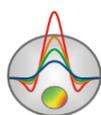


# Программа двумерной интерпретации данных магнитотеллурических зондирований.

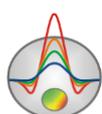
(MT, AMT, PMT)

## ZONDMT2D

<i>Назначение и возможности программы</i> .....	3
<i>Требования к системе</i> .....	6
<i>Установка и удаление программы</i> .....	6
<i>Условные обозначения, принятые в программе</i> .....	6
<i>Начало работы с программой, основные опции</i> .....	7
Порядок работы с программой .....	7
Создание и открытие файла данных формата m2d .....	8
Панель инструментов главного окна программы .....	10
Меню функций главного окна программы .....	11
“Горячие” клавиши .....	26
Панель статуса .....	27
Настройка сети стартовой модели .....	27
<i>Формат основного файла данных</i> .....	30
<i>Подготовка данных для инверсии</i> .....	32
Редактирования результатов измерений .....	32
Модуль контроля качества и обработки данных MT-Editor .....	36
Слайн-обработка данных.....	47
Коррекция статических гальванических смещений .....	49
<i>Ввод и редактирование топографической информации</i> .....	51
<i>Инверсия данных</i> .....	55
Калибровка сети модели и работа с рельефом .....	55
Диалог настройки параметров программы .....	56
<i>Визуализация данных и модели</i> .....	66
План графиков .....	66
Псевдоразрез.....	68
Режимы визуализации сеточной модели .....	69
<i>Моделирование и работа с моделями различных типов</i> .....	72
Задание системы измерений .....	73



Редактор модели .....	74
Работа с сеточной моделью.....	74
Моделирование и инверсия в произвольно слоистой модели .....	78
Полигональное моделирование .....	81
<i>Априорная информация .....</i>	<i>84</i>
Внедрение геологических границ (Опция Set boundaries).....	85
Создание скважинных данных .....	91
<i>Визуализация результатов.....</i>	<i>96</i>
Работа с несколькими моделями в одном проекте .....	96
Окно построения геолого-геофизической модели.....	98
Объемная визуализация геоэлектрических моделей по нескольким профилям.....	102
Диалог Model smooth/raster .....	107
Сохранение результатов интерпретации .....	109
<i>Настройка графических объектов.....</i>	<i>111</i>
Диалог Bitmap output settings .....	111
Диалог настройки параметров контурного разреза и псевдоразреза.....	111
Диалог настройки палитры.....	114
Редактор осей.....	115
Редактор графика .....	117
Диалог настройки параметров отображения модели .....	119
Диалог настройки параметров набора графиков.....	122



## Назначение и возможности программы

Программа **ZondMT2D** предназначена для двумерной интерпретации профильных данных магнитотеллурических зондирований (МТ, АМТ, РМТ). Удобный интерфейс и широкие возможности представления данных позволяют максимально эффективно решить поставленную геологическую задачу.

Основной особенностью магнитотеллурического поля в двумерно-неоднородной среде является его разделение на две независимые части, называемые поляризациями или модами. Основное различие Е-поляризованного (ТЕ) и Н-поляризованного (ТМ) полей заключается в том, что в первом случае аномалии имеют индукционную, а во втором – гальваническую природу. В Е-поляризации электрическое поле поляризовано вдоль структур, поэтому токи не пересекают границ областей различного сопротивления. Аномалии проявляются за счет избыточных токов, индуцируемых в проводящих неоднородностях или низкого числа токов, индуцируемых в непроводящих неоднородностях. В то же время в Н-поляризации токи текут вкrest структур. При этом они пересекают границы неоднородностей, и аномалии проявляются за счет гальванического затекания в них токов (для низкоомных неоднородностей) или обтекания их токами (для высокоомных неоднородностей).

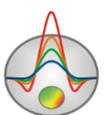
Задача изучения двумерных полей сводится к отдельному рассмотрению двух задач: для случая Е-поляризации и для случая Н-поляризации. Решение последних задач уже намного проще, чем полной системы уравнений Максвелла.

В случае электрической поляризации Те, уравнение Максвелла записывается в следующей форме:

$$\frac{\partial}{\partial y} \frac{1}{i\omega\mu} \frac{\partial E_x}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{i\omega\mu} \frac{\partial E_x}{\partial z} = -\sigma E_x$$

Здесь  $\omega$  - круговая частота колебаний поля,  $\mu_0$  - магнитная проницаемость вакуума.

При этом среда в окрестности точки полагается однородной с электропроводностью  $\sigma$ . Решение данного уравнения дает распределение  $E_x$  внутри области моделирования. Две компоненты магнитного поля могут быть найдены из  $E_x$ :



$$H_y = -\frac{1}{i\omega\mu} \frac{\partial E_x}{\partial z}$$

$$H_z = \frac{1}{i\omega\mu} \frac{\partial E_x}{\partial y}$$

Кажущееся сопротивление и фаза для  $E_x$  и  $H_y$  рассчитываются по формулам

$$\rho_{xy} = \frac{1}{i\omega\mu} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2$$

$$\phi_{xy} = \arg\left(\frac{E_x}{H_y}\right)$$

В случае магнитной поляризации Тm, уравнение Максвелла записывается в следующей форме.

$$\frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{1}{\sigma} \frac{\partial H_x}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{1}{\sigma} \frac{\partial H_x}{\partial z} \right) = i\omega\mu H_x$$

Решение данного уравнения позволяет определить  $E_x$  внутри области моделирования.

Две компоненты электрического поля могут быть найдены из  $H_x$ :

$$E_y = \frac{1}{\sigma} \frac{\partial H_x}{\partial z}$$

$$E_z = -\frac{1}{\sigma} \frac{\partial H_x}{\partial y}$$

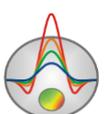
Кажущееся сопротивление и фаза при магнитной поляризации находятся таким же образом.

При решении прямой и обратной задачи используется математический аппарат метода конечных элементов, дающий лучшие результаты по сравнению с сеточными методами.

При моделировании электромагнитного поля плоской волны среда разбивается сетью треугольных ячеек с различными удельными сопротивлениями. Поведение поля внутри ячейки аппроксимируется линейной базисной функцией.

$$N(x, z) = \frac{(a + bx + cz)}{2A}$$

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



$$(A^T W^T W A + \mu C^T R C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C (m - m_0)$$

где  $A$  – матрица частных производных измеренных значений по параметрам разреза (Якобиан),  $C$  – сглаживающий оператор,  $W$  – матрица относительных погрешностей измерений,  $m$  – вектор параметров разреза,  $\mu$  – регуляризирующий параметр,  $\Delta f$  – 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).

**ZondMT2D** обладает мощной системой визуализации профильных данных, редактором измерений, и системой анализа чувствительности и разрешающей способности метода.

Для отображения измеренных и рассчитанных значений, а также разницы между ними или весов измерений в программе используются два вида графов: план графиков и псевдоразрез.

Пользователь может просмотреть параметры измерений, задать веса (значимость) отдельных измерений и подкорректировать значения измеренных характеристик. Имеется возможность назначить веса измерений в соответствии с уровнем шума и по суммарной чувствительности данного измерения к параметрам среды 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.

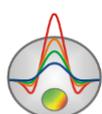
$$S = \text{diag}(A^T A)$$

Исследование чувствительности позволяет сделать оптимальный выбор частот и шага наблюдений для решения поставленной геологической задачи.

**ZondMT2D** использует простой и понятный формат файла данных. Измеренными характеристиками служит кажущееся сопротивление фаза для двух видов поляризации. Программа позволяет импортировать и отображать результаты измерений другими методами, что способствует, более комплексному подходу к интерпретации данных.

В **ZondMT2D** предусмотрена система моделирования, включающая возможность задания пользователем набора частот и положений точек измерений.

Программа **ZondMT2D** представляет удобный аппарат для автоматической и интерактивной интерпретации данных профильных магнитотеллурических зондирований, и может быть использована на IBM PC-совместимых персональных компьютерах с операционной системой Windows.



## Требования к системе

Программа **ZondMT2D** может быть установлена на компьютере с операционной системой Windows XP и выше. Рекомендуемые параметры системы: процессор P IV-2 ГГц, 4 гб. памяти, разрешение экрана 1024 X 768, цветовой режим -True color (не следует изменять разрешение экрана в режиме работы с данными).

## Установка и удаление программы

Программа **ZondMT2D** поставляется через интернет. В комплект поставки входит настоящее Руководство. Последние обновления программы Вы можете загрузить на сайте: [www.zond-geo.com](http://www.zond-geo.com).

Для установки программы перепишите программу в нужную директорию (например Zond). Для установки обновления, просто запишите новую версию программы поверх старой.

Перед первым запуском программы необходимо установить драйвер защитного ключа SenseLock. Для этого распакуйте архив с драйвером (драйвер можно загрузить на сайте [www.zond-geo.com](http://www.zond-geo.com)) 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.

## Условные обозначения, принятые в программе

$Ro_a$  – кажущееся сопротивление в Омах на метр.

$\Phi$  - фаза импеданса, в градусах. Положительное число. Должна быть задана в квадранте от 0 до 90 градусов.

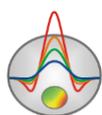
$F$  - Частота в герцах.

$T$  - Период - величина, обратная частоте на которой произведено измерение, в секундах.

Псевдоглубина – приблизительная глубина исследований, связанная с толщиной скин-слоя.

$T$  – типпер, в относительных единицах

Все геометрические величины программы определяются в километрах (но могут быть представлены в метрах).



# Начало работы с программой, основные опции

## Порядок работы с программой

В данном разделе кратко описывается порядок работы с программой **ZondMT2D**.

Для начала работы с программой, необходимо открыть файл данных в главном меню **File/Open file**.

Программа поддерживает различные форматы хранения магнитотеллурических данных, например EDI, J или REBOCC.

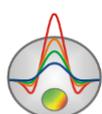
После открытия файла(ов) данных появится окно диалога настройки стартовой модели (Mesh constructor). В диалоге определяются параметры сети геоэлектрической модели. Подробно данный диалог описан в разделе [«Настройка сети стартовой модели»](#), обычно могут быть использованы настройки, выбранные программой по умолчанию. После настройки параметров сети нажимается кнопка **Apply**, и программа переходит в режим работы.

Основное рабочее окно программы состоит из трех частей. Верхняя – псевдоразрез или графики измеренных параметров, средняя - псевдоразрез или графики рассчитанных параметров. Нижняя – модель среды.

Следующим этапом является редактирование и обработка данных, включающие в себя фильтрацию, вращение системы координат, ввод поправок для компенсации гальванических сдвигов и др. Обработка данных осуществляется в модуле вызываемом опцией **Options/MT Editor** и описана в разделе [«Модуль контроля качества и редактирования данных»](#).

Перед началом инверсии необходимо выполнить настройку параметров инверсии при помощи диалога Program Setup, доступного в главном меню **Options/Program setup** или по кнопке  на панели инструментов. Подробнее о настройке параметров инверсии в разделе [«Диалог настройки параметров программы»](#).

Для запуска инверсии необходимо нажать кнопку  на панели инструментов программы. После расчета можно оценить значения относительной невязки на панели статуса программы. Так же можно визуальнo оценить сходимость исходных и рассчитанных данных, используя диалог просмотра кривых зондирования (подробнее в разделе [«Диалог просмотра и редактирования кривых зондирования»](#)), и один из видов отображения данных в виде [Псевдоразрезов](#) или [Графиков](#).



После получения модели (нижний разрез в основном окне программы) можно сохранить результаты расчета в формате проекта **ZondMT2D** и/или в одном из предлагаемых графических и табличных форматах (подробнее в разделе [«Сохранение результатов интерпретации»](#)).

Если работа производится в режиме моделирования, можно не загружать файл данных, а создать синтетическую систему наблюдений с любыми параметрами, задать геометрию и свойства среды. После расчета прямой задачи полученные результаты можно сохранить и открыть как наблюдаемые для тестирования инверсии. Подробнее о математическом моделировании в программе **ZondMT2D** см. в разделе [«Моделирование и работа с моделью»](#).

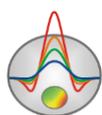
## Создание и открытие файла данных формата m2d

Для начала работы с программой **ZondMT2D** необходимо создать файл данных определенного формата, содержащий информацию о пунктах зондирования и результаты измерений. Текстовые файлы данных, организованные в формате программы **ZondMT2D**, имеют расширение «\*.m2d». Подробно формат файла данных описан в разделе [«Формат основного файла данных»](#). Обычно один файл содержит данные по одному профилю наблюдений. Файл проекта имеет такое же расширение, но бинарную структуру и содержит все основные настройки и результаты работы с программой.

**ZondMT2D** также поддерживает наиболее популярные форматы данных: REBOCC (\*.shc), EDI, Mackie (\*.inp), ZondMT1D (\*.mdf), J format, StrataGem, IPI2WinMT, Zonge AVG files. Так же можно открыть файлы исходных данных в формате EDI. В случае открытия файла стороннего формата, после выбора файла алгоритм действий аналогичен работе со стандартными файлами формата ZondMT.

После открытия файла данных появляется диалоговое окно **Survey plane (Ошибка! Источник ссылки не найден.)**, в котором отображается положение точек зондирования на площади. Инструменты диалогового окна позволяют задать произвольную линию профиля, что полезно при работе с площадными данными.

После установки профиля и выбора точек вдоль него, все включенные в профиль станции будут отображаться синим цветом. Так же можно исключить/включить станцию из (в) профиля при помощи нажав на нее левой кнопкой мыши. Если линия профиля не проходит непосредственно через точки, то положение проекции точки зондирования на профиле будет отображаться зеленым цветом. После создания профиля необходимо нажать кнопку перехода к режиму инверсии , после чего появится окно создания стартовой



модели [Mesh constructor](#). Дальнейшие действия при работе с программой не зависят от формата входного файла.

Альтернативой использования файла данных, является создание синтетической системы наблюдений, позволяющей смоделировать различные геологические ситуации (подробно в разделе [«Моделирование и работа с моделью»](#)).

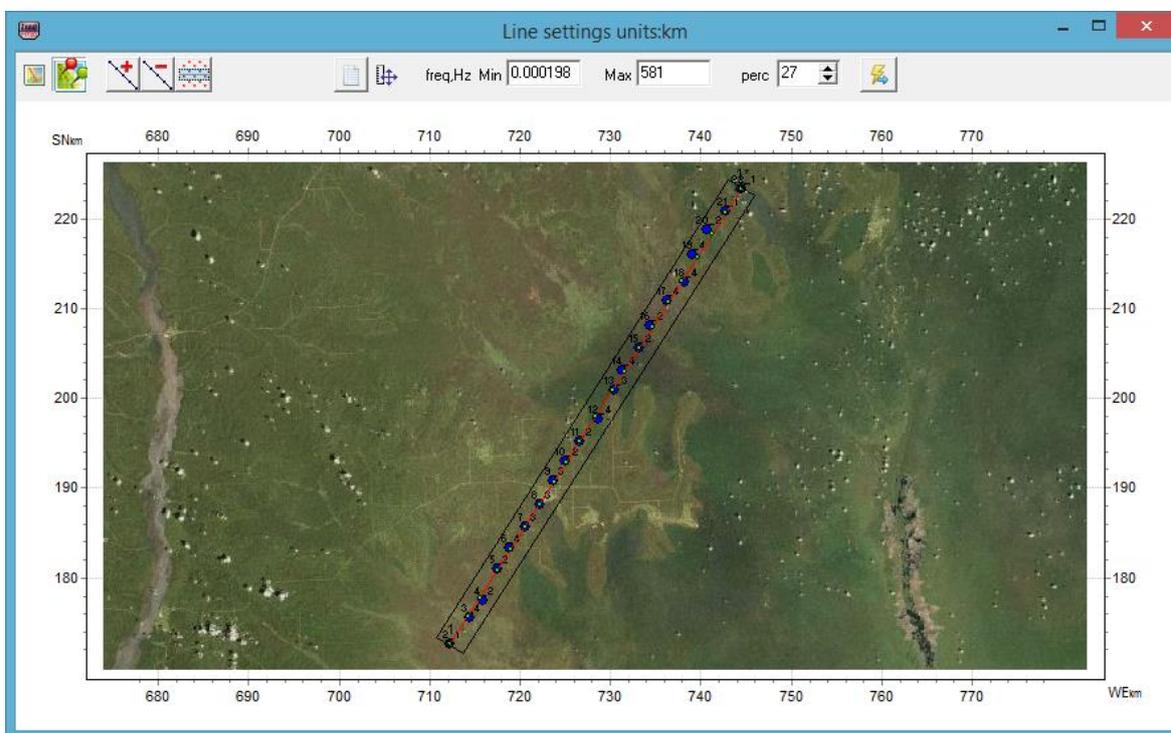
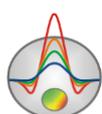


Рис. 1 Диалоговое окно Survey plane при работы с площадным данными

Главная панель инструментов окна содержит следующие функции:

	Загрузить файл подложки (файл с расширением *.bmp или *.sec). При выборе файла расширения .bmp появится диалоговое окно для ввода прямоугольных координат, соответствующих границам изображения.
	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
	Добавить линию профиля.левой кнопкой мыши задаются точки линии профиля, правой кнопкой – задается последняя точка
	Удалить профиль.
	Включить точки зондирования в профиль автоматически (точки, которые

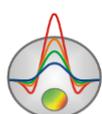


	попадают в прямоугольную область вокруг заданной линии).
	Открыть таблицу для ручного ввода или редактирования координат точек зондирования.
Frq,Hz: Min-Max	Установить соответственно минимальную и максимальную частоту зондирований. Измерения вне выбранного диапазона в программу загружены не будут.
	Выбрать масштаб изображения: равноосный или с максимальным заполнением области окна.
	Установить размер области автоматического выбора точек измерений в профиль (в процентах от размера изображения).
	Перейти к режиму инверсии данных по выбранному профилю

## Панель инструментов главного окна программы

Панель инструментов служит для быстрого вызова наиболее часто используемых в программе функций. Она содержит следующие функциональные кнопки:

	Открыть файл данных или проекта (или загрузка нескольких файлов, например формата EDI).
	Вызвать диалог сохранения данных или проекта.
	Вызвать диалог настройки параметров инверсии.
	Вызвать окно полевых данных, представленных в табличном виде.
	Вызвать окно работы с отдельными кривыми зондирования.
	Вызвать окно работы с загруженными в проект данными ЗС или ВЭЗ для подавления гальванических сдвигов в магнитотеллурических данных.
	Включить режим работы с блочной (сеточной) моделью.
	Включить режим работы с произвольно-слоистой моделью.
	Включить режим полигонального моделирования.



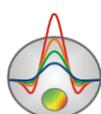
	Запустить процедуру расчета прямой задачи.
	Запустить процедуру инверсии или остановить (при повторном нажатии).
	Запустить процедуру одномерной инверсии для всего профиля. Правая кнопка мыши вызывает меню с выбором типа одномерной инверсии. Варианты: <i>ID all stations</i> – инверсия для осредненных данных по всему профилю и применение результата ко всему профилю. <i>ID current station</i> – инверсия для данных текущего зондирования и применение результата ко всему профилю. <i>1.5D profile</i> – последовательная инверсия данных МТ зондирований вдоль профиля с элементами осреднения. Инверсия применяется к данным текущего режима.
	Отменить предыдущий шаг изменения модели среды.
	Перейти к работе с данными магнитной поляризации.
	Перейти к работе с данными электрической поляризации.
	Перейти к работе с данными эффективного импеданса.

## Меню функций главного окна программы

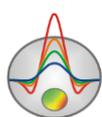
Если необходимо в процессе работы с программой вызвать подсказку о той или иной функции меню, это делается нажатием правой кнопкой мыши на эту опцию.

Ниже перечислены названия пунктов меню и их назначение:

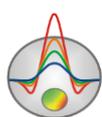
File/Open file	Открыть файл данных или проекта.
File/Create synthetic survey	Вызвать диалог создания синтетической системы измерений. Данный диалог переводит программу в режим моделирования. Данный режим может быть полезен при планировании геофизических работ.
File/Save file	Вызвать диалог сохранения данных или проекта.
File/Edit file	Открыть, используемый программой текстовый файл



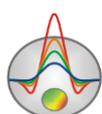
	данных, в редакторе Notepad.
File/Print preview	Вызвать диалог печати главного окна модели и данных.
File/Run ZondMT1D	Запустить текущий проект в программе одномерной интерпретации. Для этого, программа ZondMT1D должна находиться в той же папке.
File/Recent	Открыть один из ранее открытых проектов.
File/Exit	Выход из программы.
<b>Options/</b> MT Editor	Вызвать модуль обработки и оценки качества полевых данных.
Options/Mesh constructor	Вызвать конструктор сети для моделирования. Содержит набор опций для автоматического создания сети и тонких настроек для опытных пользователей.
Options/Project information	Показать информацию о загруженном проекте. Информация о проекте может быть отредактирована в появившемся окне.
Options/Inversion setup	Вызвать <a href="#">Диалог настройки параметров инверсии</a> .
Options/Data editor	Вызвать окно полевых данных, представленных в табличном виде.
Options/Geological editor	Построить интерпретационный (геологический) разрез, на геофизической основе. Используется полигональный интерфейс задания объектов.
Options/3D fence diagram	Вызвать окно трехмерной визуализации геоэлектрических разрезов, с учетом их реальных координат. Для построения нескольких разрезов необходимо загрузить их из mod2d файлов.
Options/ <b>Inversion/</b> Set boundaries	Вызвать диалог задания границ, которые программа будет учитывать при проведении инверсии. Используйте этот инструмент, если точно знаете положение границ. Старайтесь задавать границы максимально близко к направляющим сети. Лучше использовать в комбинации: Occam inversion, smoothness factor = 0.1..1.
Options / <i>Inversion /</i> 64 bit version	Используйте 64-битную версию только для очень больших съемок. Некоторые опции могут не работать в 64-битной версии. Если опция не работает – проверьте настройки антивируса, который может блокировать работу библиотеки.



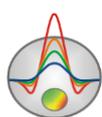
Options / Inversion / Whole model inv	Используйте эту опцию, если вы не уверены в правильном выборе максимальной глубины исследований или в результате инверсии появляется искажения на краях модели. Обычно, это является результатом влияния объектов вне профиля исследования. Если опция включена, программа так же инвертирует ячейки вне области видимости (внешняя сеть), иначе на краях разреза используется 1D модель.
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 станций не превышает 5000.
Options/Inversion/ Invert with static shift +-3	Подбирать гальванические сдвиги кривых кажущегося сопротивления, как дополнительные параметры при инверсии (для каждой моды). Опция задает максимальный возможный предел отклонения кривой от наблюдаемый в логарифмическом масштабе.
Options/Inversion/ Optimization	Настройки параметров оптимизации.
Options / Inversion / Optimization / Line search	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 – smoothing factor (начальное значение) и factor (коэффициент уменьшения).
Options / Inversion / Optimization /Lim based inv	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 –



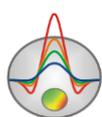
	использует специальные нормы параметров, затрудняющие такой выход.
Options / Inversion / Optimization / Factor	Если опция line search отключена, Factor контролирует поведение параметра демпфирования в ходе инверсии. На первой итерации используется значение smoothing factor, и на каждый следующей, это значение делится на заданный пользователем коэффициент. Smoothing factor м.б. выбран автоматически, если выбрана опция около поля ввода Smoothing factor (во вкладке Model в Inversion setup).
Options / Inversion/ Optimization / Precondition	Использование данной опции достаточно спорно. С одной стороны предобуславливание обратной задачи может ускорить сходимость и позволит получить более стабильную модель. С другой стороны, может полностью развалить финальное решение. Не рекомендуется в комбинации с фокусирующей инверсией.
Options / Inversion / Method / Gauss-Newton	Использовать итерационный метод Гаусса-Ньютона. Стандартный метод наименьших квадратов. Метод имеет быструю сходимость и рекомендуется для большинства случаев. Все настройки инверсии доступны для метода.
Options / Inversion / Method / iGauss-Newton	Использовать неявный метод Гаусса-Ньютона. Вместо полной матрицы Якобиана вычисляется $J * V$ и $J^t * v$ , это помогает сэкономить много памяти, но сходимость будет медленнее и не все функции будут доступны для этого метода. <b>Данный метод не рекомендуется.</b>
Options/Inversion/ Resolution	Набор параметров по увеличению разрешающей способности инверсии. Опция позволяют увеличить влияние малочувствительных ячеек и уменьшить – высокочувствительных. Тем самым увеличивается разрешение, т.е. возможность обнаружить более мелкие объекты на глубине. Следует с осторожностью использовать эти опции.
Options / Inversion / Smoothness	Этот набор опций по управлению гладкостью и сглаживающим оператором. Они могут сильно влиять на



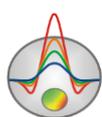
	результат инверсии. Относится ко второму члену функции цели $C^*C^*(m-m_0)$ .
Options / Inversion / Smoothness / m0-start model	m0 (опорная модель) некоторая, заданная пользователем модель (или результат инверсии). Основная задача инверсии в данном случае, уменьшить невязку при сохранении близости к опорной модели. Степень близости контролируется параметром Smoothing factor. Работает в случае инверсии Occam и Focused.
Options / Inversion / Smoothness m0/ m0-median model	m0 (опорная модель) медиана модели на текущей итерации. Основная задача инверсии в данном случае, уменьшить невязку при сохранении максимально гладкой модели. Гладкость контролируется параметром Smoothing factor. Работает в случае инверсии Occam и Focused. Это наилучший вариант при использовании focused inversion или инверсия с априорными границами.
Options / Inversion / Smoothness m0/ m0-previous model	m0 (опорная модель) модель на предыдущей итерации. Основная задача инверсии в данном случае, получение минимальной невязки при стабильной сходимости. Скорость сходимости контролируется параметром Smoothing factor. Работает в случае инверсии Occam и Focused. Для focused inversion иногда может не давать желаемый результат (кусочно-постоянную модель).
Options / Inversion / Smoothness m0/ Natural smoothness	Сглаживающий оператор строится с учетом реальной геометрии сети модели. Обычно, это позволяет получать более гладкие результаты инверсии.
Options / Inversion / Smoothness m0/ Average window m0	Поиск среднего значения параметров опорной модели m0 в окне заданном пользователем, в режиме Smoothness=median.
Options / Inversion / Smoothness m0/ Diagonal flatness filter	Диагональное сглаживание при инверсии. Используйте эту опцию, если в разрезе присутствуют наклонные структуры.
Options / Inversion / <b>Cross-gradient</b> / Pushing factor	Главный параметр совместной инверсии, контролирующий степень близости образов (минимум кросс-градиента) моделей для двух методов. Обычно выбирается методом проб



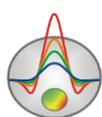
	и ошибок в диапазоне 0-1000. При нулевом значении, модели подбирается полностью независимо. Большие значения параметра могут являться причиной невязки по одному или двум методам. Балансировать невязками можно, задавая веса соответствующих методов.
Options / Inversion / Cross-gradient / Off-layers num	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 pushing factor в случае выбора этого алгоритма должны быть в диапазоне 0-2.
Options / Inversion / Cross-gradient / Seismic data	Выбор данных сейсморазведки для совместной инверсии.
Options / Inversion / Cross-gradient / Gravity data	Выбор данных гравиразведки для совместной инверсии.
Options / Inversion / Cross-gradient / Magnetic data	Выбор данных магниторазведки для совместной инверсии.
Options / Inversion / Cross-gradient / BG image	Выбор изображения подложки в качестве основы для совместной инверсии. Рекомендуется использовать изображения в градации серого.
Options/Inversion/ Data errors/No errors	Выбрать веса для всех типов измерений равные единице. Относительные веса из окна настройки параметров инверсии будут применяться к этим значениям.
Options/Inversion/ Data errors/Relative errors	Использовать веса измерений при инверсии, рассчитанные из ошибок измерений(std.dev). Относительные веса из окна настройки параметров инверсии будут применяться к этим



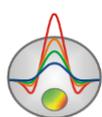
	значениям.
Options/Inversion/ Data errors/Original errors	Использовать в качестве весов измерений при инверсии, обратные значения ошибок измерений(std.dev). Относительные веса из окна настройки параметров инверсии будут применяться к этим значениям.
Options/Inversion/ Data errors/Norm to skew	Нормировать веса измерений на параметр трехмерности SKEW. Таким образом, подавляется влияние трехмерных объектов. Для использования этой опции необходимо наличие обеих мод данных. Значения SKEW можно увидеть в MT-Editor.
Options/ <b>Data</b> / Apparent resistivity	Отображать значения кажущегося сопротивления.
Options/Data/Phase, Deg	Отображать значения фазы импеданса.
Options/Data/Z impedance	Отображать значения модуля импеданса
Options/Data/Tipper.r	Отображать вещественную часть типпера.
Options/Data/Tipper.i	Отображать мнимую часть типпера.
Options/Data/ Pseudo-section	Отображать рассчитанные и наблюдаемые данные в виде <a href="#">псевдоразреза</a> .
Options/Data/Graphics-plot	Изображать рассчитанные и наблюдаемые данные в виде <a href="#">набора графиков</a> для разных периодов.
Options/Data/ Calculated data	Отобразить во второй секции рассчитанный псевдоразрез или графики.
Options/Data/Data misfit	Отобразить во второй секции псевдоразрез относительных невязок.
Options/ <b>Model</b> / Block section	Изображать редактор модели (сеточная модель в виде блоков).
Options/Model/ Smooth section	Изображает модель в гладкой интерполяционной палитре
Options/Model/ Contour section	Изображать модель в виде контурного разреза.
Options/Model/Resistivity	Изображать модель сопротивлений.
Options/Model/Sensitivity	Изображать функцию чувствительности модели в виде контурного разреза.
Options/Model/DOI index	Изображать индекс глубинности исследования в виде



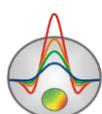
	контурного разреза (для расчета требуются два цикла инверсии).
Options/Model/X=Z scale(1:1)	Установить одинаковыми горизонтальный и вертикальный масштабы модели.
Options/Model/Model Editor toolbar	Показать панель инструментов работы для редактирования сети и модели.
Options/Topography/Topo coefficient	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	Восстановить данные о топографии профиля, если они, по какой-то причине, удалены.
Options/Topography/Edit topography	Редактировать данные о топографии профиля. Можно скопировать данные из таблицы excel.
Options/Topography/Smooth topography	Выполнить операцию усреднения высот соседних пикетов. Помогает получить более плавную топографию вдоль профиля.
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/Set by mouse	Включить режим добавления топографии с помощью мыши. Опция работает по тому же принципу, как и добавление априорной границы.
Options/Cutting/Cutting angle	Задать угол обрезки модели с левого и правого краев модели.
Options/Cutting/No cutting	Не обрезать модель.
Options/Cutting/	Обрезать модель по заданному углу.



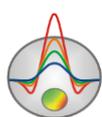
Cut by angle	
Options/Model/ Bound by stations	Обрезать части разреза, находящиеся за пределами первой и последней станции.
Options/Model/ Extend bottom	В случае, когда задана топография профиля и коэффициент дисторсии топографии $<1$ , опция продлевает последний слой модели до нижней части секции модели.
Options/ <b>Borehole</b> / Create/Edit borehole data	Добавить (редактировать) скважинные данные (литологические колонки).
Options/Borehole/ Load borehole data	Открыть и показать файл с каротажными данными и литологическими колонками, а также файлы формата mod1d (файлы одномерной интерпретации).
Options/Borehole/ Remove boreholes	Удалить из проекта каротажные данные и литологические колонки из проекта.
Options/Borehole/ Set column width	Задать ширину литологической колонки при изображении на разрезе (в процентах от длины профиля).
Options/ <b>Extra</b> / 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» ( <a href="#">подробнее</a> ).
Options/ <b>Extra</b> / Generate optimal Z-mesh	Построить оптимальную вертикальную сеть для заданного набора частот.
Options/Extra/ Data distribution	Вызвать окно графа зависимости количества измерений от частоты (гистограмма). Позволяет удалить частоты, на которых получено мало измерений, и тем самым ускорить процесс интерпретации.
Options/Extra/ Model histogram	Показать графики распределения параметров модели и кажущихся сопротивлений. Диалог позволяет задать минимум и максимум цветовой шкалы
Options/Extra/ Open in modeling mode (On load)	Открыть файл данных в режиме моделирования (опция должна быть включена перед открытием файла).
Options/Extra/ Include extended nodes	Добавить дополнительные ячейки по краям модели, за пределами первой и последней станции (включается до



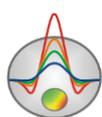
	открытия файла)
Options/Extra/ Units	Выбрать единицы измерения, в которых будут отображаться подписи к геометрическим осям и осям данных. Обычно используются километры, но при наблюдениях РМТ удобнее использовать метры. Здесь же можно выбрать единицы оси измерений: периоды, частоты или корни из периодов.
Options/Extra/ [EDI] Z from rho/phs	Если файлы EDI содержат одновременно значения импедансов и кажущиеся сопротивления/фазы (обычно в этом случае импедансы – оригинальные данные, а кажущиеся сопротивления/фазы - обработанные), при включении этой опции, программа будет использовать кажущиеся сопротивления/фазы из файла, вместо импедансов.
Options/Extra/ [EDI] one file on station	Формат edi файла позволяет хранить несколько частотных реализаций одной записи в структуре section. Иногда таким же образом хранится несколько станций. Эта опция указывает программе, что в файле содержатся реализации одной записи (одна станция).
Options/ <b>Import/Export</b> /Import model/data	Загрузить файл с графиком (две колонки X и Y) или файл mod2d для отображения модели в отдельном окне.
Options/Import/Export/ Remove model/data	Удалить из проекта импортированную модель/данные.
Options / Import/Export / <b>Model parts</b> / Save selection	Сохранить выделенную часть модели в текстовой файл (режим сеточной модели).
Options / Import/Export / Model parts / Load selection	Загрузить выделение из текстового файла и вставить в модель (режим сеточной модели).
Options / Import/Export / Model parts / Extract 1d log	Экспортировать 1D модель для выбранной позиции в текстовой файл.
Options / Import/Export / Model parts / Load 1d log	Импортировать и встроить 1D модель в текущую.
Options / Import/Export / <b>Background image</b>	Набор опций для управления подложкой.
Options / Import/Export / Background image / Load image	Загрузить подложку следующих форматов: bmp, png, sgy, sec. Формат sec внутренний формат Zond, содержит изображение и координаты углов.



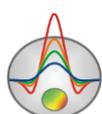
Options / Import/Export / Remove background	Удалить подложку из проекта.
Options / Import/Export / Change sizes	Эта опция позволяет изменить размеры и положение пользовательской подложки в режиме реального времени.
Options / Import/Export / Create shaded map	Использовать карту теневого рельефа, построенную на базе текущей модели, в качестве подложки.
Options/Import/Export/ Save synthetic with noise	Сохранить синтетические данные с добавлением шума.
Options/Import/Export/ Save effective data	Сохранить кажущееся сопротивление и фазу для обоих мод как эффективные значения (средние по модам). Удобно для экспорта в совместную инверсию в ZondRes2D.
Options/Import/Export/ Export to ZondMT1D	Экспортировать модель в формат программы ZondMT1D
Options/Import/Export/ Import from ZondMT1D	Импортировать модель из программы ZondMT1D
Options/Import/Export/ Load MOD1D/MOD2D	MOD1D/2D внутренние форматы Zond. Они позволяют обмениваться моделями между программами или проектами. Импортированная модель будет встроена в текущую.
Options/Import/Export/ Save MOD1D/MOD2D	Сохранить модель в 1D (2D) формате для 1D (2D) интерпретации для обмена моделями между программами пакета Zond.
Options/Import/Export/ Direct drawing 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/Import/Export/ Export model to CAD	Экспортировать модель (контурный разрез в векторном представлении) в файл формата DXF (Autocad).
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 model to Excel	Экспортировать модель в формате таблицы Excel.
Options/ <b>Graphics</b> /	Вызвать диалог настройки параметров графиков



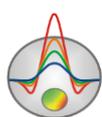
Observed graphics	наблюденных данных.
Options/Graphics/ Calculated graphics	Вызвать диалог настройки параметров графиков рассчитанных данных.
Options/Graphics/ Colorscale from PS	Копировать шкалу из псевдореза кажущихся сопротивлений в контурный разрез модели.
Options/Graphics/ Smooth contours	Сглаживать контуры модели в соответствующем режиме отображения (Contour section).
Options/Graphics/ Smoothness	Степень гладкости контурного разреза. Чем больше параметр сглаживания, тем более гладкий разрез.
Options/Graphics/ Display every n point	Частота отображения точек на разрезах кажущихся параметров. При загрузке новых данных, этот параметр выбирается автоматически для увеличения быстродействия.
Options/Graphics/ Bitmap output settings	Вызвать диалог настройки параметров графического изображения при экспорте.
Options/Graphics/ Remove blank points	Если опция включена, то части попадающие в область обрезки модели не записываются в файл экспорта XYZ.
Options / <i>Seismic data</i> / Load SRT data	Для импорта данных используется очень простой текстовый файл, содержащий три столбца со следующими заголовками: «sx» - координата источника (метры), «gx» - координата приемника (метры), «fb» - первое вступление (миллисекунды). Координаты (дистанции) должны быть в той же системе, что и текущая модель (в метрах).
Options / Seismic data / Show SRT plot	Показать окно с сейсмическими данными.
Options / Seismic data / Invert SRT data	Включить сейсмические данные в совместную инверсию для произвольно слоистой среды.
Options / Seismic data / Set weight of SRT	Задать общий вес для всех сейсмических данных для совместной инверсии. Вес позволяет уменьшить или увеличить относительную невязку метода.
Options / <i>GraviMagnetic</i> / Load new data	Загрузить гравимагнитные данные из текстового (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 / GraviMagnetic / Add new data	Добавить гравимагнитные данные к проекту.
Options / GraviMagnetic / Save data	Сохранить наблюдаемые и рассчитанные данные в текстовой файл.
Options / GraviMagnetic / Field setting	Настройки параметров гравитационного и магнитного полей.
Options / GraviMagnetic / Subtract median grav	Вычесть медиану из гравитационных наблюдений для получения аномального поля.
Options / GraviMagnetic / Subtract median mag	Вычесть медиану из магнитных наблюдений для получения аномального поля.
Options / GraviMagnetic / Set weight of gravity	Задать общий вес для всех данных гравиразведки для совместной инверсии. Вес позволяет уменьшить или увеличить относительную невязку метода.
Options / GraviMagnetic / Set weight of magnetic	Задать общий вес для всех данных магниторазведки для совместной инверсии. Вес позволяет уменьшить или увеличить относительную невязку метода.
Options / GraviMagnetic / Display GM window	Показать окно с гравитационными и магнитными данными (и модель в режиме cross-gradient).
Options / TDEM data / Load TDEM data	Для импорта данных используется текстовые TDF (zondtem1d) и USF (universal sounding format). Координаты (дистанции) должны быть в той же системе, что и текущая модель (в метрах). Совместная инверсия поддерживается только в режиме «произвольно слоистой модели», но эти данные также могут быть использованы для коррекции гальванических сдвигов.
Options / TDEM data / Show TDEM data	Показать окно с данными метода ЗС или частотных зондирований (ЧЗ).
Options / TDEM data / Invert TDEM data	Включить данные ЗС или ЧЗ в совместную инверсию для произвольно слоистой среды.
Options / TDEM 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 в метрах) должны быть в той же системе, что и текущая модель. Совместная инверсия поддерживается только в режиме «произвольно слоистой модели», но эти данные также могут быть использованы для коррекции гальванических сдвигов.
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.
<b>Buffer</b>	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.
Buffer / Model 1	Сохранить или выгрузить модель в (из) буфер(а)
Buffer / Open	Показать окно со всеми моделями из буфера.
Help / About	О программе.
Help / Manual	Открыть инструкцию к программе.
Help / Error!!!Clear settings	Сбросить все настройки и вернуться к первоначальным, после повторного запуска.
Help / Check for updates	Проверить наличие обновлений.
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.

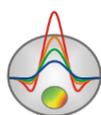


При переходе в окно «произвольно слоистой модели» (кнопка  панели инструментов быстрого доступа основного окна программы) дополнительно становятся доступными следующие опции меню:

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 boundaries	Подбирать геометрию границ при инверсии. Иногда необходимо подобрать только параметры (границы известны и закреплены).
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.

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

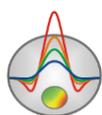
<b>Modeling</b> / Get values from mesh	Присвоить значения параметров полигонам автоматически. Это значение будет равно среднему значению всех попадающих ячеек модели внутри полигона.
Modeling / Set values to mesh	Встроить полигональную модель в сеточную.



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 <i>magic wand</i> для выделения области (будет выделена вся область, имеющая заданное значение параметра)
V / курсор в редакторе модели	Удалить выделение.
Вверх/вниз / курсор на цветовой шкале	Изменить текущее значение.
Space	Рассчитать прямую задачу.
Ctrl+C/ Ctrl+V / в некоторых таблицах	Копировать или вставить информацию.
Shift+Right click /на осях или графиках	Вызвать диалог настройки оси или графика.
Лево/право / в некоторых окнах	Переход к предыдущей или следующей станции.
Z / в MT-Editor, на графике кажущегося сопротивления	Показать инструмент оценки углов наклона кривой кажущегося сопротивления.
Ctrl+S / в MT-Editor	Перестроить “сплайн” для текущей станции.
Ctrl+D / в MT-Editor	Перестроить “сплайн” в окне для текущей станции.



Ctrl+A/ в MT-Editor	Приблизить выделенные точки к “сплайну” для текущей станции.
---------------------	--

## Панель статуса

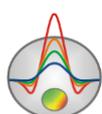
Панель статуса программы разделена на несколько секций, содержащих различную информацию:

Координаты курсора и активной ячейки.
Параметры активной ячейки.
Режим работы редактора модели.
Индикатор процесса.
Относительная невязка: средняя/модуль/фаза
Дополнительная информация.

Важнейшим параметром в данном списке является невязка. Расчет средней относительной невязки (в процентах) производится по всем измерениям для текущей модели. При инверсии используется другой тип невязки, включающий в себя сведения о гладкости модели, ее можно видеть в ходе инверсии.

## Настройка сети стартовой модели

При успешной загрузке файла появляется диалог настройки стартовой модели (Рис. 1), в котором предлагается выбрать параметры сети и удельное сопротивление стартовой модели.



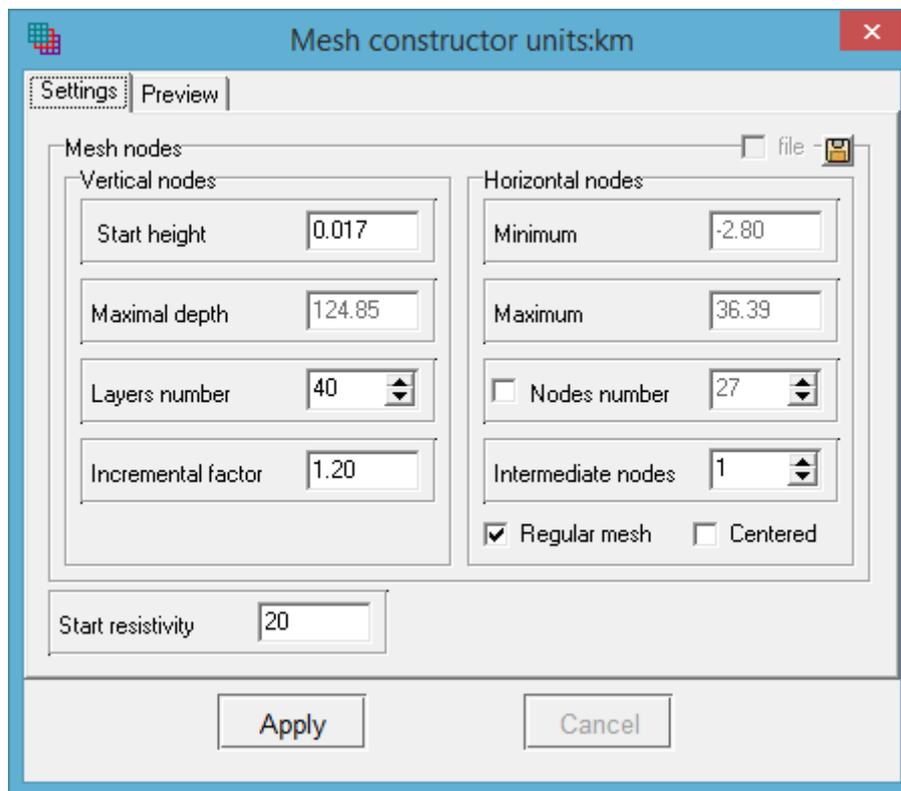


Рис. 2 Окно диалога Mesh constructor, вкладка Settings

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

**Глубина нижнего** слоя соответствует половине максимальной псевдоглубины системы измерений.

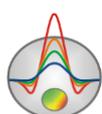
Число слоев соответствует удвоенному количеству уникальных периодов измерений и не превышает 40

Толщина последующего слоя в 1.2 раз больше предыдущего.

Данные параметры могут быть изменены интерпретатором исходя из их представлений о глубине и детальности исследований.

**Start height** – устанавливает толщину первого слоя. Эта величина должна приблизительно соответствовать длине ячейки и удовлетворять необходимой разрешающей способности.

**Maximal depth** – указывает глубину подошвы нижнего слоя. Следует иметь в виду, что максимальная глубина не должна быть слишком велика, т.к. влияние параметров геоэлектрического разреза с глубиной уменьшается. При установке максимальной глубины следует исходить из значения эффективной глубины проникновения поля.



**Layers number** – устанавливает количество слоев модели. Обычно достаточно 20-40 слоев для описания модели. Нежелательно задавать очень большие значения этого параметра, т.к. это существенно понизит скорость вычислений.

**Incremental number** – устанавливает соотношение между толщиной смежных слоев. Значения этого параметра обычно выбирают в диапазоне от 1 до 2.

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

**Minimum** – указывает минимальную координату профиля измерений.

**Maximum** - указывает максимальную координату профиля измерений.

**Nodes number** – если опция включена, построение сети производится с равномерным (по горизонтали) шагом, от значения поля **Minimum** к значению поля **Maximum**. Количество узлов задается в поле **Nodes number**. Эту опцию следует включать в случае нерегулярной сети измерений.

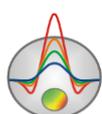
**Intermediate nodes** – устанавливает количество дополнительных узлов между положениями точек зондирования на профиле (0 - 4). Рекомендуется установить количество промежуточных узлов между соседними станциями: 1-2.

**Centered** – помещает станции в центры ячеек. Этот вариант следует включать при сильно пересеченном рельефе.

**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 станциями (это положительно отражается на решении прямой и обратной задачи). При нажатии правой кнопкой мыши на панели с надписью **Regular mesh** можно указать шаг разбиения ячеек по оси X, если не включена опция **Nodes number**.

**Start resistivity** – устанавливает удельное сопротивление стартовой модели.

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



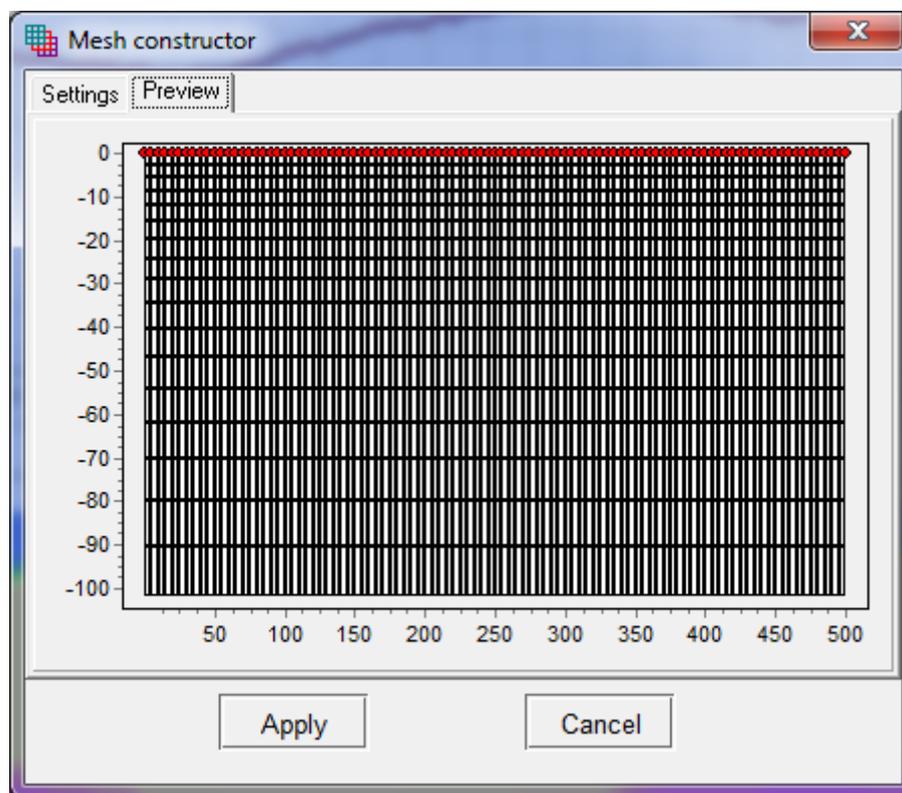


Рис. 3 Окно диалога Mesh constructor, вкладка Preview

Скорректировать сеть: добавить или удалить промежуточные узлы сети, выровнять высоту или ширину ячеек, можно также воспользовавшись опциями в редакторе модели (подробно в разделе «[Редактор модели](#)»).

## Формат основного файла данных

Программа представляет собственный универсальный формат данных, включающий информацию о координатах и относительных высотах (в километрах) пунктов зондирования.

Формат данных программы.

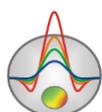
**Первая строка** - должна содержать последовательность периодов (в секундах) на которых проводились измерения (в порядке возрастания).

Далее следуют записи содержащие информацию о каждом пункте зондирования на профиле, объединенные в описанные ниже блоки.

Блок описания пункта зондирования

**Первая строка** – индикатор начала блока описания пункта зондирования (должна содержать запись «{»).

**Вторая строка** – дополнительные параметры зондирования.



Первая запись - координата пункта зондирования вдоль профиля, вторая запись – превышение рельефа.

**Третья - шестая строки** содержат, собственно, полевые измерения.

Каждая из описываемых строк должна начинаться с записи-ключа указывающей программе, к какому типу данных относить следующие за ней значения. Значения управляющих ключей контролирующих тип данных:

Первый вариант задания ключей

«Ro\_a» – Кажущееся сопротивление.

«Phi» – Фаза импеданса (в градусах, должна быть положительным числом).

В данном случае тип поляризации неизвестен. С такими данными можно работать в режиме магнитной и/или электрической поляризации.

«\_w» – вес измерения.

Второй вариант задания ключей

«Ro\_a\_tm» – Кажущееся сопротивление для магнитной поляризации.

«Phi\_tm» – Фаза импеданса для магнитной поляризации (в градусах, должна быть положительным числом).

«Tm\_w» – вес измерения для магнитной поляризации. При отсутствии сведений о погрешностях измерений программа автоматически назначает вес 1 каждому измерению.

Третий вариант задания ключей

«Ro\_a\_te» – Кажущееся сопротивление для электрической поляризации.

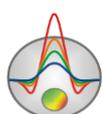
«Phi\_te» – Фаза импеданса для электрической поляризации (в градусах, должна быть положительным числом).

«Te\_w» – вес измерения для электрической поляризации. При отсутствии сведений о погрешностях измерений программа автоматически назначает вес 1 каждому измерению.

Число и последовательность записей в строках должна строго соответствовать системе наблюдений, описанной в первой строке файла. При отсутствии измерения на каком-либо периоде, его значение заменяется символом «\*». При отсутствии информации о фазе импеданса вся строка исключается.

**Последняя строка** – индикатор конца блока описания пункта зондирования (должна содержать запись «}»).

После блока описания данных, при необходимости 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 станции или при наличии резкого рельефа за пределами профиля.

Желательно запись станций осуществлять в той последовательности, как они расположены на профиле (В порядке возрастания координаты).

Для правильной работы программы файл данных не должен содержать:

нетрадиционные символы, разделяющие записи в строке (используйте символы TAB или SPACE)

абсурдные значения параметров измерений (например, отрицательные значения кажущегося сопротивления)

Желательно, чтобы суммарное количество измерений содержащихся в одном файле не превышало 100000.

## Подготовка данных для инверсии

Обработка магнитотеллурических данных разделяется на три этапа: просмотр и редакция временных рядов записей электромагнитного поля, получение передаточных функций, пост-обработка. Первые два этапа, как правило, реализованы в программном обеспечении, поставляемом в комплекте с МТ-аппаратурой. В **ZondMT2D** реализован набор инструментов, необходимый для выполнения пост-обработки.

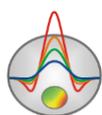
Постобработка (последний этап подготовки данных для инверсии) включает в себя следующий набор процедур (по необходимости): просмотр, оценка качества, редактирование, сглаживание передаточных функций, построение импедансных полярных диаграмм, вращение тензора импеданса, подавление эффекта статического сдвига.

Указанные процедуры реализованы в программе в виде отдельных функций, к которым можно обращаться в процессе работы, и в составе [модуля контроля качества и редактирования данных](#) **MT Editor**, представляющего собой собранные в одном окне полноценный набор инструментов для проведения пост-обработки МТ-данных.

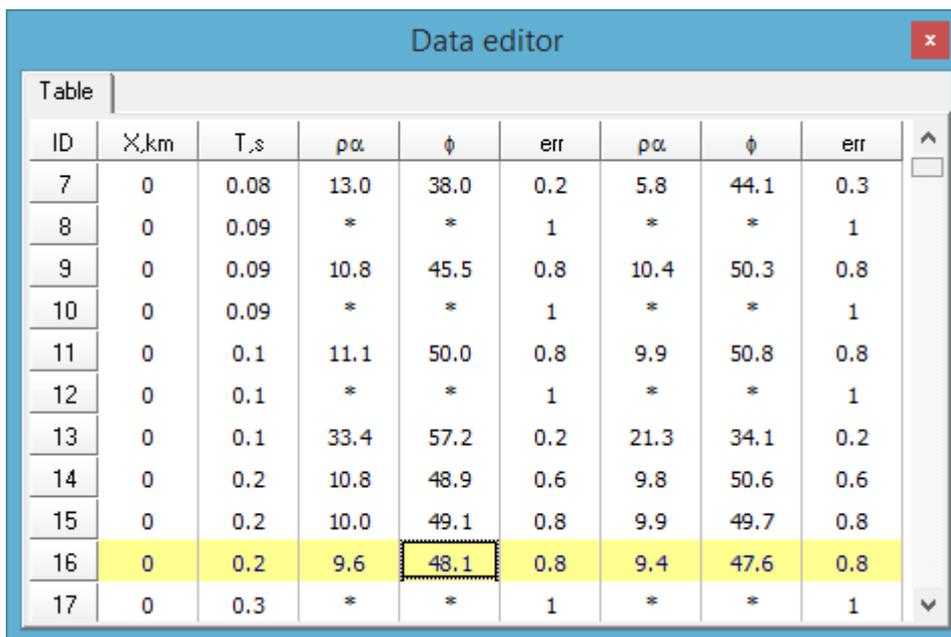
## Редактирования результатов измерений

### Редактор измерений

Просмотр и редактирование значений кажущегося сопротивления, фазы и веса отдельного измерения в табличном виде осуществляется с помощью редактора измерений.



Редактор измерений вызывается во вкладке **Options/Data Editor** или нажатием кнопки  на панели инструментов. Вкладка содержит таблицу, позволяющую редактировать параметры каждого измерения (**Ошибка! Источник ссылки не найден.4**).



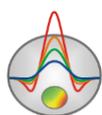
ID	X,km	T,s	$\rho\alpha$	$\phi$	err	$\rho\alpha$	$\phi$	err
7	0	0.08	13.0	38.0	0.2	5.8	44.1	0.3
8	0	0.09	*	*	1	*	*	1
9	0	0.09	10.8	45.5	0.8	10.4	50.3	0.8
10	0	0.09	*	*	1	*	*	1
11	0	0.1	11.1	50.0	0.8	9.9	50.8	0.8
12	0	0.1	*	*	1	*	*	1
13	0	0.1	33.4	57.2	0.2	21.3	34.1	0.2
14	0	0.2	10.8	48.9	0.6	9.8	50.6	0.6
15	0	0.2	10.0	49.1	0.8	9.9	49.7	0.8
16	0	0.2	9.6	48.1	0.8	9.4	47.6	0.8
17	0	0.3	*	*	1	*	*	1

Рис. 4 Таблица редактора измерений

Таблица содержит 9 столбцов:

ID	Индекс измерения
X,km	Положение точки зондирования.
T,s	Период измерения.
$\rho\alpha$	Значение измеренного кажущегося сопротивления для магнитной поляризации.
$\phi$	Значение измеренного фазы импеданса для магнитной поляризации
Weight	Вес измерения для магнитной поляризации.
$\rho\alpha$	Значение измеренного кажущегося сопротивления для электрической поляризации.
$\phi$	Значение измеренного фазы импеданса для электрической поляризации
Weight	Вес измерения для электрической поляризации.

Шесть последних столбцов, в случае необходимости, могут быть отредактированы с помощью клавиатуры. Не следует вводить абсурдные значения для кажущегося сопротивления или фазы. Веса измерений задаются в диапазоне от 0 до 1.



При перемещении курсора по таблице, положение активного измерения отображается на псевдоразрезе или плане графиков.

## Диалог просмотра и редактирования кривых зондирования (Sounding curves)

Диалог просмотра кривых зондирования вызывается нажатием кнопки  на панели инструментов главного окна программы (рис. 5). Диалог позволяет просматривать измеренные и рассчитанные кривые зондирования для ТМ и ТЕ моды для каждой точки зондирования. Так же диалог позволяет посмотреть результаты расчета 1D прямой задачи для локальной модели активной станции.

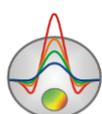
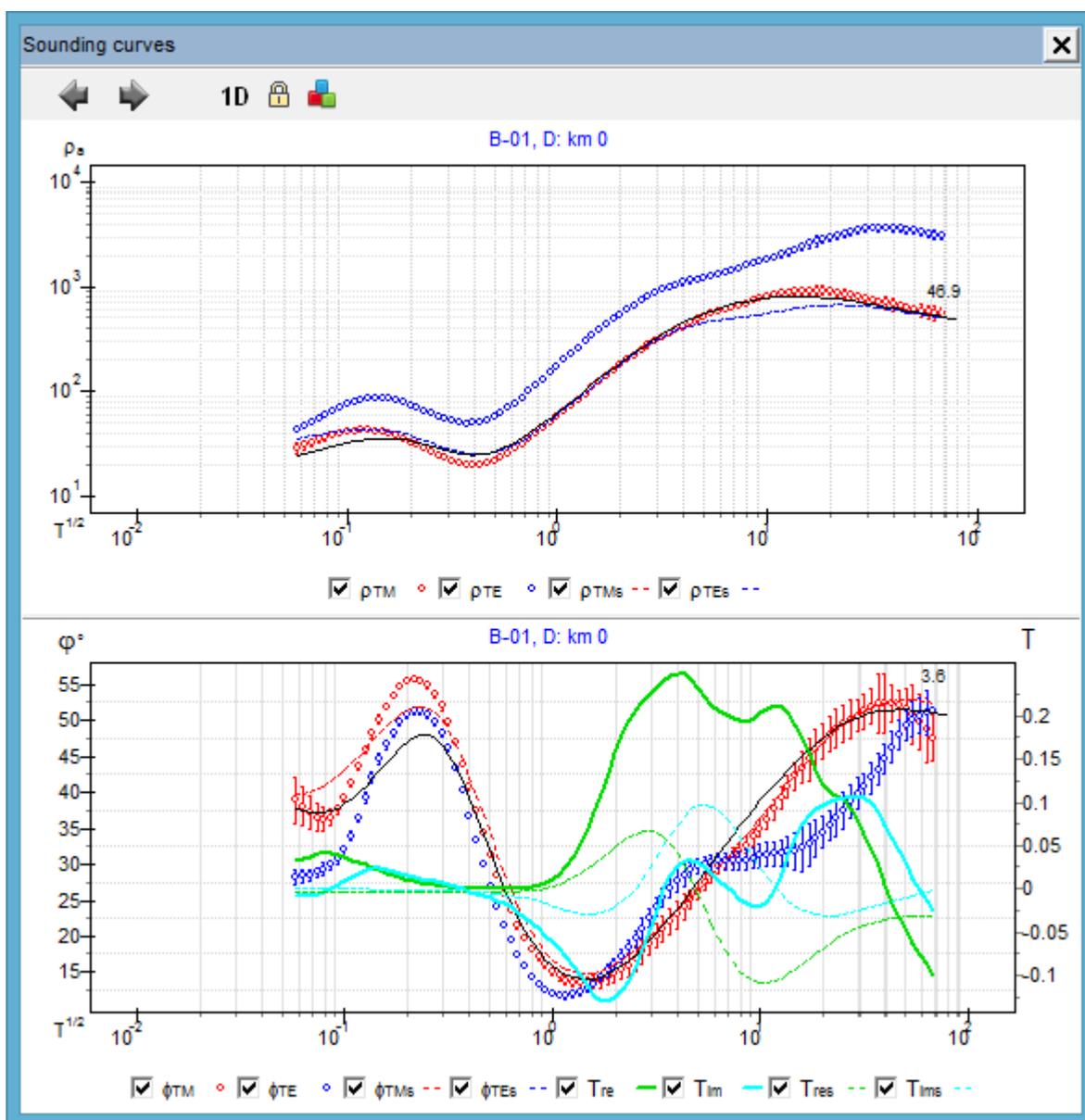


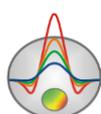
Рис. 5 Диалог просмотра и редактирования кривых зондирования **Sounding curves**

Панель инструментов окна диалога **Sounding curves** содержит следующие кнопки:

	Перейти к просмотру кривых зондирования предыдущей точки
	Перейти к просмотру кривых зондирования последующей точки
	Рассчитать 1D прямую задачу на этой точке для локальной модели (одномерная слоистая модель непосредственно под точкой зондирования). Такое моделирование бывает полезно в тех случаях, когда необходимо оценить степень “двумерности” среды. Иногда это помогает определить правильно ли (в нужном квадранте) задана фаза.
	Закрепить минимальные и максимальные значения на осях. После закрепления, пределы осей не будут изменяться, при переходе от точки к точке. Пределы осей, также можно установить в диалоге настройки параметров оси.
	Открыть список дополнительных опций.

Дополнительными опциями являются:

Invert this station	Устанавливает, нужно ли использовать данную станцию при инверсии. Если точка имеет интенсивную шумовую составляющую, ее можно не учитывать при инверсии.
With static shift	Рисовать теоретическую кривую кажущегося сопротивления с учетом выбранного значения гальванического сдвига. Эта опция необходима для просмотра кривых после инверсии в том случае, если она проводилась с подбором статического эффекта каждой кривой.
BI-logarithmic	Установить билогарифмический масштаб.
Phase axis [0-90]	Установить диапазон значений фазы от 0 до 90.
Error gates	Показывать доверительные интервалы.
Remove mode	Включить режим удаления точек кривых.
Select mode	Включить режим выделения точек кривых.
Coupling app.res and phs	Выполнять действия для сопротивления и фазы одновременно (при выделении или удалении точки на одной кривой, соответствующая точка выделяется или



	удаляется на другой кривой).
Original data	Вернуться к исходным данным на текущей станции.

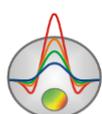
Как видно из состава дополнительных опций, окно также позволяет осуществлять редактирование данных. Для этого используется инструмент – окружность. Для его вызова необходимо включить опцию **Select mode** (для выделения) или **Remove mode** (для удаления) Радиус окружности регулируется колесом мыши. С помощью окружности можно удалить точку (центральная кнопка), увеличить (правая кнопка) и уменьшить (левая кнопка) вес точки при инверсии. Вес точки – величина обратная дисперсии измерений, отображается в программе в форме доверительных интервалов (ворот). Чем больше ворота, тем меньше данная точка влияет на результирующую модель.

Для удобства просмотра вертикальные и горизонтальные оси могут быть отредактированы. Диалог настройки параметров осей вызывается щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на интересующей оси (см. раздел [Редактор осей](#)).

## Модуль контроля качества и обработки данных MT-Editor

Для контроля качества и редактирования данных в программе **ZondMT2D** реализован специальный модуль, доступ к которому осуществляется через меню **Options/MT Editor**. Модуль позволяет осуществлять все основные операции по пост-обработке MT-данных.

Вкладка **Data** модуля **MT Editor** состоит из двух частей (на **Ошибка! Источник ссылки не найден.**): верхней и нижней. В левой части, каждая из них содержит графики распределения выбранного параметра вдоль профиля, в правой части отображается кривая для выбранного параметра в точке, обозначенной на графиках красной пунктирной вертикальной линией. Параметры, отображаемые в верхней и нижней части окна, выбираются, соответственно, с помощью кнопок **P1** и **P2**.



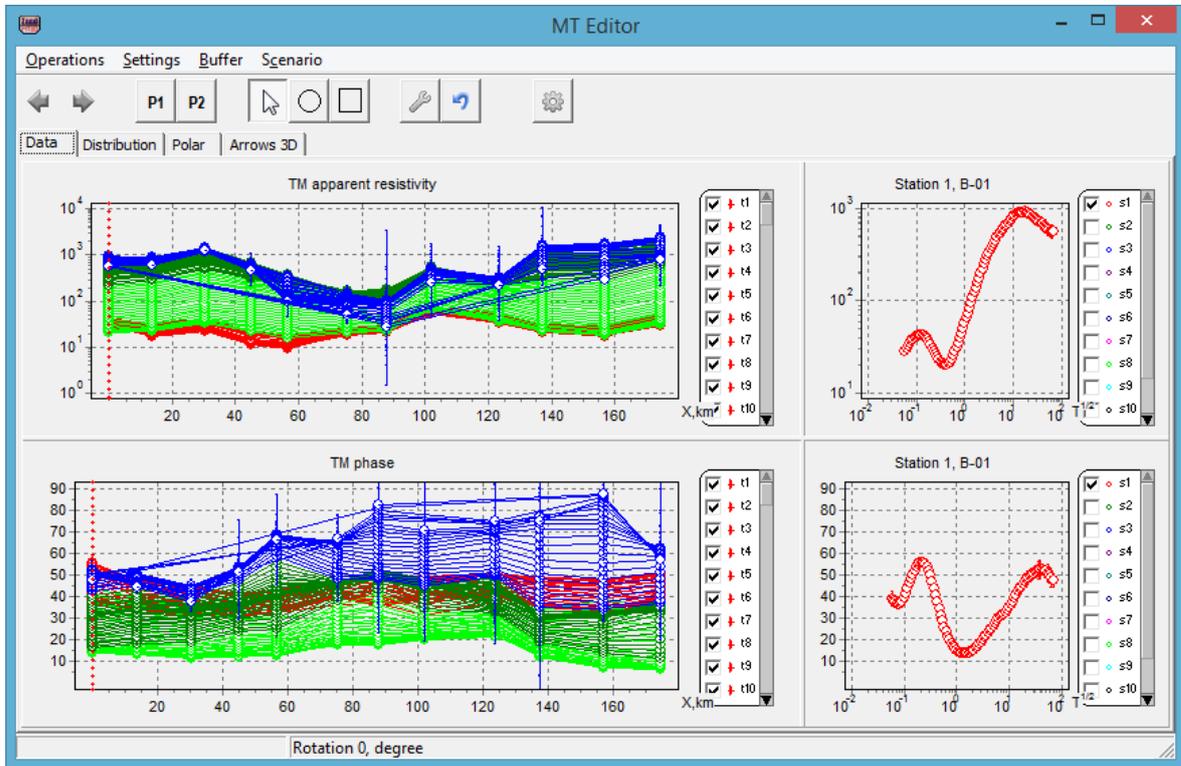
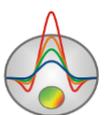


Рис. 6 Основное окно Data модуля MT Editor

В приведенном примере на рис.6 в верхней части окна отображены графики кажущегося сопротивления для ТМ моды по профилю. Каждый график соответствует определенной частоте. Список графиков расположен в правой части окна и позволяет отключать или добавлять графики тех или иных частот. Красная вертикальная линия определяет текущую точку, для которой в правой части окна отображается кривая кажущегося сопротивления. Список точек в правой части окна графика кривой позволяет подключать графики для других выбранных точек. Для перемещения между точками профиля можно использовать кнопки  и  или непосредственно щелчок по нужной точке на графике.

Тип данных задается кнопками P1 и P2, для верхней и нижней секции соответственно (рис.7). Здесь можно выбрать кажущееся сопротивление и фазу для обеих мод, компоненты типпера или параметр трехмерности SKEW (необходим для оценки порогового значения опции norm by skew).



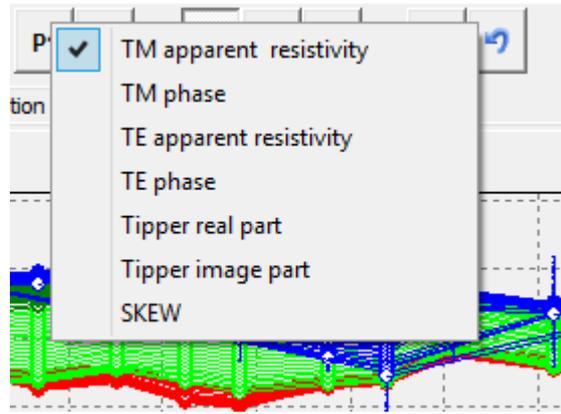


Рис. 7 Диалог выбора параметров для отображения

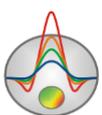
Отображение доверительных интервалов устанавливается опцией **Settings/Display gates**.

Главное меню окна содержит следующие функции:

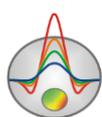
Остальные операции редактирования производятся с помощью пунктов меню

**Operations:**

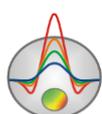
Return to start data	Вернуться к данным до начала сеанса редактирования
Remove selection	Снять выделение со всех данных
Smoothing data/TM joint smoothing	Провести сглаживание данных ТМ моды. Сглаживание производится одновременно для кажущихся сопротивлений и фаз и основано на дисперсионных соотношениях второго рода.
Smoothing data/TE joint smoothing	Провести сглаживание данных ТЕ моды. Сглаживание производится одновременно для кажущихся сопротивлений и фаз и основано на дисперсионных соотношениях второго рода.
Smoothing data/TM 1D smoothing	Провести сглаживание данных ТМ моды. Сглаживание производится одновременно для кажущихся сопротивлений и фаз и основано на неограниченной 1D инверсии.
Smoothing data/TE 1D smoothing	Провести сглаживание данных ТЕ моды. Сглаживание производится одновременно для кажущихся сопротивлений и фаз и основано на неограниченной 1D инверсии.
Smoothing data/TM 2D smoothing	Провести двумерное сглаживание данных ТМ моды с подавлением гальванических сдвигов. Сглаживание производится одновременно для кажущихся сопротивлений и фаз и основано на дисперсионных соотношениях второго рода.
Smoothing data/TE 2D	Провести двумерное сглаживание данных ТЕ моды с



smoothing	подавлением гальванических сдвигов. Сглаживание производится одновременно для кажущихся сопротивлений и фаз и основано на дисперсионных соотношениях второго рода.
Smoothing data/Apply shifts only	Подавить гальванические сдвиги без сглаживания, при двумерном сглаживании.
Smoothing data/Use correlation	Использовать дополнительный критерий корреляции соседних кривых при двумерном сглаживании.
Recalc current spline	Пересчитать текущий сплайн с учетом отбракованных измерений (выделенных точек). Работает в режиме Background data: 1D inversion/splines.
Build w_spline	Пересчитать текущий сплайн в окне с учетом отбракованных измерений (выделенных точек). Под окном подразумеваются все кривые зондирования выбранные в верхней секции. Обычно сплайн в окне необходим для “коротких кривых”, т.к. позволяет учесть особенности соседних станций. Работает в режиме Background data: splines.
Smooth and deselect	Осреднить выделенные данные (отбракованные точки) со сплайном и снять выделение. Это опция удобна для коррекции сильных отскоков от кривой.
Show splines only	Показывать только сплайны с соседних станций. Если последовательно обрабатывать данные от станции к станции, позволяет визуально опираться на уже обработанные данные, при отбраковке точек для нового сплайна.
Set as reference spline	Сделать текущий сплайн опорным. Опорный сплайн отображается на каждой станции, толстой красной линией. Например, в качестве опорного сплайна можно использовать сплайн в окне для определенного участка профиля.
Apply data errors	Указывает программе, следует ли использовать данные об ошибках измерений при построении сплайна.
P1 remove hidden	Удалить данные скрытых графиков в верхней профильной секции. Например, если необходимо удалить данные на некоторых периодах.
P2 remove hidden	Удалить данные скрытых графиков в нижней профильной секции. Например, если необходимо удалить данные на некоторых



	периодах.
TM correct phases (0..90)	Привести фазу ТМ к первому квадранту 0-90
TE correct phases (0..90)	Привести фазу ТЕ к первому квадранту 0-90
TM suppress shifts	Подавить гальванические сдвиги данных ТМ моды с использованием статистического подхода.
TE suppress shifts	Подавить гальванические сдвиги данных ТЕ моды с использованием статистического подхода.
Apply inverted shifts	Применить поправки статических искажений, определенных по результатам двумерной инверсии (после проведения инверсии)
Exchange TM $\leftrightarrow$ TE	Заменить данные ТМ моды на данные ТЕ моды (и наоборот)
Rotate dataset	Повернуть данные для получения истинных ТМ и ТЕ мод в зависимости от азимутов профиля и антенн.
Convert2impedances	Преобразовать обработанные кажущиеся сопротивления и фазы в значения импедансов
Apply and close	Принять все изменения и завершить работу с редактором
Settings/Mode	Выбрать режим редактирования данных. Подробную информацию о режимах редактирования можно найти ниже.
Settings/Background data	Отобразить дополнительные графики для каждой станции, например для сравнения обработанных и исходных данных или для работы в режиме splines. Подробнее ниже.
Settings/Graphics	Опции настройки основных и дополнительных графиков для всех четырех секций окна.
Settings/Multigraphics mode	Режим выбора графиков при переходе с одной станции на другую. Если при обработке удобно зафиксировать определенный набор станций, то следует выбрать этот режим. Иначе при переходе от станции к станции набор графиков будет меняться.
Settings/Correlation as color	Показывать корреляцию с соседними станциями цветом точек. Голубой – максимальная корреляция, белый – минимальная.
Settings/Save axes	Сохранять настройки осей при переходе от одного типа данных к другому.
Settings/Coupled selection	Режим связанного выбора кажущихся сопротивлений и фаз. При отключении этого режима, данные можно выбрать по



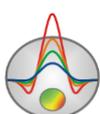
	отдельности.
Settings/Display error gates	Показывать доверительные интервалы данных.
Settings/BiLog plots x:y=1:1	Установить равный логарифмический масштаб вертикальной и горизонтальной осей для правых, верхней и нижней секции.
Buffer	Сохранить промежуточные результаты обработки данных в ячейку буфера или загрузить обработанные данные из нее.
Scenario/Noisy data Dinv	Скрипт для подготовки сильно зашумленных данных, к инверсии эффективных импедансов.
Scenario/Smooth add comps	Скрипт для сглаживания дополнительных XX/YY компонент и типпера. Дополнительные компоненты полезно сглаживать перед операцией вращения. Сглаживание основано на дисперсионных соотношениях первого рода.

С помощью опций меню **Settings/Background data** можно дополнительно отобразить графики исходных данных (до редактирования) – **Original data**, расчетных 2D данных – **Calculated data**, синтетические данных полученных по результатам одномерной инверсии – **1D inversion** или так называемых “сплайнов” - **Splines**. Два последних режима требуют предварительного расчета, который может занять продолжительное время, при большом количестве станций и переводят модуль в специальный режим обработки.

Параметры линий и точек настраиваются с помощью опций меню **Settings/Graphics**.

Выбор точек для редактирования на кривых и графиках осуществляется с помощью инструментов  или , правой и левой кнопкой мыши. Режим редактирования можно выбрать с помощью опции меню Settings/Mode или :

Select/deselect	Режим выбора (или снятия выбора) данных
Edit points	Режим редактирование данных с помощью мыши
Shift curve	Режим параллельного сдвига кривых кажущегося сопротивления. Кривая выбирается при включенном инструменте 
Shift selected	Режим параллельного сдвига выделенной части кривых кажущегося сопротивления.
Edit error gates	Режим редактирования доверительных интервалов данных. Используются правая и левая кнопки мыши.
Remove points	Режим удаления данных



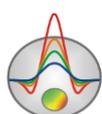
Smooth points	Режим сглаживания данных попадающих в область курсора.
Interpolate	Режим интерполяции данных попадающих в область курсора. Данные, попадающие в область курсора, будут заменены результатом сплайн-интерполяции, остальных данных.
Denoise	Режим очистки данных, попадающих в область курсора, от высокочастотной составляющей.

При нажатии правой кнопки мыши на одну из четырех секций окна появится дополнительное всплывающее меню со следующими функциями:

Return to start data	Вернуться к данным до начала сеанса редактирования
Select all	Выделить все данные секции окна.
Deselect all	Снять выделение со всех данных секции окна.
Phase correction	Если в секции находятся данные фазы импеданса, данная процедура приведет их к первому квадранту(0:90 градусов).
Smooth data	Сгладить все данные секции окна.
Denoise data	Удалить высокочастотную составляющую для всех данных секции окна.
Smooth selection	Сгладить все выделенные данные секции окна.
Denoise selection	Удалить высокочастотную составляющую для всех выделенных данных секции окна.
Exchange TM↔TE	Поменять местами данные TM и TE моды.
Static shift to level	Если в секции находятся данные кажущегося сопротивления, то данная процедура позволяет выбрать период (level) к которому будут сдвинуты кривые кажущегося сопротивления, для подавления эффекта гальванических сдвигов. Период, к которому будут сдвинуты кривые, а также степени его гладкости выбирается в режиме диалога и визуализируется программой.

Эти функции будут применены непосредственно к данным той секции окна, где было вызвано меню.

Если не работать с инвариантами МТ-поля, в двумерной модели система координат должна быть ориентирована в соответствии с продольным и поперечным направлением относительно простирания исследуемых структур. Если ориентация профиля не удовлетворяет этому условию, при открытии файла данных программа выдаст сообщение о возможной необходимости поворота системы координат. Этот поворот может быть также



необходим при выборе точек для интерпретационного профиля из площадных данных или при наличии существенных трехмерных искажений. Соответствующие оценки проводятся на основании анализа полярных диаграмм (вкладка **Polar**, описана ниже), а поворот системы координат осуществляется с помощью опции **Operations/ Rotate dataset**. Параметры поворота устанавливаются в окне открывающегося диалога.

На вкладке **Rotation** можно задать угол поворота, по умолчанию программа предлагает угол соответствующий направлениям компонент поля параллельно и перпендикулярно линии профиля.

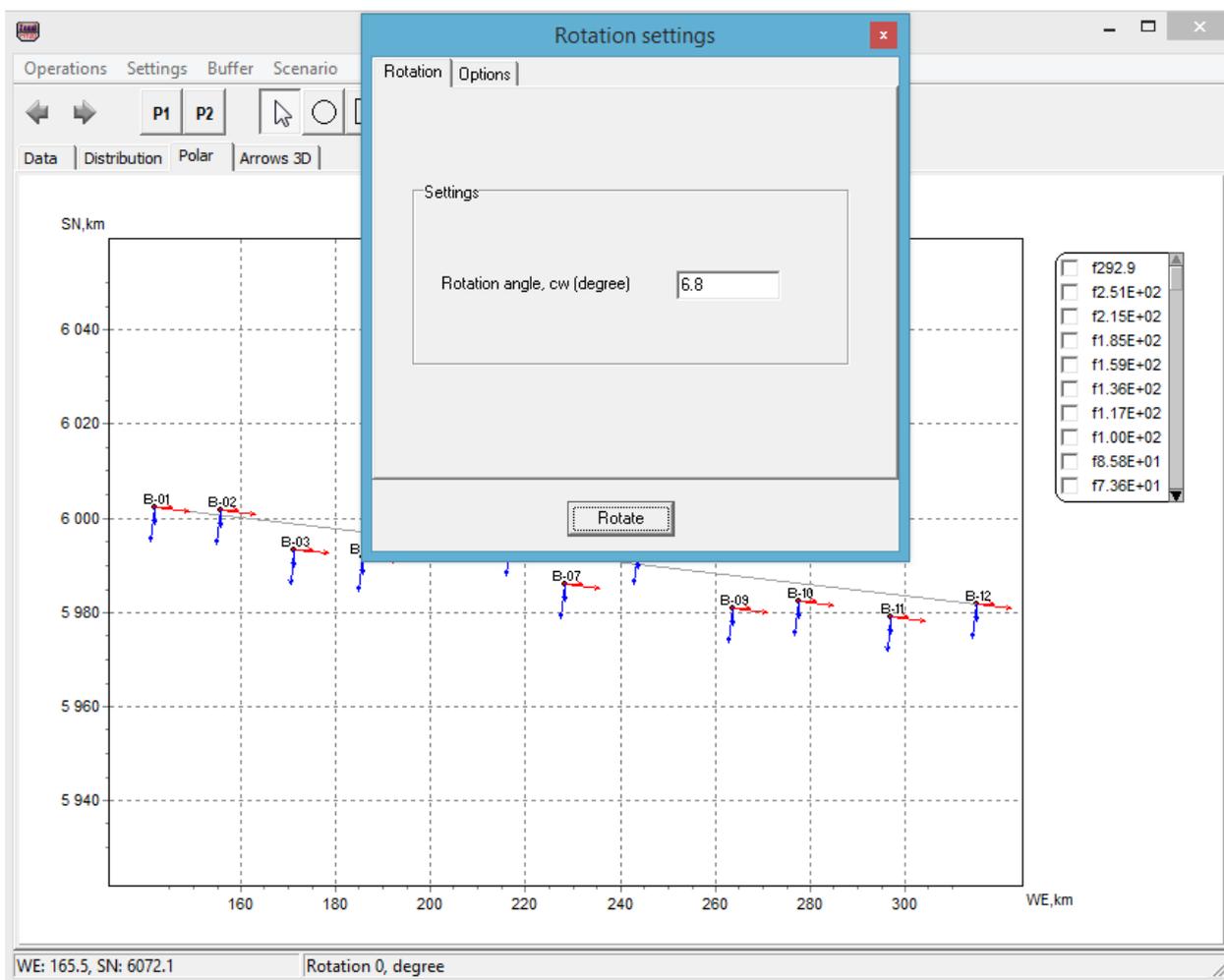
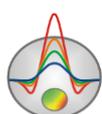


Рис. 8 Окно диалога **Rotate dataset**, вкладка **Rotation**

На вкладке **Options** – выбрать диапазон частот, для которых осуществляется поворот с заданными параметрами.



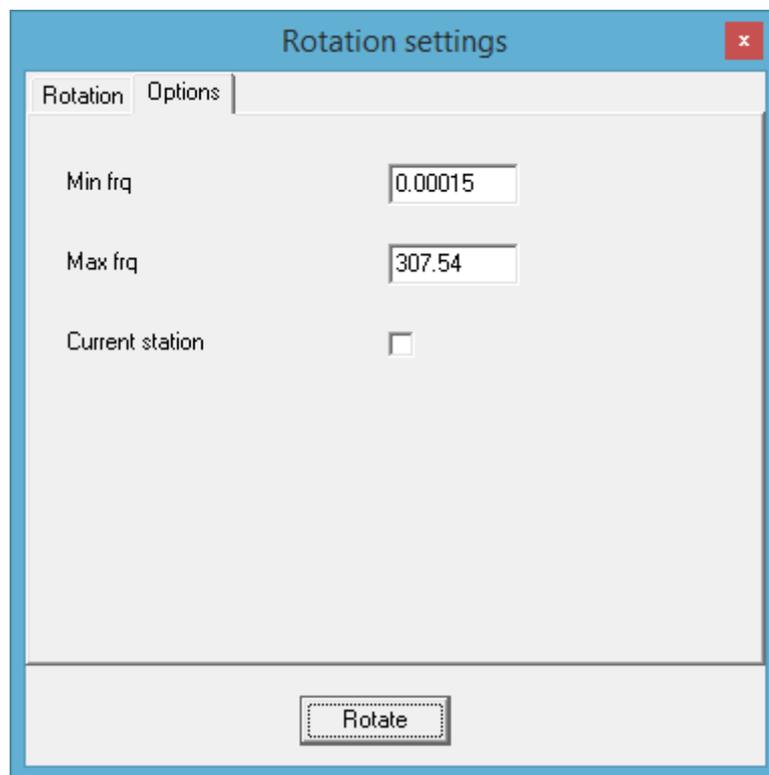
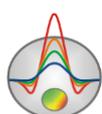


Рис. 9 Окно диалога Rotate dataset, вкладка Options

Опция *Current station* указывает программе произвести поворот только для текущей станции.

Вкладка **Distribution** позволяет в удобной форме оценить распределение типов данных по частотам (рис.10). Если на какой-то частоте данных оказывается мало, данные соответствующей частоты можно удалить, что позволит ускорить процесс инверсии и, возможно, избежать дополнительных ошибок. Каждая группа столбиков разных цветов соответствует номеру периода (частоте). Каждый цвет соответствует параметру, указанному в легенде в правой части окна. Удаление данных для выбранной частоты производится с помощью меню, вызываемого нажатием правой кнопки мыши на соответствующий столбик.



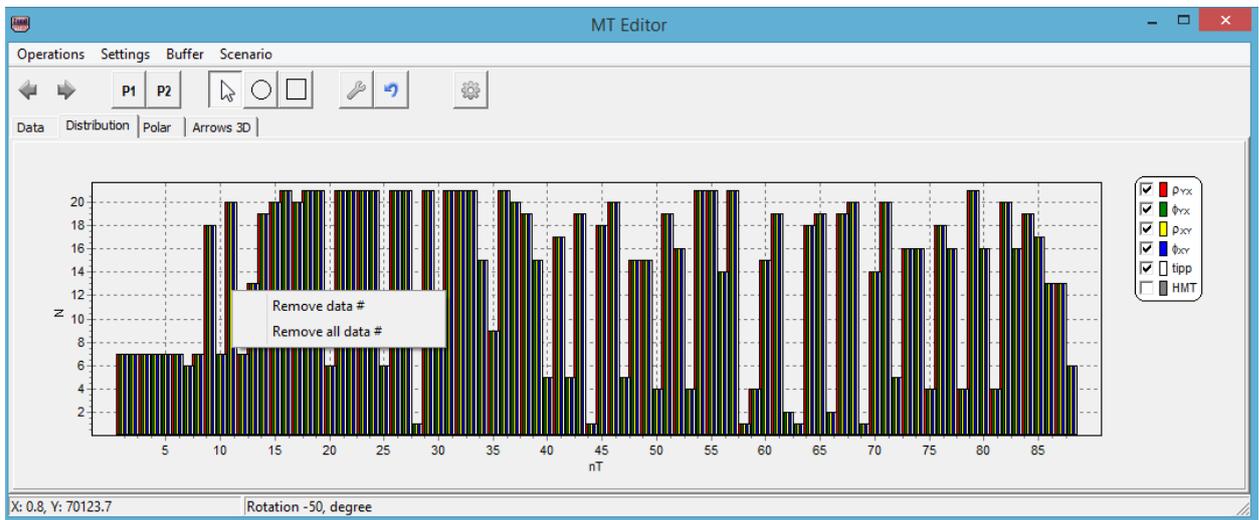
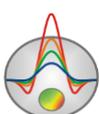


Рис. 10 Вкладка **Distribution** модуля **MT Editor**

Вкладка **Polar** (рис. 11) предназначена для построения полярных диаграмм тензора импеданса и фазового тензора, необходимых для определения размерности исследуемой среды, необходимости поворота системы координат, разделения региональных и локальных эффектов и др. Полярные диаграммы строятся для каждой точки и для каждой частоты. Разные частоты отображаются на полярных диаграммах разными цветами, что отражено в списке в левой части окна (при необходимости частоты можно отключать и подключать).

Меню выбора параметров, отображаемых в вкладке **Polar**, вызывается нажатием правой кнопки мыши в верхней части окна (в области заголовка *Impedance diagrams* на **Ошибка!** **Источник ссылки не найден.1**):

Impedance diagrams	Отображать полярные диаграммы тензора импеданса
Phase tensor diagrams	Отображать полярные диаграммы фазового тензора
Show rotated	Отображать с учетом угла поворота
Strike	Отображать эффективный страйк
Ind arrow Re	Отображать вещественные индукционные стрелки (типперы)
Ind arrow Im	Отображать мнимые индукционные стрелки (типперы)
No norming	Не нормировать значения (радиус диаграмм)
Norming for frq	Нормировать по частоте
Norming for frq/st	Нормировать по частоте и привести к единице (для всех частот значение радиусов одинаковое)
Stations marks	Отображать названия станций



frequency wnd

Задать размер окна осреднения (в  $2 \cdot n$  периодов), для которого будут строиться диаграммы

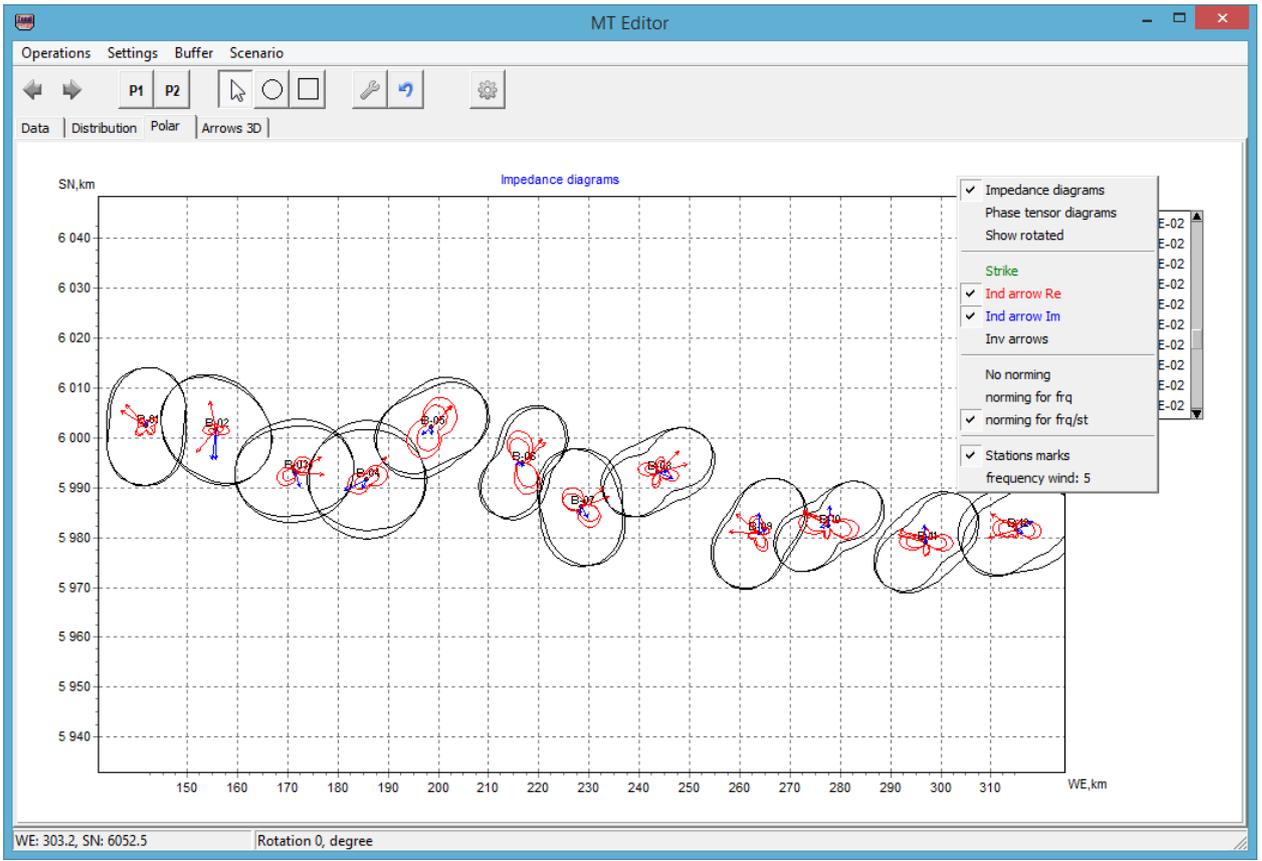
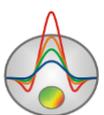


Рис. 11 Вкладка Polar окна MT Editor

Вкладка **Arrow 3D** (рис. 12) предназначена для визуализации стрелок типпера в 3D. Такое изображение помогает сделать выводы о наличии трехмерных структур и их положении в пространстве.



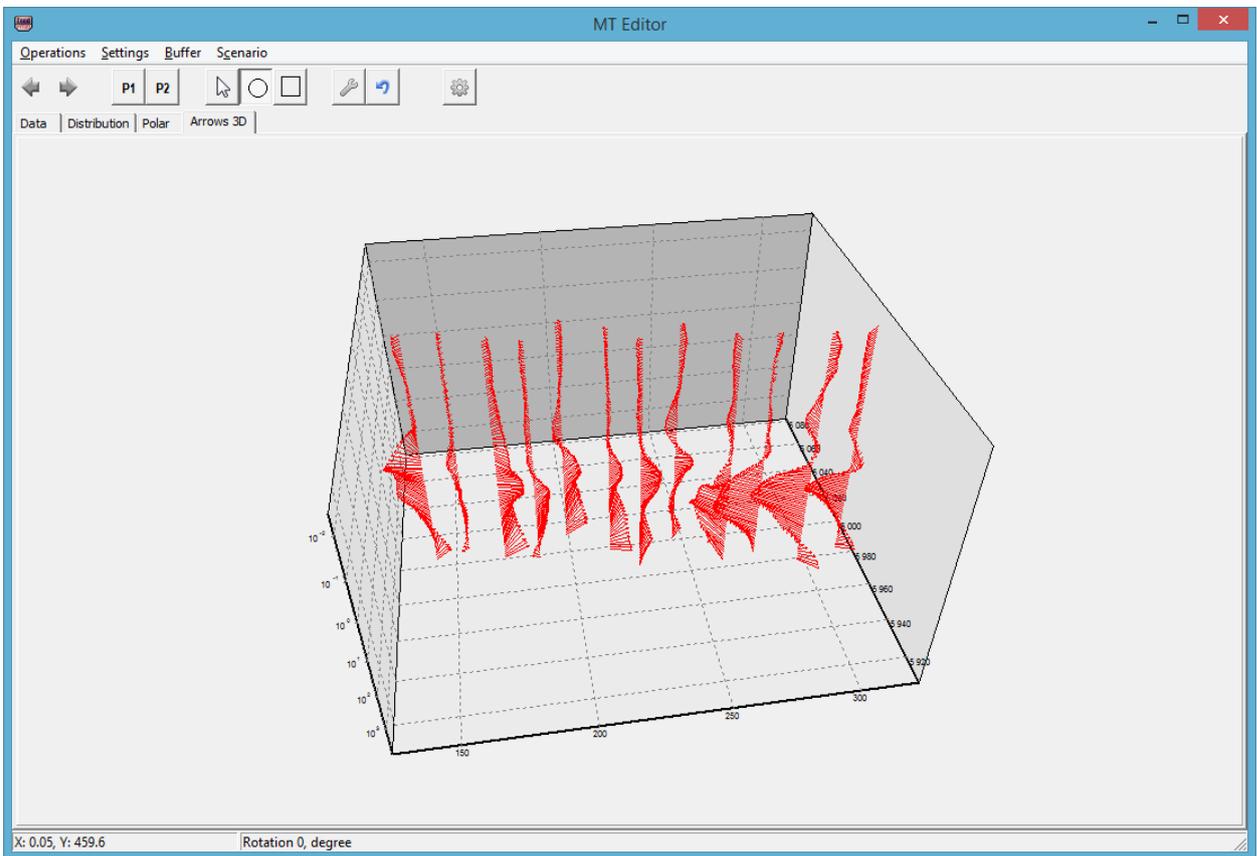


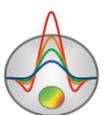
Рис. 12 Вкладка Arrow 3D окна MT Editor

Определение эффективности выбранных параметров обработки часто можно оценить путем их сравнения друг с другом. В программе **ZondMT2D** реализована возможность хранения в одном проекте нескольких вариантов обработки данных. Это позволяет в рамках одного проекта проводить инверсию данных при разных параметрах обработки, а также возвращаться к сохраненному варианту или продолжать обработку с сохраненного этапа. Сохранение результатов обработки данных производится с помощью опции **Buffer** окна MT Editor.

В выпадающем списке предлагается сохранить текущие результаты обработки в четыре возможных ячейки буфера. Если в выбранной ячейке уже содержатся данные (в этом случае у его названия будет отображаться галочка), программа спросит, загрузить ли данные из буфера или перезаписать его содержимое текущими значениями.

## Слайн-обработка данных

Слайн-обработка данных магнитотеллурических зондирований мощный инструмент анализа и постобработки импедансных зависимостей. Технология была разработана в компании Северо-Запад и успешно применяется уже много лет. Несмотря на термин



“сплайн” в названии, никакого отношения к сплайнам данная методика не имеет. Это просто неудачный, но уже сложившийся термин. Технология основана на дисперсионных соотношениях первого и второго рода, связывающих мнимую и вещественную или амплитуду и фазу комплексного импеданса.

В **ZondMT2D** используется специальный алгоритм построения комплексной аппроксимационной зависимости, основанный на линеаризации интегрального соотношения. Это позволяет подбирать гладкие аппроксимации одновременно для кажущегося сопротивления и фазы, с учетом доверительных интервалов и других факторов.

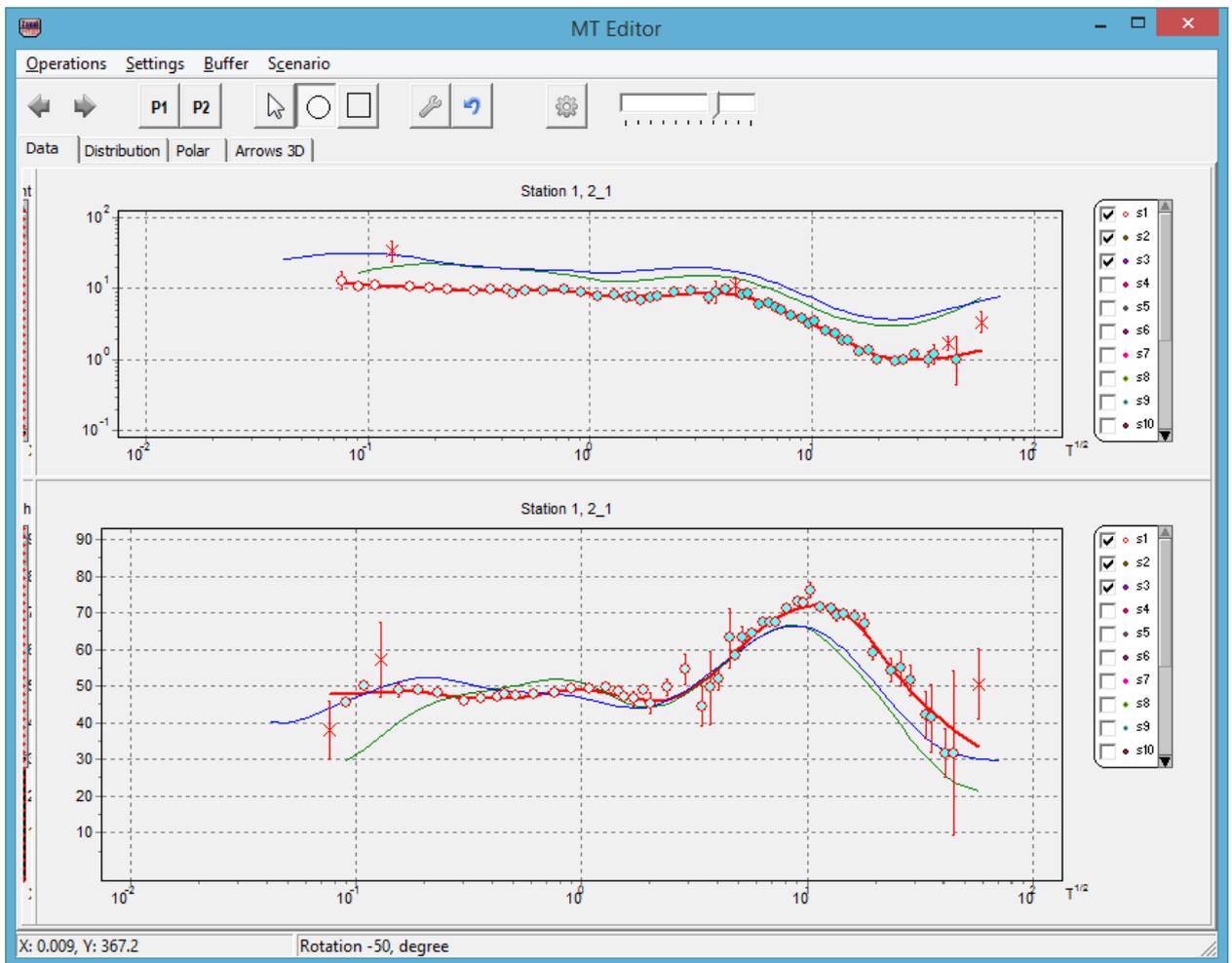
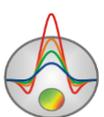


Рис. 13 Окно MT-Editor в режиме сплайн обработки

Для перехода в режим сплайн обработки необходимо переключиться в режим дополнительных (background) данных: splines или 1D inversion. Второй режим, вместо построения аппроксимаций использует 1D инверсию, что привносит некоторые ограничения.



Процесс сплайн обработки выглядит следующий образом: после построения всех сплайнов, выделяются точки сильно отскакивающие от кривых кажущегося сопротивления и фазы на текущей станции и сплайн перестраивается. Выделенные точки (отскоки) осредняются со сплайном и сплайн снова перестраивается. Если есть какие то сомнения в правильности построения сплайна, например “хвост” кривой представлен облаком точек или кривая слишком короткая, то можно привлечь данные соседних станций в построение сплайна, или отбраковать точки используя опорный сплайн.

## Коррекция статических гальванических смещений

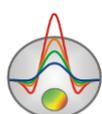
Статические искажения, вызванные приповерхностными неоднородностями, существенно затрудняют интерпретацию кривых кажущегося сопротивления, порождая ложные геоэлектрические структуры. Надежность интерпретации данных существенно зависит от качества подавления статических искажений. В программе **ZondMT2D** реализовано несколько возможностей (инструментов) для выявления и коррекции статических искажений. На практике наиболее эффективным представляется использование в той или иной мере всех этих инструментов или, по крайней мере, проведение сравнения их эффективности на реальных данных.

*Подбор статических искажений* во время инверсии. Для использования этого варианта, перед инверсией необходимо включить опцию *Invert with static shifts*.

*Распознавание и ручная коррекция статических искажений* проводится в редакторе [MT Editor](#). Отображение в одном окне нескольких соседних кривых сопротивления и фазы позволяет визуально распознать особенности проявления статических искажений в данных. С помощью инструментов редактора MT Editor можно вручную изменять положение кривой или ее сегментов, ориентируясь на соседние кривые, расчетные кривые по результатам одномерной инверсии или расчетные кривые от модели, полученной по двумерной инверсии.

Альтернативой ручной коррекции в модуле MT Editor, является *коррекция статических искажений путем усреднения кажущегося сопротивления с последующей фильтрацией* (модуль MT Editor, опции **TM suppress shifts** и **TE suppress shifts**). Данный способ может быть эффективным при плотной сети наблюдений.

Наиболее надежным способом является *коррекция статических поправок на основании данных зондирований становлением поля (ЗС)*. В программу **ZondMT2D** данные ЗС импортируются с помощью опции **Options/TDEM data/Load TDEM data** (поддерживаются форматы программы ZondTEM1D и UFS). Также для коррекции можно



использовать данные ВЭЗ (импортируются в проект с помощью опции **Options/VES data/Load VES data**. После импорта данных необходимо с помощью кнопки главного меню программы **SSC** перейти в окно определения поправок для каждой точки (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**4). В левой верхней части окна отображаются графики кажущегося сопротивления по МТ и ЗС, в левом нижнем – фазы (наблюденная и рассчитанная), в правом верхнем – кривая становления (наблюденная и рассчитанная), в правом нижнем – геоэлектрическая модель по совместной одномерной инверсии.

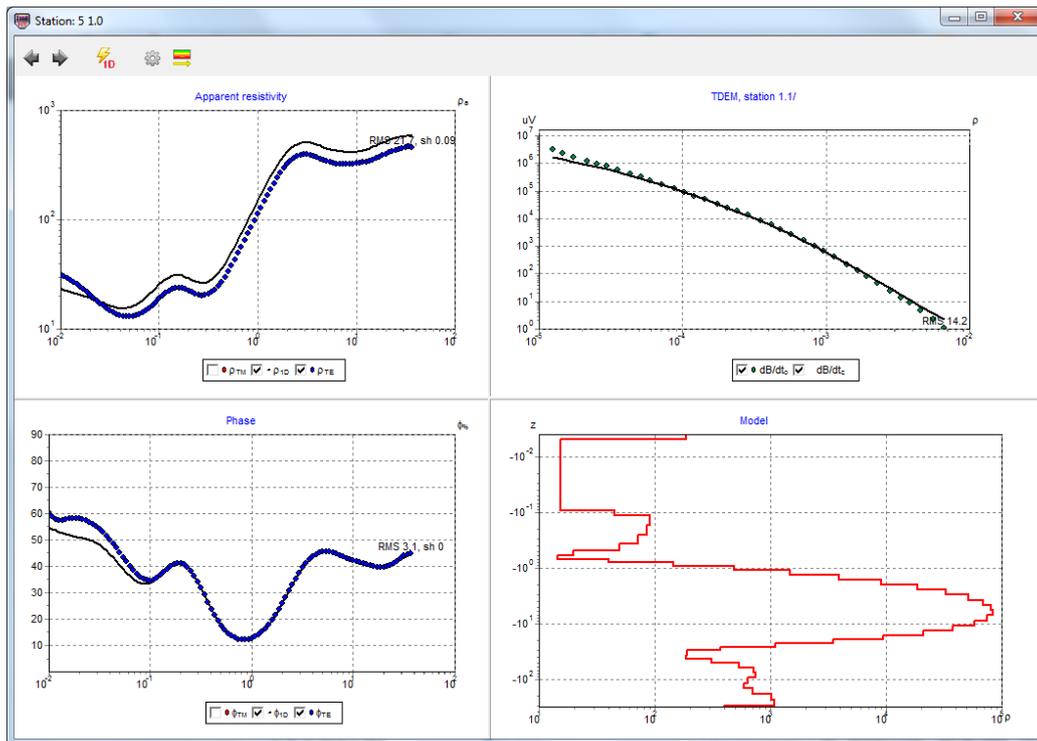


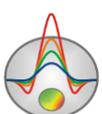
Рис. 14 Окно коррекции статических искажений на основании данных ЗС и ВЭЗ

Кнопки и позволяют переходить к следующей или предыдущей точке. Кнопка запускает процесс совместной инверсии данных МТ и ЗС (МТ и ВЭЗ или МТ, ЗС и ВЭЗ).

Правый щелчок мыши на точке измерения позволяет исключить его из совместной инверсии (отображается диагональным крестом).

Кнопка вызывает всплывающее меню с дополнительными функциями:

Rebuild Model	Задать полупространство в качестве начальной модели
Any near TDEM/VES point	Выбирать любую ближнюю точку ЗС/ВЭЗ (например, если на профиле одна точка или две точки)
Nearest TDEM/VES point	Выбирать ближайшую точку ЗС/ВЭЗ



Invert only visible	Включать в инверсию только отображаемые параметры (выбранные «галочкой» под каждым из графиков). Всегда рекомендуется отключать кривые кажущихся сопротивлений МТ.
Invert thicknesses	Проводить инверсию мощностей
Apply static shift TM	Применить коррекцию статического смещения для ТМ моды, на основе подобранной совместной модели.
Apply static shift TE	Применить коррекцию статического смещения для ТЕ моды, на основе подобранной совместной модели.
Phase correction TM	Коррекция фазы ТМ (если фаза находится за пределами первого квадранта (0-90))
Phase correction TE	Коррекция фазы ТЕ(если фаза находится за пределами первого квадранта (0-90))
Auto correction	При отключенной опции при необходимости коррекции фазы программа запрашивает подтверждение пользователя

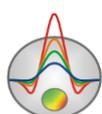
После нажатия опции *Apply static shift TM* и *Apply static shift TE* в данные будут внесены соответствующие поправки.

Кнопка  позволяет встроить полученную модель(модели) в двумерный разрез сопротивлений в качестве стартовой, или сохранить в MOD1D файл. Это позволяет в качестве стартовой модели задавать модель, полученную по результатам одномерной совместной инверсии данных МТ, ЗС/ВЭЗ.

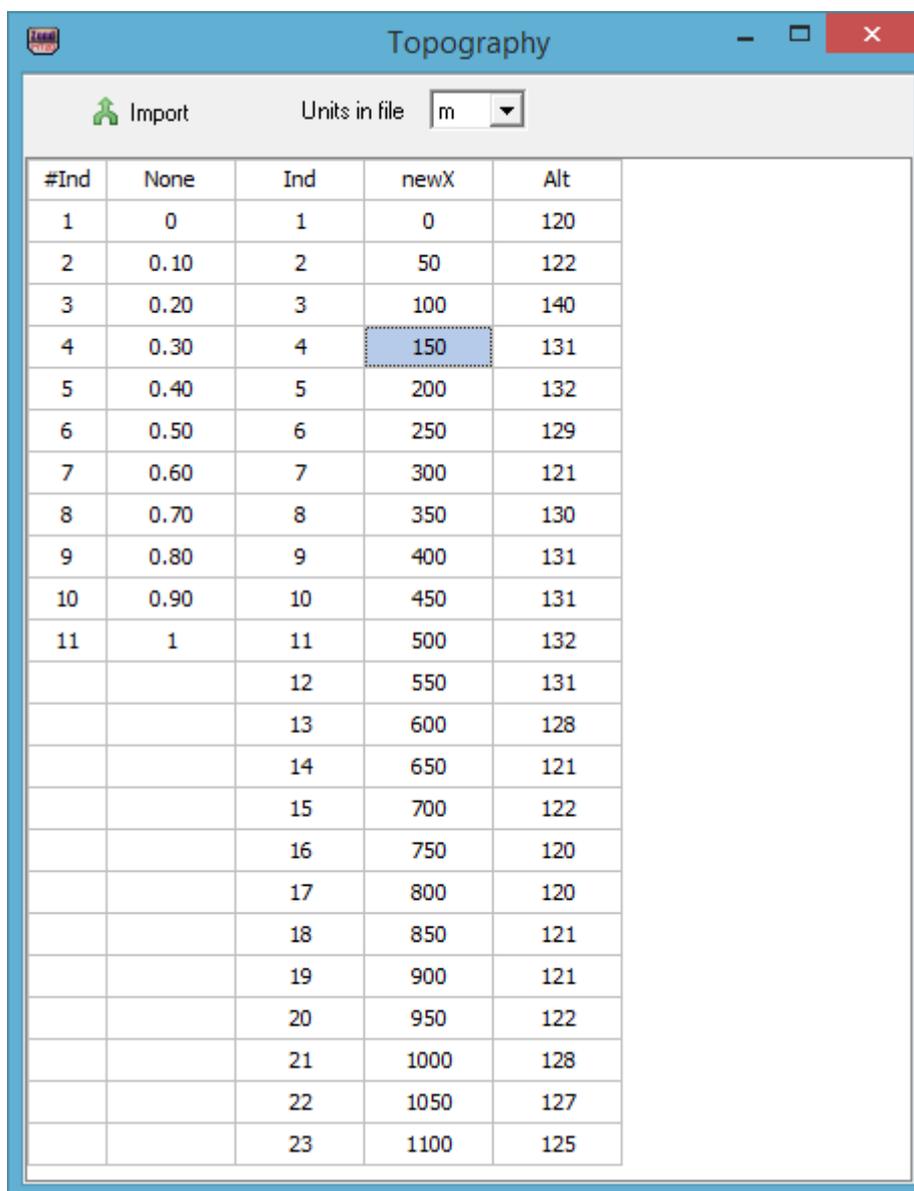
## Ввод и редактирование топографической информации

В программе **ZondMT2D** ввод рельефа возможен тремя способами – через информацию во входном файле данных, 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 (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**). В названиях соответствующих колонок необходимо выбрать newX/X и Alt (для этого в



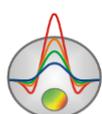
первой строке выбирается заголовок колонки из списка). Ввод топографической информации завершается нажатием кнопки . Единицы для топография (м/км) выбираются во всплывающем списке верхней полосы окна.



#Ind	None	Ind	newX	Alt
1	0	1	0	120
2	0.10	2	50	122
3	0.20	3	100	140
4	0.30	4	150	131
5	0.40	5	200	132
6	0.50	6	250	129
7	0.60	7	300	121
8	0.70	8	350	130
9	0.80	9	400	131
10	0.90	10	450	131
11	1	11	500	132
		12	550	131
		13	600	128
		14	650	121
		15	700	122
		16	750	120
		17	800	120
		18	850	121
		19	900	121
		20	950	122
		21	1000	128
		22	1050	127
		23	1100	125

Рис. 15 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.



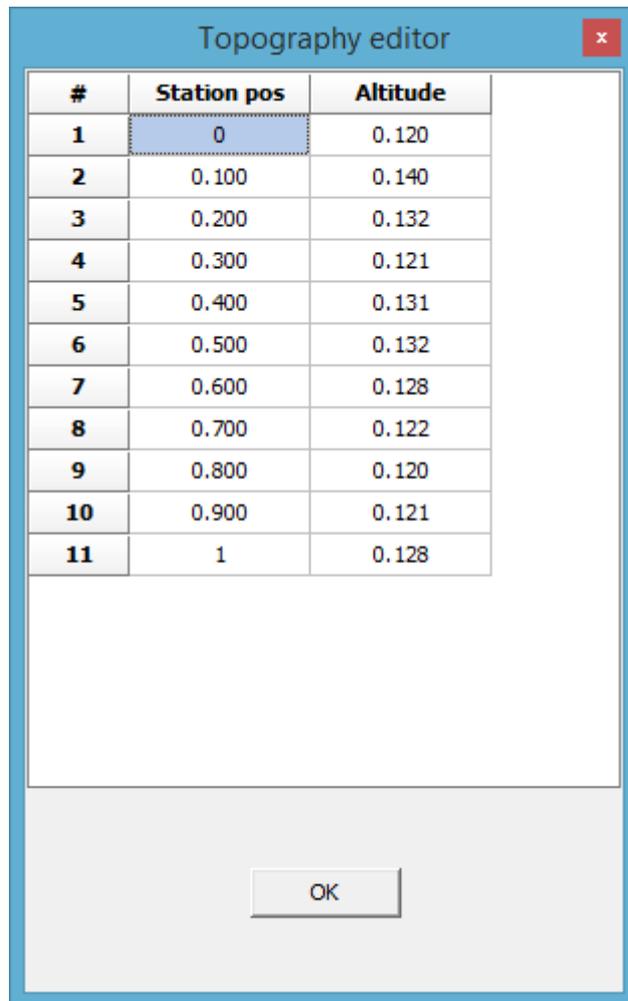


Рис. 16 Диалог редактирования топографической информации

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.

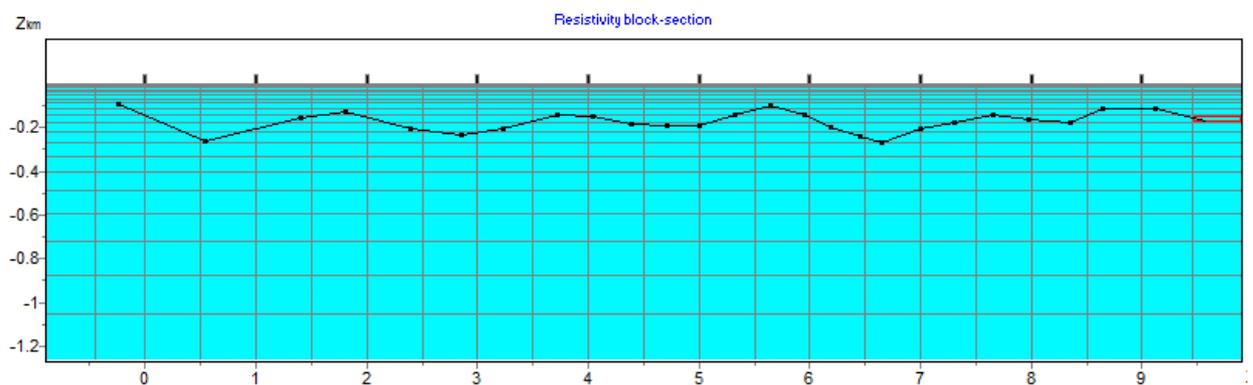
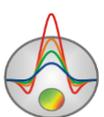


Рис. 17 Пример разреза в режиме добавления топографии с помощью мыши



С помощью пунктов меню **Options/Topography/Restore topography** и **Options/Topography/Remove topography** данные топографии можно, соответственно, удалить и восстановить после удаления.

При работе с данными, полученными на сильно пересеченной местности, рекомендуется воспользоваться операцией сглаживания профиля топографии (**Options/Topography/Smooth topography**).

Если необходимо учитывать формы рельефа за пределами участка, с помощью опции **Options/Extra/Extended nodes** можно добавить дополнительные узлы на краях модели. Опцию необходимо включать перед открытием файла.

При работе с данными иногда бывает удобно отключить рельеф – для этого предназначена опция **Options/Topography/Remove topography**. Восстановить рельеф можно с помощью опции **Options/Topography/Restore topography**.

Коэффициент искажения рельефа с глубиной (0-5) можно задать в меню **Option/Topography/Topo coefficient**. 0 – рельеф каждого последующего слоя повторяет предыдущий. 1 - рельеф выглаживается с глубиной, последний слой – плоский (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**8). 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.

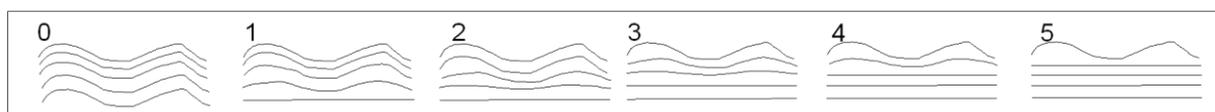
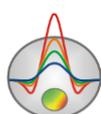


Рис. 18 Искажение слоев модели при значениях параметра **Topo coefficient** от 1 до 5



## Инверсия данных

После загрузки фала данных, настройки стартовой модели, редактирования данных и ввода топографической информации необходимо выбрать тип и настроить параметры инверсии. Также при необходимости можно провести калибровку сети модели, ее редактирование и изменение значений сопротивлений стартовой модели (описано в разделе [создание модели](#)). Программа поддерживает три основных режима инверсии: в рамках сеточной модели , произвольно слоистой  и полигональной модели. Диалог настройки параметров инверсии можно вызвать с помощью кнопки  или пункта меню **Option/Program setup**.

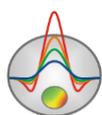
Экспресс-оценку результата инверсии можно дать по значению относительной невязки на панели статуса программы. Как правило, при «среднем» качестве данных значение не должно превышать 5%. Сходимость по каждому измерению между наблюдаемыми и вычисленными значениями можно оценить, отобразив псевдоразрез относительных невязок при помощи опции **Options/Data/Data Misfit**.

## Калибровка сети модели и работа с рельефом

Одной из важнейших составляющих успешного решения прямой и обратной задачи является правильный выбор сети моделирования. Сеть должна обеспечивать точное решение задачи для каждой частоты. Расчет прямой задачи производится при условии, что электромагнитное поле в каждом элементе разреза меняется линейно. Как известно степень нелинейности поля уменьшается с глубиной, но по-разному для каждой частоты. Важным фактором, влияющим на поведение поля является геоэлектрическая контрастность объектов.

Перед проведением инверсии для повышения надежности получаемых данных следует выполнить калибровку сети модели. Калибровка производится для модели полупространства без рельефа. После создания стартовой модели необходимо нажать кнопку расчета прямой задачи  на панели инструментов программы. Критерием успешного выбора сети является близость всех рассчитанных значений кажущегося сопротивления (для обеих мод на каждой частоте) к значению удельного сопротивления полупространства, а фаз – к 45 градусам.

При работе с сильно пересеченным рельефом, полезно бывает ввести 1-2 дополнительных узла в верхнюю часть вертикальной сети (см. раздел [Редактор модели](#)).



Если результат расчета прямой задачи при этом сильно не изменится - сеть построена правильно.

## Диалог настройки параметров программы

Диалог предназначен для настройки параметров, связанных с решением обратной задачи. Он доступен или в главном меню программы **Options/Inversion setup** или при нажатии кнопки  на главной панели (**Ошибка! Источник ссылки не найден.9**).

**Default** – присваивает параметрам значения “по умолчанию”.

Основные параметры инверсии настраиваются во вкладке **General**.

Опция **Inversion** определяет алгоритм, посредством которого будет решаться обратная задача. Рассмотрим различные алгоритмы инверсии, на примере модели среды состоящей из нескольких блоков (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**). Для тестирования алгоритмов рассчитаем теоретический отклик для данной модели и наложим пятипроцентный гауссовский шум.

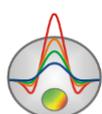
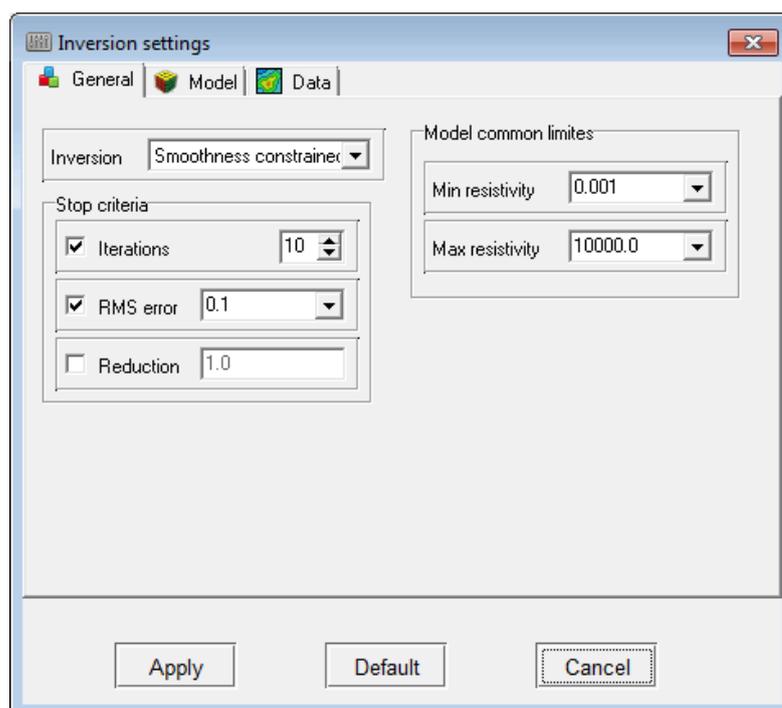


Рис. 19 Диалог настройки параметров инверсии. Вкладка **Inversion**.

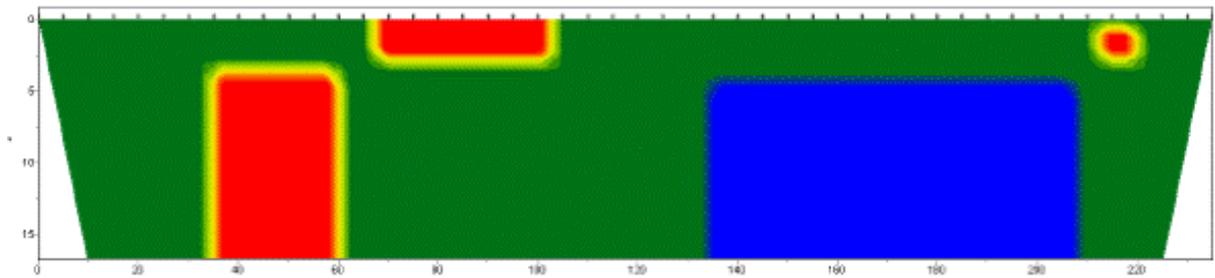


Рис. 20 Тестовая модель среды

*Smoothness constrained* – инверсия по методу наименьших квадратов с использованием сглаживающего оператора. В результате применения этого алгоритма получают гладкое (без резких границ) и наиболее устойчивое распределение параметров. Рекомендуется использовать этот тип инверсии в большинстве случаев. Матричное уравнение для данного алгоритма выглядит следующим образом:

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

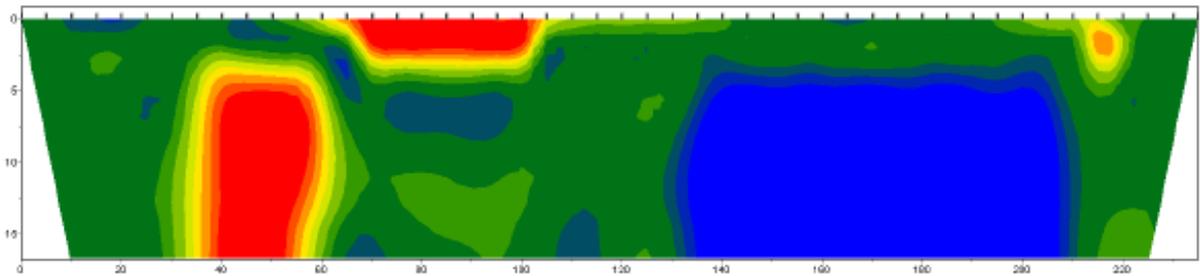
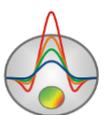


Рис. 21 Восстановленная модель в результате инверсии **Smoothness constrained**

*Oscam* – инверсия по методу наименьших квадратов с использованием сглаживающего оператора и дополнительной минимизацией контрастности. В результате применения этого алгоритма получают наиболее гладкое распределение параметров (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**22). Матричное уравнение для данного алгоритма выглядит следующим образом:

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



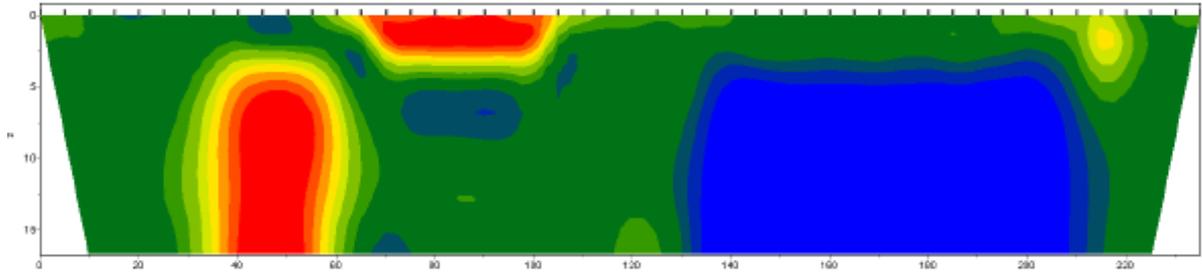


Рис. 22 Восстановленная модель в результате инверсии Occam

*Marquardt* – инверсия по методу наименьших квадратов с регуляризацией дампирующим параметром. Алгоритм позволяет получать модель среды с резкими границами (рис. 23). Неосторожное использование данной модификации инверсии, иногда может привести к получению неустойчивых результатов или увеличению среднеквадратического отклонения. Лучше всего применять метод **Marquardt**, как уточняющий, после проведения инверсии с помощью **Smoothness constrained** или **Occam**. Матричное уравнение для данного алгоритма выглядит следующим образом:

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

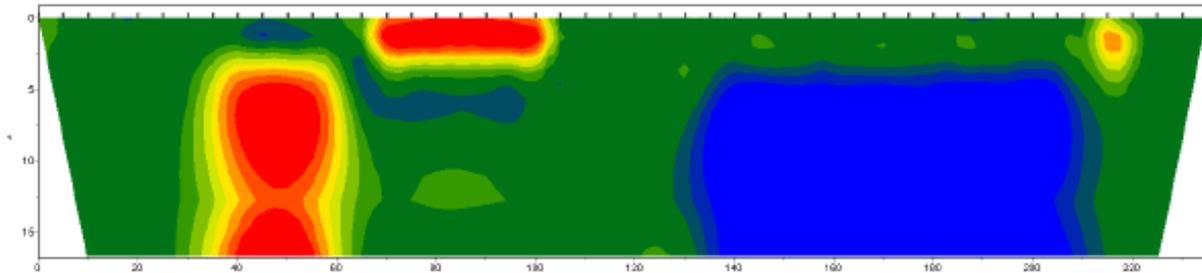
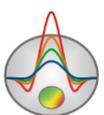


Рис. 23 Восстановленная модель в результате инверсии Marquardt

*Blocks* – подбор параметров отдельных областей различающихся по сопротивлению (Ошибка! Источник ссылки не найден.4). Области с одинаковым сопротивлением рассматриваются как единые блоки. Алгоритм лучше использовать на этапе уточнения результатов предыдущих методов, предварительно выбрав нужные блоки.



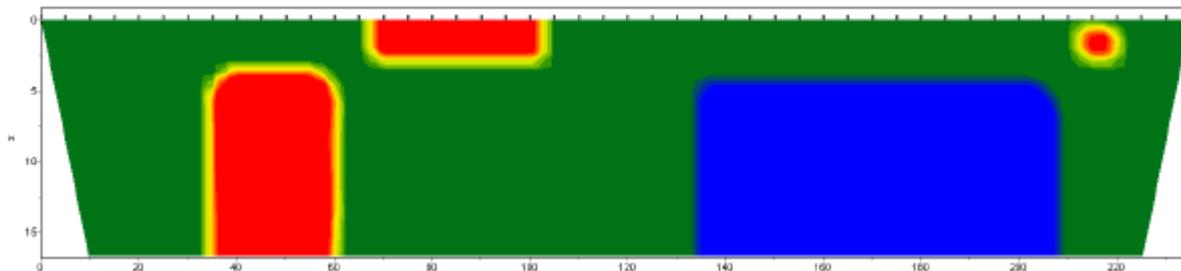


Рис. 24 Восстановленная модель в результате инверсии Blocks

**Focused** – инверсия по методу наименьших квадратов с использованием сглаживающего оператора и дополнительной фокусировкой контрастности. В результате применения этого алгоритма получают кусочно-гладкое распределение параметров, то есть модель, состоящую из блоков имеющих постоянное сопротивление (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**5). Данный алгоритм чувствителен к параметру **threshold**. Выражаясь простым языком данный параметр определяет будут ли усредняться соседние ячейки или нет. Если контрастность соседних ячеек больше заданного значения, то параметры ячеек усредняются слабо, если меньше – сильно. Матричное уравнение для данного алгоритма выглядит следующим образом:

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

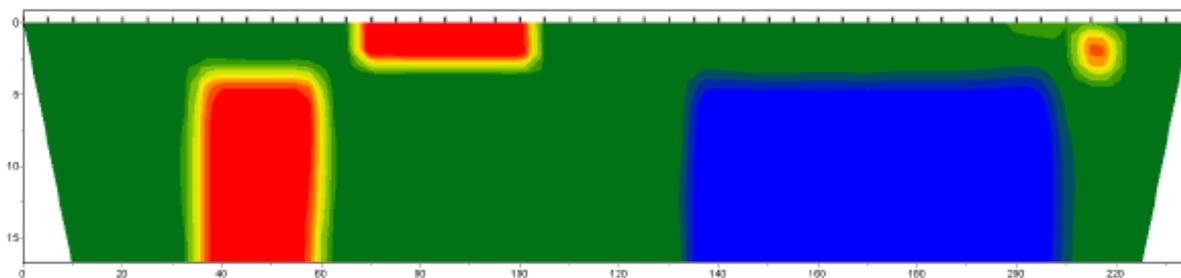


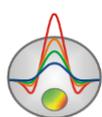
Рис. 25 Восстановленная модель в результате инверсии Focused

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 common limits (**Min resistivity, Max resistivity**) устанавливает пределы изменения параметров модели при инверсии. Перед инверсией очень важно сузить



диапазон изменения параметров. Это делает более устойчивой результирующую модель и позволяет получать более адекватные с геологической точки зрения результаты.

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.

Вкладка **Model (Ошибка! Источник ссылки не найден.б)** содержит дополнительные настройки, относящиеся к инверсии.

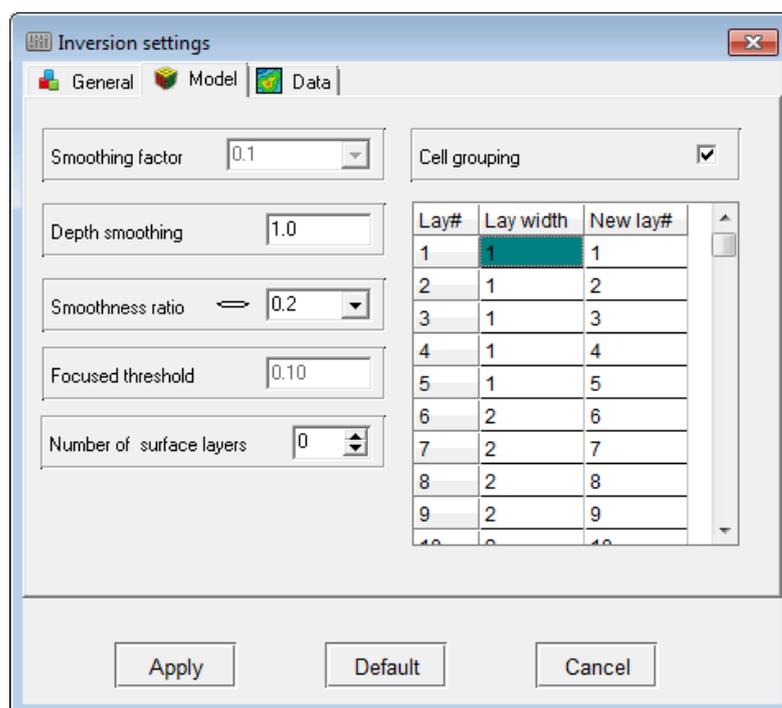
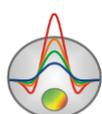


Рис. 26 Диалог настройки параметров инверсии. Вкладка Model

Опция **Smoothing factor** – устанавливает соотношение между минимизацией невязки измерений и невязки модели (например гладкости). Для данных с высоким уровнем помех или получения более гладкого распределения выбираются относительно большие значения сглаживающего параметра: 0.05 - 0.5; при высоком качестве измерений используются значения: 0.005 - 0.01. При больших значениях сглаживающего параметра чаще всего получают большие значений невязки данных. Используется в алгоритмах инверсии **Oscam** и **Focused**. Кроме гладкости получаемой модели, данный параметр позволяет



стабилизировать процесс инверсии, что очень важно, когда данные содержат значительную шумовую составляющую.

Если оптимизация (Line search) отключена, программа позволяет выбрать значение сглаживающего параметра автоматически. Для этого нужно нажать галочку справа от *smoothing factor*.

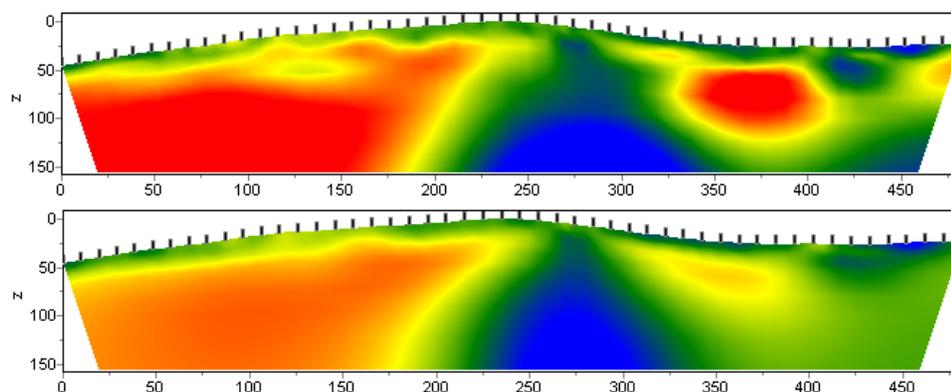
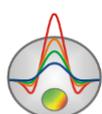


Рис. 27 Геоэлектрические модели в результате инверсии *Occam* с параметром **smoothingfactor: 0.01 (A) и 1.0 (B).**

**Depth smoothing** – устанавливает коэффициент затухания (сглаживания) с глубиной. Значение этого параметра также зависит от уровня помех – при высоком уровне и появлении при инверсии «негеологических» объектов или осцилляций 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.28).



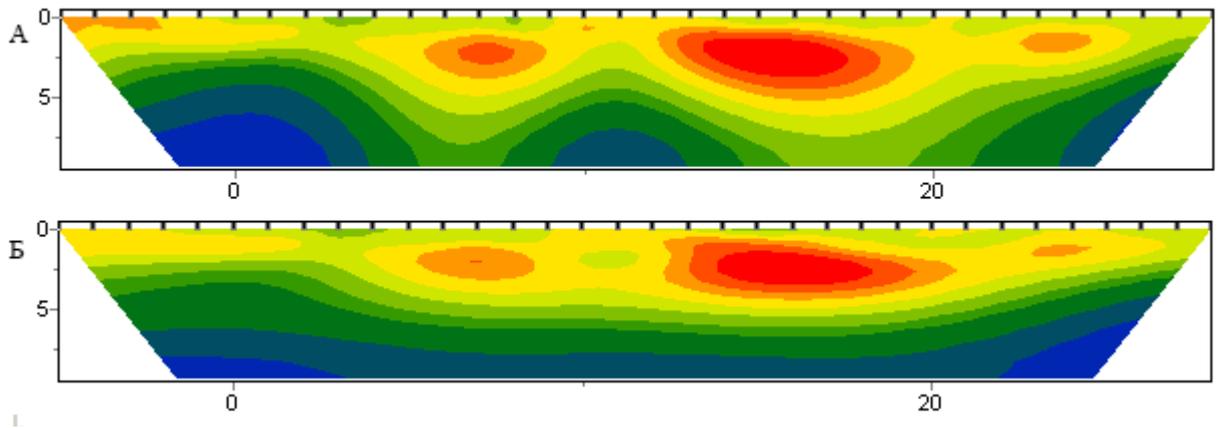


Рис. 28 Геоэлектрические модели в результате «гладкой» инверсии с параметром **Smoothness ratio: 1 (A) и 0.3 (B)**

Опция **Focused threshold** – устанавливает максимальное значение контрастности соседних ячеек по достижению которого параметры этих ячеек не осредняются между собой (то есть считается что между ячейками проходит граница). Значения этого параметра выбирается эмпирическим путем (0.001-1). 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 (рис.29).

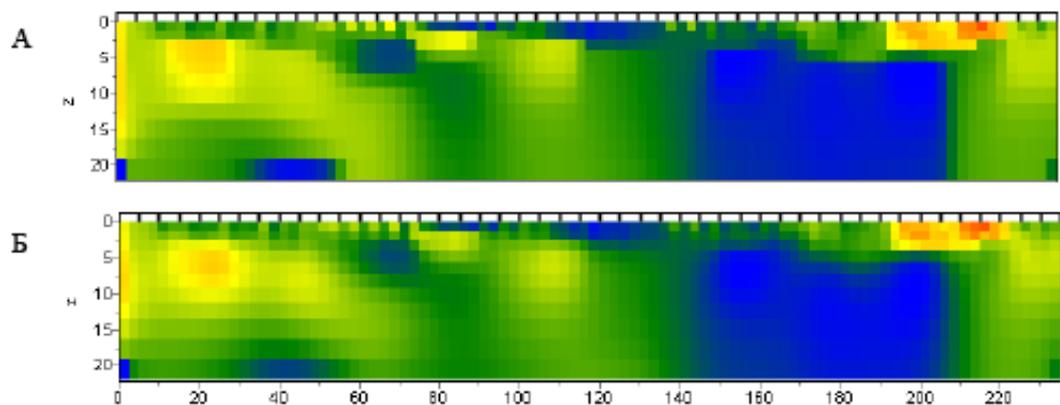
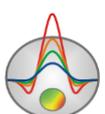


Рис. 29 Геоэлектрические модели в результате инверсии **Focused** с параметром **Threshold: 0.01 (A) и 0.1 (B)**

**Number of surface layers (0-2)** – задает количество слоев, в которых разрешены сильные вариации параметров. Использование этой опции необходимо в тех случаях, когда верхняя часть разреза очень сильно неоднородна. Также данную опцию можно

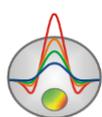


использовать в средах с очень низкой контрастностью, где основной аномальный эффект в данных вызван приповерхностными неоднородностями.

**Cell grouping** – используйте эту опцию в случае больших моделей (при открытии файлов с большим количеством данных программа автоматически предлагает ее использовать). 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 (**New layer**) устанавливается номер слоя инверсионной сети; во втором (**Width**) необходимо указать количество ячеек (в горизонтальном направлении), содержащихся в каждой ячейке инверсионной сети, для данного слоя. Инверсионная сеть будет изображаться в редакторе модели во время ее настройки. Двойное нажатие левой кнопки мыши на ячейки в столбце **Width** позволяет объединять ячейки в горизонтальном направлении для данного слоя. Нажатие правой кнопкой вызывает диалог, в котором необходимо указать число слоев, подлежащих объединению. Оно будет применено для данного и всех нижележащих слоев. Объединение ячеек в вертикальном направлении осуществляется аналогичным образом при работе со столбцом **New Layer**.

Ниже приведены примеры трех инверсионных сетей: в первой инверсионная сеть соответствует модельной (**Ошибка! Источник ссылки не найден.** рис. 30, пример **A**), во второй, начиная с шестого слоя, ячейки объединены в группы по две в горизонтальном направлении (рис. 30, пример **B**), в третьей, начиная с шестого слоя, ячейки объединены в группы по две, а с двенадцатого слоя - по четыре ячейки в горизонтальном направлении (рис. 30, пример **C**).



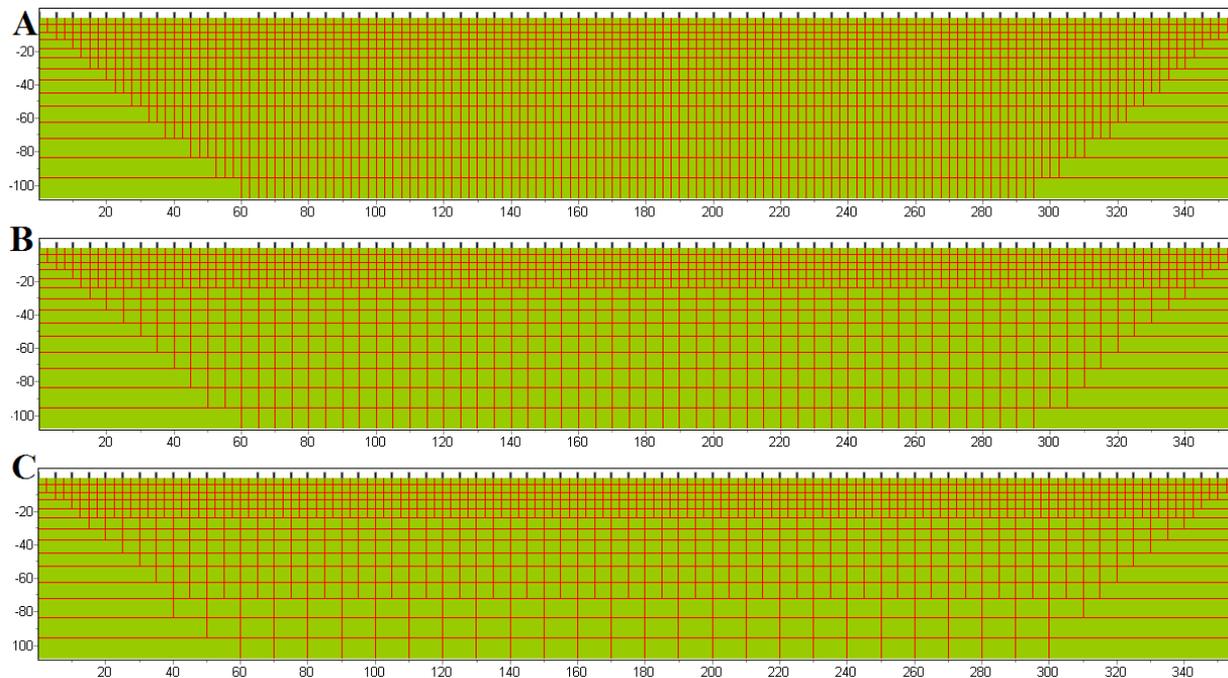
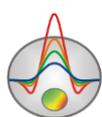


Рис. 30 Примеры инверсионных сетей

Опции, расположенные на вкладке **Data** (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**31), позволяют выбрать, какие данные использовать при инверсии, задать веса типов данных и тип нормировки данных.



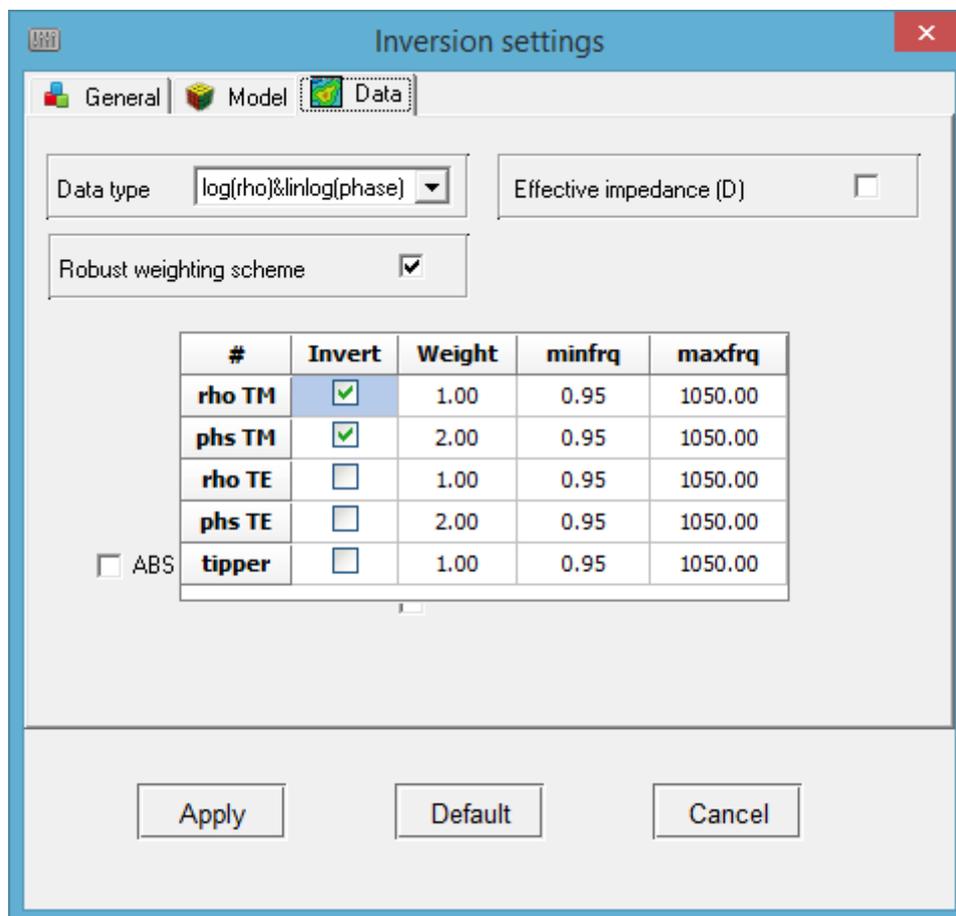


Рис. 31 Диалог настройки параметров инверсии. Вкладка Data

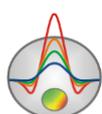
Таблица вкладки **Data** содержит столбцы, соответствующие названию типа данных (**#**), поле, определяющее, учитывать ли данные при инверсии (**Invert**), относительному весу данных (**Weight**), минимальной и максимальной частоте (**minfrq** и **maxfrq**).

Опция **ABS** позволяет использовать модуль типпера при инверсии.

При активизации опции **Effective impedance (D)** будет проводиться инверсия эффективного импеданса(для этого режима необходимо наличие обеих мод).

**Robust weighting scheme** – эту опцию следует включать если в данных присутствуют отдельные сильные выскоки, связанные с систематическими ошибками измерений. Следует отметить, что алгоритм следует включать, когда количество брака не больше 30%. В тех же случаях когда в данных преобладает шум, данный алгоритм вряд ли поможет.

**Data type** – устанавливает тип нормировки данных при инверсии. Рекомендуется использовать значение Log(rho)&linlog(phase). Обычно это приводит к наилучшей скорости сходимости алгоритма инверсии.



## Визуализация данных и модели

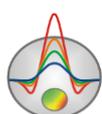
В основном окне наблюдаемые и рассчитанные параметры могут отображаться в виде псевдореза **Options/Data/Pseudo-section**, и в виде планов графиков **Options/Data/Graphics-plot**.

### План графиков

План графиков служит для отображения значений параметров вдоль профиля, в форме графиков (рис. 32). 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 (**Ошибка! Источник ссылки не найден.А**). Для возврата к первоначальному масштабу, производится те же действия, но мышь движется вверх и влево (**Ошибка! Источник ссылки не найден.В**). Перемещение (прокрутка) графика осуществляется движениями мыши с нажатой правой кнопкой.

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

Диалог настройки плана графиков вызывается из главного меню **Options/Graphics/ Observed graphics Calculated graphics** ([подробнее](#)). Редактор графика вызывается щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на графике ([подробнее](#)) Редактор осей вызывается щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на интересующей оси ([подробнее](#)).



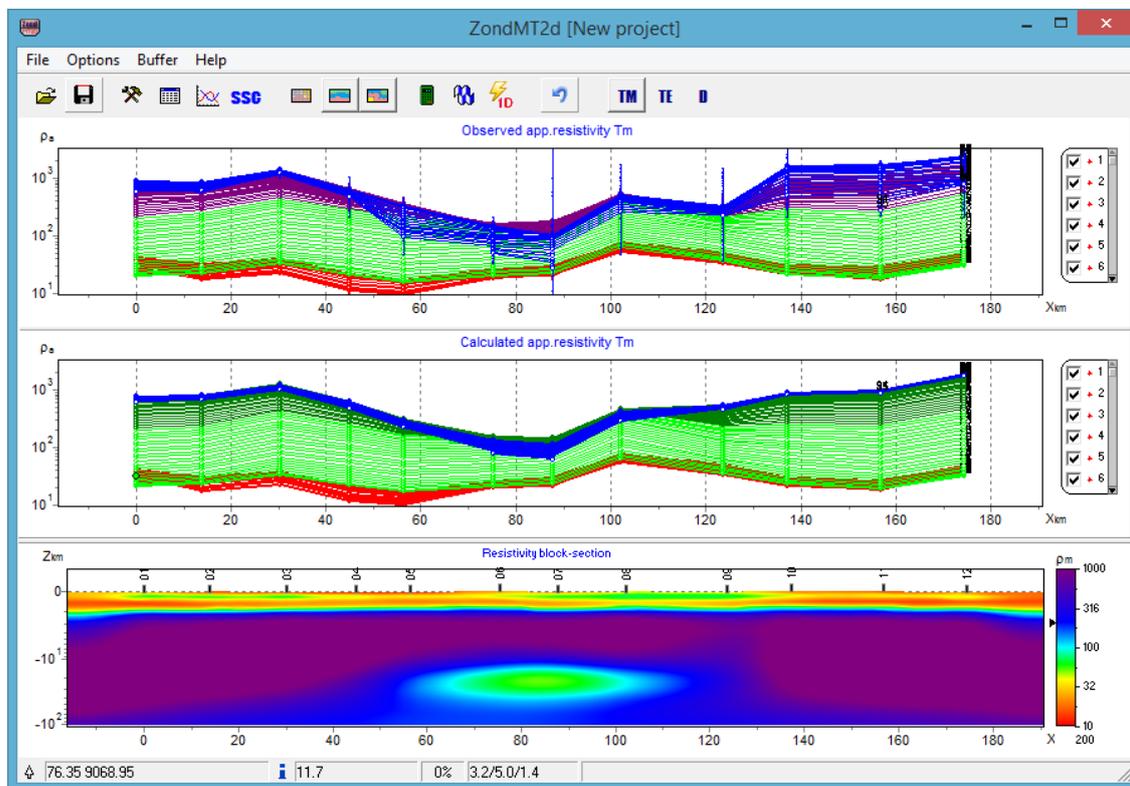


Рис. 32 Основное окно программы. Отображение данных в виде планов графиков

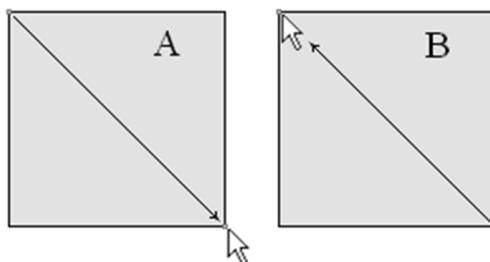
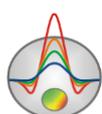


Рис. 33 Направление движения мыши при изменении масштаба

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.

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



кнопки мыши и ALT на графике, все измерения, принадлежащие этому графику, будут иметь вес 0.

Если значения весов измерений заданы во входном файле данных, можно отобразить соответствующий диапазон изменения значения сопротивления на графиках (доверительный интервал) с помощью опции **Options/Data/Display/Error gates**. Доверительные интервалы (веса) можно регулировать в режиме графиков с помощью нажатия правой или левой кнопки мыши при нажатой клавише ALT.

## Псевдоразрез

Псевдоразрез в первом приближении отражает распределение параметра вдоль профиля с глубиной (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

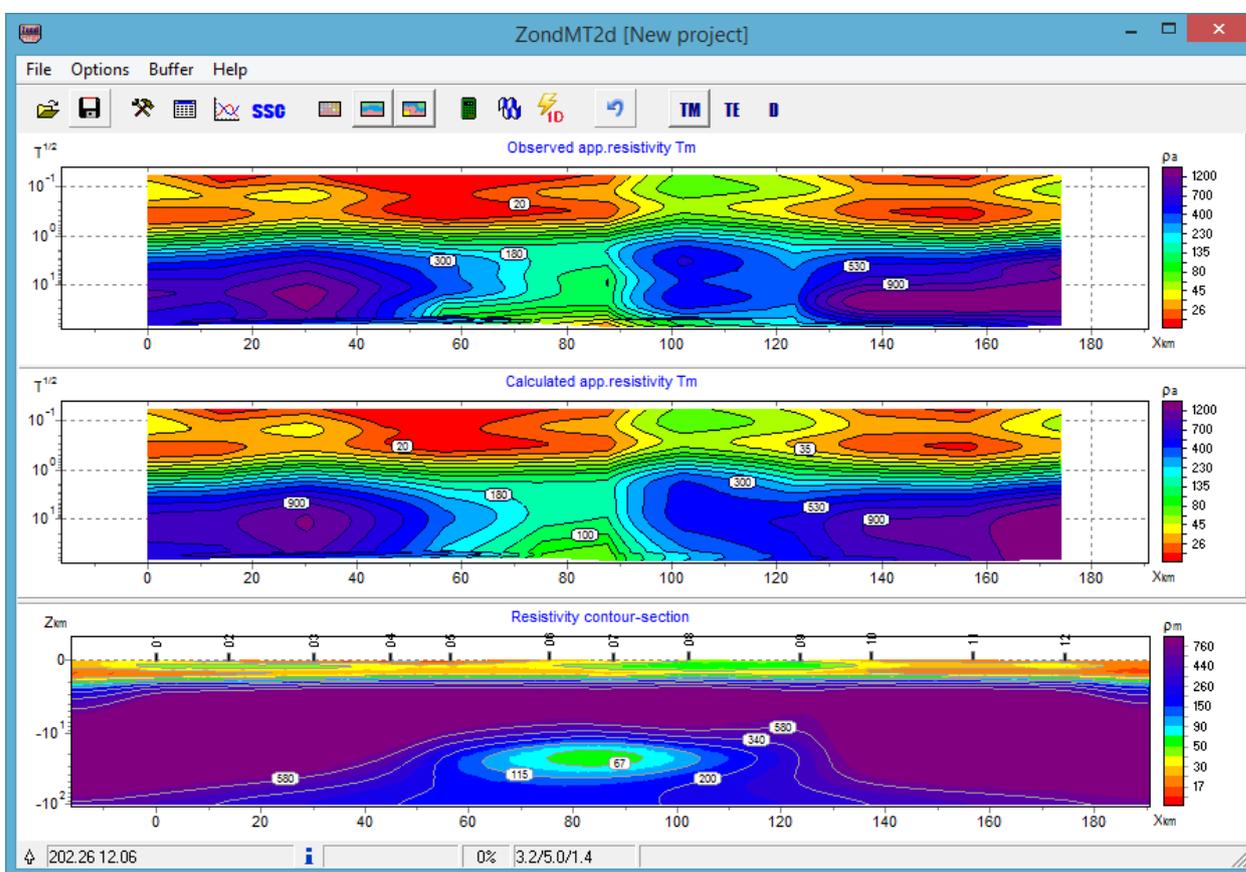
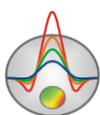


Рис. 34 Основное окно программы. Отображение данных в виде псевдоразрезов

Построение в форме изолиний производится в осях: координата измерения по профилю, период. Шкала цвета устанавливает соотношение между изображаемым значением и цветом.



Двойное щелчок мыши в области осей объекта вызывает контекстное меню со следующими опциями:

Log data scale	Использовать логарифмический масштаб для цветовой шкалы.
Smooth mode	Использовать гладкую интерполяционную палитру/контурный разрез.
Display grid point	Показывать метки точек измерений.
Display ColorBar	Показывать цветовую шкалу.
Setup	Вызвать диалог настройки параметров псевдоразреза.
Print preview	Распечатать псевдоразрез.
Save picture	Сохранить псевдоразрез в графический файл.
Save XYZ file	Сохранить псевдоразрез в текстовый файл *.dat
Default	Установить параметры псевдоразреза равными значениям по умолчанию.

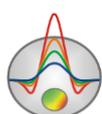
Диалог настройки параметров псевдоразреза **Setup** описан в разделе [Диалог настройки параметров контурного разреза и псевдоразреза](#). Редактор осей вызывается щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на интересующей оси описан в [Редактор осей](#). Редактор точек псевдоразреза можно вызвать щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на точке (описан в разделе [Редактор графика](#)).

При отображении данных в виде псевдоразреза можно просмотреть данные отдельных установок, используя меню **Options/Data/Display/**. При больших объемах измерений с помощью опции **Display every N point** можно проредить точки псевдоразреза. По умолчанию эта опция включается при загрузке файла данных, содержащего более 3000 измерений.

В средней графической секции программы в виде псевдоразреза можно отобразить относительную невязку по каждому измерению **Options/Data/Data Misfit**.

## Режимы визуализации сеточной модели

Модель можно отображать в виде ячеек **Options/Model/Block-section** (Ошибка! Источник ссылки не найден.5 А), в гладкой интерполяционной палитре **Options/Model/Smooth-section** (Ошибка! Источник ссылки не найден.5 В) и в виде



контурного разреза **Options/Model/Contour-section** (Ошибка! Источник ссылки не найден.5 С).

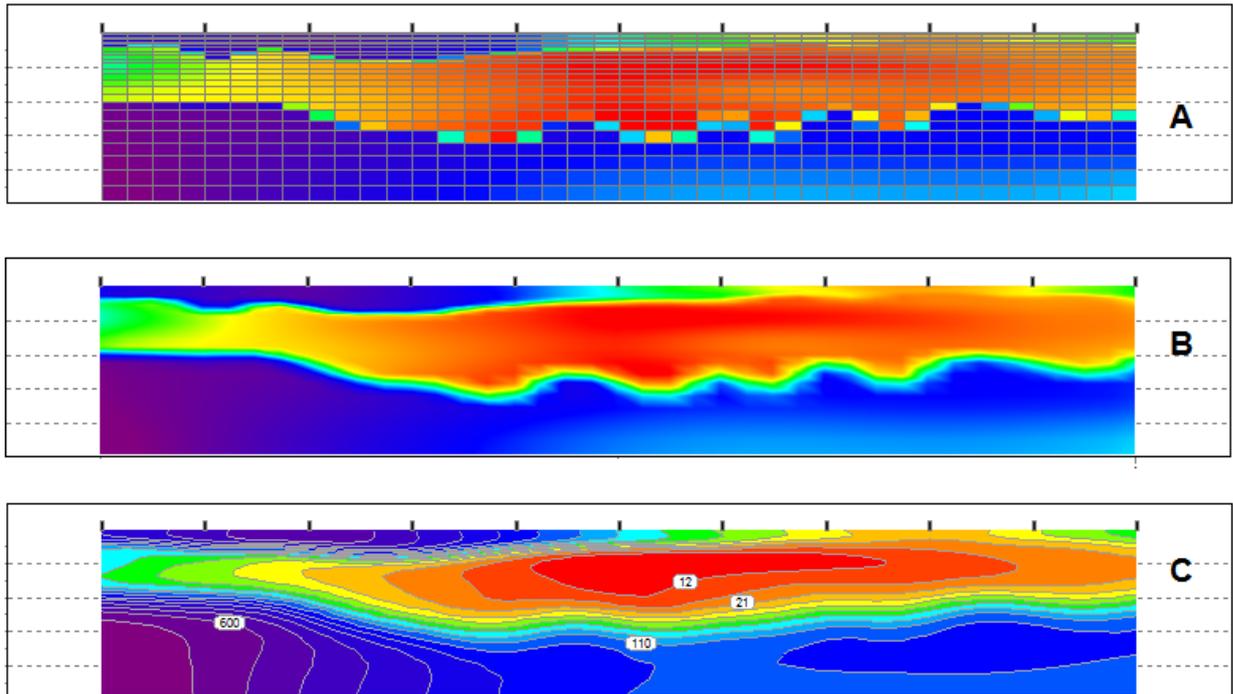
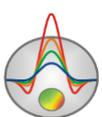


Рис. 35 Варианты отображения модели: Block-section (A), Smooth-section (B), Contour-section (C).

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 увеличения и прокрутки.
	Print preview	Распечатать модель.
Цветовая шкала	Set range	Установить минимальное и максимальное

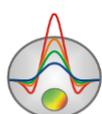


		значение цветовой шкалы.
	Set incremental factor	Определить минимальное и максимальное значения цветовой шкалы относительно значения вмещающей среды.
	Automatic	Автоматически определить минимальное и максимальное значения цветовой шкалы.
	Log scale	Установить логарифмический масштаб для цветовой шкалы.
	Set halfspace value	Определить значение параметра вмещающей среды.
	Set cursor value	Установить текущее значение параметра.
	Colors as histogram	Установить цвета на основании распределения сопротивлений ячеек модели.
Область разреза	Контекстное меню работы с моделью	Описано в разделе <a href="#">«Работа с блоковой моделью»</a>
Области осей	Редактор модели	Описан в разделе <a href="#">«Редактор модели»</a>

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

Диалог настройки параметров модели **Setup** при работе в режиме **Block-section** и **Smooth-section** описан в [Диалог настройки параметров отображения модели](#), в режиме **Contour-section** описан в [Диалог настройки параметров контурного разреза и псевдоразреза](#).

Опция **Options/ Import/Export /Create shaded map** позволяет изобразить модель в виде затененной карты (**Ошибка! Источник ссылки не найден.6**).



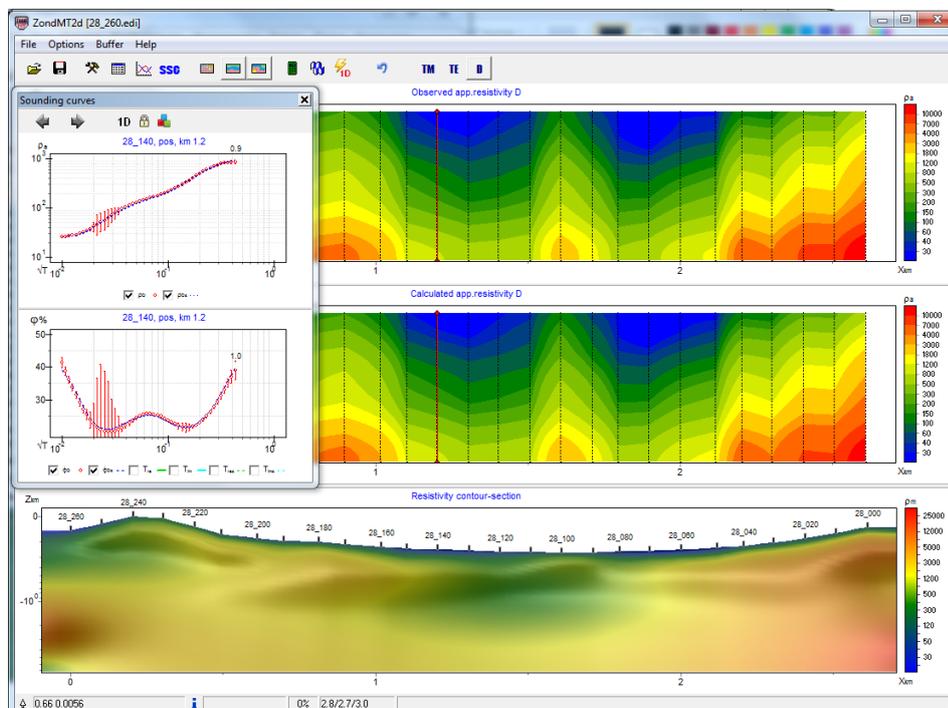


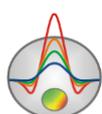
Рис. 36 Основное окно программы с изображением модели в режиме затененной карты (Shaded map)

## Моделирование и работа с моделями различных типов

Моделирование – важный процесс, предваряющий полевые работы. Он позволяет определить, можно ли решить поставленную геологическую задачу с помощью используемых геофизических методов, а также выбрать оптимальные параметры системы измерений для ее решения, оценить уровень сигнала и разрешающую способность выбранной системы наблюдений. Вооружившись априорной информацией об объекте исследований, интерпретатор может промоделировать различные геологические ситуации, планируя геофизические работы.

Программа **ZondMT2D** позволяет моделировать большинство практически важных приложений МТ-метода в двумерном варианте с учетом рельефа профиля наблюдений (любые применяемые на практике диапазоны частот, произвольный шаг по профилю, задание произвольных моделей блоковой структуры, создание полигональных моделей).

Необходимыми входными данными для проведения моделирования являются параметры системы наблюдений и модель среды. Программа **ZondMT2D** позволяет создавать системы наблюдений и модели сред в самой программе, а также использовать системы измерений, сохраненные в сторонних форматах и строить геоэлектрические



модели на основе других моделей пакета Zond и геологических разрезов, заданных в виде растрового изображения.

## Задание системы измерений

Систему наблюдений (измерений) можно задать двумя способами: сконструировать ее непосредственно в программе или загрузить из созданного ранее файла данных (измерений).

Создание системы измерений в самой программе происходит с помощью опции **File/ Create synthetic survey** (Ошибка! Источник ссылки не найден.7).

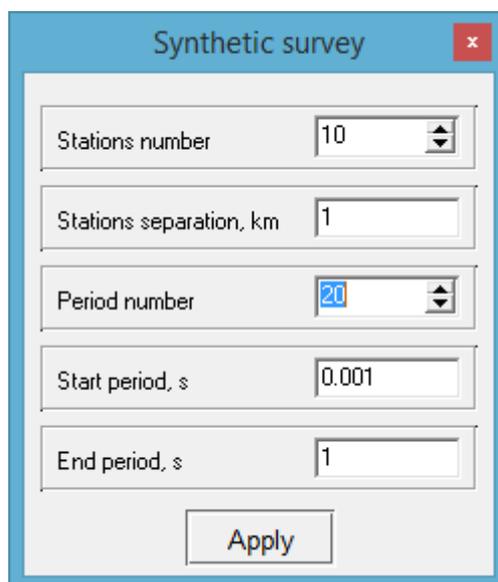
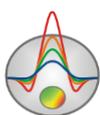


Рис. 37 Диалог создания синтетической системы измерений **Synthetic survey**

*Stations number* определяет количество станций на профиле, *Stations separation* – расстояние между станциями в километрах, *Period number* – количество периодов (частот) кривой зондирования, *Start period* и *End period* – соответственно, наименьший и наибольший период зондирующего сигнала.

После настройки параметров и нажатия кнопки  появляется диалог настройки параметров сети **Mesh constructor** (подробно в разделе [«Настройка сети стартовой модели»](#)).

Альтернативой созданию конфигурации измерений непосредственно в программе **ZondMT2D** является ее загрузка из файла данных различных поддерживаемых форматов. Для этого необходимо просто открыть файл данных через главное меню **File/Open file**.



Опция дает возможность проводить моделирование именно для той конфигурации измерений, которая используется при полевых исследованиях. Предварительно следует включить опцию **Options/Extra/Open in modeling mode**.

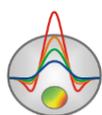
## Редактор модели

При нажатии правой кнопкой мыши на вертикальной и горизонтальных осях в области редактора модели появляются опции, позволяющие редактировать сеть, созданную при работе с диалогом **Mesh constructor**.

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

## Работа с сеточной моделью

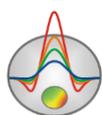
Редактор сеточной модели служит для изменения параметров отдельных ячеек модели с помощью мыши. Работа с ячейками модели сходна с редактированием растрового изображения в графических редакторах. При перемещении курсора в области модели, на нижней панели статуса главного окна программы отображаются координаты и параметры активной ячейки, в которой находится курсор. Активная в данный момент ячейка окружена



прямоугольником – курсором. Выделенная или зафиксированная ячейка отмечается крапом из белых или черных точек.

Для работы с блоковой моделью в программе существуют два набора инструментов: контекстное меню (вызывается нажатием правой кнопки мыши в области редактирования модели), выносная панель инструментов (**Options/Model/ModelEditor toolbar**) и цветовая шкала. Функции контекстного меню и специальной панели инструментов в значительной степени дублируют друг друга:

Контекстное меню	Model tools	Опция
		Zoom, изменение масштаба отображения модели
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.
		Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет эллиптический вид.
Selection\Magic wand		Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Выделяются активная ячейка и ячейки смежные с ней, параметры которых близки к ее параметру. Степень близости задается в диалоге настройки параметров модели.
Selection\Remove selection		Удалить выделение.
Mesh options\add column /row		Добавить новую вертикальную или горизонтальную границу. Новая граница появляется при нажатии мыши в выбранном месте.
Mesh		Удалить выбранную вертикальную или горизонтальную



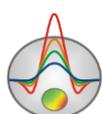
options\remove column /row		границу.
Mesh options\resize column /row		Изменить толщину ряда или колонки с помощью мыши.
Clear model		Сбросить все параметры текущей модели.
Clear parameters		Сбросить значения сопротивления текущей модели.

Справа от области редактирования модели находится цветовая шкала, связывающая значение цвета со значением сопротивления. Для выбора текущего значения следует щелкнуть по шкале левой кнопкой мыши, при этом значение изображается ниже цветовой шкалы. Изменение значения параметра ячейки производится с помощью мыши: нажатие левой кнопки мыши по ячейке меняет ее параметр на текущий.

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 из контекстного меню при нажатии правой кнопки мыши в области редактирования модели или в виде отдельной панели инструментов (**Options/Model/ModelEditor toolbar**). Если некоторая область разреза выделена, то нажатие левой кнопки мыши в любое место выделенной области придает всем ячейкам области текущее значение параметра.

Например, для того, чтобы придать прямоугольной области разреза определенное значение сопротивления необходимо выделить эту область разреза с помощью описанных выше инструментов, левой кнопкой мыши щелкнуть на цветовую шкалу (выбрать необходимое сопротивление), и левой кнопкой мыши щелкнуть в любую точку выделенной области, которая после этого примет выбранное значение сопротивления.

Увеличение масштаба отображения или перемещение отдельного участка осуществляется в режиме **Zoom&Scroll** (включается в контекстном меню настройки параметров модели нажатием правой кнопки возле надписи Resistivity block-section в окне модели) или после нажатия кнопки  панели Model tools. 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.



Нажатие левой кнопки мыши при нажатом SHIFT по ячейке или группе ячеек увеличивает ее параметр. Нажатие правой кнопки мыши при нажатом SHIFT по ячейке или группе ячеек 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** (Ошибка! Источник ссылки не найден.8).

Диалог предназначен для выбора параметров ячейки или выделения.

**Value** – устанавливает значение параметра ячейки.

**Fixed** – закрепляет или освобождает параметр ячейки.

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

Apply – применить новые настройки к ячейке или всем ячейками выделения (если выбраны соответствующие галочки).

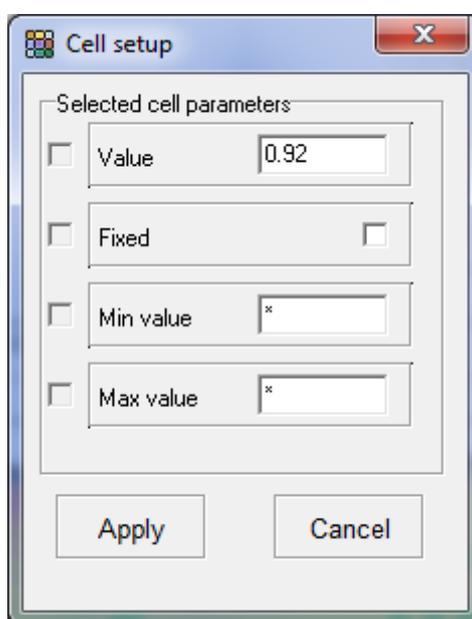
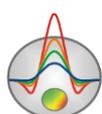


Рис. 38 Диалоговое окно настройки параметров ячейки **Cell setup**

Восстановить исходную модель, то есть решить обратную задачу для рассчитанных от заданной модели данных, можно сохранив теоретические сигналы с фильтром **Zond calculated data**, и затем открыть, как наблюдаемые. Сравнить восстановленную и



исходную модель можно, воспользовавшись опцией **Options/ Import/Export / Import model/data**, предварительно сохранив исходную модель, выбрав фильтр **Zond MT calculated data with model**. Более простым способом для сравнения является использование инструмента **Buffer**, позволяющего работать с несколькими моделями одновременно ([Работа с несколькими моделями в водном проекте](#)).

## Моделирование и инверсия в произвольно слоистой модели

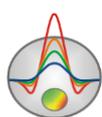
Произвольно слоистая модель представлена набором слоев, геометрия границ которых и изменения параметров внутри каждого слоя задаются произвольно. Это так называемая мягкая 2D модель, которая подразумевает отсутствие в разрезе небольших контрастных локальных неоднородностей.

Произвольно-слоистая модель обладает явными преимуществами, среди которых стоит отметить хорошо читаемый «геологический» вид получаемого разреза и возможность проведения совместного подбора по данным нескольких геофизических методов.

Кроме того это мощный инструмент совместной инверсии позволяющий получить разрезы для различных геофизических методов на базе единых границ.

В режиме произвольно слоистой модели (кнопка  панели инструментов главного окна программы) появляется дополнительный раздел главного меню **Layered**.

Как и при использовании сеточного режима, диалог настройки стартовой модели вызывается с помощью опции **Options/ Mesh constructor** (Ошибка! Источник ссылки не найден.).



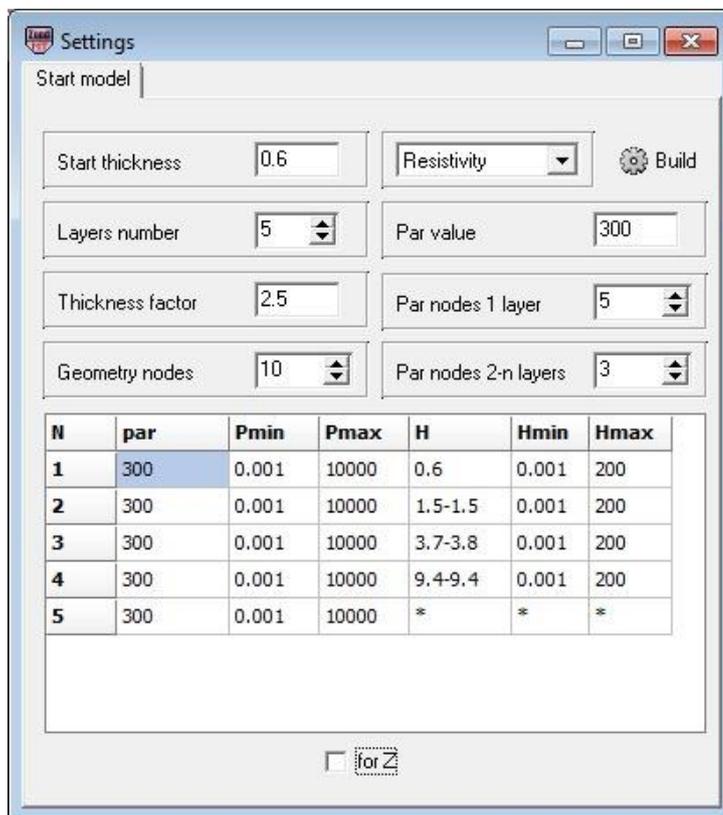


Рис. 39 Диалоговое окно настройки стартовой модели в режиме работы со слоистой моделью

**Start thickness** позволяет задать мощность первого слоя.

**Layers number** задает количество слоев модели.

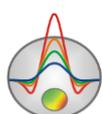
**Thickness factor** – коэффициент увеличения мощности каждого последующего слоя относительно предыдущего.

**Geometry nodes** – количество геометрических узлов для каждой границы слоя (10-30). В этих узлах граница может быть изменена по вертикали.

**Par value** – задает начальное значение параметра в первом слое.

**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 диапазон значений физического свойства **par** для инверсии от **Pmin** до **Pmax**. Кроме этого можно задать мощность слоя **H** и пределы, в которых она может изменяться в процессе инверсии (от **Hmin** до **Hmax**). Если удобно работать не с мощностью слоев, а с глубинами, нужно поставить галочку около **for Z**.

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. Следует отметить, что подписи к слоям будут соответствовать параметру, выбранному в этом списке. Это удобно если необходимо визуализировать результаты двух методов: один отображается цветом, второй подписями к слоям.

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**.

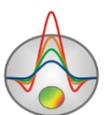
**Draw labels** – отображать значения физического свойства параметра выбранного во всплывающем списке параметров.

Опция **Transparent** делает слоистую модель прозрачной на фоне 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. Закреплять узлы границы можно щелчком мыши с нажатой CTRL, закрепленные узлы отображаются красным. Щелчок правой кнопкой мыши по подписи к слою позволяет редактировать значение физического свойства. Для закрепления узла параметра при инверсии используется правый щелчок мыши на метке значения с нажатой клавишей CTRL.

Сохранять и загружать слоистую модель из текстового файла можно опциями **Save layers** и **Load layers**.

Пример результатов инверсии в рамках слоистой модели приведен на **Ошибка!**  
**Источник ссылки не найден..**



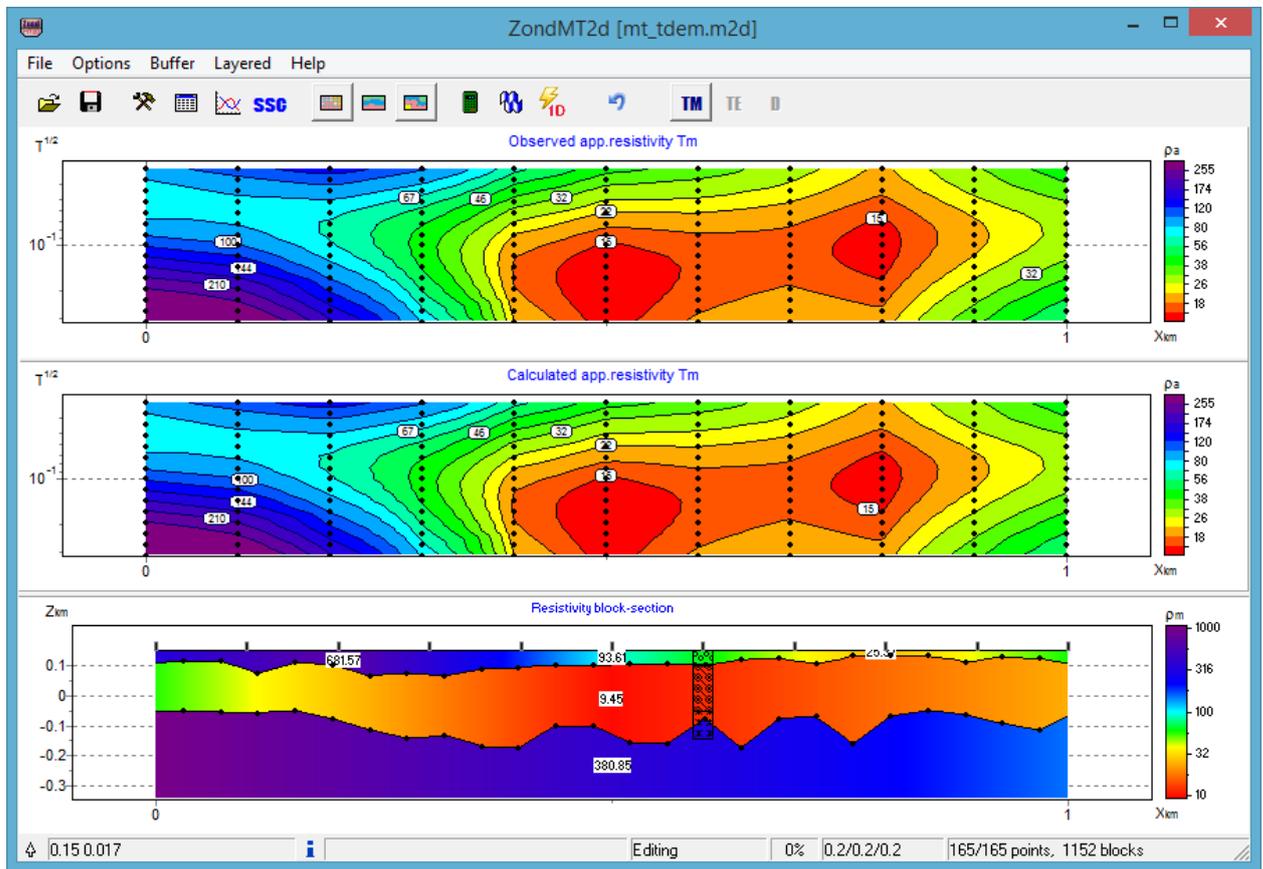


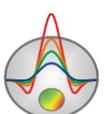
Рис. 40 Результат инверсии в рамках слоистой модели

## Полигональное моделирование

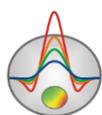
Во многих ситуациях более практичным является задание модели в виде набора тел с полигональным сечением. В **ZondMT2D** такую возможность предоставляет режим полигонального моделирования. Переход в режим осуществляется нажатием кнопки , после которой в левом верхнем углу экрана появляется панель инструментов для создания полигональной модели. Если в рамках текущего проекта полигональная модель уже создавалась, она будет показана в окне модели.

Создание полигональных моделей в **ZondMT2D** сходно с процессом создания полигонов в векторных графических редакторах.

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).

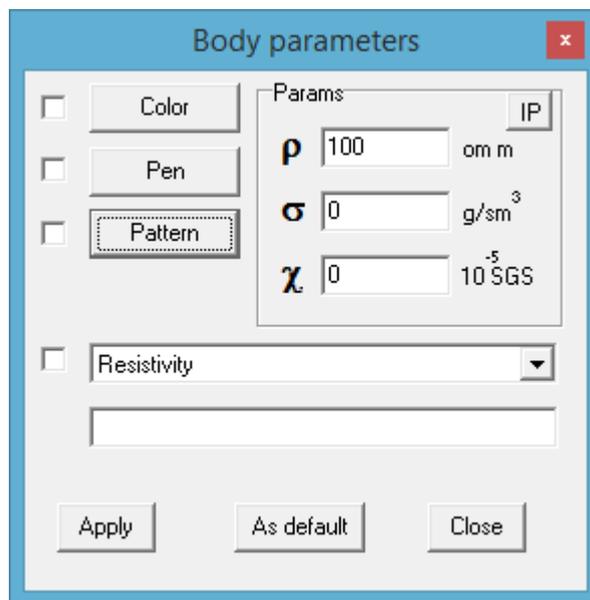
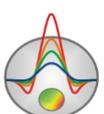


Рис. 41 Диалоговое окно **Body parameters**

В полях  $\rho$ ,  $\sigma$ ,  $\chi$  указываются значения сопротивления, плотности и магнитной восприимчивости. Также программа позволяет задать параметры поляризуемости Cole-cole с помощью кнопки IP. Это может быть полезно для изучения влияния эффекта ВП на магнитотеллурические данные. Кнопки **Color**, **Pen**, **Pattern** вызывают диалоги настройки цвета полигона (отличного от цветовой шкалы модели), цвета границ полигона, типа штриховой заливки. Выпадающий список содержит возможные подписи полигона – значения сопротивления, поляризуемости или произвольный текст, который можно ввести в расположенное ниже текстовое поле.

Обмен значениями между полигональной и сеточной моделями осуществляется с помощью меню **Modeling / Get values from mesh** и **Modeling / Set values to mesh**. Первая



опция (встраивание с учетом геометрии) присваивает полигонам сопротивления блоковой модели (из результатов предварительно проведенной инверсии или моделирования), вторая – блоковой модели сопротивления полигонов. Переход между блоковым/полигональным режимами осуществляется с помощью кнопки  главной панели инструментов.

Пример модели, созданной с помощью инструментов полигонального моделирования, представлен на рисунке ниже.

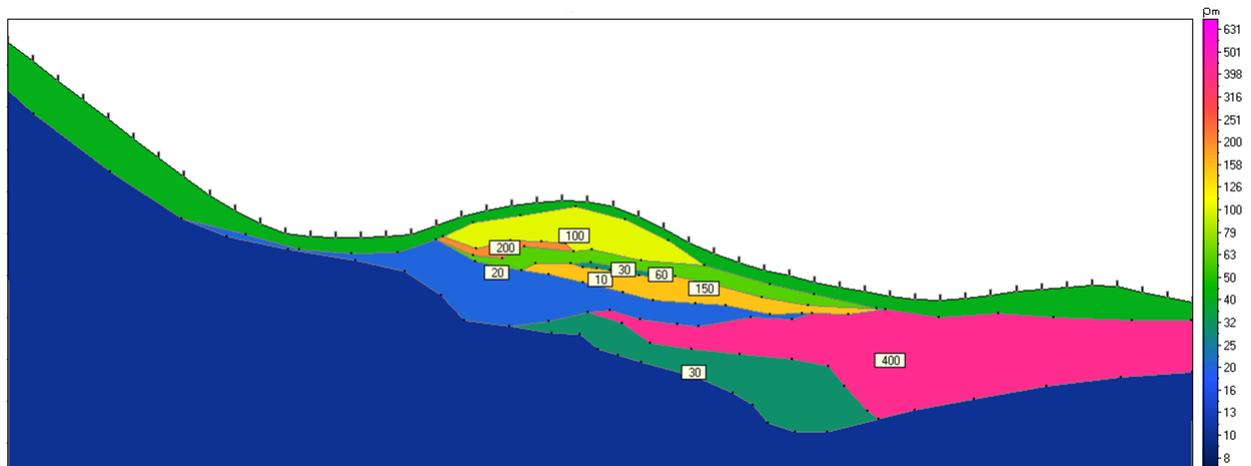


Рис. 42 Пример полигональной модели, созданной в ZondMT2D

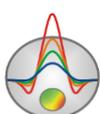
Полигональные модели можно сохранять загружать с помощью опций **Save polygons** и **Load polygons** меню **Modeling** главной панели инструментов. С помощью опции **Export model to CAD** полигональная модель экспортируется в файл формата Autocad dxf.

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 свойствах 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.

## Априорная информация

Учет априорной информации при инверсии осуществляется, чаще всего, двумя способами: заданием стартовой модели (предположительного распределения сопротивления и пределов ее изменения в разрезе) или положения контрастных границ.



По умолчанию стартовой моделью для инверсии в **ZondMT2D** 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.

## Внедрение геологических границ (Опция **Set boundaries**)

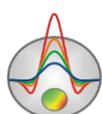
Режим установки границ **Set boundaries** доступен в меню **Options/Inversion** и позволяет учесть при инверсии априорную геологическую информацию. После выбора данной вкладки появляется меню, содержащее следующие кнопки:

	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 геоэлектрический разрез нанести, если имеются, данные по скважинам. Подробнее опции визуализации колонок по скважинам и каротажных данных описаны в разделе [Визуализация колонок по скважинам и данных каротажа](#). На полученный геоэлектрический 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



мышь. 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 (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**43).

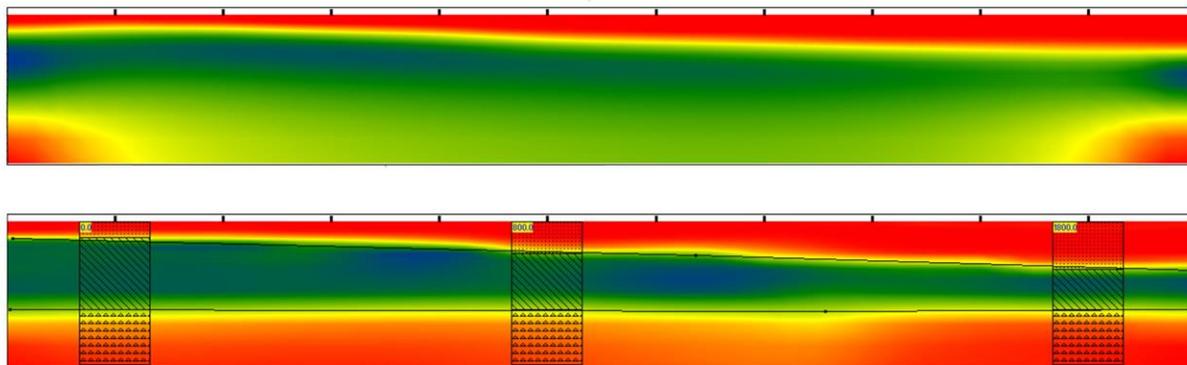


Рис. 43 Пример использования функции установки границ **Set boundaries**. Верхний разрез получен с использованием алгоритма **Occam** без ввода границ, нижний разрез получен с учетом априорных границ.

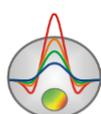
Также необходимо отметить возможности алгоритма **Image guided inversion**, позволяющего на базе графического изображения получать близкие к нему модели (**Options/Inversion/Cross-gradient/BG image**).

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 геоэлектрический разрез (например, геологический или сейсмический разрез).

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

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.



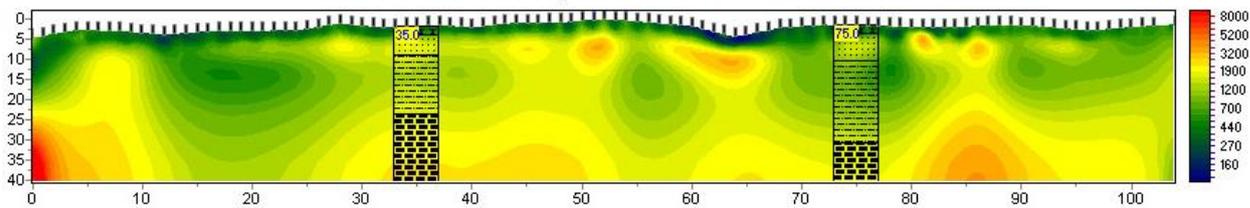


Рис. 44 Разрез удельного электрического сопротивления с нанесенными литологическими колонками

**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.

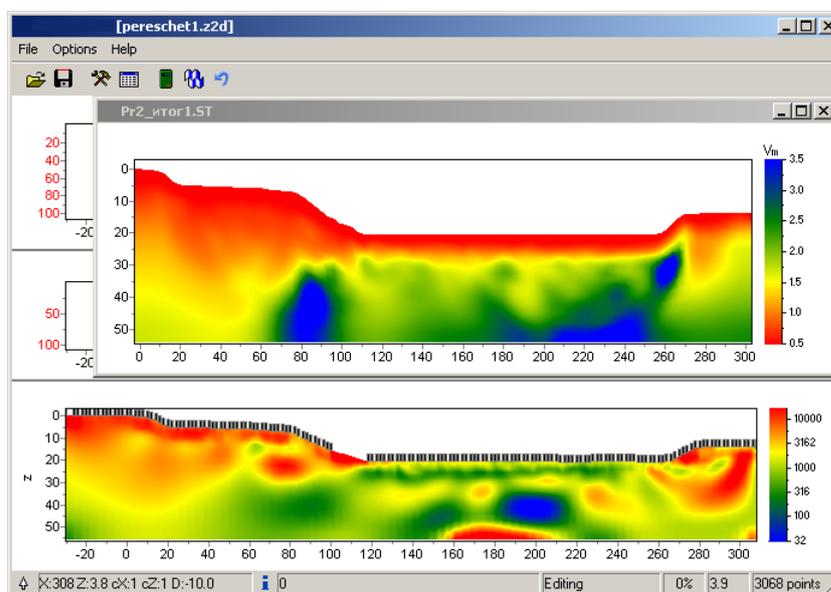
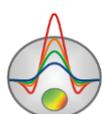


Рис. 45 Рабочее окно программы с импортируемой скоростной моделью

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).



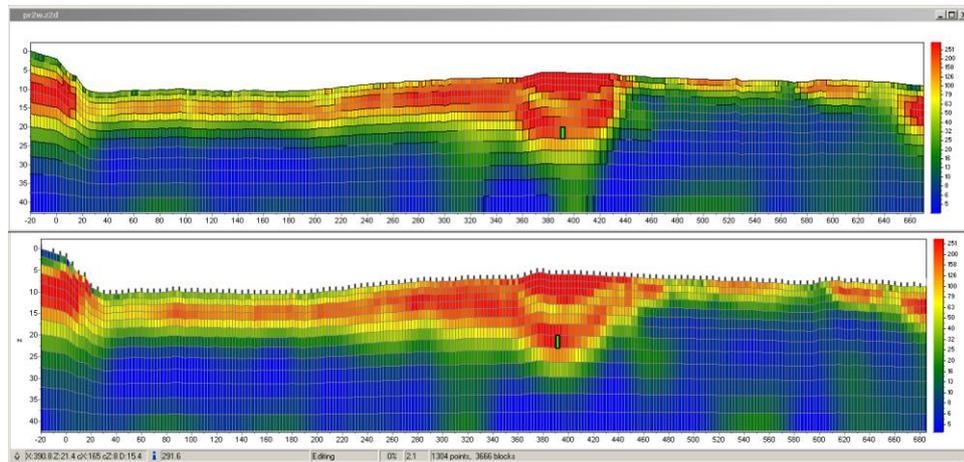


Рис. 46 Отображение моделей удельных электрических сопротивлений, и рабочей, и импортируемой в виде блоков с подсвеченным курсором

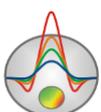
Если в качестве импортируемого файла использовать двухколоночный файл с расширением \*.dat, то в окне с расчетными данными (в режиме **graphics-plot**) отобразится график, связанный с правой осью (см. рисунок ниже). В первой колонке файла \*.dat вводятся горизонтальные координаты точки измерения по профилю, 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 в 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 возле надписи Resistivity block-section в окне модели, опция Setup) выбирается Transparency.

При выборе подложки появляется окно:

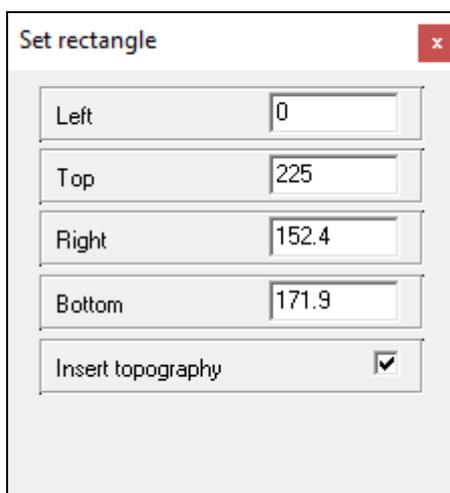
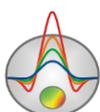


Рис. 47 Диалог настройки параметров подложки

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).



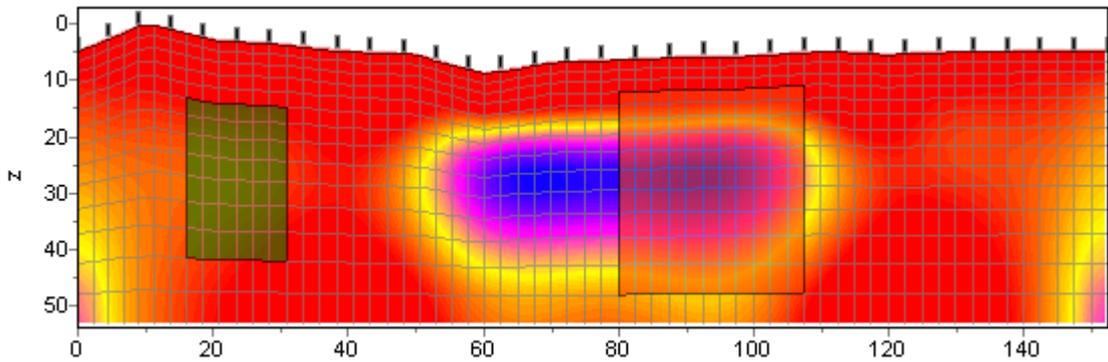


Рис. 48 Модель в режиме Block-section с подложкой

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

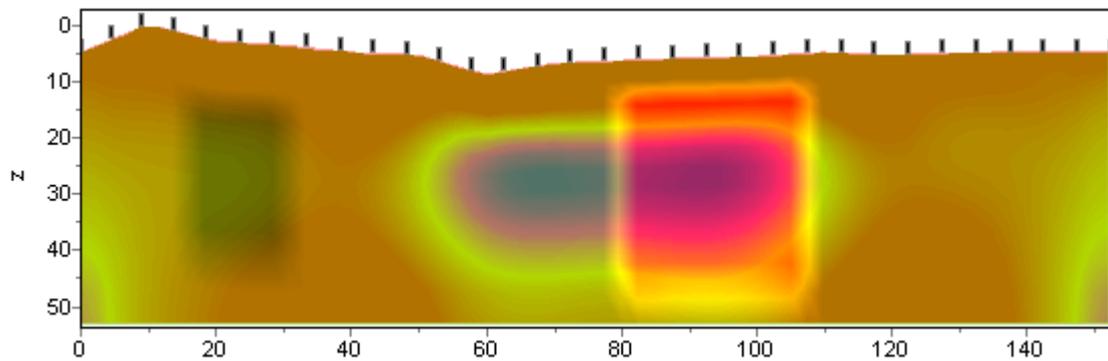
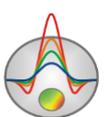


Рис. 49 Модель в режиме Smooth-section с подложкой

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



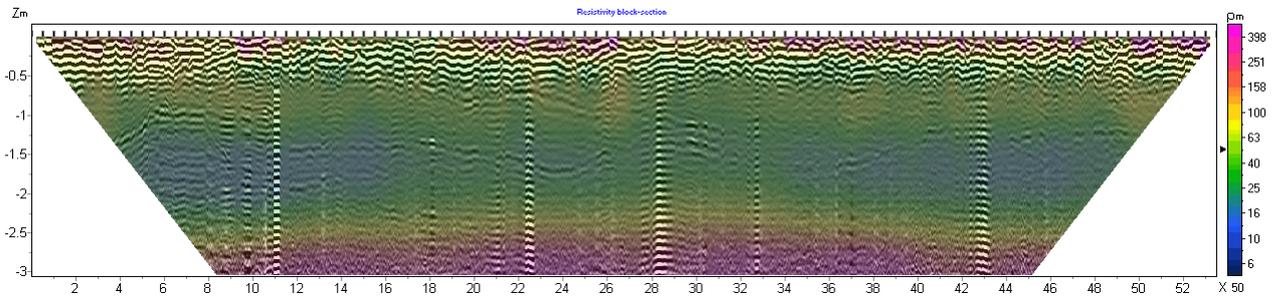


Рис. 50 Модель в режиме Smooth-section с подложкой – данными сейсморазведки

## 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.

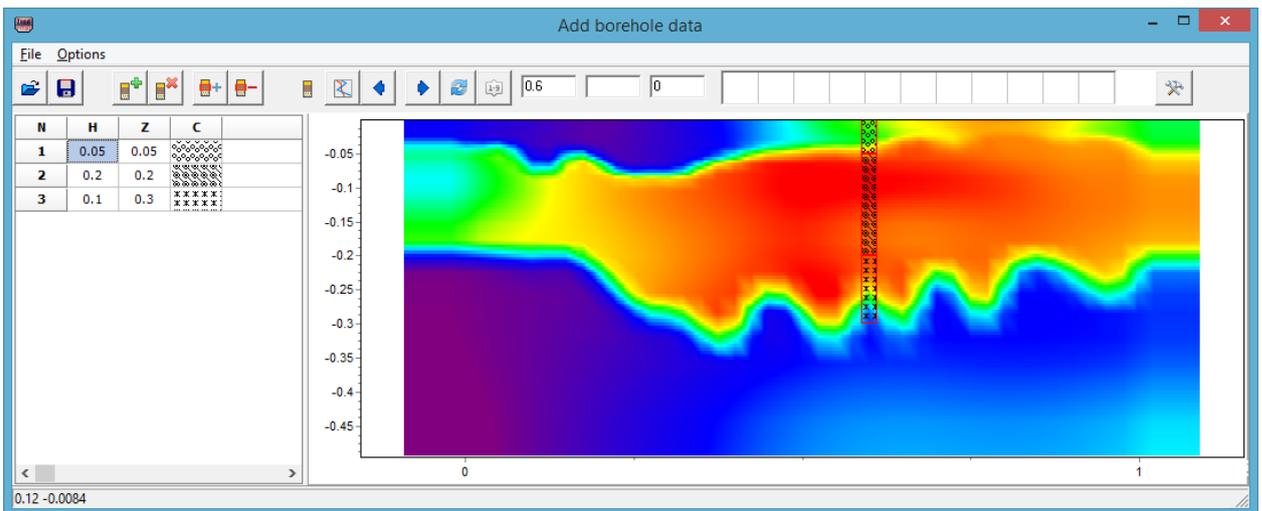
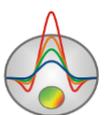


Рис. 51 Модуль добавления данных каротажа и литологии скважин

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="20000"/>	Устанавливает горизонтальную координату (вдоль профиля)
<input type="text"/>	Подпись к скважине (не более 5ти символов)
<input type="text" value="0"/>	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. 52). В программе предлагается богатый выбор литологических заливок. В опции **Color** можно выбрать цвет заливки.

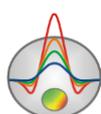




Рис. 52 Окно редактора заливки

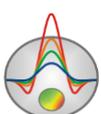
После окончания ввода данных по скважине необходимо нажать кнопку  и скважина появится в графическом окне. После этого, необходимо задать горизонтальную и вертикальную координаты скважины на панели инструментов в километрах, после чего скважина будет изображаться в соответствии со своими координатами. 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 **ZondMT2D** 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 ТАВ.

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

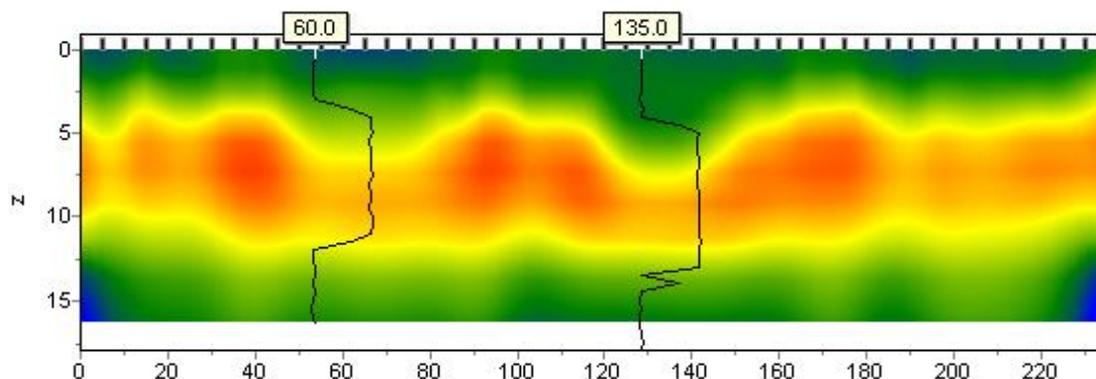


Рис. 53 Модель с нанесенными каротажными диаграммами

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.

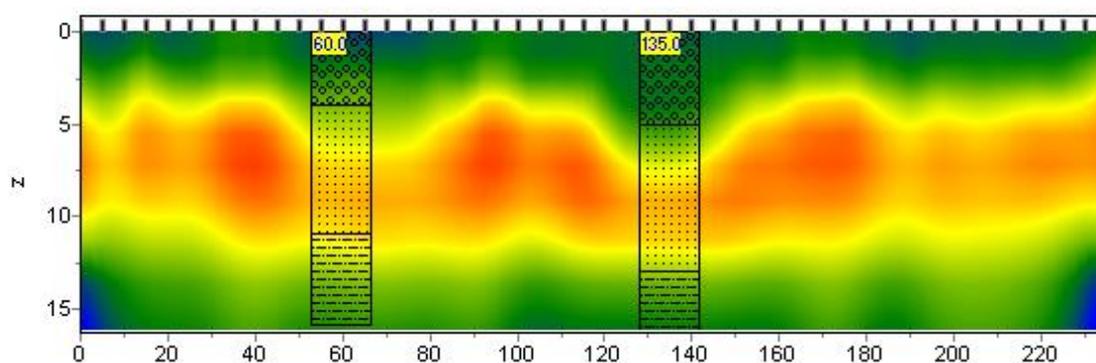
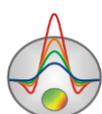


Рис. 54 Модель с нанесенными литологическими колонками

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



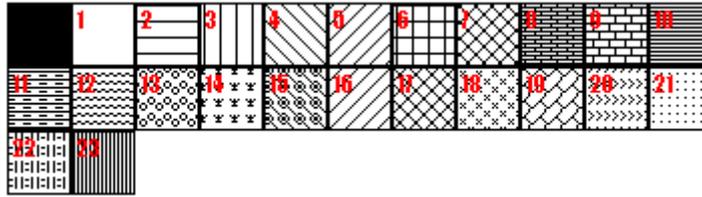


Рис. 55 Варианты штриховки литологической колонки

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;

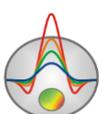
1,2 - вычесть из каждой каротажной диаграммы ее среднее значение.]

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

**1** - Цвет графика.

**0** - Масштаб данных логарифмический 0, линейный 1.

**0** – Вертикальное смещение скважины относительно земной поверхности.



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

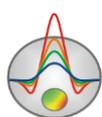
## Визуализация результатов

### 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 **ZondMT2D** описанные функции реализуются с помощью функции **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.



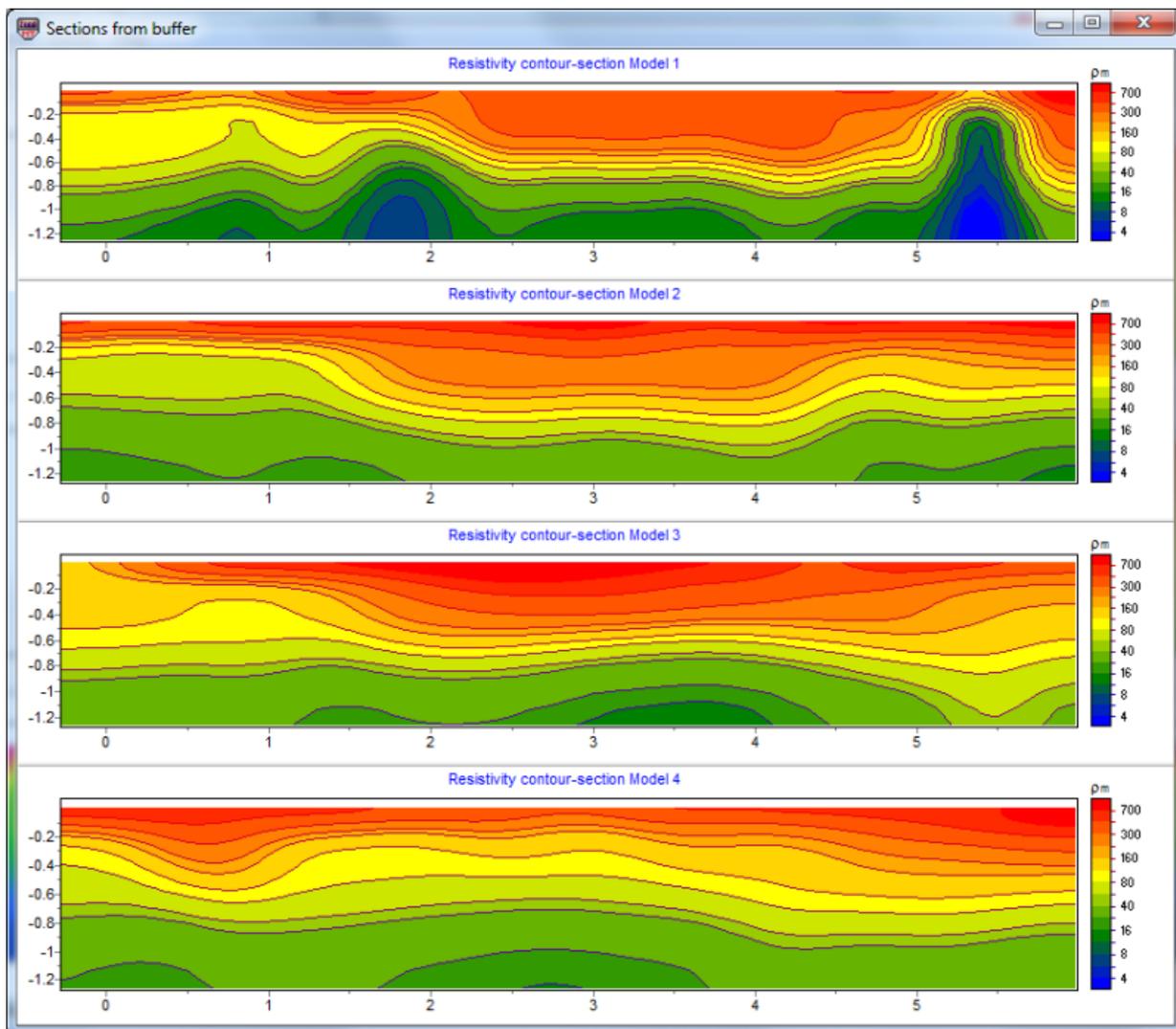
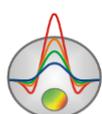


Рис. 56 Окно одновременного просмотра нескольких моделей Buffer/Open. Пример инверсии одних и тех же данных с использованием разных параметров

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.56**).



## 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/ 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.

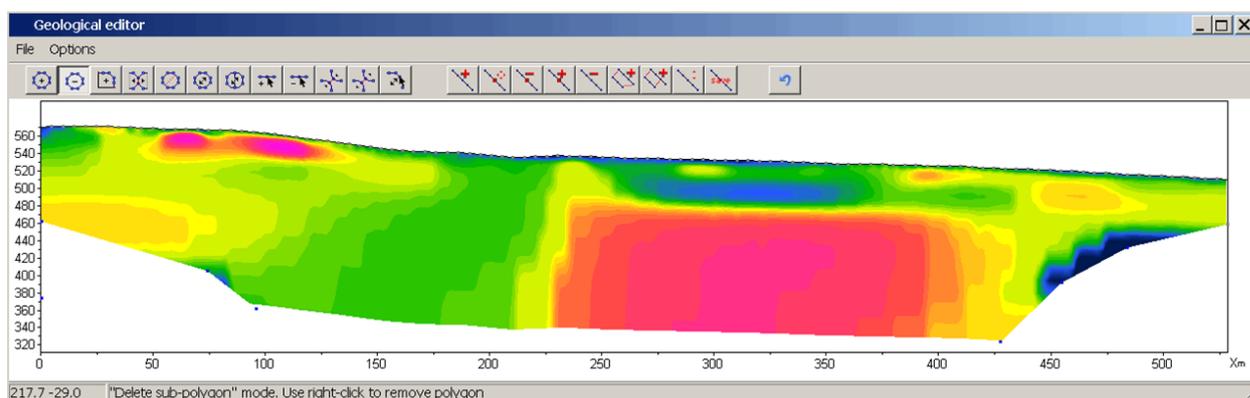
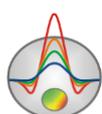


Рис. 57 Окно редактора модели перед началом работы

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.



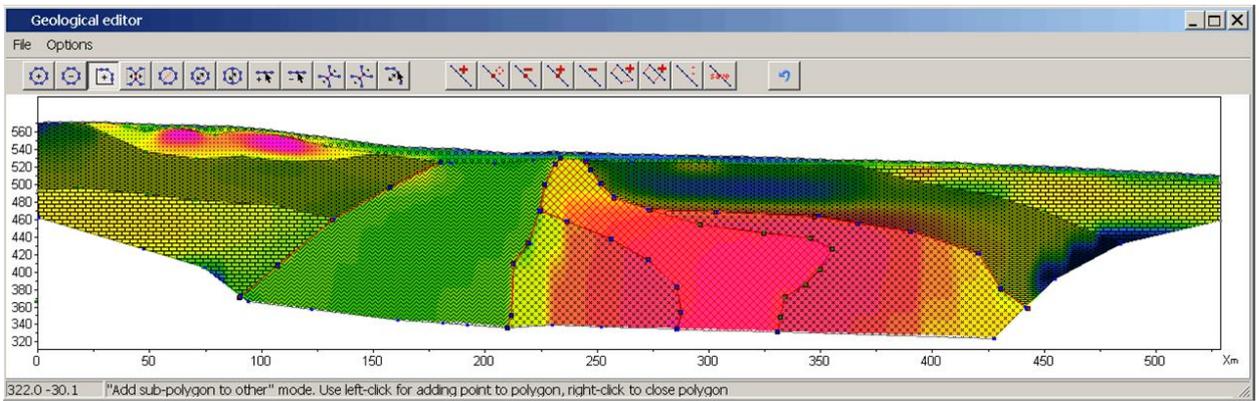


Рис. 58 Окно редактора модели: разрез сопротивления и геологическая интерпретация.

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.

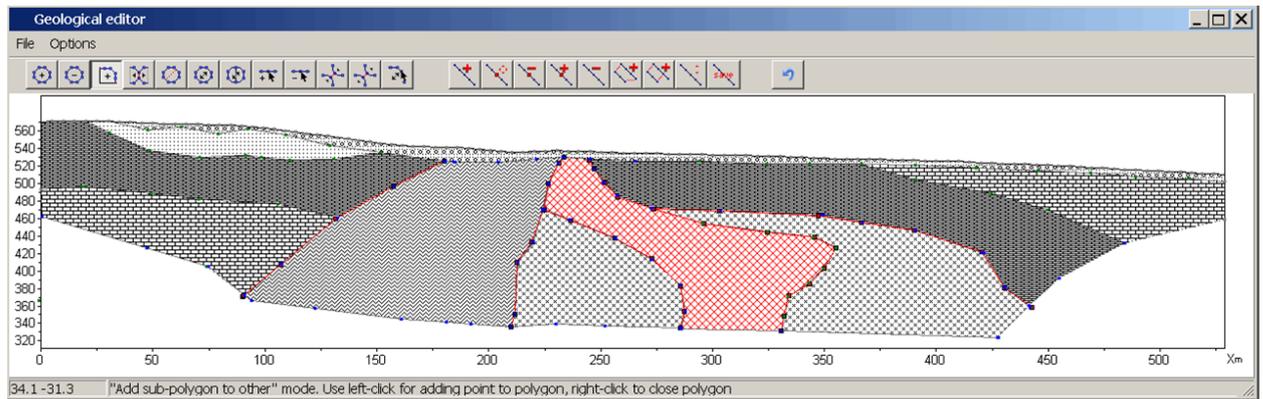
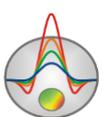


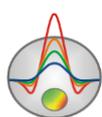
Рис. 59 Окно редактора модели: геолого-геофизический разрез по результатам интерпретации

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>

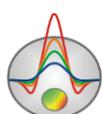


	<p>Добавить узел. Осуществляется нажатием правой кнопки мыши на точку границы, куда необходимо добавить узел.</p>
	<p>Удалить узел. Осуществляется нажатием правой кнопки мыши на узел, который необходимо удалить.</p>
	<p>Переместить узел. Выбор узла осуществляется нажатием левой кнопки мыши, перемещение – 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

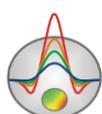
**Options/Remove borehole data** – удалить скважинные данные из редактора

**Options/Remove all polygons** – удалить все полигоны

## Объемная визуализация геоэлектрических 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 **ZondMT2D** для совместной визуализации геоэлектрических моделей, полученных по нескольким профилям, служит модуль 3D section viewer, вызываемый с

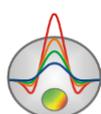


помощью пункта меню **Options/3D fence diagram**. Он позволяет представлять полученные модели в пространстве (с учетом рельефа), а также строить распределения выбранного параметра в плане для заданной пользователем глубины или абсолютной отметки.

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 ( <a href="#">подробнее</a> )
	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.



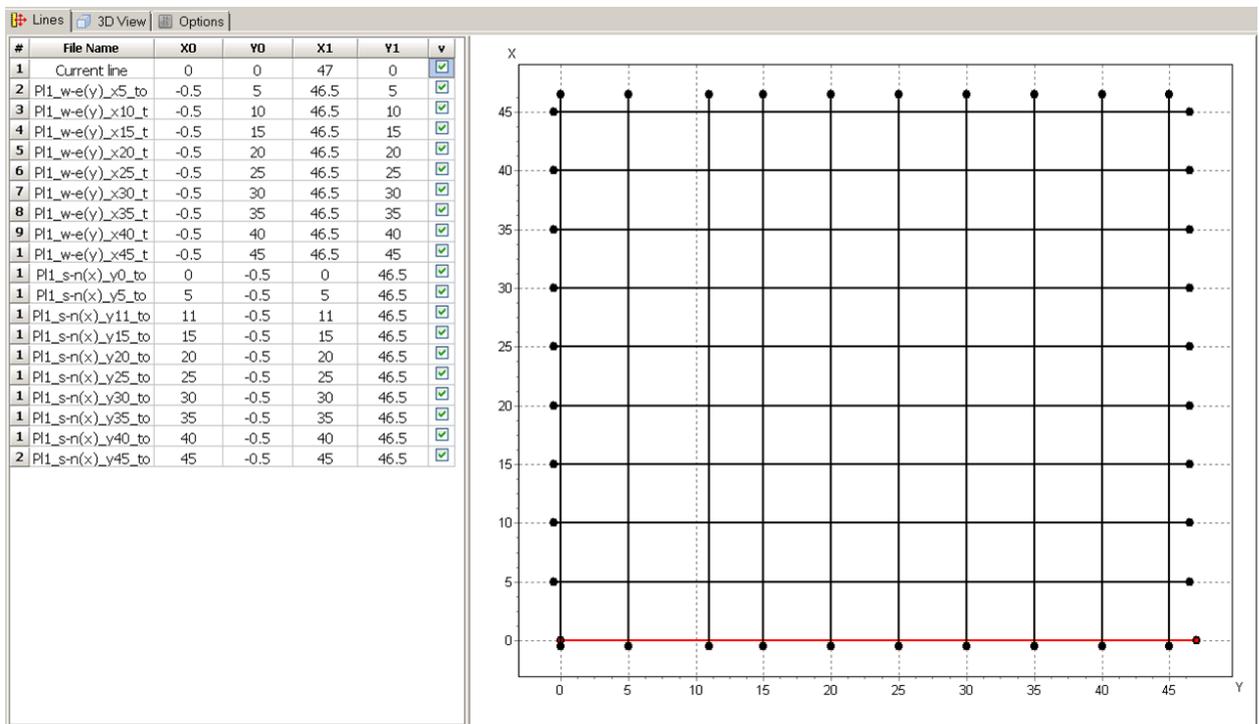
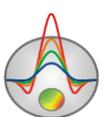


Рис. 60 Вкладка Lines окна 3D Section viewer

Для добавления профилей и присваивания координат предназначена вкладка *Lines* (Ошибка! Источник ссылки не найден.60). 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 **ZondMT2D**. 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. 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  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.61**).

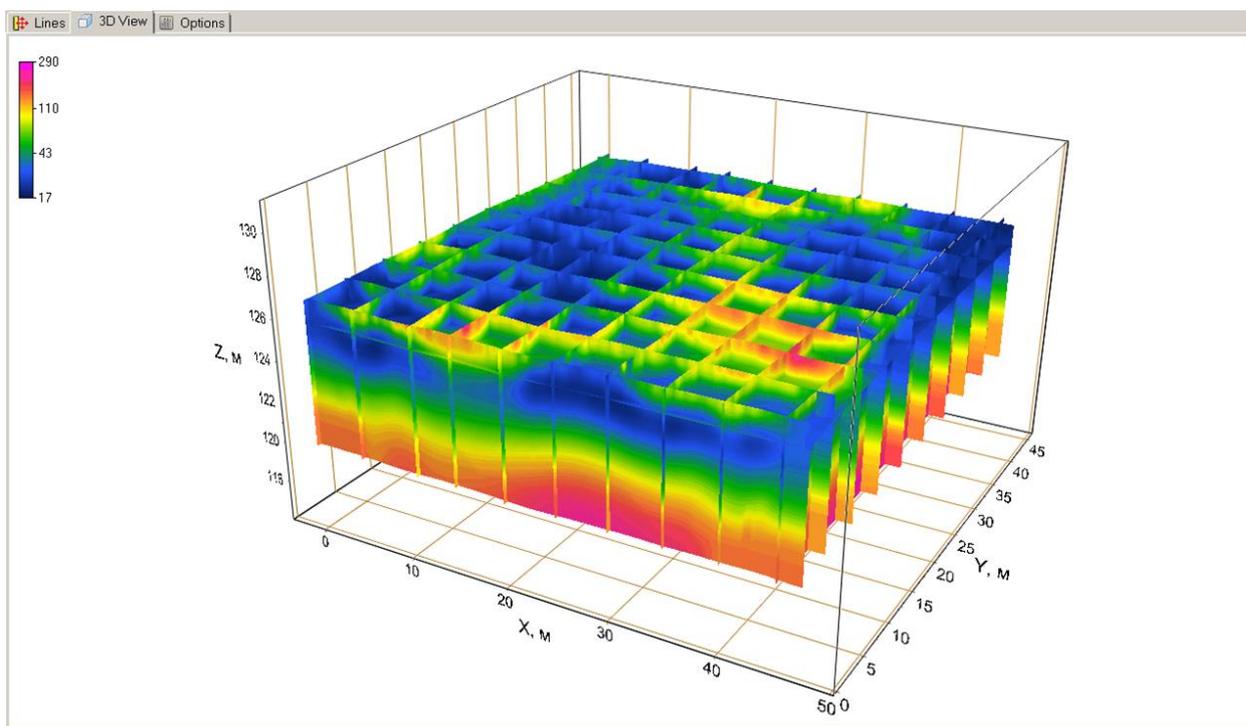


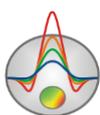
Рис. 61 Вкладка 3D View окна 3D section viewer. Объемная визуализация.

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. 62.

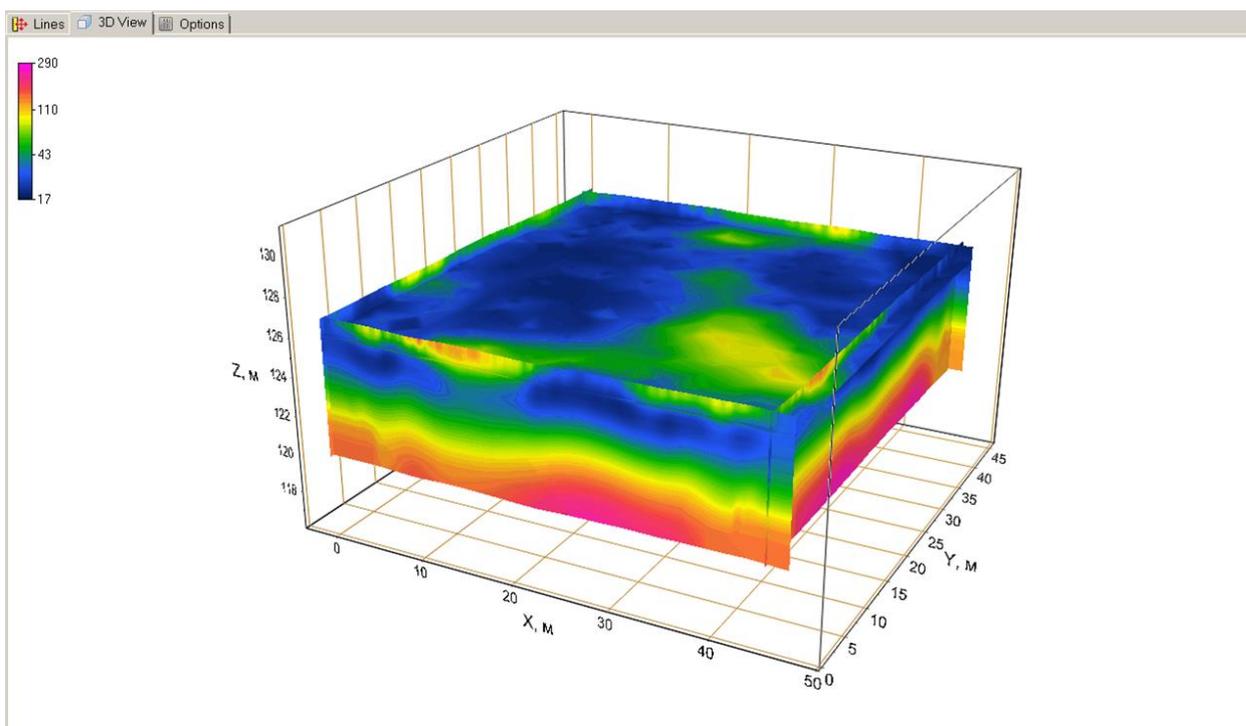


Рис. 62 Вкладка **3D View** окна **3D section viewer**. Карта сопротивления на заданной глубине от поверхности.

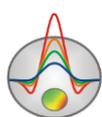
Вкладка **Options** предназначена для настройки параметров изображения.

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.



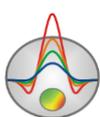
Результаты работы с модулем 3D section viewer можно сохранить, экспортировать и вывести на печать. Сохранение и экспорт осуществляется с помощью кнопки  панели инструментов. Если в качестве типа файла выбрать Project file, программа создаст файл расширением \*.prj, в котором будут храниться абсолютные 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 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 загрузки представляет своеобразную растеризацию гладкой модели, т.е. разбиения модели на области с постоянным параметром. Наиболее удобным для растеризации является результат фокусирующей инверсии.

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



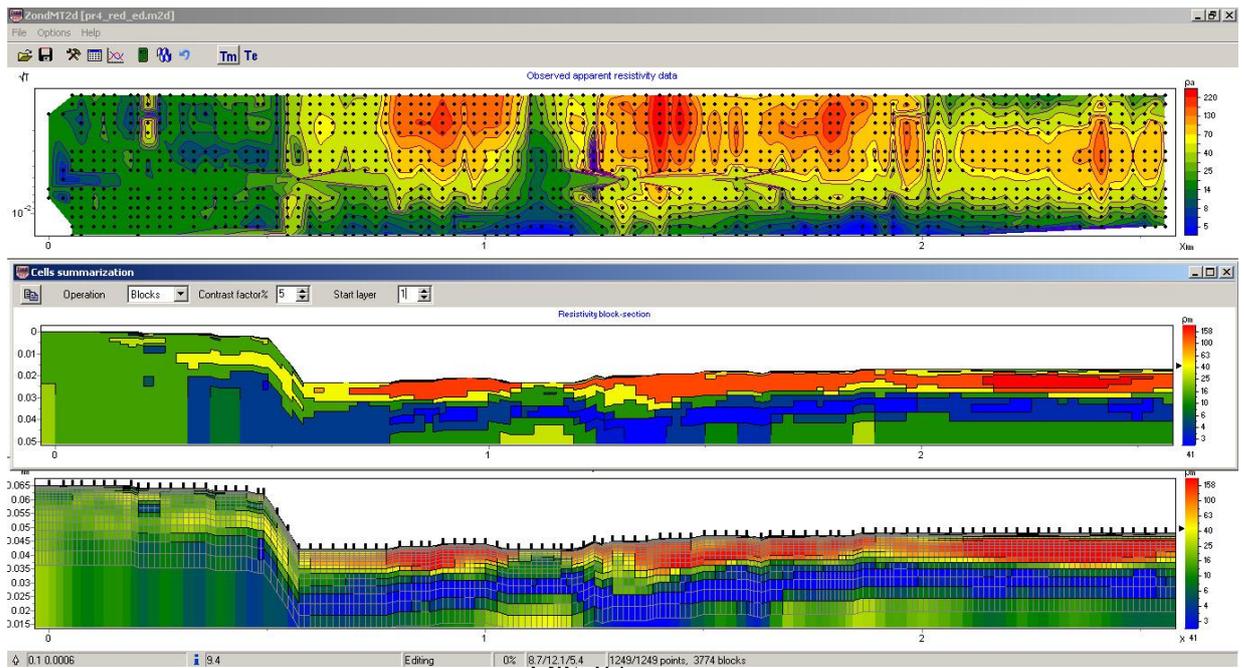
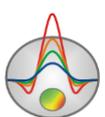


Рис. 64 Полевые данные (вверху), модель (нижний разрез) и пример разбиения геoeлектрической модели на блоки в режиме Blocks

В режиме **Smooth** (Ошибка! Источник ссылки не найден.), в зависимости от сглаживающего фактора (**Smooth factor**), производится осреднение параметров ячеек модели, т.е. её сглаживание. Опция **End layers** задает номер слоя, до которого производится данная операция.



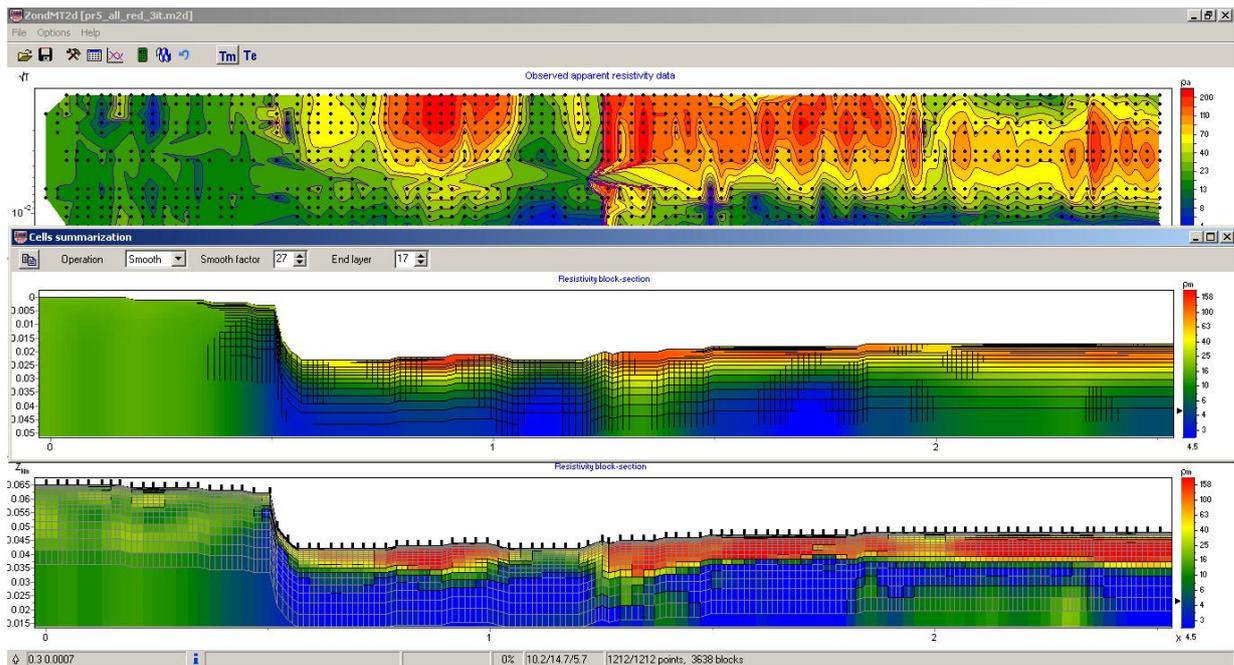


Рис. 66 Полевые данные (вверху), модель (нижний разрез) и пример сглаживания модели в режиме Smooth

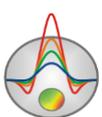
При использовании режима *Blocks* в зависимости от параметра контрастности (*Contrast factor %*), производится объединение ячеек со сходными параметрами в области с постоянным значением. Опция *Start layers* задает номер слоя, начиная с которого производится данная операция.

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

Кнопка  копирует полученную модель в редактор модели.

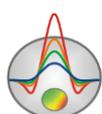
## Сохранение результатов интерпретации

Результат интерпретации профиля данных хранится в файле формата **ZondMT2D** (расширение \*.m2d). В этом файле сохраняются полевые данные, значения относительных весов измерений и текущая модель среды и многое другое. При последующей загрузке, для создания модели среды, используются данные из файла.



Сохранить результат интерпретации, можно нажав кнопку  панели инструментов или соответствующий ей пункт меню (**File/Save file**). В появившемся диалоге, также возможно выбрать формат данных, для сохранения наблюдаемых (Observed) или рассчитанных (Calculated) для текущей модели значений кажущегося сопротивления, а также изображений (Model, WorkSheet) в формате \*.BMP (подробнее в разделе [Диалог Bitmap output settings](#)). Возможные варианты сохранения данных:

Zond MT project data	Сохранить измеренные значения и текущую модель среды и все настройки в файл проекта.
Zond MT calculated data	Сохранить рассчитанные значения в текстовый файл данных.
Zond MT observed data	Сохранить наблюдаемые значения в текстовый файл данных.
Zond MT calculated data with model	Сохранить измеренные значения и текущую модель среды и все настройки в файл проекта. 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.
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).
Zond joint_inv supported format	Сохранить данные для совместной инверсии в других программах Zond.



## Настройка графических объектов

### Диалог **Bitmap output settings**

Диалог **Options/Extra/ Bitmap output settings** позволяет настроить вертикальный **Vertical scale** (в метрах на сантиметр), горизонтальный масштаб **Horizontal scale** (в метрах на сантиметр), разрешение экспортируемого изображения **Print resolution** (в DPI) и размер шрифта **Font size**.

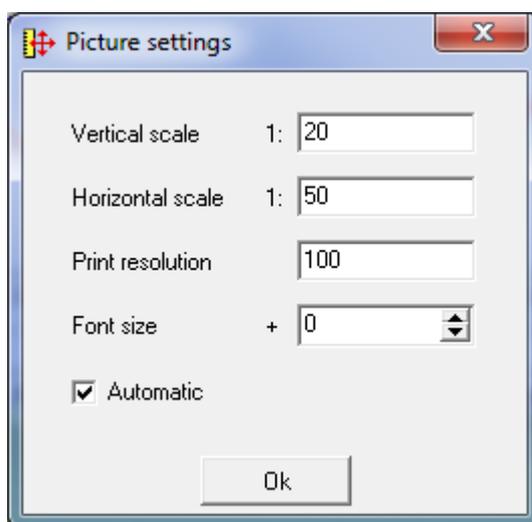
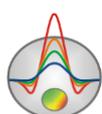


Рис. 67 Окно диалога **Bitmap output settings**

Данные настройки применяются к сохраняемой в форме BMP модели (Model) , если выключена опция **Automatic**. Иначе изображение сохраняется в том же виде как на экране.

### Диалог настройки параметров контурного разреза и псевдореза

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



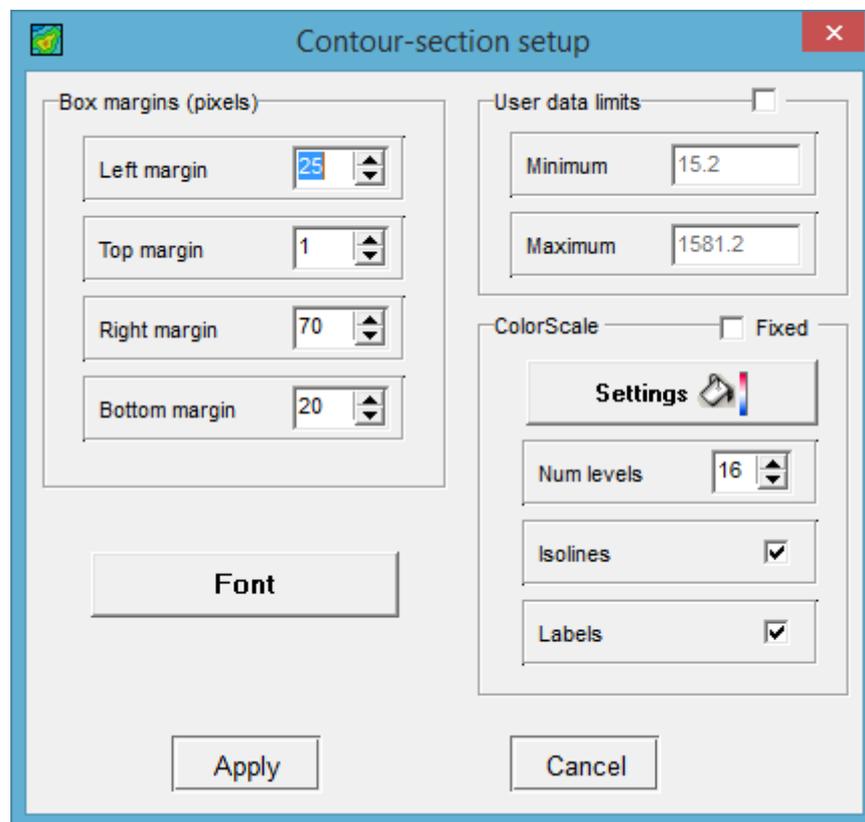


Рис. 68 Окно диалога «Contour-section setup»

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.

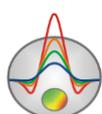
Поле **Bottom margin** – устанавливает отступ (в пикселах) изображения от нижнего края окна.

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):

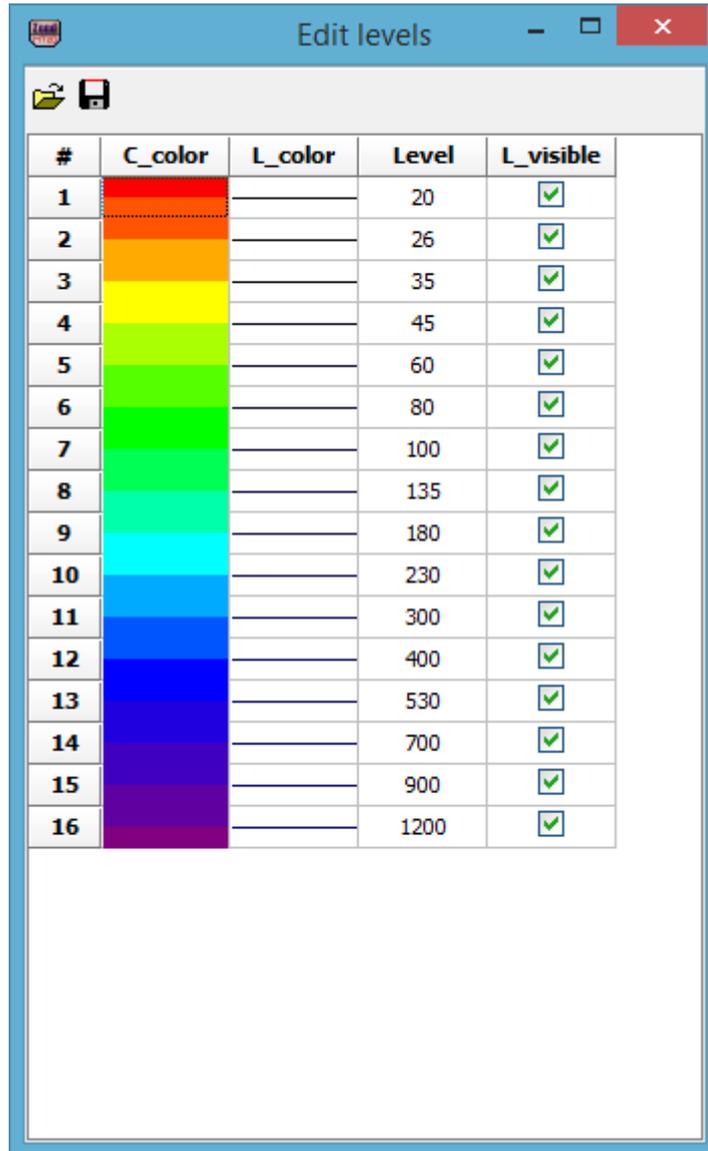


Рис. 69 Окно диалога «Edit levels»

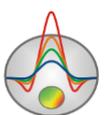
Нажимая правой кнопкой мыши на заголовки таблицы можно вызвать дополнительное меню:

*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. 54). 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 .

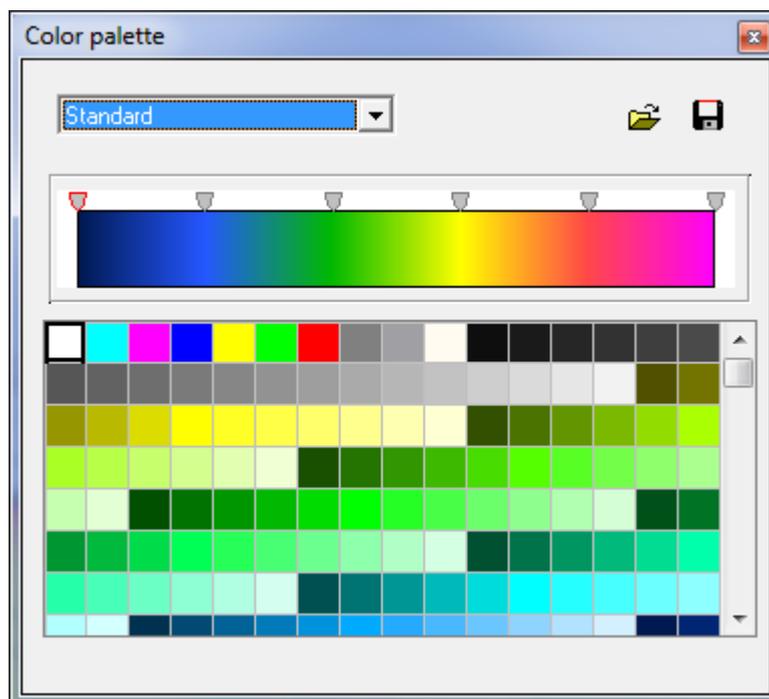
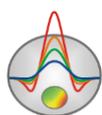


Рис. 70 Диалог настройки параметров палитры.

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



## 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).

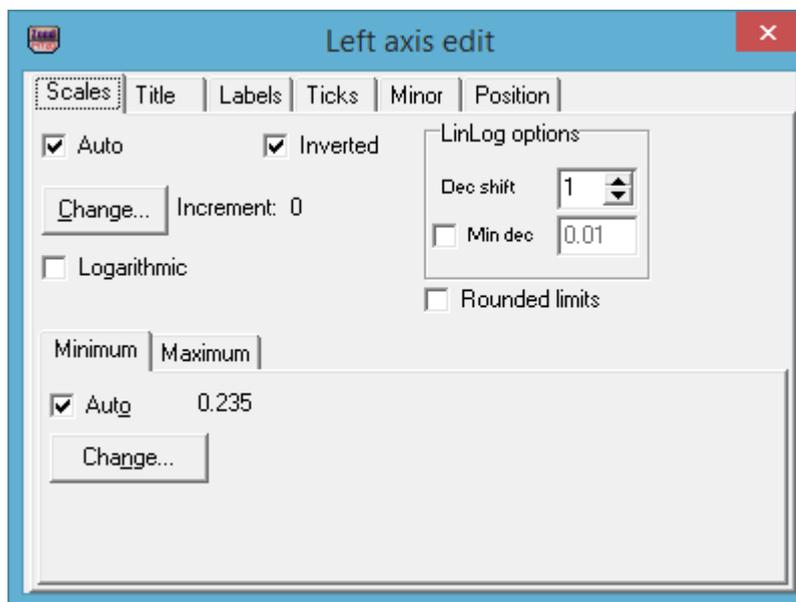


Рис. 71 Пример диалога редактора левой оси

При этом появляется всплывающее меню с тремя пунктами: *options*, *default* и *fix range*. Первый вызывает диалог, второй устанавливает значения равными значениям по умолчанию.

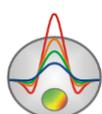
Первая вкладка диалога **Scales** содержит опции, связанные с настройкой масштабных параметров оси.

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.

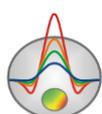
Опция **Min separation%** задает минимальное процентное расстояние между подписями.

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.

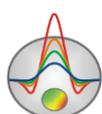
Опция **Position%** устанавливает смещение оси на графе относительно стандартного положения (в процентах от размера графа или единицах экрана, в зависимости от значения выбранного опцией Units).

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).

## Редактор графика

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



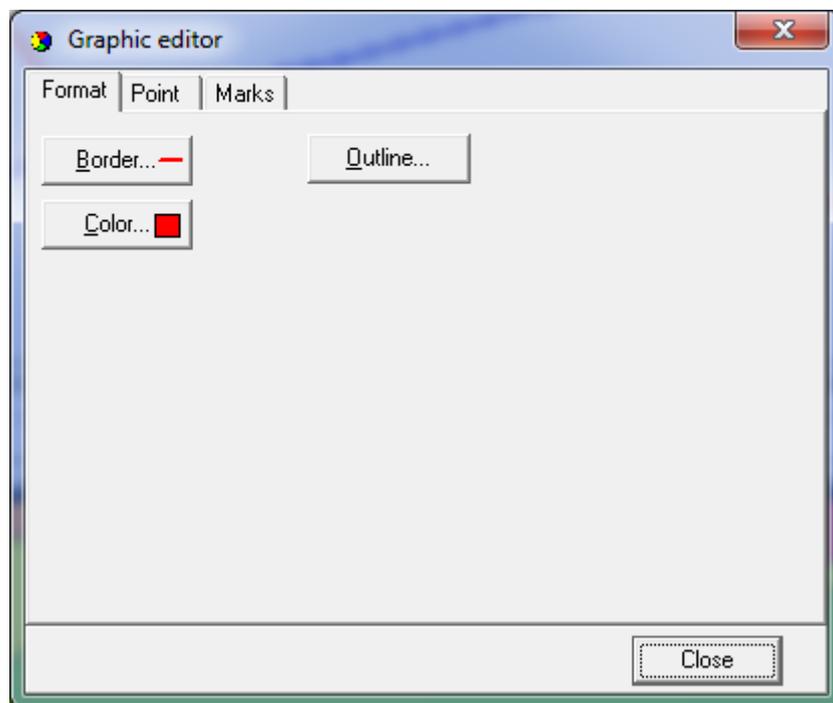


Рис. 72 Диалог редактора настройки графиков

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.

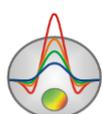
Вкладка **Marks** содержит настройки подписей к указателям графика.

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**:

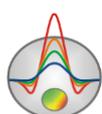
Кнопка **Font** вызывает диалог настройки шрифта для подписей указателей.

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

## 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)



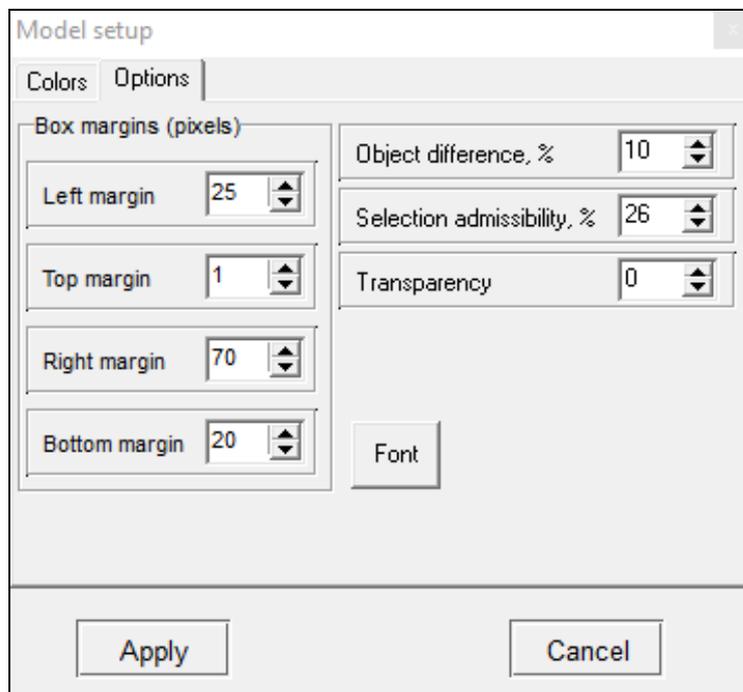


Рис. 73 Диалог «Model setup», вкладка Options

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.

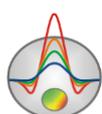
Область **Object difference, %** - устанавливает максимальное значение отношения параметров смежных ячеек, при превышении которого между ними рисуется граница.

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)



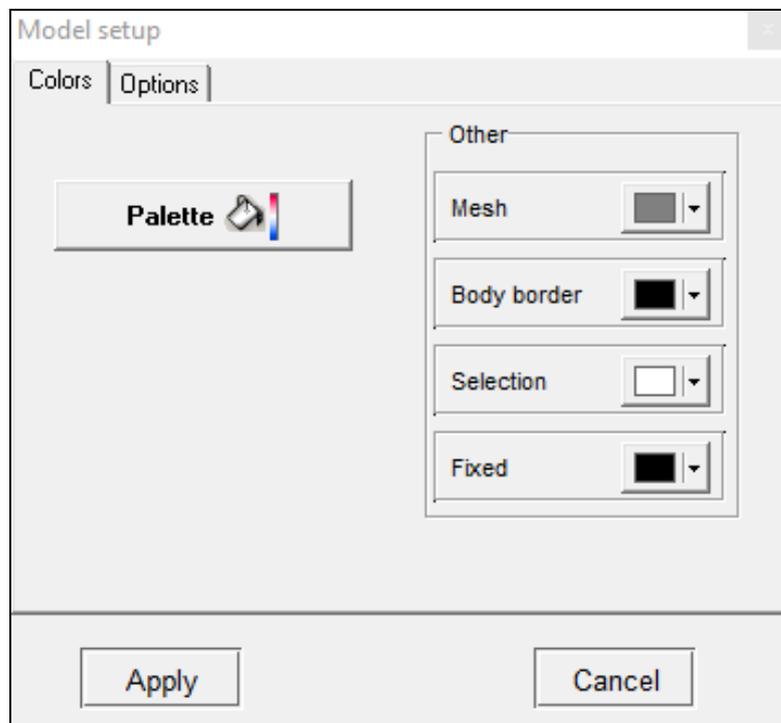


Рис. 74 Диалог «Model setup», вкладка Colors

Кнопка **Palette** – устанавливает цветовую палитру (см. рисунок ниже).

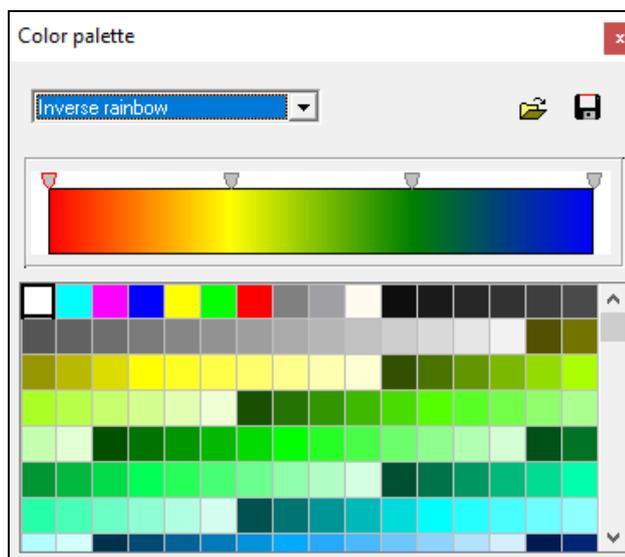
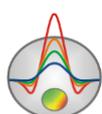


Рис. 75 Диалог «Model setup», кнопка Palette

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

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 настройки параметров набора графиков

Редактор предназначен для настройки цветовой последовательности набора графиков. Его можно вызвать через пункт меню **Options / Graphics / Observed graphics** или **Calculated graphics** (см. рисунок ниже).

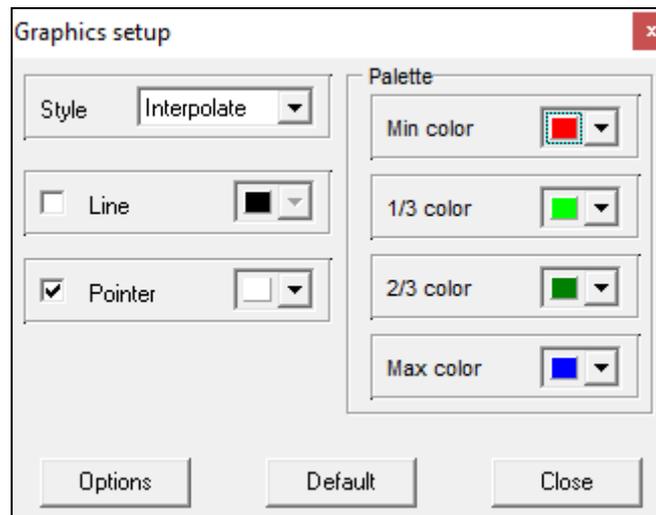


Рис. 76 Диалог настройки параметров набора графиков

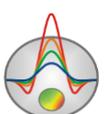
Опция **Style** устанавливает алгоритм задания цветовой палитры для графиков.

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.

Кнопка **Options** вызывает диалог настройки графика.



Кнопка Default устанавливает настройки графиков равными значениям по умолчанию.

Дополнительные материалы:

Видеоуроки на канале youtube:

[https://www.youtube.com/channel/UCGtprIIZkc9CsLfiuz4VvmQ?view\\_as=subscriber](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

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](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

