), в нТл.

Inclination, deg – величина наклона нормального магнитного поля, в градусах (I_0).
Отсчитывается вниз от горизонтали.

Declination, deg – величина склонения нормального магнитного поля, в градусах (D_0).
Отсчитывается по часовой стрелке от направления на север.

Profile azimuth, deg – азимут профиля, в градусах. Отсчитывается по часовой стрелке от направления на север.

Magnetometer elev, m – высота магнитоактивного датчика, в метрах, относительно рельефа.



Data type – тип измеренных данных. **T** – магнитное поле, **GrZ** – градиент магнитного поля

Gradient base, m – Высота датчика над земной поверхностью

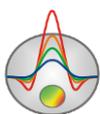
Область **Gravity survey**:

Gravimeter elev, m – высота гравиметрических наблюдений, в метрах, относительно рельефа.

Data type – тип измеренных данных. **Gz** – вертикальная составляющая силы тяжести, **Grz** – градиент вертикальной составляющей силы тяжести.

Gradient base, m – Высота датчика над земной поверхностью.

После установки параметров съемки появится окно Gravity&Magnetic data, содержащее графики гравитационного и магнитного полей. Это окно также доступно в главном меню **GraviMagnetic/Display GM window**.



Настройка графических параметров

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.97).

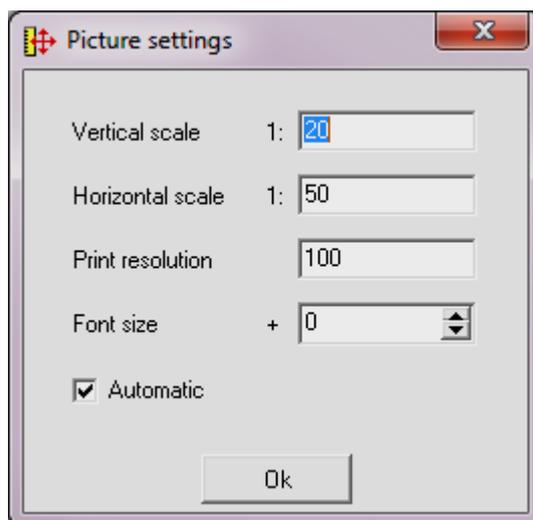
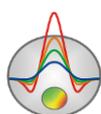


Рис. 97 Диалоговое окно **Picture settings**



Диалог настройки параметров контурного разреза и псевдоразреза

Диалог вызывается из контекстного меню (**Setup**) в области контурного разреза.

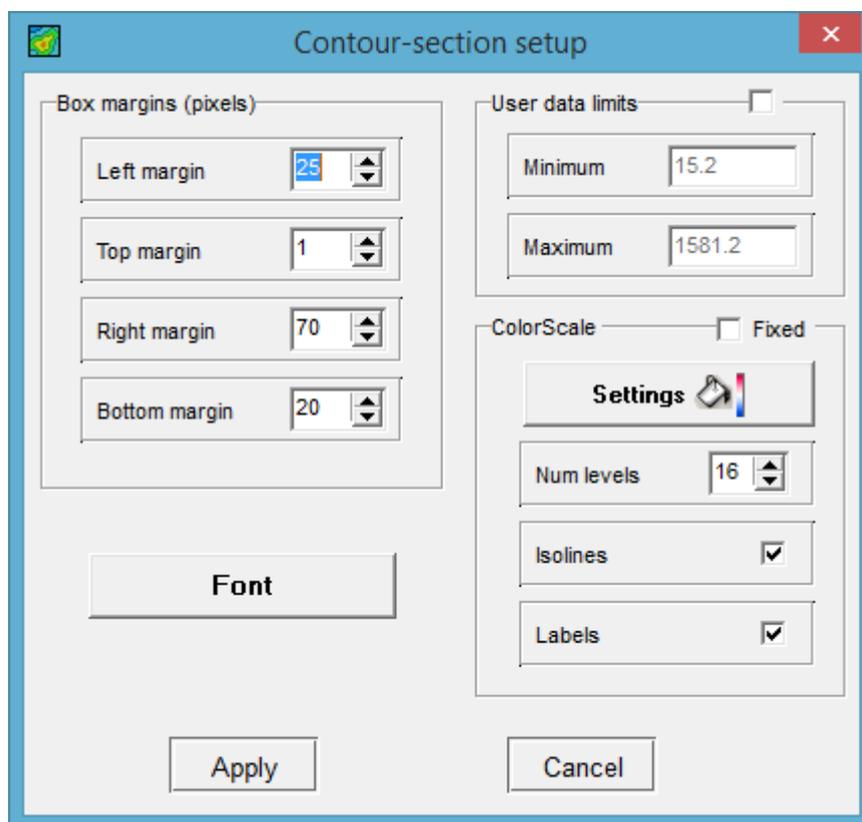


Рис. 98 Окно диалога «Contour-section setup»

Диалог служит для настройки параметров контурного и плана изолиний.

Область **Box margins**:

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

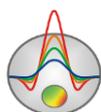
Поле **Right margin**– устанавливает отступ (в пикселах) изображения от правого края окна.

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

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

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

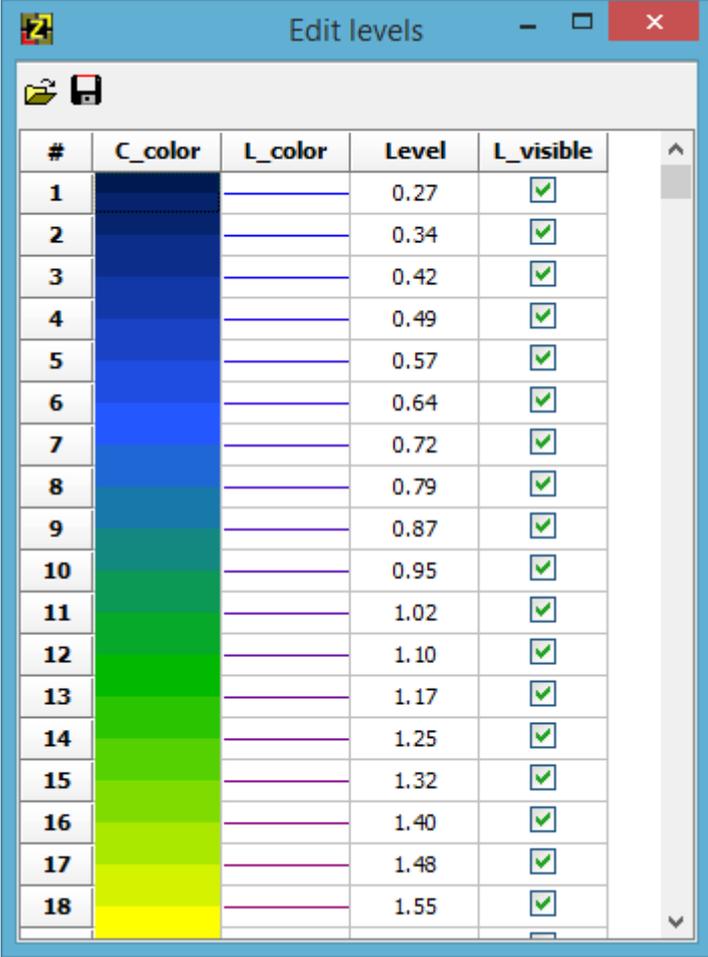
Поле **Minimum** – устанавливает минимальное значение при задании сечений изолиний.



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

Область ColorScale:

Settings – устанавливает цветовую палитру (см. рисунок ниже):



#	C_color	L_color	Level	L_visible
1			0.27	<input checked="" type="checkbox"/>
2			0.34	<input checked="" type="checkbox"/>
3			0.42	<input checked="" type="checkbox"/>
4			0.49	<input checked="" type="checkbox"/>
5			0.57	<input checked="" type="checkbox"/>
6			0.64	<input checked="" type="checkbox"/>
7			0.72	<input checked="" type="checkbox"/>
8			0.79	<input checked="" type="checkbox"/>
9			0.87	<input checked="" type="checkbox"/>
10			0.95	<input checked="" type="checkbox"/>
11			1.02	<input checked="" type="checkbox"/>
12			1.10	<input checked="" type="checkbox"/>
13			1.17	<input checked="" type="checkbox"/>
14			1.25	<input checked="" type="checkbox"/>
15			1.32	<input checked="" type="checkbox"/>
16			1.40	<input checked="" type="checkbox"/>
17			1.48	<input checked="" type="checkbox"/>
18			1.55	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 99 Окно диалога «Edit levels»

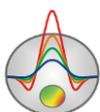
Нажимая правой кнопкой мыши на заголовки таблицы можно вызвать дополнительное меню:

C_color – вызывает окно редактирования цвета шкалы значений.

L_color – вызывает окно редактирования цвета рисок на цветовой шкал.

Level – вызывает окно редактирования пределов цветовой шкалы.

Диалог позволяет редактировать цвета, параметры изолиний, значения параметров, отображение конкретного цвета. Можно загружать и сохранять цветовые палитры в формате *.clr программы Surfer.



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

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

Опция **Labels** – указывает программе, нужно ли рисовать подписи к изолиниям.

Кнопка **Font** вызывает диалог настройки шрифта легенды.

Диалог настройки палитры

Диалог предназначен для настройки палитры объекта программы и вызывается кнопкой **Palette** (рис.100). Диалог позволяет выбрать одну из палитр по умолчанию (прямая и обратная радуги, оттенки серого и т.д.) или создать пользовательскую шкалу. Для добавления бегунка на шкале используйте правую кнопку мыши с нажатой клавишей Ctrl. Для того чтобы удалить бегунок используйте клавишу Delete. Также можно сохранить пользовательскую палитру, используя кнопку , или загрузить уже имеющуюся, используя кнопку .

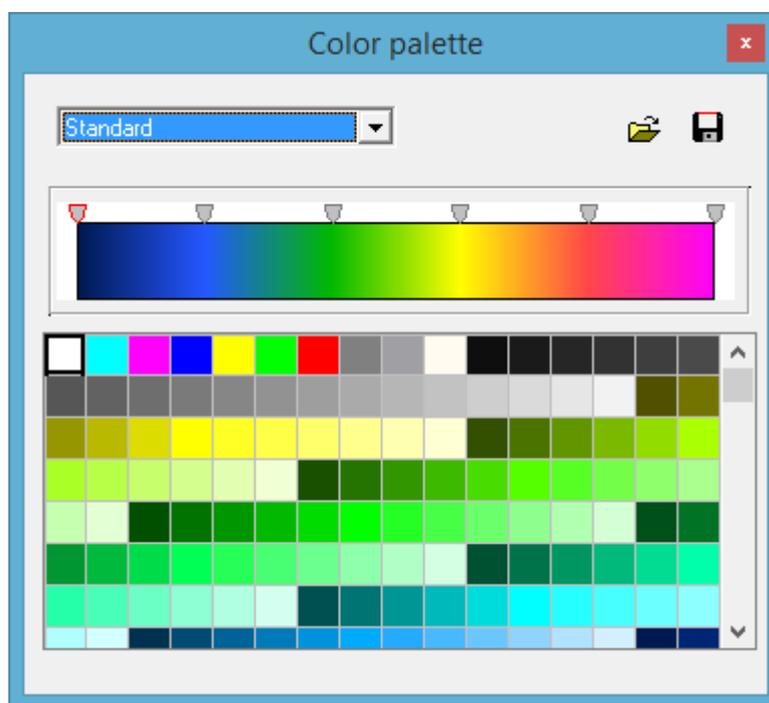
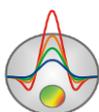


Рис. 100 Диалог настройки параметров палитры.

Палитру можно менять, редактировать, загружать файла и сохранять в файл формата *.clr программы Surfer.



Редактор набора графиков

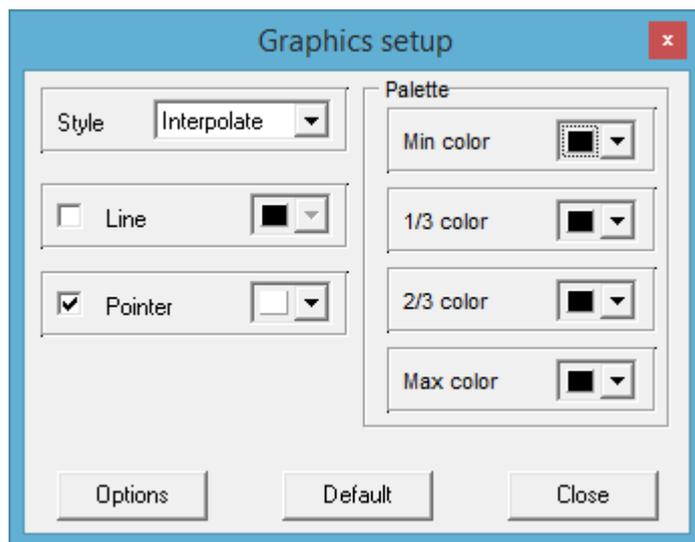


Рис. 101 Редактор набора графиков

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.

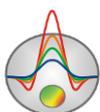
Опция *Pointer* позволяет задать определенный цвет для заливки указателей графиков. При отключенной опции используется цвет из палитры, иначе используется заданное в *Pointer* значение цвета.

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.

Редактор графика



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

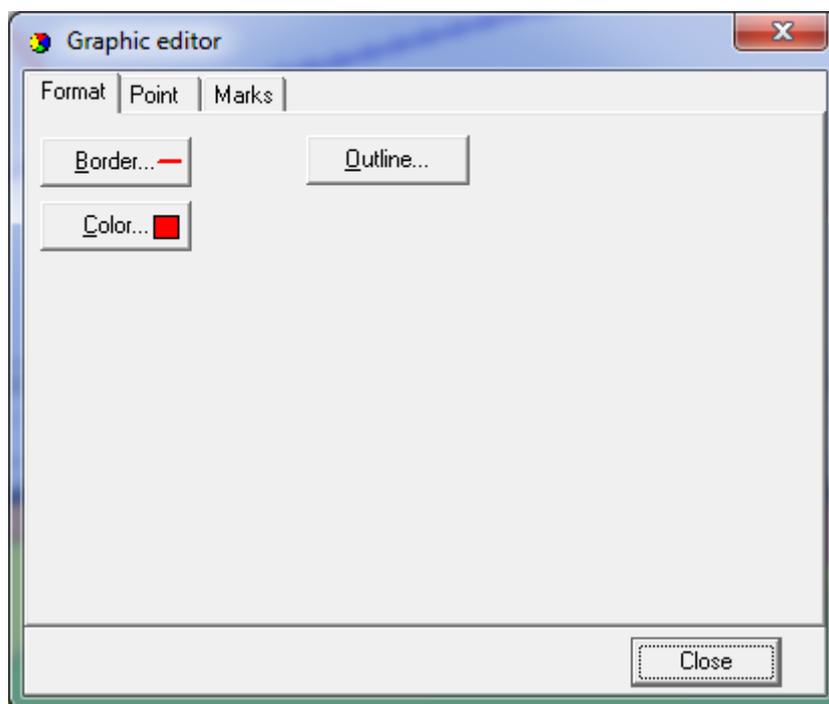


Рис. 102 Диалог редактора настройки графиков

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

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

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

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

Вкладка **Point** содержит настройки указателей графика.

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

Опция **Error gates** позволяет показать/скрыть доверительный интервал.

Опция **Style** устанавливает форму указателя.

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

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

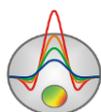
Кнопка **Pattern** вызывает диалог выбора параметров заливки указателя.

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

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.

Опция **Length** задает длину стрелки.

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

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.

Опция **Round Frame** позволяет отображать рамку с закругленными углами.

Опции **Transparent** задает степень прозрачности рамки.

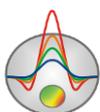
Вкладка **Text**:

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

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

Редактор осей

Многие объекты программы содержат координатные оси. Для настройки внешнего вида и масштабирования координатных осей используется редактор осей. Его можно вызвать щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на интересующей оси (см. рисунок ниже).



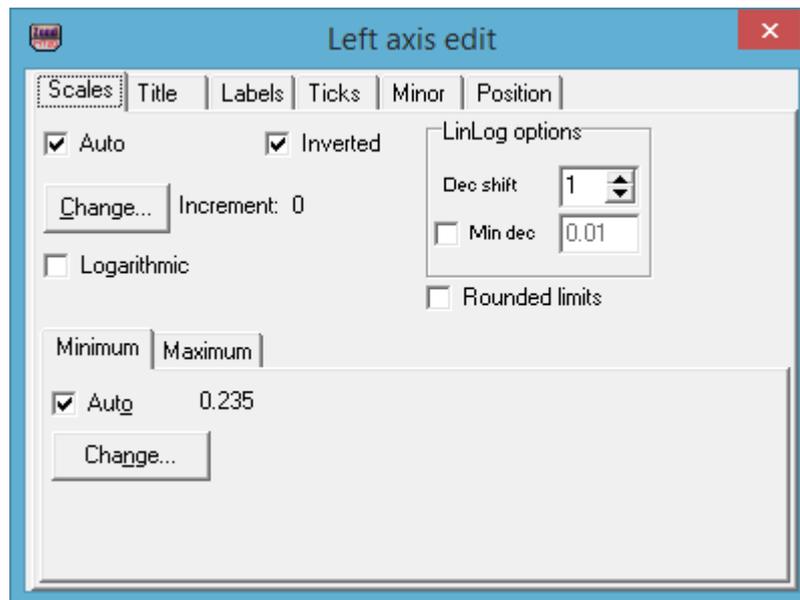


Рис. 103 Пример диалога редактора левой оси

При этом появляется всплывающее меню с тремя пунктами: *options*, *default* и *fix range*. 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 **Inverted** определяет ориентацию оси.

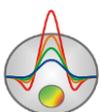
Кнопка **Increment change** вызывает диалог задания шага меток оси.

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

Область Lin Log 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.

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.

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

Вкладка **Style**:

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

Опция **Offset** 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.

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

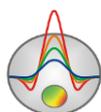
Кнопка **Axis** вызывает диалог настройки линии оси.

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 **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.

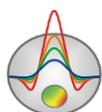
Опция **Count** устанавливает количество второстепенных меток между главными.

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).



Диалог настройки параметров отображения модели

Диалог настройки параметров отображения модели вызывается выбором пункта **Setup** при нажатии правой кнопки мыши в верхней части окна модели.

Вкладка **Options** (см. рисунок ниже).

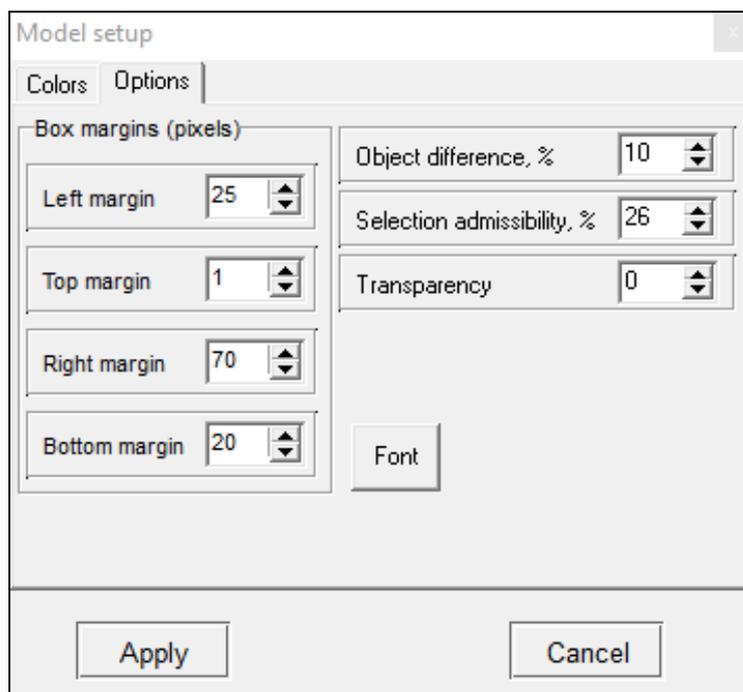


Рис. 104 Диалог «Model setup», вкладка Options

Область **Box margins**:

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

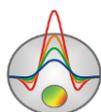
Поле **Right margin**– устанавливает отступ (в пикселах) изображения от правого края окна.

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

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

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

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



Область **Transparency** устанавливает прозрачность.

Кнопка **Font** вызывает диалог настройки шрифта.

Вкладка **Colors** (см. рисунок ниже).

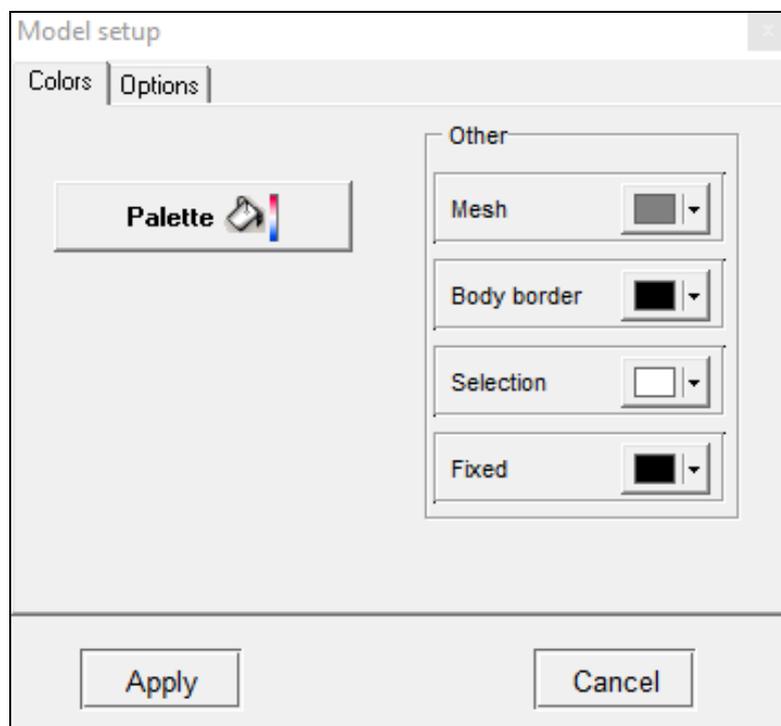


Рис. 105 Диалог «Model setup», вкладка Colors

Кнопка **Palette** – устанавливает цветовую палитру.

Область **Other**:

Body border – позволяет задать цвет границы между соседними ячейками.

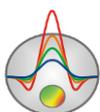
Mesh – устанавливает цвет сети.

Selection – устанавливает цвет метки выделенной ячейки.

Fixed – устанавливает цвет метки зафиксированной ячейки.

Диалог предварительного просмотра печати (Print preview)

Диалог предварительного просмотра печати может быть вызван в главном меню программы **File/Print preview**.



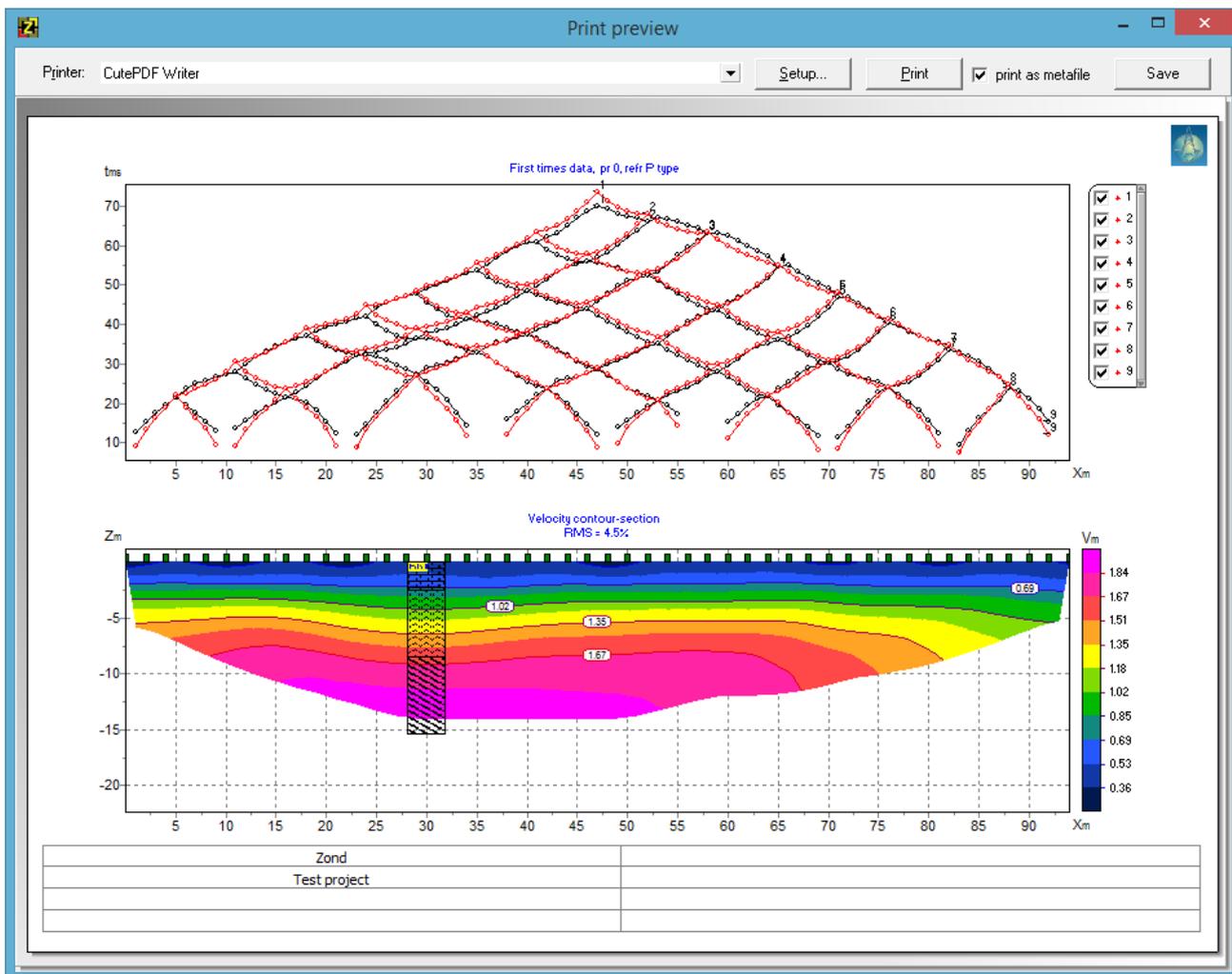


Рис. 106 Окно Print preview

Для перемещения объекта печати по листу используйте левую кнопку мыши.

В главном меню окна **Print Preview** расположены следующие кнопки

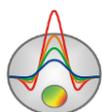
Printer: CutePDF Writer - выбор принтера для печати. В открывающемся меню можно выбрать один из настроенных принтеров.

Setup... - кнопка настройки печати. В открывающемся окне можно выбрать размер и ориентацию бумаги, свойства печати, количество страниц на листе и другие параметры.

Print - с помощью этой кнопки, после изменения необходимых параметров, можно отправить рисунок на печать.

print as metafile - отправить на печать или сохранить изображение в векторном виде.

Save - сохранение в bitmap files.



Квадраты в верхней части листа предназначены для печатей, штампов или эмблем компании. Щелкните правой кнопкой мыши по квадрату и в появившемся окне выберите растровое изображение, которое необходимо вставить. Размеры квадрата могут быть изменены при помощи мыши.

В нижней части листа расположена редактируемая таблица. Для того, чтобы добавить текст нажмите правой кнопкой мыши в области таблицы и в появившемся окне наберите необходимый текст. Также можно сохранить все комментарии в table files с помощью нажатия на кнопку , или загрузить уже сохранённые надписи, нажав на кнопку .

Дополнительные материалы:

Видеоуроки на канале Youtube:

https://www.youtube.com/channel/UCGtprIIZkc9CsLfiuz4VvmQ?view_as=subscriber

Группа поддержки в LinkedIn:

<https://www.linkedin.com/groups/6667336/>

Демонстрационные проекты Zond:

ftp://zond-geo.com/

Username: download@zond-geo.com

Password: 12345

Если программа не работает с USB донглом:

1) Драйвер донгла не установлен или установлен не корректно. На некоторых системах донгл определяется как HID устройство правильно и нет необходимости устанавливать драйвер, но на некоторых нет и его нужно установить. Ссылка для скачивания драйвера: http://senselock.ru/files/senselock_windows_3.1.0.0.zip. В диспетчере устройств донгл должен появиться как “Senselock Elite”.

2) Закончился период бесплатных обновлений. В этом случае нужно использовать последнюю работающую версию или приобрести дополнительные 2 года обновлений.

3) Иногда при переключении донгла в режим HID, система может не распознать его, как HID устройство. В этом случае необходимо переключить его обратно в режим USB с помощью небольшого приложения которое можно скачать по следующей ссылке : <http://www.zond-geo.com/zfiles/raznoe/SenseSwitch.zip> “senseswitch.exe” запускается из cmd командой: `senseswitch.exe usb`.

