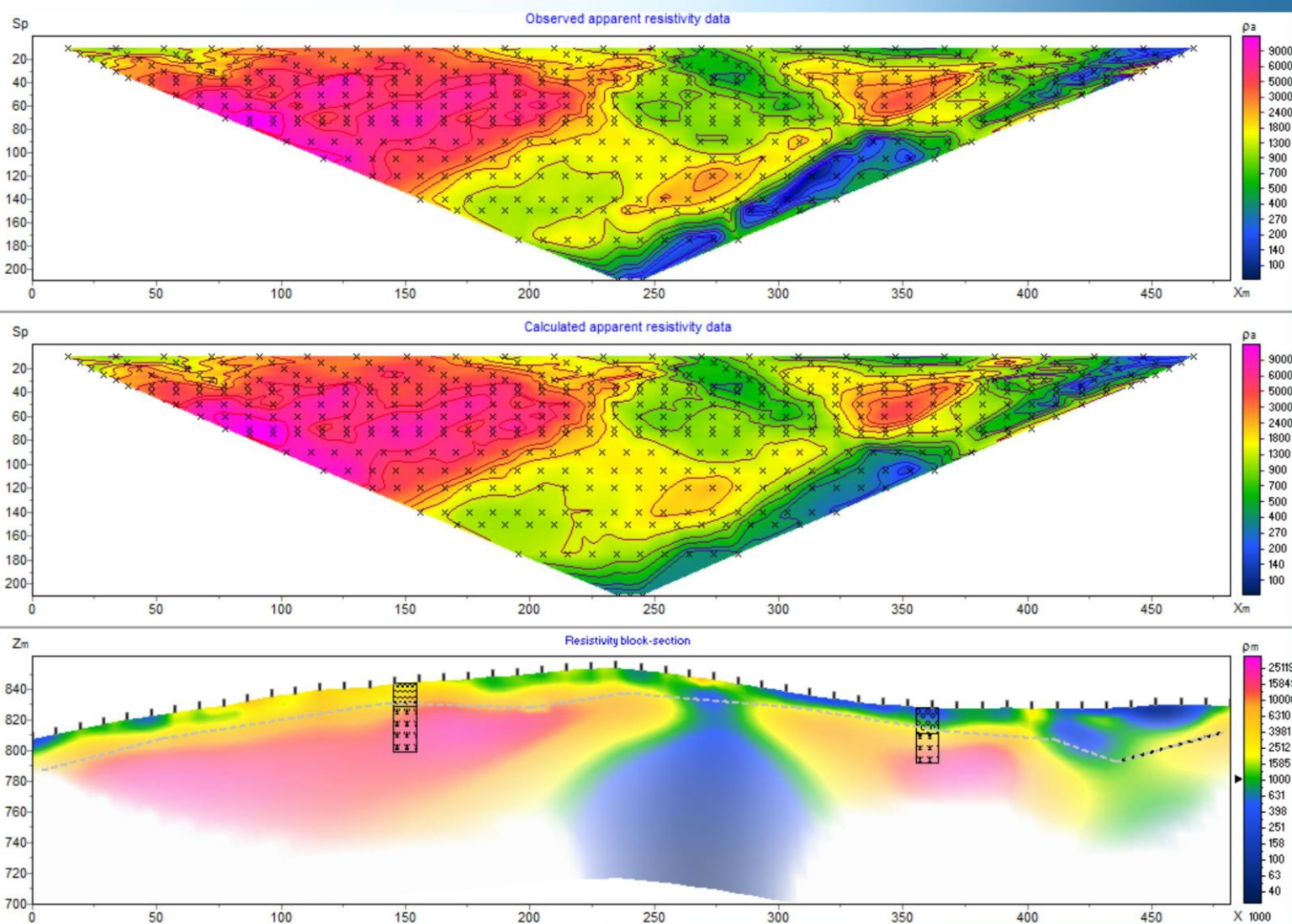


**Zond
Software**

ZondRes2D

**Программа двумерной интерпретации данных
метода сопротивлений и вызванной поляризации
(наземный, скважинный и акваторный варианты)**



Оглавление

<i>Введение.....</i>	<i>5</i>
<i>Требования к системе</i>	<i>6</i>
<i>Установка и удаление программы</i>	<i>6</i>
<i>Краткая теоретическая справка</i>	<i>7</i>
<i>Главное окно программы</i>	<i>10</i>
Панель быстрого доступа	11
Описание функций главного меню	12
Строка состояния	37
“Горячие” клавиши	37
<i>Создание синтетической системы измерений</i>	<i>38</i>
<i>Загрузка полевых данных из файлов</i>	<i>47</i>
Поддерживаемые форматы.....	47
Загрузка нескольких файлов.....	54
Импорт полевых данных из произвольного текстового файла или таблицы Excel.....	54
<i>Подготовка данных к инверсии.....</i>	<i>55</i>
Модуль контроля качества данных	58
Ввод и редактирование топографической информации	63
Работа с координатами электродов в плане	66
Работа с данными акваторных измерений	68
Работа с данными межскважинных измерений.....	68
<i>Визуализация данных.....</i>	<i>69</i>
План графиков	69
Псевдоразрез	71
Редактор данных.....	74
<i>Моделирование</i>	<i>75</i>
Создание сети модели.....	76
Редактирование модели.....	79

Работа с блоковой (сеточной) моделью	79
Произвольно слоистая модель	84
Полигональное моделирование	88
Сохранение и использование модельных данных.....	92
<i>Интерпретация полевых данных</i>	<i>92</i>
Настройки параметров инверсии.....	92
Инверсия данных ВП	102
Инверсия данных геоэлектрического мониторинга	108
Совместная инверсия магнитотеллурических данных.....	112
Совместная инверсия данных ЗСБ и ЧЗ	115
Совместная инверсия данных сейсморазведки	117
Совместная инверсия данных гравитационных и магнитных измерений	119
Интерпретация данных естественного поля (ЕП).....	125
Оценка невязки в результате инверсии	127
<i>Априорная информация.....</i>	<i>128</i>
Создание скважинных данных.....	134
Диалог Model smooth/raster.....	139
<i>Результаты интерпретации</i>	<i>140</i>
Визуализация модели	140
Работа с несколькими моделями в одном проекте.....	142
Окно построения геолого-геофизической модели.....	143
3D визуализация геоэлектрических моделей по нескольким профилям	148
<i>Сохранение результатов.....</i>	<i>153</i>
Дополнительные возможности экспорта в Excel.....	154
<i>Настройка графических параметров.....</i>	<i>155</i>
Диалог настройки экспортируемого изображения	155
Диалог настройки параметров контурного разреза и псевдореза.....	156
Диалог настройки палитры	158
Редактор набора графиков.....	158

Редактор графика	159
Редактор осей.....	161
Диалог настройки параметров отображения модели	165
Диалог предварительного просмотра печати (Print preview)	166
<i>Список литературы.....</i>	<i>168</i>
<i>Дополнительные материалы:.....</i>	<i>169</i>

Введение

Программа **ZondRes2D** предназначена для 2.5-мерной интерпретации профильных данных электротомографии (ЭТ) методом сопротивлений, вызванной поляризации (ВП) и метода заряда в наземном, скважинном и акваторном вариантах.

Удобный интерфейс и широкие возможности представления данных позволяют максимально эффективно решить поставленную геологическую задачу.

Программа **ZondRes2D** представляет удобный аппарат для автоматической и интерактивной интерпретации данных электротомографии, и может быть использована на IBM PC-совместимых персональных компьютерах с операционной системой Windows. Одной из главных особенностей программы является совместная инверсия различных геофизических методов.

В **ZondRes2D** предусмотрена система моделирования, включающая все основные типы установок, использующиеся в методе сопротивлений. Выбор параметров установки и количества точек измерений осуществляется пользователем в режиме диалога.

Программа позволяет определить оптимальную методику съёмки на стадии проектирования электроразведочных работ. Для этого в системе реализована возможность анализа разрешающей способности той или иной электроразведочной установки. Суть анализа заключается в том, что пользователь исследует степень влияния той или иной части модели на результаты измерений с использованием функции чувствительности:

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

Исследование чувствительности позволяет сделать оптимальный выбор типа и параметров установки для решения поставленной геологической задачи.

ZondRes2D 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 изображений: план графиков и псевдоразрез.

В редакторе данных пользователь может просмотреть параметры установки измерений, задать веса (значимость) отдельных измерений и подкорректировать значения измеренных характеристик.

ZondRes2D использует простой и понятный формат файла данных, позволяющий сочетать несколько типов установок на одном профиле. Измеренными характеристиками могут служить как кажущееся сопротивление, так и отношение сигнала к току и кажущаяся

поляризуемость. Программа позволяет импортировать и отображать результаты измерений другими методами, что способствует более комплексному подходу к интерпретации данных.

Кроме методов сопротивления и ВП программа позволяет проводить совместную инверсию с данными следующих методов: МТЗ, ЗС, сейсморазведка на рефрагированных волнах, гравиразведка и магниторазведка.

Требования к системе

Программа **ZondRes2D** может быть установлена на компьютере с операционной системой Windows 98 и выше. Рекомендуемые параметры системы: процессор PIV-2 ГГц, 1 Гб памяти, разрешение экрана 1024 X 768, цветовой режим –True color. (Не следует изменять разрешение экрана в режиме работы с данными).

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

Установка и удаление программы

Программа **ZondRes2D** поставляется через интернет. В комплект поставки входит настоящее Руководство. Последние обновления программы вы можете загрузить на сайте: <http://zond-geo.com/>.

Для установки программы сохраните программу в нужную директорию (например, C:\Zond). Для установки обновления просто перезапишите новую версию программы поверх старой.

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

Для удаления программы удалите рабочий каталог программы.

Краткая теоретическая справка

Удельное электрическое сопротивление

Удельное электрическое сопротивление (УЭС), измеряемое в омметрах (Ом•м), характеризует способность пород оказывать электрическое сопротивление прохождению тока и является наиболее универсальным электромагнитным свойством. Оно меняется в горных породах и рудах в очень широких пределах: от 10^{-3} до 10^{15} Ом•м. Для наиболее распространенных осадочных, изверженных и метаморфических горных пород УЭС зависит от минерального состава, физико-механических и водных свойств горных пород, концентрации солей в подземных водах и в меньшей мере от их химического состава, а также от некоторых других факторов (температуры, глубины залегания, степени метаморфизма и др.) [Хмелевской, 1997].

Удельное электрическое сопротивление минералов зависит от их внутрикристаллических связей. Для минералов-диэлектриков (кварц, слюды, полевые шпаты и др.) с преимущественно ковалентными связями характерны очень высокие сопротивления (10^{12} - 10^{15} Ом•м). Минералы-полупроводники (карбонаты, сульфаты, галоиды и др.) имеют ионные связи и отличаются высокими сопротивлениями (10^4 - 10^8 Ом•м). Глинистые минералы (гидрослюды, монтмориллонит, каолинит и др.) обладают ионно-ковалентными связями и выделяются достаточно низкими сопротивлениями.

Рудные минералы (самородные, некоторые окислы) отличаются электронной проводимостью и очень хорошо проводят ток. Первые две группы минералов составляют "жесткий" скелет большинства горных пород. Глинистые минералы создают "пластичный" скелет, способный адсорбировать связанную воду, а породы с "жесткими" минералами могут насыщаться лишь растворами и свободной водой, т.е. той, которая может быть выкачана из породы.

Удельное электрическое сопротивление свободных подземных вод меняется от долей Ом•м при высокой общей минерализации до 1000 Ом•м при низкой минерализации. Химический состав растворенных в воде солей не играет существенной роли, поэтому по данным электроразведки можно судить лишь об общей минерализации подземных вод. Удельное электрическое сопротивление связанных вод, адсорбированных твердыми частицами породы, низкое и мало меняется (от 1 до 100 Ом•м). Это объясняется достаточно

постоянной их минерализацией (3-1 г/л). Средняя минерализация вод мирового океана равна 36 г/л.

Так как поровая вода (свободная и связанная) отличается значительно более низким удельным электрическим сопротивлением, чем минеральный скелет большинства минералов, то сопротивление горных пород практически не зависит от его минерального состава, а определяется такими параметрами пород, как пористость, трещиноватость, водонасыщенность. С их увеличением сопротивление пород уменьшается за счет увеличения ионов в подземной воде. Поэтому электропроводность большинства пород является ионной (электролитической).

С ростом температуры на 40^0 сопротивление уменьшается примерно в 2 раза, что объясняется увеличением подвижности ионов. При замерзании сопротивление горных пород возрастает скачком, так как свободная вода становится практически изолятором, а электропроводность определяется лишь связанной водой, которая замерзает при очень низких температурах (ниже -50^0 C). Возрастание сопротивлений при замерзании разных пород различно: в несколько раз оно увеличивается у глин, до 10 раз - у скальных пород, до 100 раз - у суглинков и супесей и до 1000 и более раз - у песков и грубообломочных пород.

Несмотря на зависимость удельного сопротивления от множества факторов и широкий диапазон изменения у разных пород, основные закономерности УЭС установлены достаточно четко. Изверженные и метаморфические породы характеризуются высокими сопротивлениями (от 500 до 10 000 Ом•м). Среди осадочных пород высокие сопротивления (100 - 1000 Ом•м) у каменной соли, гипсов, известняков, песчаников и некоторых других. Обломочные осадочные породы, как правило, имеют тем большее сопротивление, чем больше размер зерен, составляющих породу, т.е. зависят прежде всего от глинистости. При переходе от глин к суглинкам, супесям и пескам удельное сопротивление изменяется от долей и первых единиц омметров к первым десяткам и сотням омметров [Хмелевской, 1997].

Поляризуемость горных пород

Поляризация - это сложный электрохимический процесс, протекающий при пропускании через породу постоянного или низкочастотного переменного (до 10 Гц) тока. Наибольшей поляризуемостью отличаются руды с электронной проводимостью (сульфиды, сульфосоли, некоторые самородные металлы, отдельные окислы, графит, антрацит). Природа этих потенциалов ВП связана с так называемой концентрационной и электродной поляризацией

рудных минералов. Коэффициенты поляризуемости до 2-6% наблюдаются над обводненными рыхлыми осадочными породами, в которых имеются глинистые частицы. Поляризуемость их обусловлена деформациями внешних обкладок двойных электрических слоев, возникающих на контакте твердой и жидкой фазы. Большинство изверженных, метаморфических и осадочных пород, насыщенных минеральной водой, слабо поляризуются.

Для количественной оценки интенсивности вызванной поляризации обычно используют отношение ЭДС поляризации $\Delta U_{\text{вп}}$ к разности потенциалов внешнего поля $\Delta U_{\text{пр}}$ по истечении определенного времени после выключения тока. Это отношение называется коэффициентом поляризуемости (поляризуемость) горных пород и выражается в %. В отечественной электроразведке при проведении полевых работ методом ВП в импульсном режиме под поляризуемостью подразумевается нормированное значение напряжения в приемной линии через 0.2-0.5 с после выключения тока:

$$\eta^{0.5} = \frac{U_{\text{вп}}(0.5\text{с})}{U_{\text{пр}}} \cdot 100\%$$

При этом в теоретических моделях и при изучении спектральных характеристик ВП широко используется предельное значение поляризуемости при $t=0$. Это значение называют стационарной или асимптотической поляризуемостью, но иногда просто поляризуемостью.

С точки зрения помехоустойчивости более выгодно использовать интегральный параметр – осредненное значение напряжения по некоторому временному окну Δt – заряжаемость:

$$M = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} \frac{U_{\text{вп}}(t)}{U_{\text{пр}}} dt$$

Прямая и обратная задача электротомографии

Расчёт геофизического отклика от модели с известной геометрией и физическими свойствами называется решением прямой задачи. Обратный процесс, нахождения геометрии и физических свойств модели по наблюдаемым значениям, называется решением обратной задачи.

При решении прямой и обратной задачи (инверсии) в программе используется математический аппарат метода конечных элементов, дающий лучшие результаты по сравнению с сеточными методами [Dey&Morrison, 1979; Lowry et al, 1989]. При моделировании поля точечного источника среда разбивается сетью ячеек с различными

удельными сопротивлениями. Поведение потенциала внутри ячейки аппроксимируется линейной базисной функцией.

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

Поле точечного источника внутри двумерной среды имеет трехмерную структуру. Воспользовавшись преобразованием Фурье, решение задачи можно перевести в область пространственных частот.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) - \lambda^2 \sigma \phi = -I \delta(x) \delta(z)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} + \nu \cdot \phi = 0$$

где ϕ – значение спектрального потенциала, λ – пространственная частота, I – значение силы тока, σ – электропроводность среды, δ – дельта функция Дирака.

Последующее решение для набора пространственных частот и применение обратного Фурье преобразования к полученным значениям спектрального потенциала дает искомые значения потенциала точечного источника в узлах сетки [Xu et al, 2000].

$$U(x, y, z) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \phi(x, \lambda, z) \cos(\lambda \cdot y) d\lambda$$

Для решения обратной задачи (инверсии) также используется метод наименьших квадратов с регуляризацией. Регуляризация повышает устойчивость решения и позволяет получить более гладкое распределение сопротивления или поляризуемости в среде [Constable, 1987].

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

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

Главное окно программы

Общий вид программы показан на рисунке ниже. Окно состоит из заголовка, пунктов основного меню, иконок панели быстрого доступа, рабочей области и строки состояния.

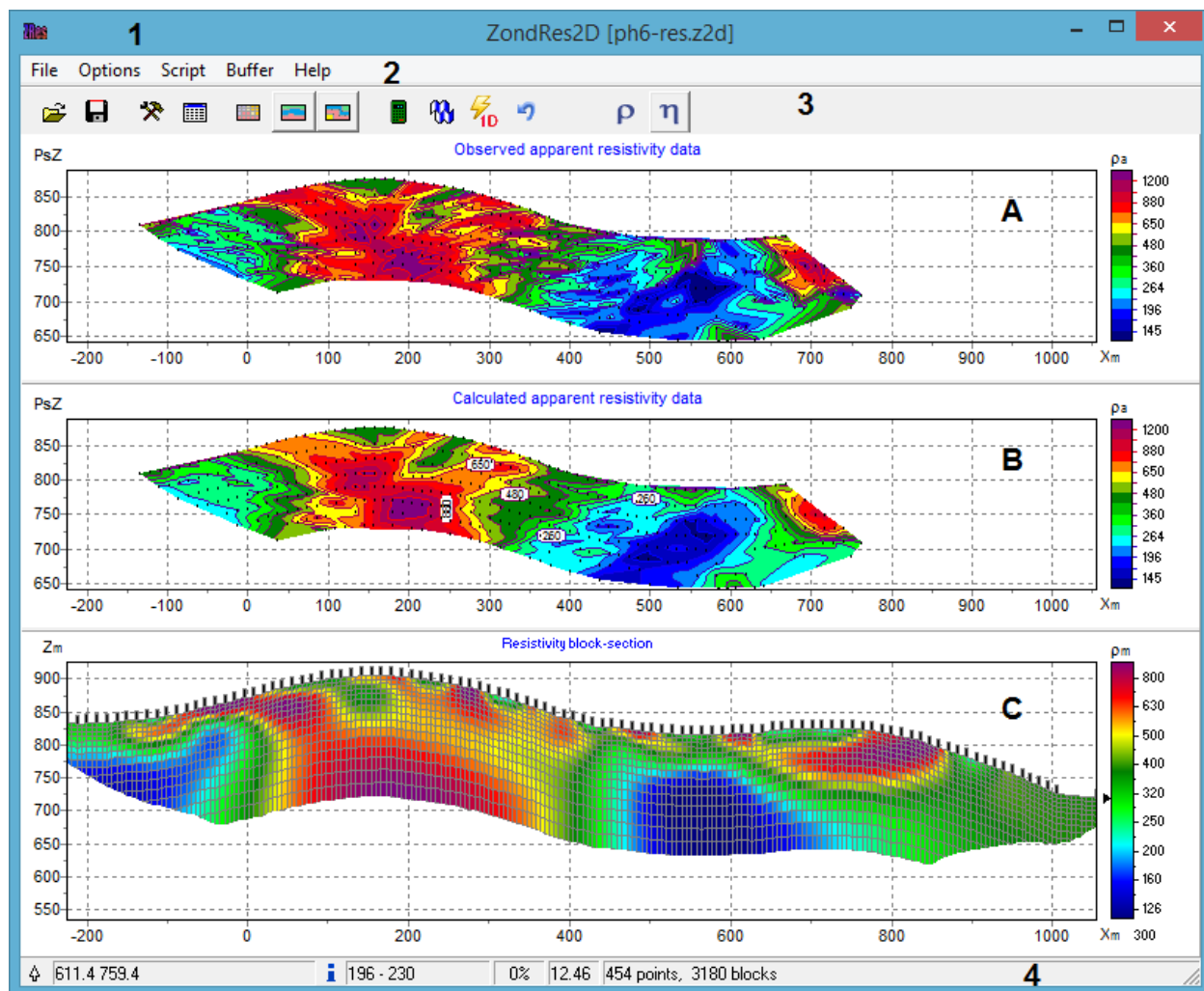













Рис. 1 Общий вид программы: 1 – заголовок окна, 2 – главное меню, 3 - панель быстрого доступа, А – полевые данные, В – расчетные данные, С – 2D модель, 4 - строка состояния

Панель быстрого доступа

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

	Открыть файл данных (возможна загрузка нескольких файлов).
	Сохранить файл данных.
	Вызвать диалог настройки параметров инверсии.

	Вызвать редактор измерений.
	Режим блочной модели.
	Режим произвольно слоистой модели.
	Режим полигонального моделирования.
	Запустить процедуру расчета прямой задачи.
 	Запустить процедуру инверсии или остановить (при повторном нажатии в режиме инверсии).
	Запустить процедуру одномерной инверсии.
	Отменить предыдущий шаг изменения модели среды.
	Перейти в режим интерпретации данных метода сопротивлений.
	Перейти в режим интерпретации данных метода вызванной поляризации.

Описание функций главного меню

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 главного меню и их назначение:

File	
File / Open file	Открыть файл данных или проекта (возможна загрузка нескольких файлов).
File / Import data from text/excel	Импортировать данные из произвольного (многоколоночного) текстового файла (или таблицы excel). Пользователю необходимо задать названия столбцов в первом ряду таблицы.
File / Save file	Вызвать диалог сохранения данных.
File / Edit file	Открыть, используемый программой файл данных, в редакторе Notepad.
File / Create synthetic	Вызвать диалог создания синтетической наземной системы

survey	измерений для моделирования. Можно выбрать параметры косы и одну из традиционных установок. Созданный протокол, может быть экспортирован в текстовой файл. Данный режим может быть полезен при планировании геофизических работ.
File / Create CBH survey	Вызвать диалог создания синтетической межскважинной системы измерений для моделирования. Можно выбрать параметры кос и одну из традиционных установок. Созданный протокол, может быть экспортирован в текстовой файл. Данный режим может быть полезен при планировании межскважинных измерений.
File / Change electrode array	Вызвать диалог смены системы измерений (используется в режиме моделирования). Геометрия расстановки (косы) не может быть изменена. Эта опция позволяет быстро получить отклик модели для разных типов установок.
File / Print preview	Вызвать диалог печати главного окна программы.
File / Recent	Последние используемые файлы.
File / Русский	Переход к работе с программой на русском языке.
File / English	Переход к работе с программой на английском языке.
File / Exit	Выход из программы.
Options	
Options / Quality control module	Перейти к окну контроля качества и редактирования исходных данных. Модуль контроля качества может быть использован для инспектирования и обработки данных. В модуле присутствует набор опций для автоматического и полуавтоматического анализа ошибок в данных. Не забудьте нажать кнопку app&exit или del&exit перед закрытием окна.
Options / Project information	Показать информацию о загруженном проекте. Эта информация может быть отредактирована.
Options / Mesh constructor	Вызвать конструктор сети для моделирования. Содержит набор опций для автоматического создания сети и тонких настроек для опытных пользователей.
Options / Data editor	Редактор измерений. Показывает все записи в виде таблицы.

	Может быть использован для удаления измерений из инверсии, просмотра индивидуальных распределений потенциала и чувствительности и т.д.
Options / Program setup	Основные настройки программы. Большинство настроек предназначены для инверсии.
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 / Geological editor	Построить интерпретационный (геологический) разрез, на геофизической основе. Используется полигональный интерфейс задания объектов.
Options / Inversion / 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 / 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: <i>Occam inversion, smoothness factor = 0.1..1</i> .
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. Рекомендуется использовать эту опцию при совместной инверсии с данными АМТЗ.
Options / Inversion / Optimization	Настройки параметров оптимизации инверсии.

Options / Inversion / Optimization / Display Process	Показать процесс оптимизации во время инверсии в отдельном окне. Работает только тогда, когда включена опция Line search.
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 – <i>smoothing factor</i> (начальное значение) и <i>factor</i> (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 <i>Smoothing factor</i> , и на каждый следующей, это значение делится на заданный пользователем коэффициент. <i>Smoothing factor</i> м.б. выбран автоматически, если выбрана опция около поля ввода <i>Smoothing factor</i> (во вкладке Model в Program 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 инверсии.
Options / Inversion / Norm / Automatic sres scale	Для межскважинных, и некоторых наземных установок, значения кажущегося сопротивления могут быть отрицательными. В этом случае, невозможно применить логарифмическую норму к данным (но можно к модулям). Для таких случаев, в программе используется псевдологарифмическая норма, требующая задания линейно-логарифмического коэффициента (должен быть близок к уровню шума). Если задать значение -1, выбор коэффициента будет производиться автоматически. Функция становится активна тогда, когда в файле использован ключ sres (вместо res).
Options / Inversion / Norms / Automatic IP pseudolog scale	По умолчанию, программа использует псевдологарифмическую норму для данных ВП. Если автоматический выбор линейно-логарифмического коэффициента отключен, его необходимо задать (что-то около фоновое значения ВП). Значение -1 автоматический поиск, значение * линейная норма ВП.
Options / Inversion / Resolution	Набор параметров по увеличению разрешающей способности инверсии. Опция позволяют увеличить влияние малочувствительных ячеек и уменьшить – высокочувствительных (околоэлектродных). Тем самым увеличивается разрешение, т.е. возможность обнаружить более мелкие объекты на глубине. Следует с осторожностью использовать эти опции.
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 / Incomplete G-N	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 доступны для этого метода.

	Данный метод не рекомендуется.
Options / Inversion / Method / NLPCG	Использовать нелинейный метод сопряженных градиентов. Данный метод позволяет существенно экономить память, но сходимость медленнее. Данный метод не рекомендуется.
Options / Inversion / <i>Smoothness</i>	Этот набор опций по управлению гладкостью и сглаживающим оператором. Они могут сильно влиять на результат инверсии. Относятся ко второму члену функции цели $C^C(m-m_0)$.
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 <i>Smoothing factor</i> . Работает в случае инверсии <i>Occam</i> и <i>Focused</i> .
Options / Inversion / Smoothness / 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 <i>Smoothing factor</i> . Работает в случае инверсии <i>Occam</i> и <i>Focused</i> . Это наилучший вариант при использовании <i>focused inversion</i> или инверсия с априорными границами.
Options / Inversion / Smoothness / 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 <i>Smoothing factor</i> . Работает в случае инверсии <i>Occam</i> и <i>Focused</i> . Для <i>focused inversion</i> иногда может не давать желаемый результат (кусочно-постоянную модель).
Options / Inversion / Smoothness / Natural smoothness	Сглаживающий оператор строится с учетом реальной геометрии сети модели. Обычно, это позволяет получать более гладкие результаты инверсии.
Options / Inversion /	Поиск среднего значения параметров опорной модели m0 в

Smoothness / Average window	окне, $Smoothness=median$.
Options / Inversion / Smoothness / Diagonal flatness filter	Диагональное сглаживание при инверсии. Используйте эту опцию, если в разрезе присутствуют наклонные структуры.
Options / Inversion / Cross-gradient / Pushing factor	Главный параметр совместной инверсии, контролирующей степень близости образов (минимум кросс-градиента) моделей для двух методов. Обычно выбирается методом проб и ошибок в диапазоне 0-1000. При нулевом значении, модели подбирается полностью независимо. Большие значения параметра могут являться причиной невязки по одному или двум методам. Балансировать невязками можно, задавая веса соответствующих методов.
Options / Inversion / Cross-gradient / Off-layers num	Очень часто верхняя часть разреза сильно неоднородна и различна для разных геофизических методов. В этих случаях следует исключить несколько слоев из оператора кросс-градиента. Верхняя часть при этом будет свободна в изменениях.
Options / Inversion / Cross-gradient / MinMax range	Задать диапазон изменения параметров для второго метода участвующего в совместной инверсии.
Options / Inversion / Cross-gradient / CC criteria	Использовать критерий общей корреляции двух моделей для совместной инверсии. Значения <i>pushing factor</i> в случае выбора этого алгоритма должны быть в диапазоне 0-2.
Options / Inversion / Cross-gradient / Seismic data	Выбор данных сейсморазведки для совместной инверсии. При выборе этой опции, в подразделе меню появляется пункт Background V off, который включает режим, при котором минимизируется значение кросс-градиента не для скоростей, а для их аномальной составляющей(за вычетом фона).
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-	Выбор данных ВП для совместной инверсии. Совместная

gradient / IP data	инверсия с данными ВП позволяет получить лучшую корреляцию аномалий на разрезах.
Options / Inversion / Cross-gradient / BG image	Выбор изображения подложки в качестве основы для совместной инверсии. Рекомендуется использовать изображения в градации серого.
Options / Inversion / Invert only visible graphs	Инвертировать только видимые графики. Отключите графики из легенды, если хотите, чтобы они не участвовали в инверсии. Работает только тогда, когда включен режим графиков.
Options / Inversion / <i>Static shifts</i>	Автоматическая коррекция гальванических сдвигов на приемных (Suppress P-static shift) или на питающих (Suppress C-static shift) при инверсии. Гальванический сдвиг моделируется программой, как добавка к логарифму значения. Следует задать максимальное значение модуля сдвига, в соответствии с реальным распределением данных. Рекомендуется включить подбор гальванических сдвигов, после 3-4 итераций инверсии без гальванических сдвигов.
Options / Inversion / Static shifts / Not suppress	Инверсия без подавления Р/С эффектов.
Options / Inversion / Static shifts / Suppress P static shift. Max	Инверсия с подавлением Р эффекта на приемных электродах
Options / Inversion / Static shifts / Suppress C static shift. Max	Инверсия с подавлением С эффекта на питающих электродах.
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 электродов не превышает 5000.
Options / Inversion / Underwater options	Настройки для работы с акваторными данными.
Options / Inversion / Underwater options /	Задать сопротивление воды.

resistivity	
Options / Inversion / Underwater options / invert	Включить опцию подбора сопротивления воды при инверсии.
Options / Inversion / Underwater options / sublayers numbers	Установить количество подразбиений для водного слоя (5-10).
Options / Data / Apparent resistivity	Изображать значения кажущихся сопротивлений.
Options / Data / Resistance (V/I)	Изображать значения нормированных сигналов (В/А).
Options / Data / Pseudo-section	Изображать рассчитанные и наблюдаемые данные в виде псевдоразреза.
Options / Data / Graphics-plot	Изображать рассчитанные и наблюдаемые данные в виде графиков.
Options / Data / Vertical axis / PsZ	Отображение на вертикальной оси псевдоглубины.
Options / Data / Vertical axis / Spacing	Отображение на вертикальной оси разноса.
Options / Data / Calculated data	Отобразить во второй секции рассчитанный псевдоразрез.
Options / Data / Data misfit	Отобразить во второй секции псевдоразрез относительных невязок.
Options / Data / Data weights	Отобразить во второй секции псевдоразрез весов измерений.
Options / Data / Iso-CC graphics	Способ построения плана графиков, в котором каждый из графиков соответствует определенному положению питающей линии (электрода).
Options / Data / Iso-psZ graphics	Способ построения плана графиков, в котором каждый из графиков соответствует определенной псевдоглубине (коэффициенту установки).
Options / Data / Iso-PP graphics	Способ построения плана графиков, в котором каждый из графиков соответствует определенному положению приемной линии (электрода).

Options / Data / Display / Display every 1 point	Отображать каждую N точку псевдоразреза. Данная опция используется при больших объемах измерений(>3000).
Options / Data / Display / Forward array	Отображать данные для прямых установок.
Options / Data / Display / Backward array	Отображать данные для обратных установок
Options / Data / Display / Error gates	Показывать ошибки измерений в виде доверительных интервалов на графиках
Options / Data / U/AB/MN norming	Устанавливает дополнительную нормировку на длины приемной и питающей линии (при включенной опции Data/Resistance). Этот вариант удобен если размер приемной линии меняется в широких пределах.
Options / Data / G-Res plot	Построить зависимость сопротивления(нормированного сигнала) от коэффициента установки (используется для скважинных измерений, где другие способы представления данных невозможны).
Options / Model / Block-section	Изображать модель в виде блоков.
Options / Model / Smooth-section	Изображать 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 / Model quality	Изображать функцию качества модели (чувствительность, нормированная на невязку подбора модели).
Options / Model / DOI index	Специальный алгоритм оценки глубины исследования DOI index. Он основан на двух циклах инверсии с различными опорными моделями. Параметр DOI характеризует влияние тех или иных частей модели на данные. Большие значения говорят о том, что доверять этой части модели уже не следует. Большие значения DOI в первом слое модели

	указывают на слишком малый размер ячеек по сравнению с разрешением установки. Алгоритм активен только тогда, когда выбрана опция <i>Contour-section</i> . Благодаря этой опции можно оценить минимальные размеры объекта на той или иной глубине, которым можно доверять. Для этого после расчета индекса нажимается кнопка A на клавиатуре.
Options / Model / DOI as transparenсe	Наложить профиль прозрачности, как функцию параметра DOI на геоэлектрический разрез. Для этого нужно вначале рассчитать DOI index перейти в Options / Model / Resistivity и Options / Model / Smooth-section тогда во вкладке Model появится DOI as transparenсe.
Options / Model / X:Z=1:1scale	Установить равными горизонтальный и вертикальный масштабы отображения модели.
Options / Model / ModelEditor 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 / Strike	Устанавливает направление геоэлектрического страйка. Обычно он такой же, как и геологический. Используется если профиль проложен не вкрест простирания пород. 0 – если профиль лежит вкрест простирания пород.
Options / Topography / Import topography	Загрузить данные о топографии профиля из текстового файла (две колонки x и y).
Options / Topography / Remove topography	Удалить данные о топографии профиля. Используется для тестовых целей.
Options / Topography / Restore topography	Вернуть ранее удаленные данные топографии, если они, по какой-то причине, удалены.
Options / Topography / Edit topography	Редактировать данные о топографии профиля в режиме таблицы. Топография может быть скопирована из таблицы

	excel.
Options / Topography / Smooth topo	Выполнить операцию усреднения высот соседних пикетов. Помогает получить более плавную топографию вдоль профиля.
Options / Topography / Set by mouse	Установить топографию профиля с помощью мыши. Данный режим очень сходен с добавлением априорной границы.
Options / Topography / Splined intermediate	Если опция включена, для расчета превышений промежуточных узлов используется сплайн-интерполяция, иначе линейная. Опция работает при наличии топографии в проекте.
Options / Topography / X factor	Умножить все горизонтальные координаты (дистанции) системы измерений на заданный пользователем коэффициент.
Options / Topography / Reverse Line	Развернуть профиль на 180°.
Options / Topography / Shift Line	Сдвинуть косу и топографию на заданную величину (м).
Options / Import/Export / 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 / Model parts / Save selection	Сохранить выделенную часть модели в текстовый 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 текстовый файл.
Options / Import/Export / Model parts / Load 1d log	Импортировать и встроить 1D модель в текущую.
Options / Import/Export / Background image	Набор опций для управления подложкой.
Options / Import/Export / Background image /	Загрузить подложку следующих форматов: bmp, png, sgy, sec. Формат sec внутренний формат Zond , содержит

Load image	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 background	Сохранить подложку в графический файл.
Options / Import/Export / Save synthetic with noise	При сохранении модельных данных, добавлять заданный пользователем уровень шума.
Options / Import/Export / Export to Excel / Model	Сохранить текущую модель в таблицу Excel.
Options / Import/Export / Export to Excel / Data levels	Сохранить текущие данные в таблицу Excel.
Options / Import/Export / Import RAW data / COMx64, POLARES	Импортировать данные измерений комплексом Mery/COMx64.
Options/Import/Export/ Import RAW data / ELECTROTEST	Импортировать данные измерений комплексом ELECTROTEST.
Options / Import/Export / Import RAW data / ERAMULTIMAX	Импортировать данные измерений комплексом ERA-MULTIMAX.
Options / Import/Export / Load MOD1D/2D and ZondIP1D	MOD1D/2D внутренние форматы Zond . Они позволяют обмениваться моделями между программами или проектами. Импортированная модель будет встроена в текущую.
Options / Import/Export / Save MOD1D/2D file	Сохранить модель в формате MOD1D/2D для дальнейшего использования в других интерпретационных программах Zond
Options / Import/Export / Export model to CAD	Экспортировать модель (контурный разрез в векторном представлении) в файл формата DXF (Autocad).

(DXF)	
Options / Import/Export / Export model to geosoft	Экспортировать текущую модель в формат программы geosoft.
Options / Import/Export / Export model to SEG-Y	Экспортировать текущую модель в сейсмический формат программы seg-y.
Options / Import/Export / Convert to VES (ZondIP1D)	Если данные электротомографии, содержат элементы 1D зондирований, их можно выделить и экспортировать в zlf (zondip1d) файл. Диалог предлагает выбрать установку и параметры зондирований.
Options / Import/Export / Convert to 3D (ZondRes3D)	Конвертировать набор 2D файлов (z2d) в один файл Z3d (zondres3d). Z2d файлы должны быть текстовыми. XY координаты начала и конца линии задаются в таблице 3D fence diagram.
Options / Import/Export / Direct drawing in Surfer	Построить текущую модель в Surfer. Построение возможно из режима <i>Contour section</i> . Могут быть проблемы, если установлены 2 версии Surfer или не установлены библиотеки обмена.
Options / Cutting / Cutting angle	Набор опций для обрезки тех частей разреза, чувствительность измерений к которым мала. Как правило, форма результирующего разреза, должна быть близка к форме псевдоразреза и угол обрезки зависит от типа установки. Настройка не применима к межскважинным данным.
Options / Cutting / Group cutted of cells	Объединить ячейки в области отсечения в 1D слои для инверсии.
Options / Cutting / No cutting	Не обрезать разрез.
Options / Cutting / Cut by angle	Обрезать края модели с заданным углом.
Options / Cutting / Cut by sensitivity	Контур обрезки строится в зависимости от заданного порогового уровня чувствительности. Пороговый уровень задается в процентах от максимальной чувствительности.
Options / Cutting / Extend bottom	В случае, когда задана топография профиля и коэффициент дисторсии топографии <1, опция продлевает последний

	слой модели до нижней части секции модели.
Options / Cutting / Pseudo section bounded	Обрезать разрез по минимальным и максимальным горизонтальным координатам псевдоразреза.
Options / Cutting / Write points out of cut	Если выбрана эта опция, то в текстовый XYZ файл будет экспортирована вся модель, иначе, только видимая область.
Options / Borehole / 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.
Options / Borehole / Set column width	Задать ширину литологической колонки при изображении на разрезе (в процентах от длины профиля).
Options / Extra / Model smooth/raster	Этот инструмент позволяет сгладить всю или часть модели или сгруппировать ячейки в блоки. Опция может быть полезна, если необходимо сгладить верхнюю сильно гетерогенную часть разреза или для инверсии типа «blocks».
Options / Extra / IP units	Выбор единиц измерения ВП – в процентах или мВ/В (различаются в 10 раз).
Options / Extra / Potential& sensitivity in model	Настройки изображения потенциала и чувствительности в окне модели. Текущее измерение выбирается в таблице data editor.
Options / Extra / Potential& sensitivity in model / Potential isolines	Включить режим отображения изолиний потенциала для положения питающей линии. Текущее измерение выбирается в таблице редактора данных, который появляется после нажатия этой опции.
Options / Extra / Potential& sensitivity in model / Sensitivity isolines	Включить режим отображения изолиний чувствительности для каждого измерения. Текущее измерение выбирается в таблице редактора данных, который появляется после нажатия этой опции.
Options / Extra / Potential&	Включить режим отображения контуров чувствительности

sensitivity in model / Sensitivity contours	для каждого измерения. Текущее измерение выбирается в таблице редактора данных, который появляется после нажатия этой опции.
Options / Extra / Display Rho&IP together	Показывать изолинии поляризуемости поверх модели сопротивлений или наоборот изолинии сопротивления поверх модели поляризуемости.
Options / Extra / Extra isoline color settings	Вызвать диалог настройки изолиний второго параметра для предыдущей опции.
Options / Extra / Resistivity & IP summary plot	Вызвать окно с изображением модели сопротивления и поляризуемости.
Options / Extra / Resistivity & MF summary plot	Вызвать окно с изображением модели сопротивления и метал-фактора.
Options / Extra/ Monitoring summary	Построить суммарный разрез мониторинга (среднее значение и процент изменения) в отдельном окне. Открывает в отдельном окне два разреза: 1. Разрез среднего значения параметра. 2. Разрез изменения этого параметра в процентном соотношении. Так же в этом окне можно сохранить/распечатать получившиеся разрезы в формате bmp/png. Помимо этого есть возможность экспортировать эти разрезы в программу Surfer.
Options / Extra / Model&Data histograms	Показать график распределения кажущихся параметров и истинных параметров модели.
Options / Extra / Before loading	Для выполнения указанных ниже команд в разделе меню Extra, их необходимо активировать до открытия файла данных.
Options/Extra/ Before loading / Open in modeling mode	Открыть файл данных в режиме моделирования (наблюдаемые значения отображаться не будут).
Options / Extra / Before loading / Include extended nodes	Добавляет дополнительные узлы по краям модели. Это может быть полезно для межскважинных измерений.
Options / Extra / Before loading / Round position to *	Эта опция служит для уменьшения количества уникальных позиций электродов на профиле. Обычно используется, если питающий и приемный кабель разнесены. Нужно очень

	осторожно задавать значение этого параметра (обычно это минимальный разнос), особенно если положения электродов заданы в системе UTM.
Options / Extra / Before loading / Remove duplicates	Если файл данных содержит повторные измерения, они будут удалены.
Options / Extra / Before loading / Average duplicates	Если файл данных содержит повторные измерения, они будут усреднены.
Options / Extra / Array converting	Содержит опции для конвертации трех электродных установок в четырех электродные и работы с “бесконечностью”.
Options / Extra / Array converting / Convert AMN&MNB → AMNB	Пересчитать данные прямой и встречной трехэлектродных установок в данные четырехэлектродной установки – установку Шлюмберже, если это возможно.
Options / Extra / Array converting / Convert AMN&MNB → AMNA	Конвертировать встречные трехэлектродные установки в аномальную симметричную установку AMNA, если это возможно. Данная установка принадлежит классу установок для метода чистых аномалий и лишена влияния вмещающей горизонтально слоистой среды. Она очень чувствительна к локальным, особенно приповерхностным объектам, знакопеременна и не позволяет рассчитать кажущееся сопротивление. Инверсию, к таким данным, следует применять, как уточняющуюся на базе начальных моделей, полученных с традиционными установками, для получения лучшего разрешения локальных объектов.
Options / Extra / Array converting / Remote electrodes to infinite	Если измерения проведены с электродами “на бесконечности”, координаты которого заданы, то после применения этой опции этот электрод будет считаться идеально бесконечным.
Options / Extra / Array converting / Edit remote electrodes position	Эта опция позволяет изменить координаты электродов “на бесконечности”.
Options / Extra / Remove data with big misfit	Удалить данные, имеющие невязку выше заданного уровня. Предваряющую фильтрации инверсию, следует запускать с включенной опцией robust reweighting scheme.

Options / Extra / Get synthetic for big misfit	Заменить данные, имеющие невязку выше заданного уровня, синтетическими (рассчитанными) данными. Предваряющую фильтрации инверсию, следует запускать с включенной опцией robust reweighting scheme. Не рекомендуется.
Options / Extra / Display electrode RMS	Показывает значение относительной невязки для каждого электрода.
Options / Extra / Misfit in percentage	Отображать ошибку в процентах. Обычно средняя невязка отображается в процентах. Но для некоторых типов измерений (межскважинный, ВП) нагляднее использовать абсолютную невязку.
Options / Extra / EM coupling removal	Если для измерений использован относительно высокочастотный режим измерений (обычно для бесконтактных систем 10-20kHz), данные можно привести к нулевой частоте, используя эту опцию.
Options / Graphics / Observed graphics	Вызвать диалог настройки параметров графиков наблюдаемых данных.
Options / Graphics / Calculated graphics	Вызвать диалог настройки параметров графиков рассчитанных данных.
Options / Graphics / Data X (4-electrodes)	Этот набор опций позволяет выбирать вариант расчета горизонтальной координаты (псевдоразреза) точки измерения для четырехэлектродной установки. Набор опций включает в себя автоматический расчет горизонтальной координаты – « Auto », случай, когда горизонтальная координата находится в центре, между приемными электродами – « M-O-N » и случай когда горизонтальная координата находится между питающими и приемными диполями – « AB-O-MN ».
Options / Graphics / Data X (3-electrodes)	Этот набор опций позволяет выбирать вариант расчета горизонтальной координаты (псевдоразреза) точки измерения для трехэлектродной установки. « (A+M)/2 » - первый случай, когда горизонтальная координата находится в центре между питающим электродом А и приемным М. « (M+N)/2 » - второй случай, когда горизонтальная


	координата находится в центре между приемными электродами М и N.
Options / Graphics / Perpendicular array	Специальный вариант изображения данных электроразведочных установок, для измерений параллельно простиранию геологических структур (перпендикулярно профилю). Таким вариантом может быть случай, когда зондирования ВЭЗ выполняются в крест профиля.
Options / Graphics / Smooth contours	Сглаживать контуры модели в соответствующем режиме отображения (<i>Contour section</i>).
Options / Graphics / Smoothness	Степень гладкости разреза. Чем больше параметр сглаживания, тем более гладкий разрез.
Options / Graphics / Alternative smooth	Альтернативный путь построения контурного разреза. Дает более блочную структуру. Работает медленнее обычного варианта.
Options / Graphics / Copy pseudo colors to model	Копировать настройки цветовой шкалы из псевдоразреза в 2D модель.
Options / Graphics / High quality isolines	Рисовать сглаженные изолинии в высоком качестве. Из-за низкой скорости рекомендуется использовать на окончательной стадии получения графики.
Options / Graphics / Bitmap out put settings	Вызвать диалог настройки параметров графического изображения при экспорте.
Options / Graphics / Axis behind	Рисовать сетки осей до или после изображения разреза.
Options / MT data / Load MT data	Загрузить MT-данные. Оба текстовых формата m2d (zondmt2d) и mdf (zondmt1d) могут быть импортированы для проведения совместной инверсии. Координаты станций (дистанции, км) должны быть в той же системе, как и текущая модель.
Options / MT data / Invert MT data	Включить MT данные в совместную инверсию с данными метода сопротивлений.
Options / MT data / Components	Выбрать какие компоненты (ТМ, ТЕ, типпер или эффективный импеданс) магнитотеллурического поля будут участвовать в инверсии.

Options / MT data / Components / TM inversion	Выбрать ТМ моду для совместной инверсии.
Options / MT data / Components / TE inversion	Выбрать ТЕ моду для совместной инверсии
Options / MT data / Components / Tipper inversion	Выбрать типпер для совместной инверсии
Options / MT data / Components / DET inversion	Выбрать эффективный импеданс для совместной инверсии
Options / MT data / Show MT plot	Показать окно с МТ-данными.
Options / MT data / With static shift	Автоматическая коррекция гальванических сдвигов МТ данных при инверсии. Гальванический сдвиг моделируется программой, как добавка к логарифму значения. Следует задать максимальное значение модуля сдвига, в соответствии с реальным распределением данных. Рекомендуется включать подбор гальванических сдвигов, после 3-4 итераций инверсии без коррекции гальванических сдвигов.
Options / MT data/ Set weight of MT	Задать вес МТ-данных. Вес позволяет увеличить или уменьшить относительную невязку метода.
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, м) должны быть в той же системе, что и текущая модель.
Options / Seismic data / Show SRT plot	Показать окно с сейсмическими данными.
Options / Seismic data / Invert SRT data	Включить сейсмические данные в совместную инверсию для режима 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 / GraviMagnetic / 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.
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 / Substract median grav	Вычесть медиану из гравитационных наблюдений для получения аномального поля.
Options / GraviMagnetic / Substract median mag	Вычесть медиану из магнитных наблюдений для получения аномального поля.
Options / GraviMagnetic / Inversion	Инвертировать данные грави и магниторазведки в полигональном режиме.
Options / GraviMagnetic / Invert gravity	Устанавливает нужно ли инвертировать данные гравиразведки в режиме произвольно слоистой модели.
Options / GraviMagnetic / Invert magnetic	Устанавливает нужно ли инвертировать данные магниторазведки в режиме произвольно слоистой модели.
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).

Script	
Эта опция необходима для пакетной обработки нескольких файлов. Вначале происходит запись и обработка одного файла, затем запись останавливается и сценарий применяется ко всем остальным файлам.	
Script / Start recording script	Начать запись скрипта. Нужно нажать до открытия нового файла.
Script / Stop recording script	Закончить запись скрипта. После обработки.
Script / Run packet processing	Выбрать список файлов для пакетной обработки с записанным скриптом.
Script / Save script file	Сохранить текущий скрипт в текстовой файл.
Script / Load script file	Загрузить скрипт из файла.
Script / <i>Preset</i> / Stable 1	Предустановленный скрипт. Пошаговая стратегия для получения устойчивых результатов, даже для данных очень низкого качества. В первом цикле используется инверсионные ячейки размером 8x8, в каждом следующем цикле используется модель, полученная на предыдущем, и размер ячейки уменьшается.
Script / <i>Preset</i> / PC-suppress	Предустановленный скрипт. Специальный алгоритм для подавления Р/С эффектов в наблюдаемых данных. Его следует применять, только если данные сильно искажены.
Buffer	
Buffer	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. Это может быть полезно для сравнения результатов инверсии с различными настройками
Help	
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 bing api key.
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 Rho&IP	Совместная инверсия данных метода сопротивлений и ВП в рамках единой геометрии слоев.
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.


Помимо этого, при переходе в режим «произвольно слоистой модели» во вкладке опции появляется возможность работы с методом становления в ближней зоне (ЗСБ) и частотным зондированием (ЧЗ).

Options / TDEM data / Load TDEM data	Для импорта данных используется текстовые TDF (<i>zondtem1d</i>) и USF (<i>universal sounding format</i>). Координаты (дистанции, м) должны быть в той же системе, что и текущая модель. Совместная инверсия поддерживается только в режиме «произвольно слоистой модели».
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.

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

Modeling / Get values from mesh	Присвоить значения параметров полигонам автоматически. Это значение будет равно среднему значению всех попадающих ячеек модели внутри полигона.
Modeling / Set values to mesh	Встроить полигональную модель в сеточную.
Modeling / Save polygons	Сохранить полигоны в текстовой файл.
Modeling / Load polygons	Загрузить полигоны из текстового файла.
Modeling /	Удалить заданные пользователем полигоны.

Remove all polygons	
Modeling / Display color scale	Показывать цветовую шкалу рядом с разрезом.
Modeling / Colors from color scale	Назначить цвета полигонам в соответствии с цветовой шкалой.

Помимо этого, при переходе в режим «полигонального моделирования»  во вкладке опции появляется возможность работы с методом естественного поля (ЕП).

Options / Self potential / Load SP data	Загрузить данные ЕП. Для импорта данных используется очень простой текстовый файл, содержащий четыре столбца точки записи: 1) точка записи (метры), 2) положение электрода М (метры), 3) положение электрода N (метры) 4) наблюдаемое значение разности потенциалов. Координаты (дистанции) должны быть в той же системе, что и текущая модель. Точка записи – центр между М и N для съемки градиента, координата подвижного электрода для съемки потенциала.
Options / Self potential / Remove SP data	Удалить данные ЕП из проекта.
Options / Self potential / Get SP from ERT	Извлечь данные ЕП из данных электротомографии. Достаточно часто файл с результатами электротомографии уже содержит значения ЕП.
Options / Self potential / Export to ZondSP2d	Экспортировать наблюдения методом естественного электрического поля в текстовый файл формата программы ZondSp2d. Помимо данных, экспортируется текущая модель сопротивлений в формате MOD2D.
Options / Self potential / Redox factor vs Z	Задать поведение потенциала определяющего фактора с глубиной.
Options / Self potential / Use polygons resistivity	Если эта опция включена, то при расчете ЕП будут использоваться значения сопротивлений полигонов, иначе сопротивления сеточной модели.
Options / Self potential / Invert redox factor	Подбирать функцию распределения источников ЕП с глубиной. Распределение зависит только от Z координаты.

	Тип проводимости должен быть установлен для каждого полигона. Тип проводимости (электронный или ионный) устанавливается в вызываемом окне Body parameters (двойной клик мыши на полигон). Если стоит галочка то выбрана электронная проводимость, иначе ионная.
Options / Self potential / Invert volume sources	Найти объемное распределение источников, внутри определенного, заданного пользователем полигона.
Options / Self potential / Remove volume sources	Удалить объемное распределение источников.
Options / Self potential / Display SP window	Показать окно с данными метода ЕП.

Строка состояния

Строка состояния расположена в нижней части рабочего окна программы и разделена на несколько секций, содержащих различную информацию:

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

“Горячие” клавиши

Курсорные клавиши /курсор в редакторе модели	Изменение активной ячейки модели.
Delete/курсор в редакторе модели	Вернуть параметр ячейки к изначально заданному значению для полупространства.
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, который выделяет близкие по значению ячейки.
V / курсор в редакторе модели	Удалить выделение.
Ctrl+C / курсор в редакторе модели	При нажатых клавишах с помощью мыши переместить выделенную область.
Вверх/вниз / курсор на цветовой шкале	Изменить текущее значение.
Space	Рассчитать прямую задачу.

Создание синтетической системы измерений

Систему наблюдений (измерений) можно задать двумя способами: выбрать ее непосредственно в программе или загрузить из созданного ранее файла данных (измерений). Следует отметить, что способ «Создание системы измерений в ZondRes2D» позволяет эффективно выполнять моделирование для установок с постоянным шагом между электродами, то есть для кос с постоянным шагом. Для выполнения моделирования с использованием произвольных систем наблюдения следует ознакомиться с разделом инструкции «Загрузка системы измерений из файла данных».

Создание наземной системы измерений в ZondRes2D

Для перехода к диалогу, содержащему набор настроек по выбору параметров электротомографической измерительной системы, можно воспользоваться опцией главного меню программы: **File / Create synthetic survey**.

С помощью вкладки **Settings** возможно создание конфигурации измерений с использованием любой установки из числа наиболее традиционных установок.

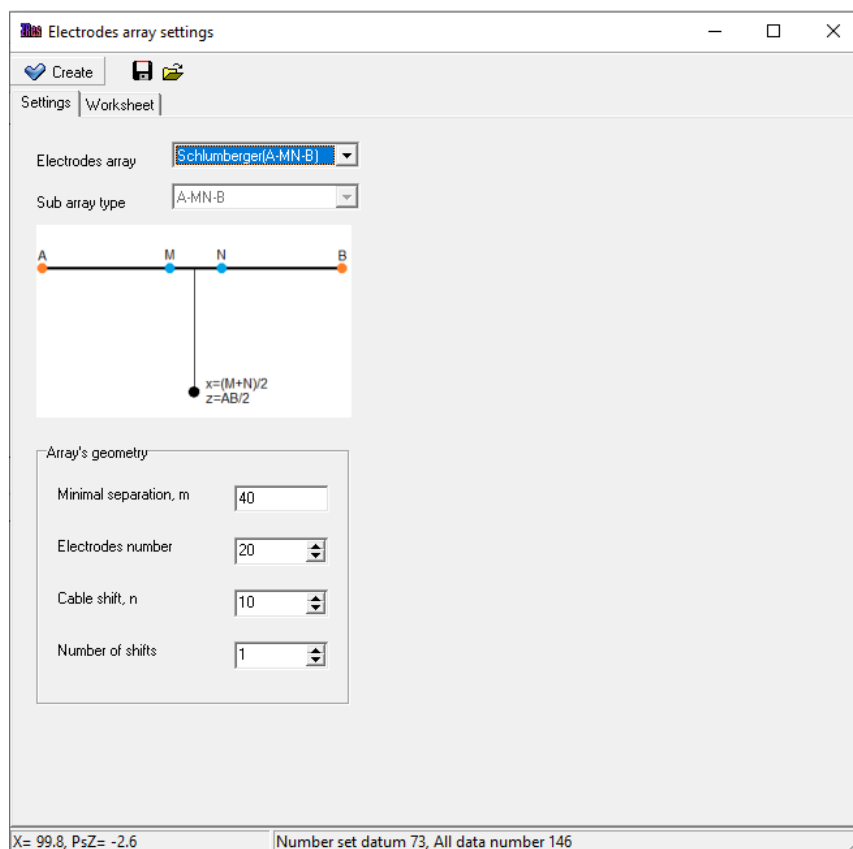


Рис. 2 Диалоговое окно «Electrodes array settings», вкладка «Settings» выбор типа и основных особенностей геометрии установки

В верхней части вкладки можно выбрать тип установки в выпадающем списке **Electrodes array**: двухэлектродная (Pole-Pole, A-M), трехэлектродная (Pole-Dipole, A-MN), дипольная (Dipole-Dipole, AB-MN), Веннера (Wenner, A-M-N-B), Шлюмберже (Schlumberger, A-MN-B) и градиентная (Gradient, A-MN-B). При этом в центральной части вкладки **Settings** будет появляться соответствующий рисунок установки:

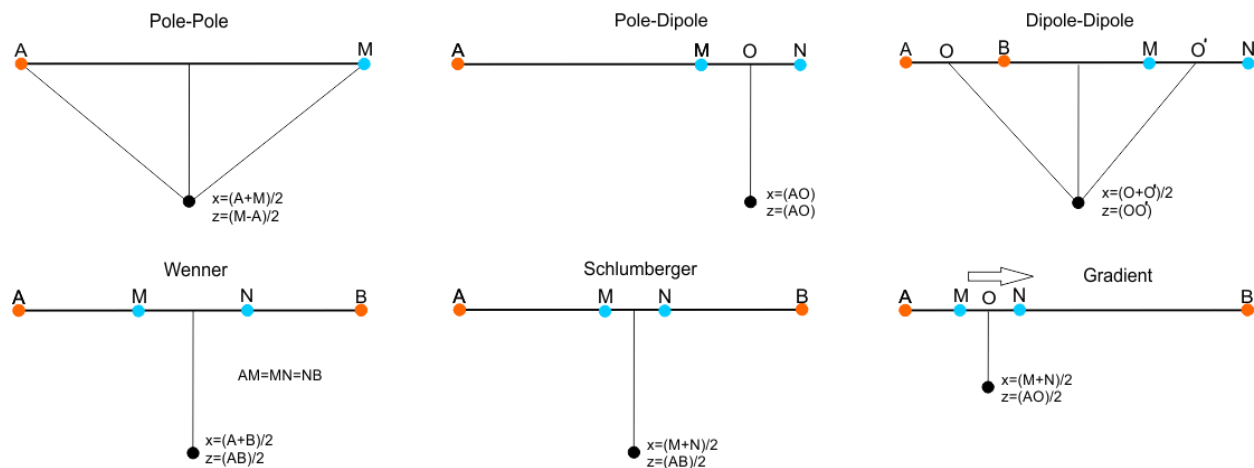


Рис. 3 Типы наиболее распространенных установок

Выпадающий список **Sub array type** позволяет выбрать подтип установки, определенной выше (порядок расположения электродов). Например, для трехэлектродной установки это прямая установка (Forward, A-MN), встречная (Reverse, MN-A) или их комбинация (A-MN&MN-A).

В нижней части вкладки **Settings** расположены настройки **Array's geometry**, которые определяют основные геометрические параметры создаваемой конфигурации измерений:

Minimal separation, m - минимальный шаг между электродами в метрах;

Electrodes number - количество электродов в одной расстановке (косе);

Cables shift, n - значение сдвига между соседними расстановками в единицах межэлектродного расстояния («**Minimal separation, m**»);

Number of shifts - количество сдвигов расстановки (косы) по профилю. Если в данной графе выбрать 0, то будет показана только одна расстановка косы.

Вкладка **worksheet** (см. рисунок ниже) позволяет более детально настроить геометрию системы наблюдений.

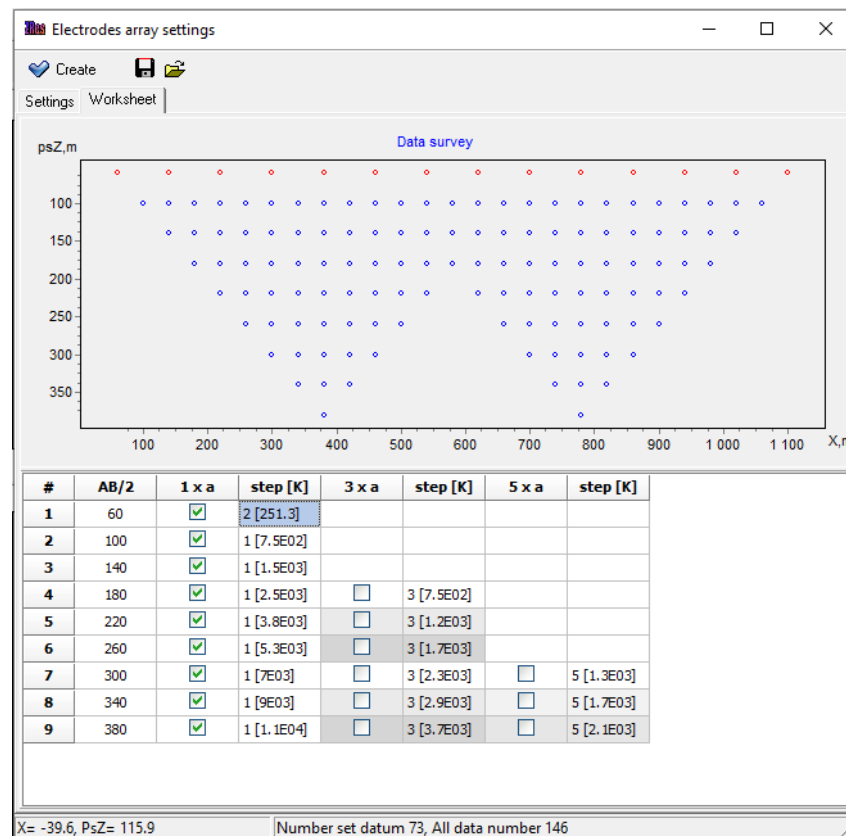



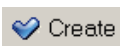
Рис. 4 Диалоговое окно «Electrodes array setting», вкладка «Worksheet», дополнительные особенности геометрии

В верхней части вкладки **Worksheet** расположено окно **Data survey**, которое содержит графическое изображение созданной конфигурации измерений. В окне **Data survey** схематически показано расположение точек записи в виде кружков. По горизонтальной оси показано расстояние вдоль профиля в метрах, а по вертикальной значение разноса установки в метрах. При наведении курсора на точку записи можно видеть номера электродов, соответствующих этой точке записи. Например, **C1C4P2P3** для установки **Schlumberger(A-MN-B)** означает, что для данной точки записи в качестве питающих (Current) электродов используются электроды **1** и **4**, а **2** и **3** в качестве приёмных (Potential).

В нижней части вкладки **Worksheet** находится таблица. В таблице первый столбец содержит все возможные значения разносов в метрах (**AO**, **OO**, **AB/2** или **AM/2** в зависимости от выбора типа установки). Включить тот или иной разнос в систему измерений можно с использованием столбца «**M**» для установки **Pole-pole(A-M)**. Для других установок включение разноса определяет столбец «**n x a**» (в), где **n** – нечётное число, например «**1 x a**» или «**5 x a**». Число «**n x a**» отображает длину приёмной линии, где «**a**» это «**Minimal separation, m**», то есть минимальное расстояние между электродами косы. Каждый последующий столбец «**step[K]**» после столбца «**n x a**» («**M**») определяет частоту (плотность) измерений для того или иного разноса. Значение **step** может задаваться вручную для каждого

разноса и определяет частоту (плотность) измерений, а значение **[K]** (геометрический коэффициент установки) рассчитывается автоматически. Например, если задать в столбце «**step[K]**» значение 3 для первой строчки (первого разноса), то измерения будут производиться на каждой третьей возможной точке. При этом в верхней части **Data survey** останется только каждая третья точка записи.

Конфигурацию измерений можно сохранить в форматах Syscal sequence (*.txt), ABEM sequence (*.xml), MAE sequence (*.sem), Multimax sequence (*.txt), AGI sequence (*.cmd) и MAE instrument (*.sem) с помощью кнопки  в левом верхнем углу диалогового окна.

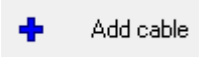
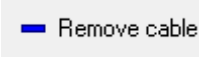
После настройки параметров измерительной установки и нажатия кнопки  появляется диалог настройки параметров сети **Mesh constructor**. В полях **Start resistivity** (и **Start polarizability**) можно установить удельное сопротивление (и поляризуемость) вмещающих пород. После нажатия кнопки **Apply** на панели инструментов главного окна программы активизируются функциональные кнопки для работы с данными, и в правой секции строки состояния появляется краткая информация о данных и модели (количество точек записи и ячеек 2D модели).

Сменить систему измерений, сохраняя модель неизменной, можно с помощью опции главного меню программы **File / Change electrodes array**, которая возвращает к диалогу создания системы измерений.

Создание межскважинной системы измерений в ZondRes2D

Для перехода к диалогу, содержащему набор настроек по выбору параметров межскважинной измерительной системы, можно воспользоваться опцией главного меню программы: **File / Create CBH survey**.

Во вкладке **Cables setup** (см. рисунок ниже) можно задавать геометрию косы мышкой на планшете XZ.

Добавляем косу кнопкой , задавая количество электродов и шаг между ними в метрах. Удаление косы выполняется кнопкой . Из выпадающего списка **Cable#** можно выбрать косу (или пару кос), с которой работает пользователь.

Правое нажатие кнопки завершает процесс создания косы на планшете.

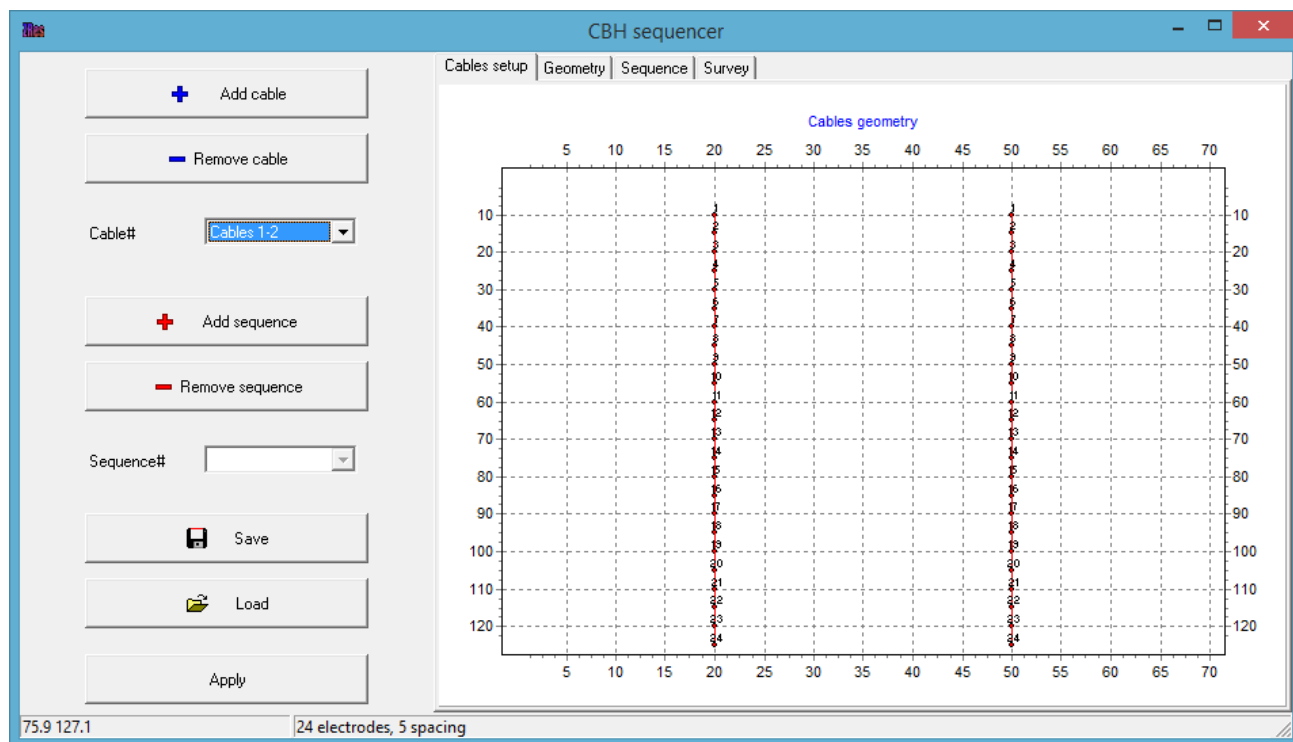


Рис. 5 Диалоговое окно «CBH Sequencer», вкладка «Cables setup»

Во вкладке *Geometry* (см. рисунок ниже) можно редактировать геометрию электродов в таблице.

Столбец Ind позволяет задать целочисленный индекс для каждого электрода.

Выбор в столбце rmt означает, что электрод считается «удалённым на бесконечность».

Галочка в столбце skr исключает данный электрод из косы при создании протокола.

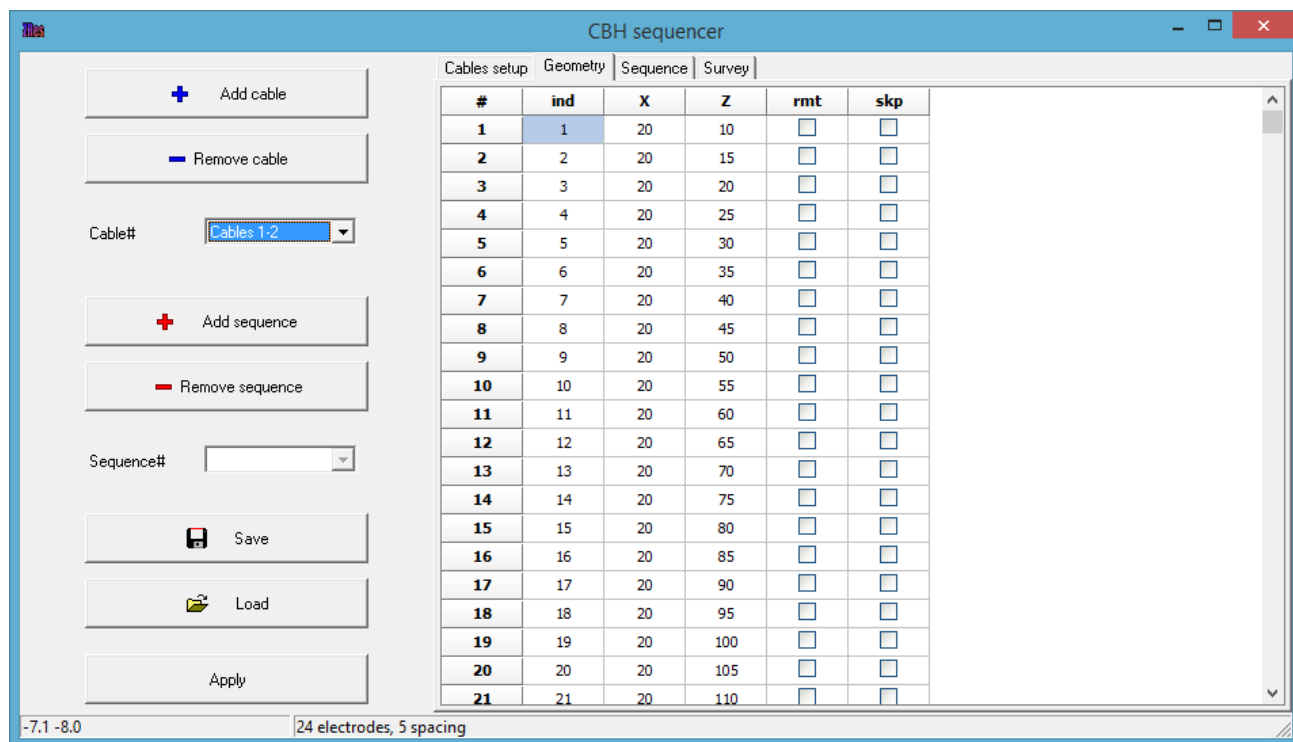


Рис. 6 Диалоговое окно «CBH Sequencer», вкладка «Geometry»

Вкладка *Sequence* (см. рисунок ниже) предназначена для создания протокола опроса. Выпадающий список **Array** и **Subarray** позволяет выбрать тип и подтип установки. Выпадающий список **Geometry** позволяет выбрать ориентацию диполей.

В поле **Filter** настраивается максимальный геометрический коэффициент (**MaxK**), минимальная и максимальная длина диполя (**MinDIP** и **MaxDIP**), проверка нестабильных значений (**Unstable check**). Нестабильными значениями называются те, для которых значения коэффициентов установки очень чувствительны к ошибкам в геометрии электродов.

Add reciprocity – добавить взаимные измерения для 2-х или 4-х электродной установки.

Нажимая на строчку в таблице, появляется окно **Array**, которое показывает положение электродов выбранной строки. Столбец **skip** позволяет исключить данный разнос.

Создание протокола для выбранной косы и установки выполняется кнопкой

+ Add sequence
 . Удаление -
 - Remove sequence
 текущего протокола. Для каждой косы (или пары кос) можно создать несколько протоколов с разными установками. Активная установка выбирается из выпадающего списка **Sequence#**.

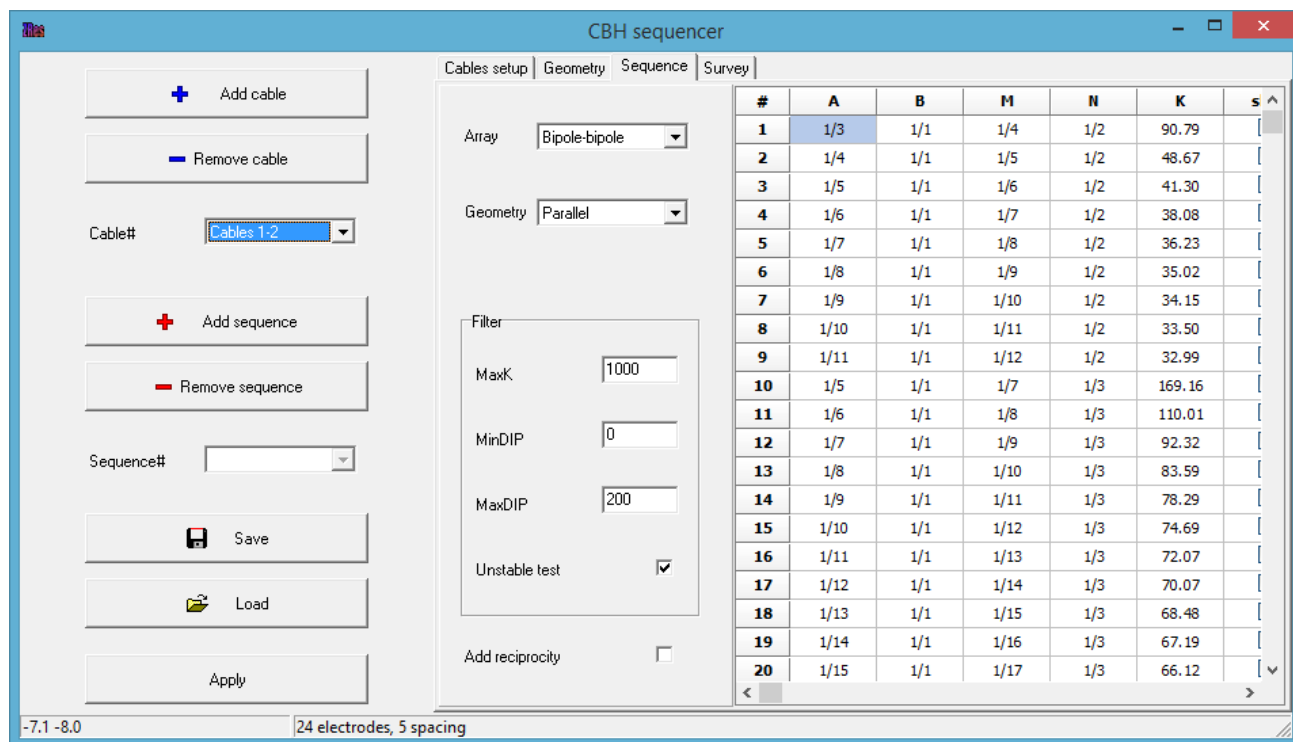



Рис. 7 Диалоговое окно «CBH Sequencer», вкладка «Sequence»

На вкладке *Survey* (см. рисунок ниже) визуализируется схема измерений. Протокол опроса можно сохранить кнопкой  Save в формате **Sequence project**, **ZondRes2D**, **MAE sequence**, **IRIS sequence**.

Протокол опроса можно загрузить  Load в формате **Sequence project**.

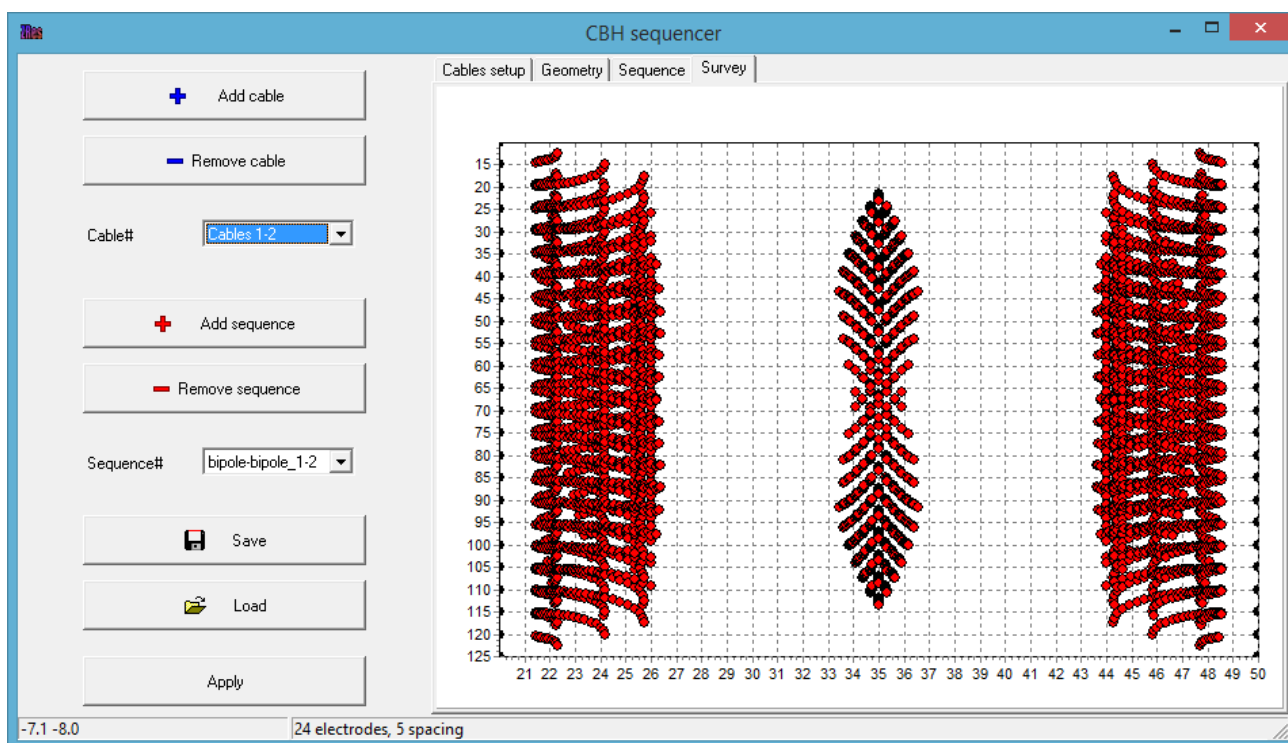


Рис. 8 Диалоговое окно «CBH Sequencer», вкладка «Survey»

Загрузка системы измерений из файла данных

Альтернативой созданию системы измерений является загрузка файла данных. В режиме «Open in modeling mode».

Перед открытием файла с измерениями необходимо перейти в режим моделирования: **Options / Extra / Before loading / Open in modeling mode**. Только после этого следует открыть файл данных через главное меню **File / Open file**. Опция дает возможность проводить моделирование именно для той системы измерений, которая используется при полевых исследованиях.

Сменить установку будет нельзя в меню **File / Change Electrodes array**, если перед открытием файла с измерениями был не выполнен переход в режим моделирования: **Options / Extra / Before loading / Open in modeling mode**.

Загрузка полевых данных из файлов

Поддерживаемые форматы

Для начала работы с программой **ZondRes2D** в режиме интерпретации необходим файл данных определенного формата, содержащий информацию о координатах электродов, топографии и результаты измерений.

Кроме собственного внутреннего формата «ZondRes2D» также поддерживает наиболее популярные форматы данных: RES2DINV (Geotomo Software, M.H. Loke, Malaysia), SENSINV2D (Geotomographie, T. Fleschner, Germany), ABEM (Sweden), AGI (Advanced Geosciences, Inc., USA), Syscal (IrisInstruments, France), ProfileR (Lancaster Environment Centre, A. Binley) и другие. В программе реализована и возможность импорта текстового файла данных произвольного табличного формата (Опция File/Import from text excel). При вызове пункта меню «**File / Open file**» будет предложено выбрать формат файла:

Zond data file[* .z2d]	Открыть файл данных или файл проекта формата Zond.
ProfileR data file [* .in]	Открыть файл данных формата программы ProfileR.
ABEM/AGI/SYSCAL text file	Открыть файл данных формата ABEM/AGI/SYSCAL.
Res2dInv [* .dat], ARES	Открыть файл данных формата программы Res2dInv.
Sens2dInv [* .gem, * .imp, * .sen]	Открыть файл данных формата программы Sens2dInv.
Zond1d file conversion [* .zlf]	Импортировать данные из файла формата Zond-IP 1D.
Program configuration [* .cfg]	Открыть файл с параметрами программы.
Omega-48 data files	Открыть файл данных формата Prosys (* .txt).
Skala-48/64 csv files	Открыть файл данных формата Скала-48/64.
SmartTEM-24 file [* .ip]	Открыть файл данных формата Smart TEM-24.
GDD instruments [* .gdd]	Открыть файл данных формата GDD instruments.
MAE instruments [* .tsv]	Открыть файл данных формата MAE instruments.
GeoSoft data [* .dat]	Открыть файл данных формата GeoSoft.
Zonge data	Открыть файл данных формата Zonge instruments.
LGM device	Открыть файл данных формата LGM device.

Примечание. 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 100 000, а количество уникальных положений электродов не превышало 2000.

Обычно один файл содержит данные по одному профилю наблюдений. Текстовые файлы данных, организованные в формате программы **ZondRes2D**, имеют расширение «*.z2d». Об этом формате подробно рассказывается в следующем разделе «Формат основного файла данных *.z2d»

Формат тестового файла данных *.z2d

Файл *.z2d является универсальным форматом данных, включающий информацию о координатах питающих и приемных электродов, отметки относительных превышений рельефа и собственно измеренные значения (нормированный сигнал или кажущееся сопротивление и кажущаяся поляризуемость).

Если не используется специализированный файл *.z2d, то файл *.z2d можно создавать при помощи любого текстового редактора, например Notepad. Для того чтобы файл можно было загрузить программой **ZondRes2D**, его необходимо сохранить и поменять разрешения с *.txt на *.z2d.

Файлы формата *.z2d могут иметь разную структуру – являться либо файлами данных (структура такого файла описывается ниже), либо файлами проектов (создаются программой при сохранении). Файл проекта бинарный, прочесть его можно только с помощью **ZondRes2D**. Он содержит всю информацию, которая используется при работе с проектом – наблюдаемые данные, рассчитанные данные, модели, введенную априорную информацию, данные других методов и т.д.

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

I часть файла данных: наблюдаемые данные

В качестве входного файла для *классической электротомографии* программа воспринимает файл расширением *.z2d следующей структуры:

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

В **ZondRes2D** приняты следующие обозначения (ключи) для координат электродов:

Питающие **C1 C2 C1z C2z C1y C2y** (от англ. Current)

Приемные **P1 P2 P1z P2z P1y P2y** (от англ. Potential)

Y и Z координаты электродов следует вводить при необходимости. Например, при использовании планшетной системы наблюдений, погруженного источника или измерений на акваториях. [Файл-пример – sample_with_z_source](#). Расстояние вдоль оси Y не должно превышать 1/3 максимального разноса (расстояния между приемным и питающим электродами). [Файл-пример – sample_with_y](#). При вводе Z координат электродов следует помнить, что положительные величины означают погружение электрода относительно поверхности измерений. Отрицательные координаты используются только при акваторных измерениях (здесь поверхностью измерений считается дно).

Знак * перед ключом электрода (например, *C1x), означает, что электрод находится на удалении, координаты которого нужно учесть при расчетах, но в формировании сети или изображении он не участвует.

Для измеренных значений:

Кажущееся сопротивление **Ro_a**

Модуль нормированного сигнала (отношение разности потенциалов к значению силы тока) **Res**

Нормированный сигнал **SRes** (например, для измерений с погруженным источником, с учетом знака)

Примечание! Рекомендуется **ВСЕГДА** использовать величину **Res** или **SRes** при создании файла данных, чтобы избежать ошибок при наличии данных топографии.

Кажущаяся поляризуемость **Eta_a**

В качестве Eta_a можно использовать кажущуюся поляризуемость, измеренную во временной области и рассчитанной по формуле:

$$\text{Eta_a (\%)} = (\Delta U_{\text{ВП}} / \Delta U_{\text{ПР}}) \cdot 100\%,$$

где $\Delta U_{\text{ПР}}$ – разность потенциалов в момент пропускания тока, $\Delta U_{\text{ВП}}$ – в паузе. При использовании заряжаемости следует предварительно поделить измеренные значения на 10.

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

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

В том случае если на одном профиле использованы разные (по количеству электродов) установки, вместо координаты отсутствующего электрода записывается символ *.

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

После чтения файла (в случае необходимости) производится нормировка данных по формуле, соответствующей кажущемуся сопротивлению на постоянном токе:

$$\rho_a = G \cdot \frac{|U|}{C},$$

где G - геометрический коэффициент установки, U – измеренное значение, C – значение силы тока.

В качестве входного файла данных мониторинга программа воспринимает файл расширением *.z2d следующей структуры: первые четыре столбца содержат координаты электродов; далее идут столбцы, озаглавленные res1, res2 и т.д. в которых содержатся значения Res ($\Delta U/I$) для первого, второго и т.д. циклов измерений.

Ниже приведен пример начала файла данных мониторинга трехэлектродной установкой:

C1	C2	P1	P2	res1	res2	res3	res4	res5
0	*	2	4	5.57	5.57	5.57	5.60	5.63
0	*	4	6	1.55	1.55	1.56	1.59	1.62
0	*	6	8	0.84	0.84	0.85	0.88	0.91
0	*	8	10	0.48	0.48	0.49	0.51	0.52
0	*	10	12	0.44	0.44	0.45	0.49	0.46
0	*	12	14	0.25	0.26	0.26	0.29	0.24

В качестве входного файла данных метода вызванной поляризации в частотной и временной области программа воспринимает файл расширением *.z2d следующей структуры: первая строка после слова time_#chann содержит перечисление времен задержки для временного и частот для частотного режима измерений. Далее следует таблица, строки которой соответствуют точкам наблюдения, а столбцы - координатам электродов, значениям **Res** ($\Delta U/I$) и значениям ВП на соответствующих временных задержках (заголовки столбцов –

ipi1, ipi2 и т.д.) и каналах (частотах) (заголовки столбцов – **mod1, mod2** и т.д. для модуля, **pha1, pha2** и т.д. для фазы) При инверсии для модели удельного электрического сопротивления в качестве данных кажущегося сопротивления будет использоваться столбец **Res** с учётом геометрического коэффициента, рассчитанного по параметрам установки (расположения электродов). Значения столбцов **mod1, mod2** и т.д. могут быть использованы при инверсии данных ВП (подбор параметров модели Cole-Cole).

Пример начала файла данных временного режима измерений:

time_#chann	0.05	0.065	0.085	0.115	0.155					
C1	C2	P1	P2	res	ipi1	ipi2	ipi3	ipi4	ipi5	
0	*	5	10	0.001	0.279	0.260	0.242	0.218	0.194	
5	*	10	15	0.001	0.306	0.286	0.266	0.241	0.215	
10	*	15	20	0.002	0.338	0.317	0.295	0.268	0.239	

Пример начала файла данных частотного режима измерений:

time_#chann	0.0001592	0.000427	0.001145							
C1	C2	P1	P2	res	mod1	mod2	mod3	pha1	pha2	pha3
0	*	5	10	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.004	-0.006	-0.010
5	*	10	15	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.005	-0.007	-0.012
10	*	15	20	0.002	0.002	0.002	0.002	-0.005	-0.009	-0.014

Для того чтобы присвоить профилю географические координаты необходимо ввести в файл ключ – **geocoord**, а после этого задать координаты начала и конца профиля по типу X0 Y0 X1 Y1, например:

geocoord 441000 442000 7230500 7230500

II часть файла данных: данные топографии

Если имеются данные о рельефе, далее следует строка со словом **topo**, а затем список из координат и превышений рельефа. При интерпретации с учетом рельефа, в качестве исходных данных лучше всего использовать значения **res** (модуль нормированного сигнала).

При описании рельефа профиля наблюдений X-координата может быть задана в двух вариантах – в расстояниях вдоль косы и в горизонтальных проекциях. Различным методикам задания рельефа соответствуют следующие дополнительные ключи:

topo этот ключ используется, если координаты электродов и топографической съемки приведены в горизонтальных проекциях.

topo~ приведение к горизонтальной плоскости. Кривая рельефа аппроксимируется прямой по методу наименьших квадратов, затем поворачивается со всеми точками рельефа до совпадения с горизонтальной осью (см. рисунок ниже). Этот способ следует применять, когда работы производятся вдоль склона с известными абсолютными значениями рельефа.

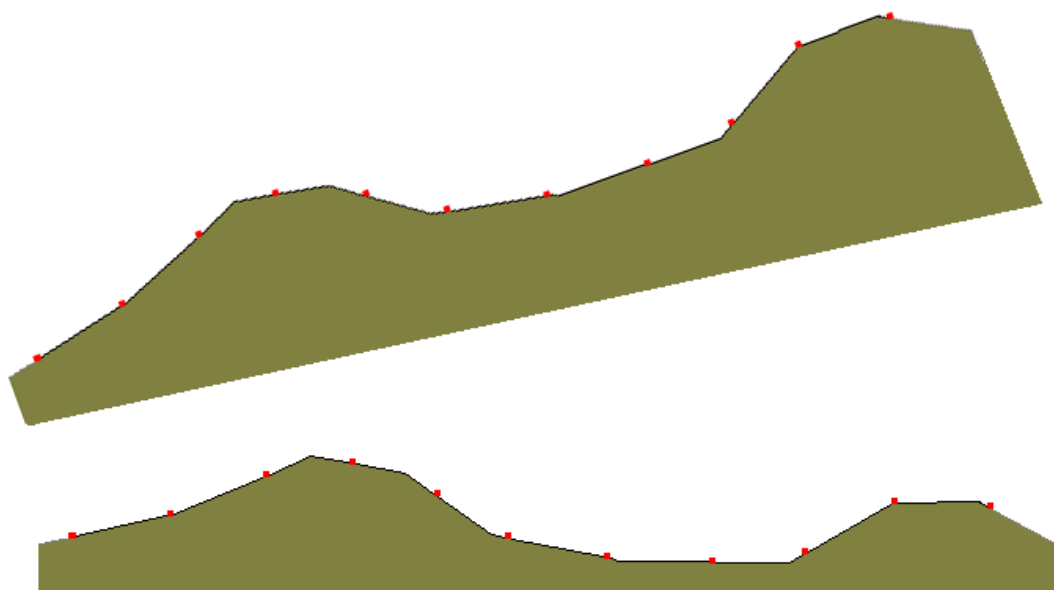


Рис. 9 Приведение рельефа по склону к горизонтально плоскости

topo# задание координат профиля по длинам (“змейка”). Горизонтальной координатой электродов в данном случае является расстояние вдоль косы (см. рисунок ниже), а не X проекция. X – координаты электродов пересчитываются из длин в горизонтальные проекции. В следующей за ключом строке, должна быть записана привязка одного из электродов **P** на косе к точке на рельефе. Вторая запись – координата электрода (в длинах), первая запись – соответствующая ей X координата в списке топографических превышений.

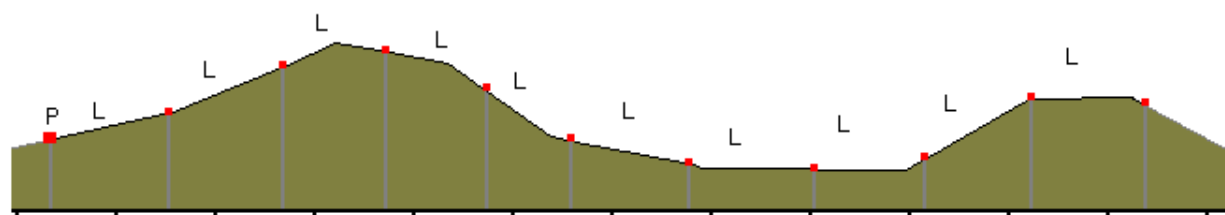


Рис. 10 Положение электродов с расстоянием между ними с учетом изменений рельефа (вдоль косы)

topo% задание данного ключа необходимо, если в качестве исходных данных заданы **ro_a** (кажущееся сопротивление), рассчитанные для проекций, то есть расстояния между электродами пересчитываются из расстояний вдоль косы (L) в реальные координаты.

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

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

topow - данный ключ используется если, проводится интерпретация данных, полученных при работе на акваториях (на поверхности воды и на дне). В этом случае в качестве координат рельефа используется профиль дна или дна, переходящего в сушу (если используются смешанные измерения) (см. рисунок ниже). При этом, в этой же строчке через пробел необходимо указать уровень воды (относительно заданных ниже профиля координат дна (в системе координат, в которой задан рельеф)), удельное электрическое сопротивление воды и количество дополнительных разбиений водного слоя (3-10). Последние два параметра можно менять, используя меню функций главного окна программы **Options / Inversion / Underwater options**. Можно задавать комбинированные системы, когда измерения производятся на дне и на поверхности водного слоя. Для этого следует вводить вертикальные координаты электродов относительно уровня профиля дна.

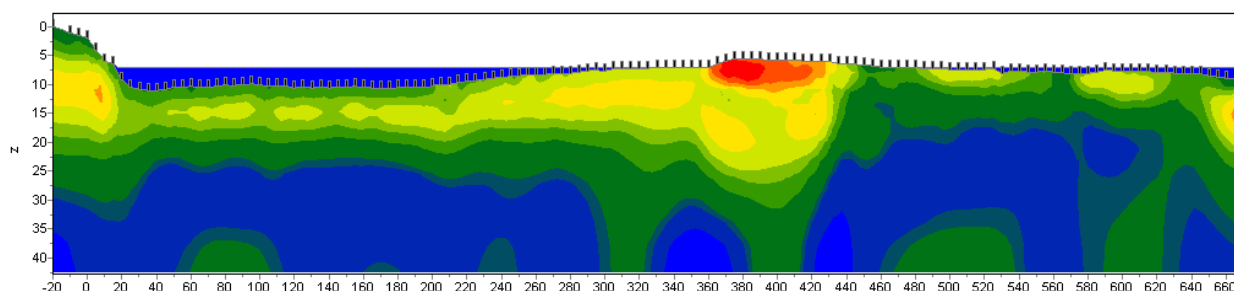


Рис. 11 Геоэлектрический разрез, полученный в результате смешанных измерений на суше и акватории

topo*— в водном случае данный ключ упрощает ввод данных топографии, если коса находится на поверхности воды (мобильная система).

Также необходимо ознакомиться с дополнительными опциями, описанными в разделе «Работа с данными акваторных измерений». **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

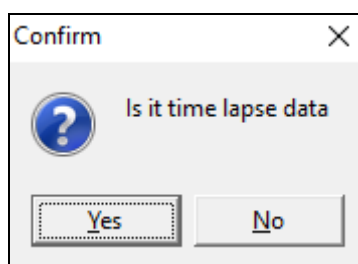
Загрузка нескольких файлов

Программа позволяет загружать сразу несколько файлов форматов *.z2d, *.dat.

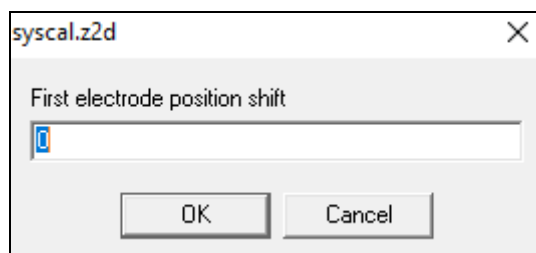
Это актуально для работы со следующими данными:

- когда разные расстановки косы вдоль профиля находятся в разных файлах;
- необходимо объединить несколько реализаций в 1 файл мониторинга;
- когда нужно объединить данные вдоль профиля, выполненные с разными установками.

При загрузке файлов возникнет диалоговое окно:



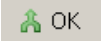
Если выбрать **YES**, то программа объединит файлы как единый файл мониторинга, если выбрать **NO** то возникнет окно, предлагающее выбрать смещение для первого электрода:

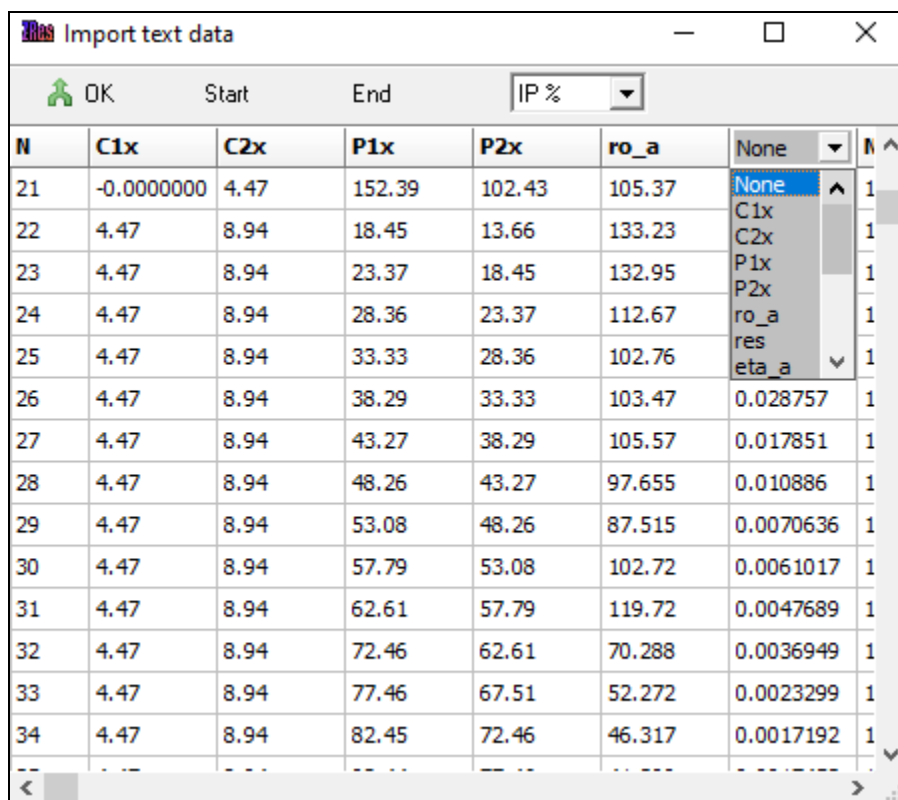


Импорт полевых данных из произвольного текстового файла или таблицы Excel

Импорт данных из текстового файла расширения *.txt или табличного файла Excel осуществляется с помощью пункта меню **File/Import data from text/excel**. После выбора файла появляется диалог импорта данных (см. рисунок ниже). С помощью кнопок **Start** и **End** в верхней части диалогового окна задаётся диапазон импортируемых данных. С помощью кнопки **Start** указывается первая строка. С помощью кнопки **End** указывается последняя строка.

Каждая ячейка верхней строки таблицы диалогового окна содержит выпадающий список ключей(координаты электродов, данные метода сопротивлений или ВП). Для каждого

столбца, который будет импортироваться, необходимо задать соответствующий ключ. Работа с окном импорта данных завершается нажатием кнопки .



N	C1x	C2x	P1x	P2x	ro_a		
21	-0.0000000	4.47	152.39	102.43	105.37	None	1
22	4.47	8.94	18.45	13.66	133.23	C1x	1
23	4.47	8.94	23.37	18.45	132.95	C2x	1
24	4.47	8.94	28.36	23.37	112.67	P1x	1
25	4.47	8.94	33.33	28.36	102.76	P2x	1
26	4.47	8.94	38.29	33.33	103.47	ro_a	1
27	4.47	8.94	43.27	38.29	105.57	res	1
28	4.47	8.94	48.26	43.27	97.655	eta_a	1
29	4.47	8.94	53.08	48.26	87.515	0.028757	1
30	4.47	8.94	57.79	53.08	102.72	0.017851	1
31	4.47	8.94	62.61	57.79	119.72	0.010886	1
32	4.47	8.94	67.51	62.61	70.288	0.0070636	1
33	4.47	8.94	72.46	67.51	52.272	0.0061017	1
34	4.47	8.94	77.46	72.46	46.317	0.0047689	1

Рис. 12 Диалог загрузки данных из файла Excel

Подготовка данных к инверсии

Подготовка данных для инверсии включает в себя следующий набор: оценка качества полевых данных, удаление некачественных измерений, присваивание измерениям весов в зависимости от их качества, совмещение нескольких расстановок в один профиль, фильтрация данных, ввод топографической информации.

Оценка качества данных электротомографии может производиться на двух уровнях – анализ стандартных статистик, получаемых в процессе обработки сигналов и анализ распределения результатов измерений (значения напряжения, тока). Первый уровень оценки, как правило, проводится в программах, работающих с аппаратными комплексами. Второй уровень в виде инструментов контроля качества и обработки данных реализован в программе **ZondRes2D**.

Электротомография оперирует значительно большим объемом информации по сравнению с классическими профилированием и зондированием. Поэтому считается допустимым использование данных с некоторым процентом брака при инверсии. Наибольшее значение имеет не сам процент ошибки, а распределение этой ошибки в разрезе. Здесь можно выделить три случая:

- некоррелируемые помехи (отдельные выбросы);
- общий высокий уровень шума;
- коррелируемые помехи в некоторой области разреза.

В первом случае (некоррелируемые помехи, выбросы) наличие некачественных измерений может и не отразиться на результатах интерпретации, но иногда приводит к существенному искажению модели. Нами отмечены неоднократные случаи, когда небольшой процент брака приводил к образованию ложных аномалий в виде систем “скомпенсированных диполей” (см. рисунок ниже). Это проявляется в виде чередующихся локальных аномалий относительно низкого и высокого сопротивления. В такой ситуации не помогает использование адаптивных робастных схем – необходимо только полное удаление некачественных данных из инверсии.

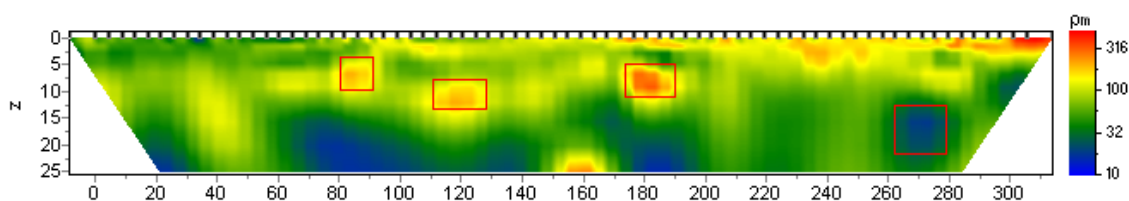


Рис. 13 Разрез удельного электрического сопротивления с ложными аномалиями в результате инверсии некачественных полевых данных

Второй случай (высокий уровень шума) требует проведения фильтрации данных. Это значительно снизит уровень шума, но может привести к уменьшению разрешающей способности.

Третий случай (коррелируемые помехи в некоторой области разреза) представляет более сложную проблему, поскольку для адекватной обработки необходимо понять причину плохого качества данных в этой области. Например, этой причиной может быть плохое качество заземления некоторых электродов, систематическая внешняя помеха, низкий уровень сигнала и т.п. Таким образом, нужно сначала, по возможности, выявить причину низкого качества, а потом найти способ ее устранения. Для решения этой задачи в программе доступны разнообразные инструменты анализа исходных данных.

При подготовке данных к инверсии необходимо помнить, что чем хуже качество данных, тем менее достоверны будут результаты инверсии. Соответственно, если для некоторой

области разреза качество данных плохое или данные отсутствуют, результат инверсии для этой области может не иметь ничего общего с реальностью.

В **ZondRes2D** подготовка данных к инверсии осуществляется с помощью специального инструмента контроля качества и редактирования данных **Options / Quality control module**, редактора данных **Options / Data editor** и плана графиков кажущегося сопротивления **Options / Data / Graphics plot**.

Альтернативную возможность для анализа и редактирования данных электротомографии предоставляет программа **ZondProtocol** пакета Zond. Программа решает следующие задачи: задание протокола (автоматическое и интерактивное), визуализация и анализ результатов измерений, раздельное отображение установок, пересчет данных в различные установки, импорт и экспорт, подготовка данных к инверсии. Благодаря простоте использования и полной совместимости с программой **ZondRes2D**, **ZondProtocol** позволяет получать качественные результаты прямо на профиле (см. рисунок ниже).

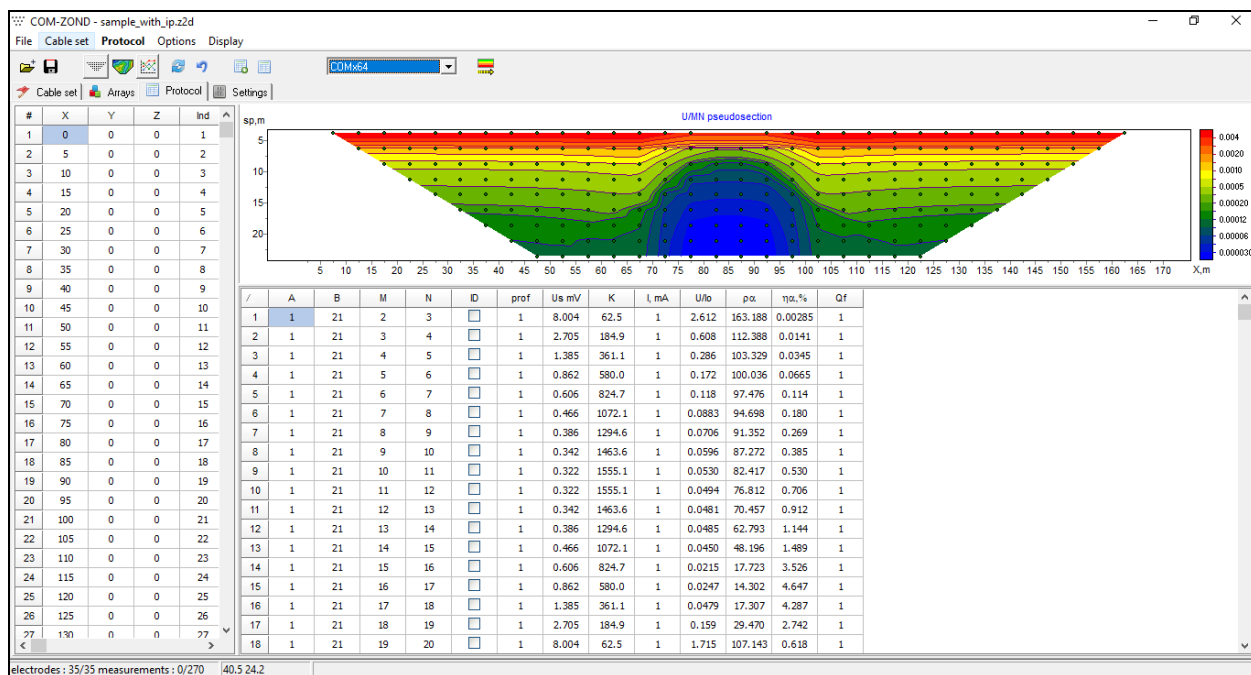


Рис. 14 Рабочее окно программы ZondProtocol

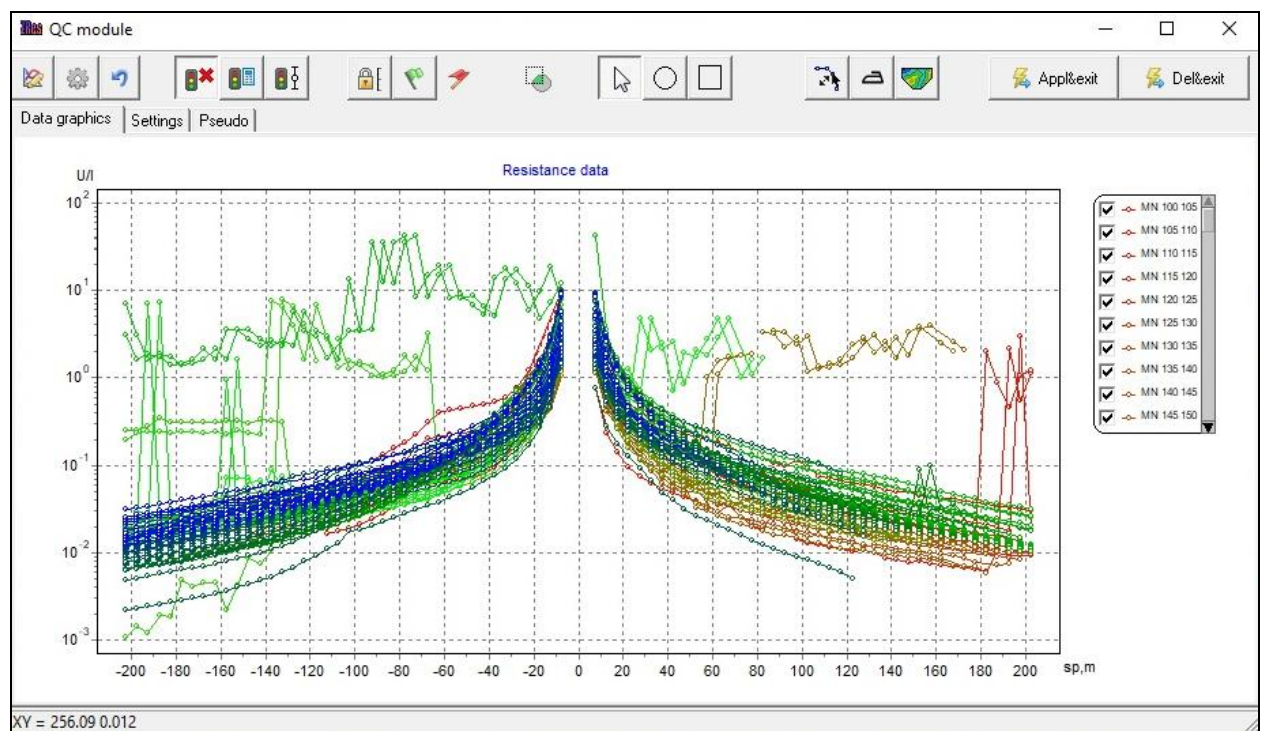
Модуль контроля качества данных

Для контроля качества и редактирования данных в программе **ZondRes2D** реализован специальный модуль, доступ к которому осуществляется через меню **Options/Quality control module**. Модуль позволяет осуществлять следующие операции с данными:

- Визуализировать результаты измерений в виде графиков различных параметров и в виде псевдореззов данных разных установок;
- При возможности проводить оценку качества данных (определять веса измерений) на основании принципа взаимности (для некоторых установок);
- Удалять данные непосредственно на графиках отображаемых параметров.

Возможность группировки данных по установкам, сигналу, различным геометрическим параметрам, весам измерений в сочетании с опциями ручного и автоматического удаления позволяют осуществлять весь цикл контроля качества данных при подготовке к инверсии.

Окно модуля контроля качества содержит панель инструментов и три вкладки – графики отображаемых параметров (**Data graphics**, см. рисунок ниже), выбор параметров для отображения (**Settings**) и псевдореззы (**Pseudo**).



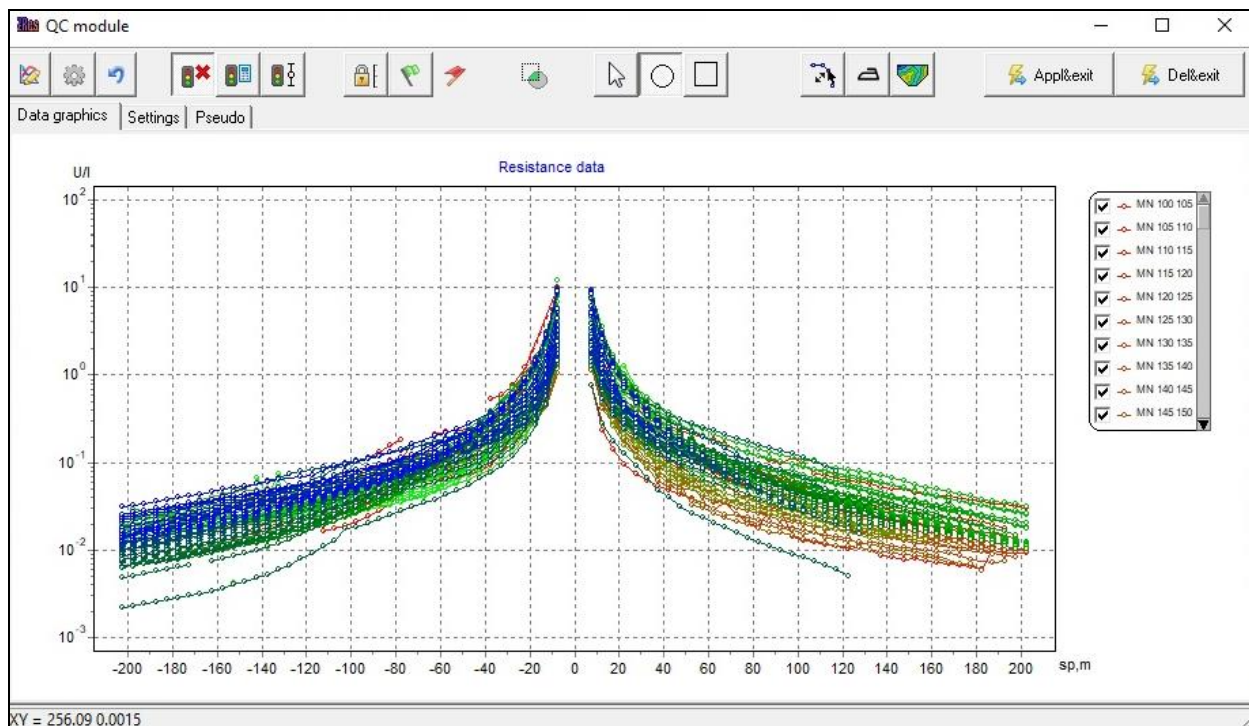


Рис. 15 Модуль контроля качества, вкладка **Data graphics**. Данные представлены в варианте визуализации – **Iso-MN centered**. Сверху исходные данные. Снизу отредактированные

Вкладка **Settings** позволяет выбрать установку, с данными которой будет производиться работа (**Electrode array**), указывать для выбранной установки параметр группировки данных (по разносу, по псевдоглубине, по положению питающих электродов, приемных электродов и т.д.) (**Graphics Type**), и выбирать отображаемую величину – нормированный сигнал ($V/MN/AB/I$ или V/I), кажущееся сопротивление или кажущаяся поляризуемость (см. рисунок ниже). Так же в этом окне можно выбрать опцию **Shifted**. Эта опция позволяет сдвигать графики на средний уровень отображаемого параметра.

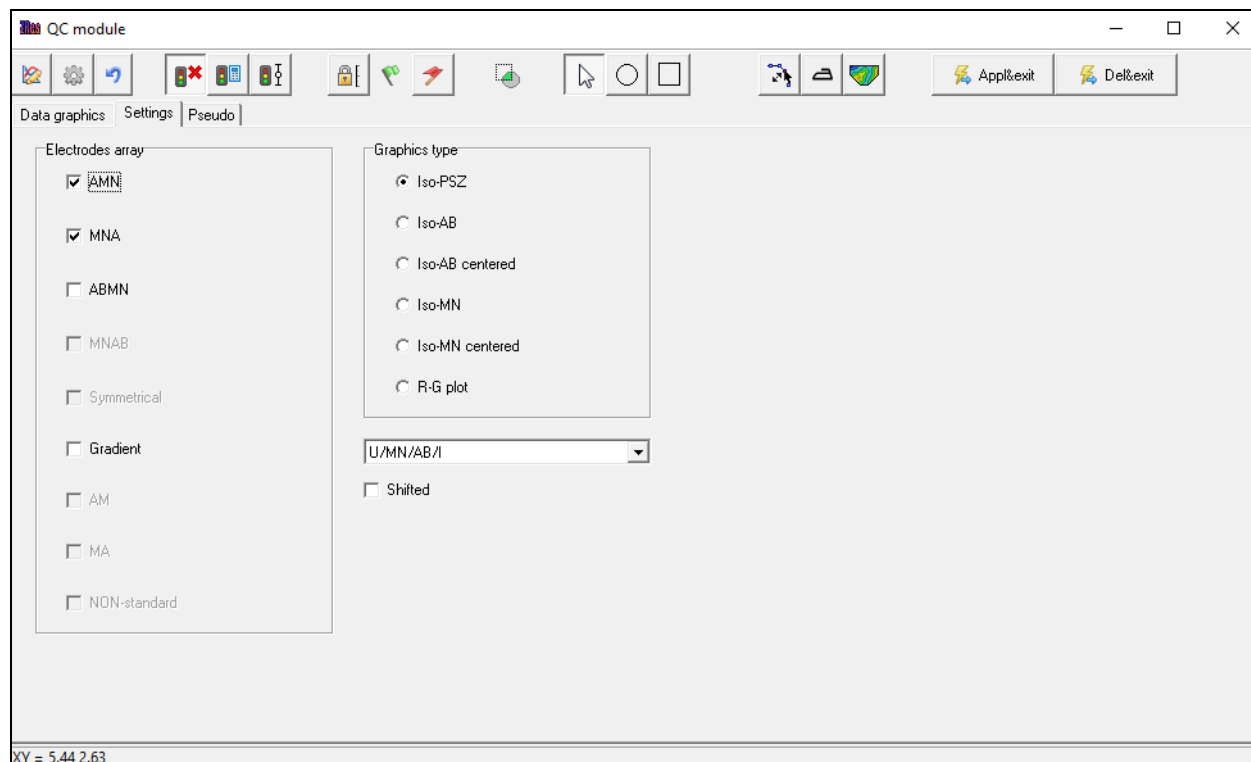


Рис. 16 Модуль контроля качества – вкладка «Settings»

Вкладка **Pseudo** отображает псевдоразрез (см. рисунок ниже).

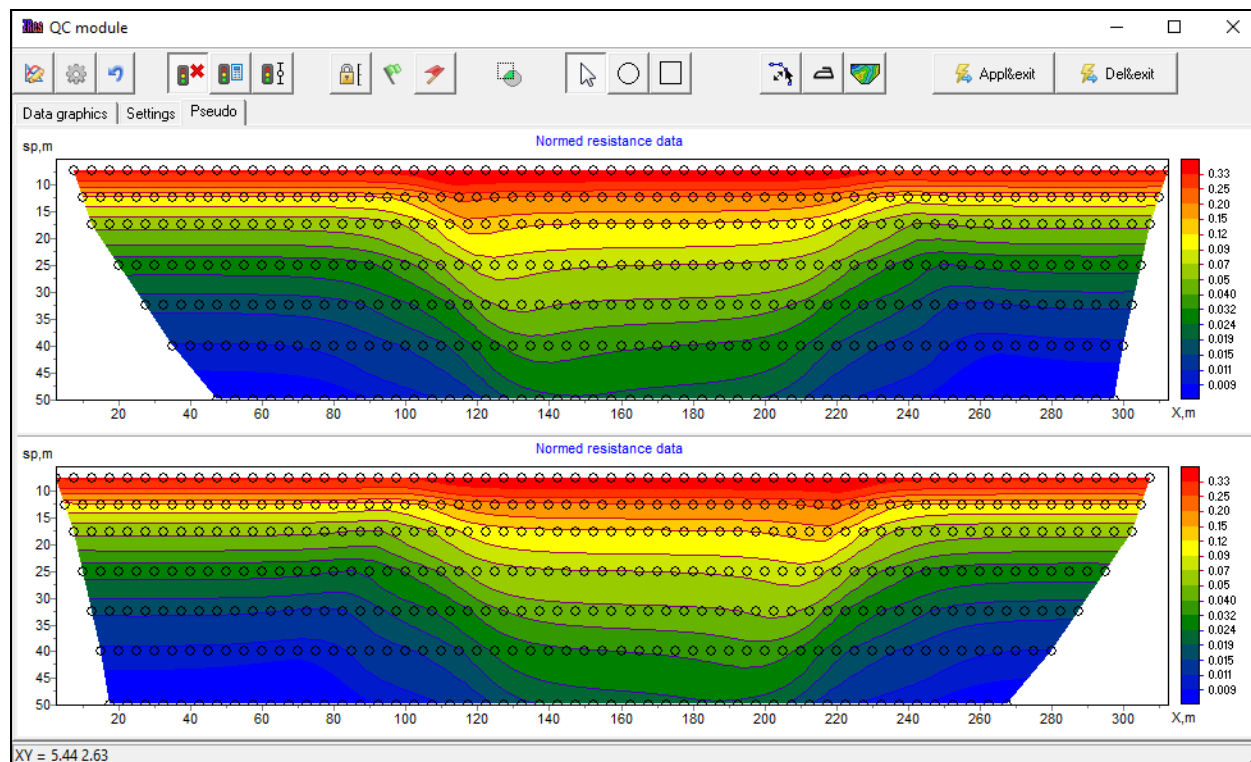






Рис. 17 Модуль контроля качества – вкладка «Pseudo». Пример модельных данных. Два псевдоразреза для различных установок






Графики выбранных параметров отображаются на вкладке **Data graphics**. Здесь работу с данными можно проводить в интерактивном режиме с помощью панели инструментов. Измерения отображаются точками на графиках. Соответствующее измерению положение электродов отображается в нижней части окна графиков при выборе точки измерения левой кнопкой мыши. Значения параметра, отвечающие выбранному измерению, отображаются при наведении мыши на соответствующую точку графика.


Качество данных можно контролировать тремя способами – исходя из весов измерений (предоставленных аппаратурой или рассчитанных на основе принципа взаимности), визуально по гладкости графиков и на основе сравнения исходных данных и решения прямой задачи от инверсионной модели.



Отображение весов измерений регулируется кнопками панели инструментов: при нажатой кнопке  веса не отображаются, при нажатой кнопке  отображаются веса, определенные на основе принципа взаимности (если это возможно для данной измерительной системы), при нажатой кнопке  - веса, указанные в файле данных (в этом и предыдущем случае зеленый цвет точек графика соответствует хорошему качеству измерений, желтый – среднему, красный – плохому).


Отображение расчетных графиков для инверсионной модели (рисуются пунктирной линией) регулируется кнопкой . Если точки исходных данных сильно не совпадают с расчетными, то этому может быть несколько причин:


- Эти данные подвержены сильному влиянию помех. В этом случае данные следует либо удалить.
- Задан слишком узкий диапазон изменения сопротивления. В этом случае можно отменить фиксирование параметров модели или изменить их и повторить инверсию.
- Трехмерность геоэлектрического строения. В этом случае лучше всего перейти к трёхмерной интерпретации, если позволяет сеть наблюдений.

Для удаления некачественных данных соответствующие точки должны быть выделены при нажатой кнопке  (режим выбора точек). Выделять точки можно с помощью нажатия правой кнопкой мыши либо на каждую по отдельности (должен быть активен инструмент ) либо на область плана графиков (инструменты  или ). Выделенные точки на графиках отображаются крестиками. Скрыть/отобразить выделенные точки можно с помощью кнопки .

При нажатой кнопке  возможно редактирование измерений – левой кнопкой мыши «перетаскивание» точки вверх или вниз до нужного значения.



Задание параметров отображения графиков осуществляется с помощью кнопки  (параметры линий и точек – толщина, цвет и т.п.). Зафиксировать пределы изменения осей, чтобы они не менялись автоматически в процессе работы с данными, можно с помощью кнопки .

Набор опций для работы с графиками вызывается кнопкой . При нажатии этой кнопки можно выделить/отменить выделение всех точек, сгладить выделенные точки (не рекомендуется), задать вес выделенным точкам, скорректировать знак (плюс или минус) для точек (обычно это требуется для скважинных измерений), задать опцию, чтобы всегда точки соединялись в один график. А также отображать «ворота» (доверительный интервал) для каждой точки графика (при наличии этих данных в файле).

Кнопка  позволяет сглаживать данные. Каждое последующее нажатие кнопки увеличивает степень сглаживания. Данная опция не рекомендуется, так как искажает данные. Указанную опцию следует применять в крайних случаях и только для данных подверженных сильному влиянию помех.

Кнопка  служит для обновления псевдореза (вкладка **Pseudo**).

Отменить последнее действие можно кнопкой .

Изменения, которые вносятся в данные при редактировании в QC module, по умолчанию не сохраняются. Сохранить изменения и перейти к инверсии можно с помощью нажатия кнопки  Appl&exit. Удалить выделенные изменения и перейти к инверсии можно с помощью нажатия кнопки  Del&exit. Правой кнопкой подменю можно вызвать контекстное меню:

«**Remove Rho&IP**» – только для режима редактирования значения кажущегося сопротивления. Удаляет выбранную точку сопротивления и соответствующую этой точке значение поляризуемости.

«**Remove all IP chan**» – удаляет значение всех каналов поляризуемости для выбранной точки.

Следует также отметить опцию **Options/Extra/Remove data with big misfit**, которая позволяет оперативно удалять отдельные данные с высокими значениями ошибок (после проведения инверсии).

Ввод и редактирование топографической информации

В программе **ZondRes2D** ввод рельефа возможен несколькими способами:

- через текстовый файл данных z2d (подробнее см. [Формат тестового файла данных *.z2d, раздел «II часть файла данных: Данные топографии»](#));
- с помощью опции импорта топографической информации главного меню программы **Options / Topography / Import topography**. Можно подготовить файл в формате *.txt.

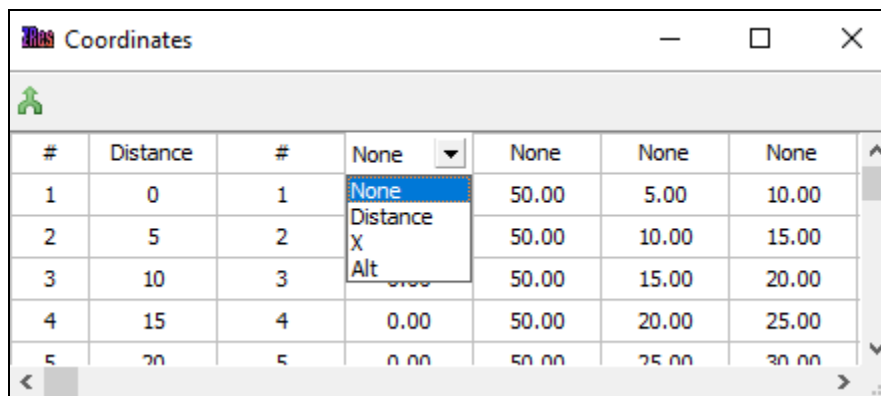


Рис. 18 Окно ввода топографической информации

Опция **Options / Topography / Import topography** вызывает таблицу, в колонки которой загружается информация из выбранного текстового файла (см. рисунок ниже). В названиях соответствующих колонок необходимо выбрать X (горизонтальная координата) или Distance (расстояние вдоль косы) и Alt (абсолютная высота). Выбор ключа, соответствующего столбцу таблицы осуществляется в верхней строке. Ввод топографической информации завершается нажатием кнопки

- редактирование или копирование из таблицы Excel в окне

Пункт меню **Options / Topography / Edit topography** вызывает диалог, позволяющий с помощью таблицы редактировать топографическую информацию.

Topography editor		
#	cable pos, m	Elevation, m
1	0	220
2	5	222.50
3	10	225
4	15	223.50
5	20	222
6	25	221.65
7	30	221.30
8	35	220.65
9	40	220
10	45	219.75
11	50	219.50
12	55	217.75
13	60	216
14	65	217
15	70	218
16	75	218.25

☐ Fixed X
 ☐ XY

ОК

Рис. 19 Окно диалога Edit topography

Для того чтобы очистить столбец Elevation используйте клавиши Ctrl+X. Затем можно из Excel скопировать данные (Ctrl+C) и вставить в эту колонку.

Если опция Fixed X включена, то координата X не изменится после установки высот, если отключена, то координата X будет меняться в зависимости от расстояния.

Включите опцию XY, если вы хотите добавить географические координаты.

Программа анализирует данные топографии и предупреждает в случае задания некорректного ключа или абсурдных превышений рельефа. Ниже приведены 2 исключения, связанных с вводом неадекватных значений топографии:

- если расстояние (X), указанное в файле данных, окажется меньше, чем реальное расстояние между электродами косы (Distance), то при открытии файла программа потребует подтверждения корректности «ключа топографии»;
- если разница высот двух соседних электродов больше значения Distance (расстояние электродов вдоль косы), то программа потребует подтверждение корректности «ключа топографии» (см. рисунок ниже).

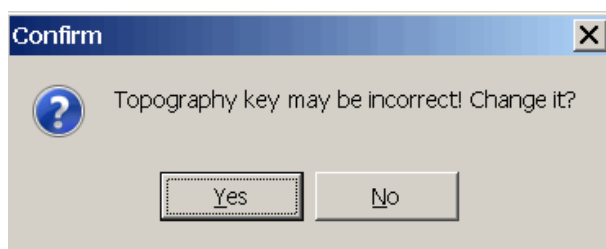


Рис. 20 Диалог проверки правильности ключа топографии

Выбор **No** оставит ситуацию без изменений, при выборе **Yes** программа преобразует данные топографии к системе координат расстояние по косе – высота.

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

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.

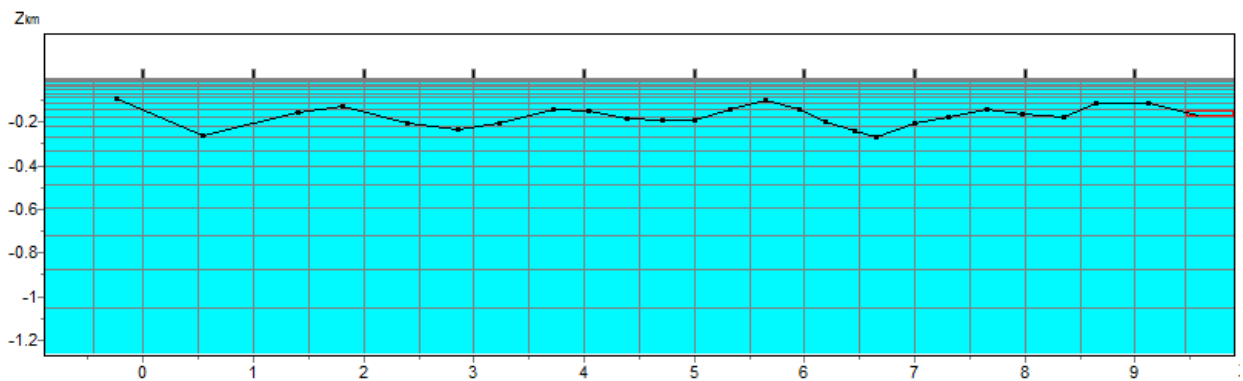


Рис. 21 Пример разреза в режиме добавления топографии с помощью мыши

Коэффициент искажения рельефа с глубиной (0-5) можно задать в меню **Option/Topography/Topo coefficient**. 0 – рельеф каждого последующего слоя повторяет предыдущий. 1 - рельеф выполаживается с глубиной, последний слой – плоский (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**22). Искаженная глубина рассчитывается по следующей формуле:

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

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

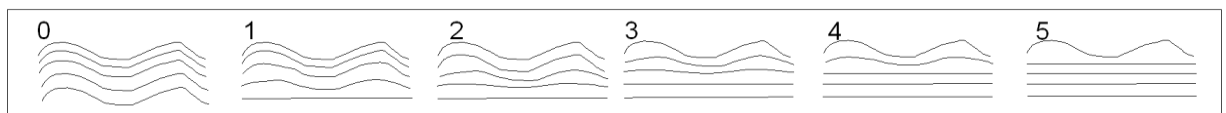


Рис. 22 Искажение слоев модели при значениях параметра Topo coefficient от 1 до 5

Работа с координатами электродов в плане

При проведении полевых электротомографических исследований, электроды расстановки часто расположены не строго на линии профиля. Это может происходить как в случае трудностей с разбивкой профилей, так и, например, при необходимости физического удаления питающей линии от приемной. Для корректного учета подобных ситуаций в программе **ZondRes2D** реализован специальный модуль, возникающий автоматически при открытии файла данных, содержащего Y-координату электродов (см. рисунок ниже). Модуль позволяет задать единую линию профиля наблюдений, при необходимости исключить из рассмотрения ненужные электроды, проецировать результаты измерений на эту линию.

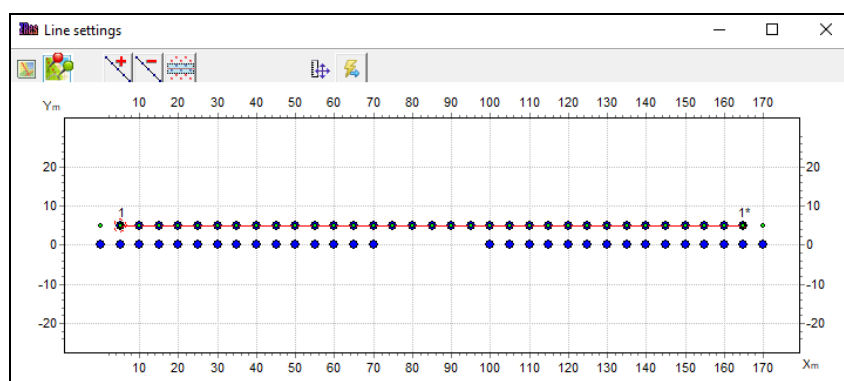









Рис. 23 Окно редактирования планового положения точек профиля

В окне учета отклонения положения электродов от прямой линии изображаются точки, соответствующие положениям электродов в системе координат X – расстояние по профилю, Y – отклонение от линии профиля в перпендикулярном направлении (так они задаются и в файле данных). Изменить положение любого электрода можно в диалоговом окне, вызываемом двойным нажатием правой кнопки мыши на этот электрод. Кнопка  панели инструментов окна позволяет загрузить растровую подложку – карту или план. Кнопка  позволяет загрузить подложку в виде карты Bing (картографический сервис Microsoft), координаты в этом случае должны быть в UTM формате.

После того как фактическое положение электродов задано и отредактировано необходимо провести линию профиля – режим добавления линии включается (выключается) нажатием кнопки . Левая клавиша мыши добавляет точки к линии, правая – завершает задание линии. При нажатии правой кнопки мыши появляется контекстное меню, позволяющее задать координаты линии, удерживать курсор около точек, инвертировать линию и проводить линию точно по точкам. Удаление линии производится нажатием кнопки .

Следующий шаг заключается в выборе точек (электродов), которые будут проецироваться на заданную линию. Выделение (или отмена выделения) отдельного электрода осуществляется нажатием на его точку левой кнопки мыши, при этом точка окрашивается в синий (или обратно в белый) цвет. Выделить все точки можно нажатием кнопки  панели инструментов окна. После того как электрод был выделен, его положение на профиле обозначается зеленой точкой.

Изменение масштаба отображения плана в процессе работы с окном осуществляется с помощью нажатия кнопки  панели инструментов.

После завершения описанных операций нажатие кнопки  приводит к переходу в режим задания модельной сети и интерпретации.

Дополнительным назначением модуля является работа с данными площадных измерений. Если задано расположение электродов на площади, программа позволяет получить данные по любому заданному пользователем профилю.

Работа с данными акваторных измерений

При интерпретации данных акваторных работ желательно иметь данные сопротивления воды, в случае их отсутствия, необходимо включить опцию подбора сопротивления воды (**Options/Inversion/Under water options/ Invert**).

Задать сопротивление воды можно с помощью опции **Options/Inversion/Underwater options/ Resistivity**.

С помощью опции **Options/Inversion/Underwater options/ Sub layers number** можно установить количество разбиений водного слоя. Количество разбиений задается исходя из толщины водного слоя.

Работа с данными межскважинных измерений

Программа **ZondRes2D** позволяет интерпретировать данные межскважинных измерений. К ним относятся межскважинные измерения, скважинно-поверхностные измерения и их комбинации. Поддерживаются как вертикальные, так и наклонные скважины.

При описании измерений для электродов, расположенных в скважине, как и в случае наземных измерений, указываются плановые высотные координаты.

Моделирование и инверсия межскважинных и скважинно-поверхностных данных производится так же, как и для наземных измерений. Разница заключается в способе отображения кажущегося сопротивления – в отличие от традиционных способов для наземных измерений здесь строится зависимость кажущегося сопротивления от коэффициента установки (см. рисунок ниже). Измеренные и рассчитанные данные также можно посмотреть в отдельном окне, вызываемом с помощью меню **Options/Data/G-Res plot**.

Для межскважинных измерений значения кажущегося сопротивления могут быть отрицательными. В этом случае невозможно применить логарифмическую норму к данным (можно к модулям). Для таких случаев в программе используется псевдологарифмическая

норма, требующая задания линейно-логарифмического коэффициента (должно быть близко к уровню шума). Если задать значение -1, выбор коэффициента будет производиться автоматически. (Опция: Options/Inversion/Norms/ Automatic sres scale). Данная функция активна если в файле *z2d имеется ключ sres.

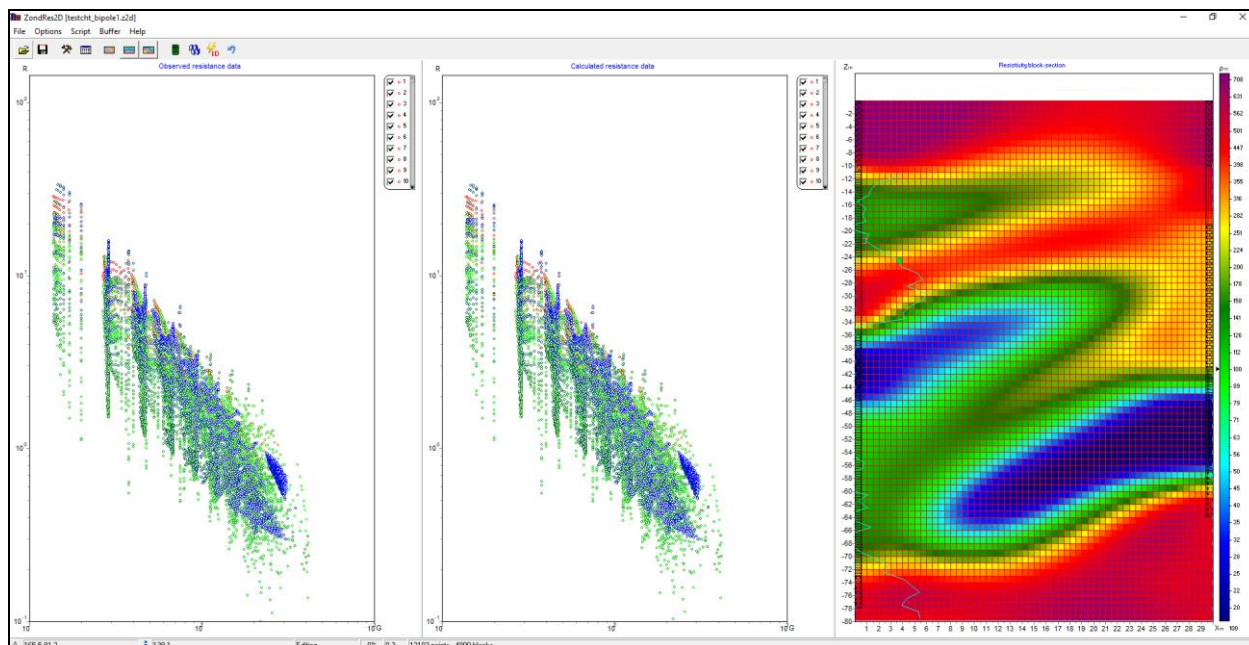


Рис. 24 Основное окно программы при работе со скважинными измерениями

Визуализация данных

В программе существует возможность отображать кажущиеся параметры в виде планов графиков **Options / Data / Graphics-plot** и в виде псевдоразреза **Options / Data / Pseudo-section**. В режиме метода сопротивлений, данные можно отобразить как нормированные сигналы **Option / Data / Resistance(V/I)** или в кажущиеся сопротивления **Option/Data/Apparent resistivity**.

План графиков

План графиков служит для отображения значений данных вдоль профиля, в виде графиков.

В главном меню программы можно выбрать способ построения графиков для определенного коэффициента установки **Options / Data / Graphics-plot / Iso-PsZ** или для определенного положения питающей/приемной линии **Options / Data / Graphics-plot / Iso-CC graphics, Options / Data / Graphics-plot / Iso-PP graphics** (см. рисунок ниже).

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. Для возврата к первоначальному масштабу производятся те же действия, но мышь движется вверх и влево. 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).

Диалог настройки плана графиков вызывается из главного меню **Options / Graphics / Observed graphics** или **Calculated graphics**.

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 Data editor (если она показана).

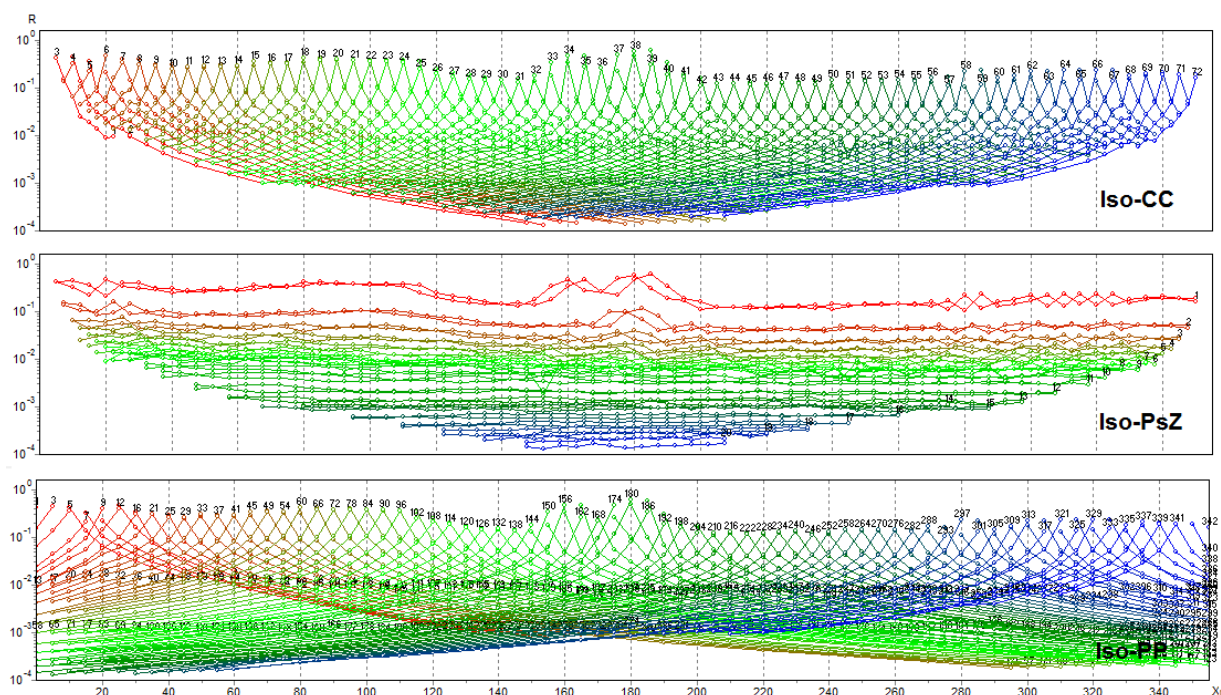


Рис. 25 Iso-PsZ graphics - способ построения графиков по определенной псевдоглубине. Iso-CC graphics – по определенному положению питающей линии. Iso-PP graphics – по определенному положению приемной линии

Если значения весов измерений заданы во входном файле данных, можно отобразить соответствующий доверительный интервал на графиках 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 отражает распределение данных вдоль профиля в виде контурного разреза.

Построение производится в следующих осях:

горизонтальная ось - координата измерения по профилю;

вертикальная ось - псевдоглубина или разнос.

Цветовая шкала изображается справа от псевдоразреза. Шкала устанавливает соотношение между изображаемым значением и цветом.

Щелчок правой кнопки 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 *.emf, *.bmp, *.png.
Save XYZ file	Сохранить псевдоразрез в текстовый файл *.dat.
Draw in surfer	Построить псевдоразрез в программе Surfer..

Редактор осей вызывается щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на интересующей оси (когда стрелка указателя мыши превращается в руку с вытянутым

указательным пальцем). При этом появляется контекстное меню с тремя пунктами *Options*, *Default*, *Fix range*. (смотри раздел «дополнительные настройки» - «редактор осей»).

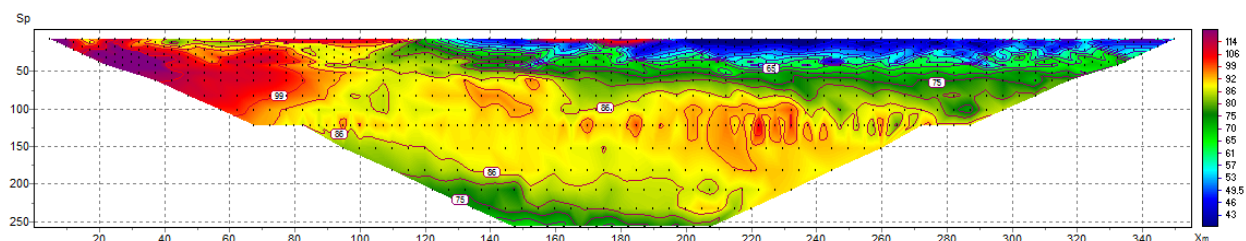


Рис. 26 Псевдоразрез

Графический редактор точек псевдоразреза можно вызвать щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на точке (см. раздел «дополнительные настройки» - «редактор графика»).

Способ построения псевдоразреза отличается для различных установок:

- для установки *Венера (Wenner)* точки на псевдоразрезе располагаются следующим образом: координата X соответствует центру установки, координата Y соответствует $\frac{1}{4}$ расстояния от крайнего электрода до центра установки;
- для *поль-дипольной установки (Pole-Dipole)* точки на псевдоразрезе располагаются следующим образом: координата X соответствует центру между приемными электродами, а координата Y соответствует разному (расстоянию от питающего электрода до центра между приемными электродами). Для этой установки в программе предусмотрена два варианта расчета горизонтальной координаты:

Options / Graphics / Data X (4-electrodes)	Этот набор опций позволяет выбрать вариант расчета горизонтальной координаты (псевдоразреза) точки измерения для четырехэлектродной установки. Набор опций включает в себя автоматический расчет горизонтальной координаты – « Auto », случай, когда горизонтальная координата находится в центре, между приемными электродами – « M-O-N » и случай когда горизонтальная координата находится между питающими и приемными диполями – « AB-O-MN ».
Options / Graphics / Data X (3-electrodes)	Этот набор опций позволяет выбрать вариант расчета горизонтальной координаты (псевдоразреза) точки

	<p>измерения для трехэлектродной установки. «$(A+M)/2$» - первый случай, когда горизонтальная координата находится в центре между питающим электродом А и приемным М.</p> <p>«$(M+N)/2$» - второй случай, когда горизонтальная координата находится в центре между приемными электродами М и N.</p>
--	---

- для диполь-дипольной установки (*Dipole-Dipole*) координате X соответствует центру установки, а координате Y соответствует – $1/2$ расстояния между центрами диполей (приемных и питающих электродов);
- для установки градиента (*Gradient*) координате X соответствует центр между приемными электродами, а координате Y соответствует $1/2$ разности от ближайшего питающего электрода до центра между приемными электродами;
- для двухэлектродной установки (*Pole-Pole*) координате X соответствует центр установки, а координате Y соответствует $1/2$ расстояния между электродами А и М;
- для установки ВЭЗ (*Schlumberger*) координате X соответствует центр установки, а координате Y соответствует $1/2$ расстояния между крайними (питающими) электродами.

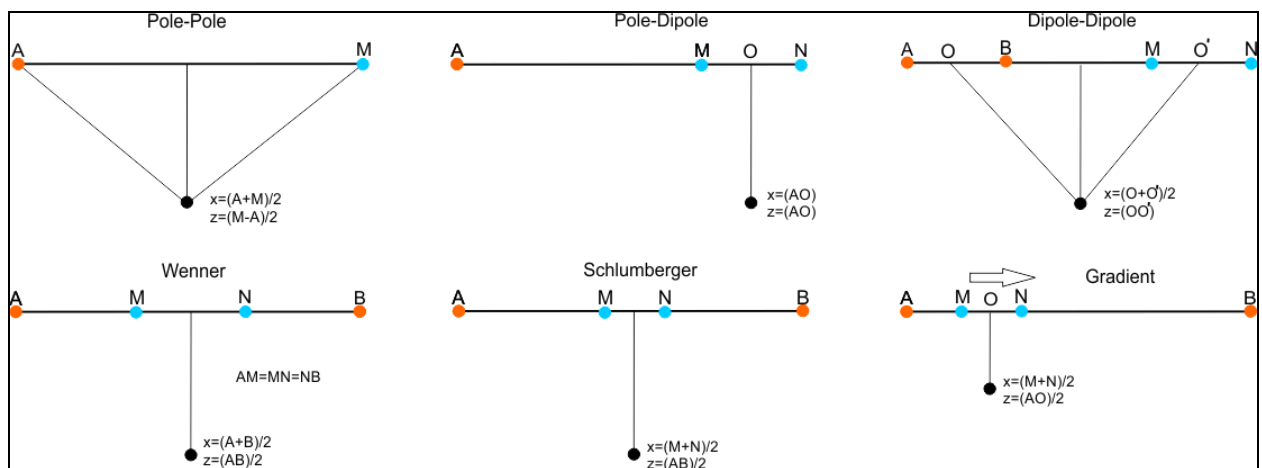



Рис. 27 Основные типы электроразведочных установок

При отображении псевдоразреза (при наличии встречных систем измерений) можно просмотреть данные отдельных установок, используя меню **Options / Data / Display / Forward array** или **Backward array**. При больших объемах измерений с помощью опции **Display every 1 point** можно проредить точки псевдоразреза. По

умолчанию эта опция включается при загрузке файла данных, содержащего более 3000 измерений.

В средней секции программы в виде псевдореза можно отобразить веса измерений с помощью опции **Options / Data / Data Weights** и относительную невязку по каждому измерению **Options / Data / Data Misfit**.

Редактор данных

Редактор данных  служит для визуализации системы наблюдений и измеренных значений. Окно содержит таблицу, которая содержит 9 столбцов:

ID	Индекс измерения.
Used	Индикатор, указывающий используется ли измерение при инверсии.
C1	Положение первого питающего электрода на профиле.
C2	Положение второго питающего электрода на профиле.
P1	Положение первого приемного электрода на профиле.
P2	Положение второго приемного электрода на профиле.
$\rho\alpha$	Значение кажущегося сопротивления по результатам измерения.
R	Значение измеренного нормированного сигнала.
Weight	Вес измерения.

В случае отсутствия одного из электродов его координата заменяется символом *.

Три последних столбца, в случае необходимости, могут быть отредактированы с помощью клавиатуры. Не следует вводить абсурдные значения для кажущегося сопротивления или нормированного сигнала. Веса измерений задаются в диапазоне от 0 до 1. При нажатии на заголовок столбца, производится сортировка таблицы по значениям данного столбца.

Data editor								
Array		cable pos ▾						
/	Used	C1	C2	P1	P2	ρ_a	R	weight
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	10	20	15	0.9	0.01	1
2	<input checked="" type="checkbox"/>	0	10	25	20	1.0	0.004	1
3	<input checked="" type="checkbox"/>	0	10	40	25	1.0	0.003	1
4	<input checked="" type="checkbox"/>	0	10	55	30	1.0	0.002	1
5	<input checked="" type="checkbox"/>	0	50	5	10	0.9	0.02	1
6	<input checked="" type="checkbox"/>	0	50	10	15	1.0	0.006	1
7	<input checked="" type="checkbox"/>	0	50	15	20	0.9	0.003	1
8	<input checked="" type="checkbox"/>	0	50	20	25	0.9	0.002	1
9	<input checked="" type="checkbox"/>	0	50	25	30	0.9	0.003	1
10	<input checked="" type="checkbox"/>	0	50	30	35	0.9	0.003	1
11	<input checked="" type="checkbox"/>	0	50	35	40	1.0	0.006	1

Рис. 28 Диалоговое окно редактора данных

Можно отобразить положение дистанции электродов расстановки (косы) **Cable pos**, либо положение реальные координаты положений вдоль профиля.

При перемещении курсора по таблице, положения электродов активного измерения и точка записи отображаются на псевдоразрезе или плане графиков.

Редактор данных также вызывается опциями **Options / Extra/Potential&sensitivity in model** в режиме отображения потенциала (**Potential isolines**) или чувствительности (в изолиниях – **Sensitivity isolines**, в виде карты – **Sensitivity contours**).

Моделирование

Моделирование – важный процесс, предшествующий полевым работам. Используя априорную информацию о поисковом объекте, его физических свойствах и параметров вмещающей среды, геофизик может задать теоретическую модель, соответствующую ожидаемой геологической обстановке. Результат моделирования позволяет определить, уровень сигнала и разрешающую способность выбранной системы наблюдений. Предварительный анализ позволяет оптимизировать методику полевых работ. Такой подход считается профессиональным.

Программа «**ZondRes2D**» позволяет моделировать данные методов сопротивлений и вызванной поляризации в двумерном варианте (2D) с учетом рельефа профиля наблюдений.

Необходимыми входными данными для проведения моделирования являются геометрия системы наблюдений и модель среды.

Создание сети модели

Сразу после создания новой системы измерений для моделирования или открытия файла с полевыми данными появляется диалог настройки сети начальной модели.

Для того чтобы создать новую модель или изменить параметры уже существующей модели, можно вызвать пункт меню **Options / Mesh constructor**.

В появившемся диалоге **Mesh constructor**, предлагается выбрать параметры сети и удельное сопротивление и поляризуемость вмещающей среды.

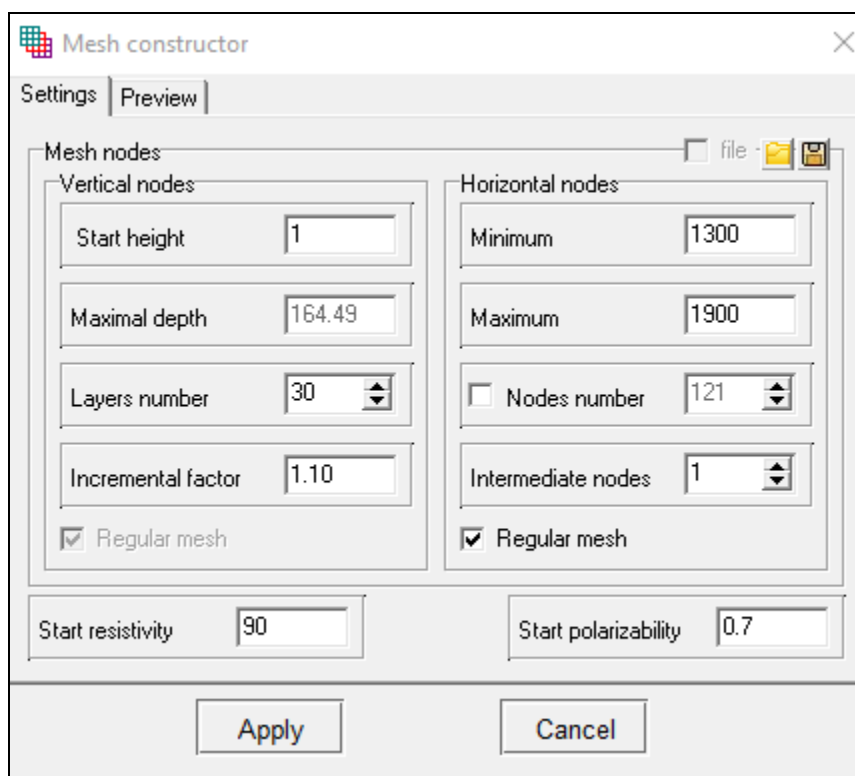


Рис. 29 Диалоговое окно настройки стартовой модели

Область **Vertical nodes** содержит опции, позволяющие задать параметры сетки модели по вертикали. Изначально программа автоматически выбирает эти параметры, руководствуясь следующими правилами:

- Глубина нижнего слоя соответствует половине максимальной псевдоглубины системы измерений. Псевдоглубина определяется разносом установки;

- Число слоев соответствует удвоенному количеству уникальных коэффициентов установки для данной системы измерений и не превышает 40;
- Толщина последующего слоя в ~ 1.1 раз больше предыдущего.

Пользователь имеет возможность отредактировать параметры стартовой модели, заданные программой автоматически.

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

Maximal depth – указывает глубину нижнего слоя. Следует иметь в виду, что максимальная глубина не должна быть слишком велика, т.к. влияние параметров геоэлектрического разреза с глубиной уменьшается. Этот параметр рассчитывается автоматически.

Layers number – устанавливает количество слоев модели. По физическому смыслу оно не должно значительно превышать количество уникальных коэффициентов установки (разносов) для данной системы измерений. Обычно для описания модели достаточно 12-20 слоев. Нежелательно задавать 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.

Intermediate nodes – устанавливает количество дополнительных узлов между уникальными положениями электродов на профиле (0 - 4). Наличие дополнительных узлов положительно отражается на точности решения прямой задачи, особенно при использовании суммарного потенциала (Total potential calculation).

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. Лучше всего использовать равномерную сеть при работе с не томографическими системами наблюдений, например при двумерной интерпретации данных ВЭЗ (см. рисунок ниже).

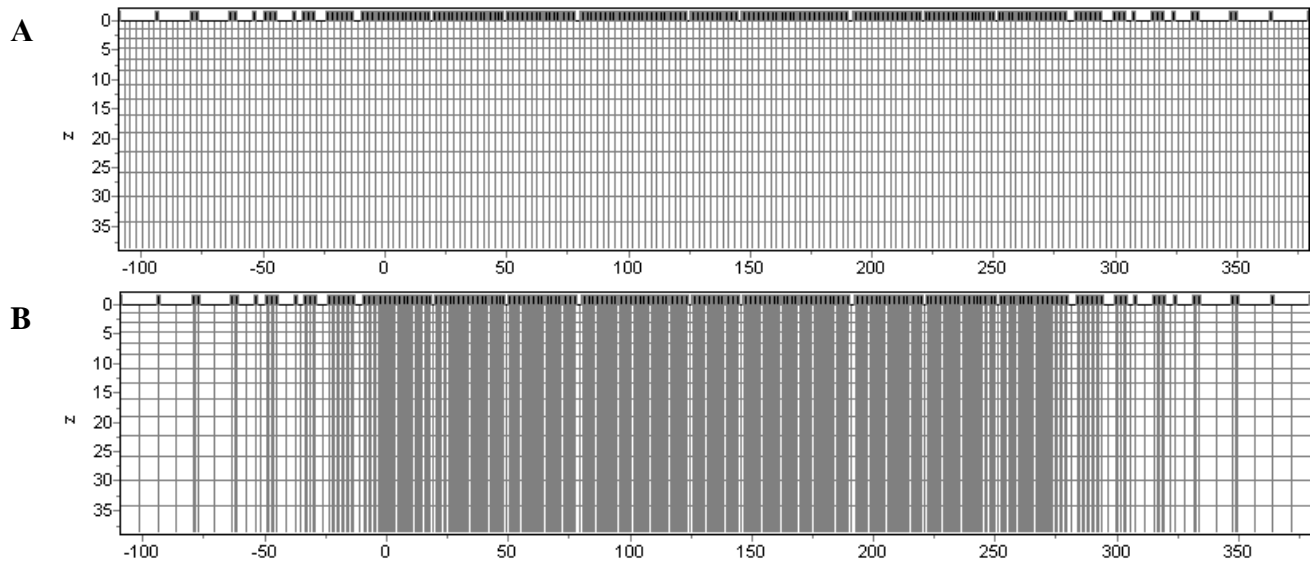


Рис. 30 Равномерная (А), неравномерная (В) сети модели



При включении этой опции значительно сокращается количество ячеек, но алгоритм пренебрегает данными, при которых питающий и приемный электрод (одного измерения) попадают в одну ячейку из-за нелинейности функции потенциала в этом случае.

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 электродами (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**.

При работе со скважинными данными выбор опции **Regular mesh** активен как для горизонтали, так и для вертикали. Это позволяет задать равномерное разбиение также и в вертикальном направлении. Опция **In elec**, активная при работе со скважинными данными, обеспечивает совпадение ячеек узлов сети и электродов в скважине.

Start resistivity – устанавливает удельное сопротивление стартовой модели.

Start polarizability – устанавливает поляризуемость стартовой модели.


Заданные параметры сети можно сохранять и загружать (кнопки  и  в правом верхнем углу диалога настройки параметров модели).

Вкладка **Preview** позволяет посмотреть изображение настроенной сети.


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

Редактирование модели

В программе **ZondRes2D** для редактирования модели предусмотрены три режима:

- **блоковый режим** (кнопка  панели быстрого доступа) предназначен для редактирования непосредственно ячеек модели (как ширины или толщины выбранного ряда ячеек, так и свойств ячеек). При работе в блоковом режиме существует также возможность редактирования геометрии сети, первоначально созданной в диалоге **Options / Mesh constructor**;

- **произвольно слоистый режим** (кнопка  панели быстрого доступа) предназначен для создания и редактирования произвольно слоистой модели;

- **полигональный** (кнопка  панели инструментов). Полигональный режим предназначен для задания среды, состоящей из набора связанных или не связанных друг с другом тел.

Необходимо отметить, что в любом режиме модели доступны различные вспомогательные средства, облегчающее задание модели: скважины, подложки в виде растрового изображения, модели из других программ пакета Zond.

Работа с блоковой (сеточной) моделью

Данный режим служит для изменения параметров отдельных ячеек модели или групп ячеек 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 / Model Editor toolbar**) и цветовая шкала. Функции контекстного меню и выносной 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. Этот же инструмент можно использовать, зажимая на клавиатуре кнопку C.
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. Этот же инструмент можно использовать, зажимая на клавиатуре кнопку X.
Selection\ Remove selection		Удалить выделение.
Mesh options\Add column /row		Добавить новую вертикальную или горизонтальную границу. Новая граница появляется при нажатии мыши в выбранном месте.
Mesh options\Remove column /row		Удалить выбранную вертикальную или горизонтальную границу.
Mesh		Изменить толщину ряда или колонки с помощью мыши.

options\Resize column /row		
Clear model		Очистить модель полностью. Убрать все выделения областей и вернуться к однородному полупространству с физическими свойствами, указанными при создании стартовой модели в «Mesh constructor».
Clear parameters		Вернуться к однородному полупространству с физическими свойствами, указанными при создании стартовой модели в «Mesh constructor». При этом области выделения на модели останутся. Кроме этого, сохраняются пределы физических свойств, заданные пользователем.


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 панели инструментов (**Options / Model / Model Editor toolbar**). Если некоторая область разреза выделена, то нажатие левой кнопки мыши в любое место выделенной области задает 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 ячейку выделенной области, которая после этого примет выбранное значение.

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. Данная опция работает, когда активна при включённой опции  (**Edit mode**).

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.

Следует отметить, что при переходе от режима сопротивления к режиму поляризуемости выделенная область сохраняется.

Также можно задавать значения параметра выделенным ячейкам используя диалог настройки параметров ячейки **Cell setup** (см. рисунок ниже).

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.

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

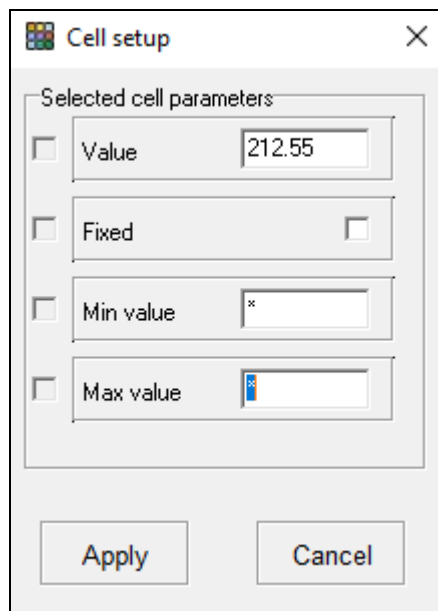


Рис. 31 Диалоговое окно Cell setup

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

Вертикальная ось	Set maximum	Установить значение глубины нижнего слоя.
	Redivide	Установить одинаковую толщину слоев для всех слоев модели (в данном масштабе).
	Thick mesh	Удалить каждый второй узел вертикальной сетки.
	Thin mesh	Добавить промежуточные узлы в вертикальную сетку.
Горизонтальная ось	Redivide	Установить одинаковую ширину для ячеек, расположенных между уникальными положениями электродов.
	Thick mesh	Удалить каждый второй узел горизонтальной сетки (если в данном узле не расположен электрод).
	Thin mesh	Добавить промежуточные узлы в горизонтальную сетку.
Верхняя область, около	Display model mesh	Указывает, нужно ли изображать сеть.


	Display objects border	Указывает, нужно ли изображать границу объекта.
	Setup	Вызвать диалог настройки параметров модели.
	Display color bar	Указывает, нужно ли изображать цветовую шкалу.
	Zoom&Scroll CTRL+A	Включить режим увеличения и прокрутки.
	Print preview	Распечатать модель.
Цветовая шкала	Setup	Вызвать диалог настройки параметров модели.
	Set range	Вручную определить минимальное и максимальное значения цветовой шкалы.
	Automatic	Автоматически определить минимальное и максимальное значения цветовой шкалы.
	Log scale	Установить логарифмический масштаб для цветовой шкалы.
	Set half-space value	Определить значение параметра вмещающей среды.
	Set cursor value	Установить курсор на определенное значение на шкале.
	Colors as histogram	Установить цвета на основании распределения сопротивлений ячеек модели.

Произвольно слоистая модель

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.

Это аналог основного режима, в котором среда разбита на ячейки, но в слоистом представлении. Такой вариант описания среды более структурирован и понятен геологам.

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.

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

Перед началом работы необходимо создать начальную модель среды. В качестве стартового разреза используется горизонтально слоистая среда с постоянными параметрами внутри каждого слоя. Настроить стартовую модель можно диалоговом окне, которое вызывается пунктом главного меню **Layered/model constructor**. При решении обратной задачи, очень важно задать хорошее начальное приближение модели, которое было бы близко к реальной среде. Стартовая модель может быть выбрана на основе анализа результатов инверсии в режиме сеточной модели. Эти же результаты могут быть встроены в каркас созданной модели опцией **Layered/Load from mesh**.

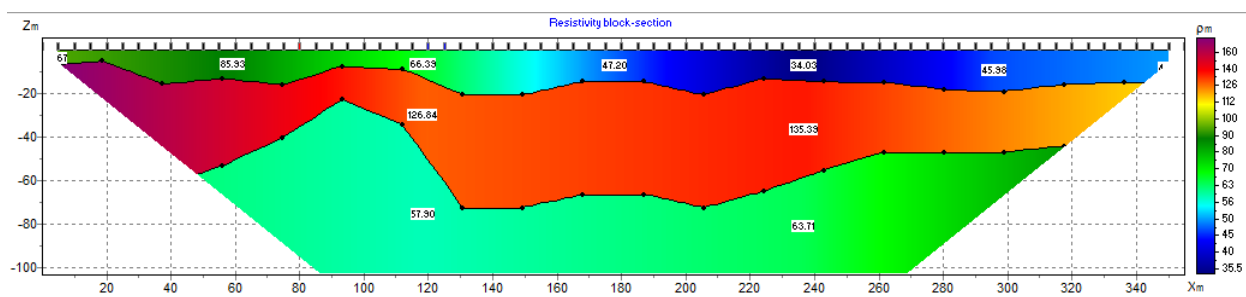


Рис. 32 Разрез в режиме произвольно слоистой модели

Важными параметрами являются – количество слоев и их мощности. Следующими параметрами являются количество узлов геометрии границ и узлов изменения параметра внутри слоя. Узел геометрии границы слоя – точка, в которой может изменяться его вертикальная координата. То есть чем больше узлов, тем более сложной может быть геометрия границы. С другой стороны, чем меньше узлов, тем более надежно будет определена граница. Количество узлов геометрии лучше всего выбирать исходя из количества уникальных положений электродов на профиле. Для всех границ слоев (кроме поверхности измерений) количество узлов одинаково. В режиме моделирования (**Layered/Edit mode**) узлы отображаются кружками, которые можно перетягивать с помощью мыши или закреплять при инверсии (при щелчке мыши узла с нажатой CTRL, закрепленные узлы отображаются красным). Редактировать границы удобно, при включенной опции **Layered/Transparent**, когда подложкой является результат инверсии в сеточном режиме.

Узлы параметра или профиль изменения параметра - определяет распределение параметра внутри слоя. Профиль параметра задается набором фиксированных значений узлов,

между которыми параметр меняется линейно. В программе реализовано разное количество узлов для первого слоя и всех последующих. Обычно, в верхнем слое параметры более изменчивы и для него следует задавать более детальный профиль (3-10 узлов). В нижних слоях параметры меняются более плавно и можно ограничиться 1-3 узлами. В режиме моделирования (**Layered/Edit mode**), можно редактировать значения узловых параметров, для этого используется правый щелчок мыши на метке значения, для закрепления параметра при инверсии используется правый щелчок мыши на метке значения с нажатой клавишей CTRL.

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

Настройка произвольно слоистой среды происходит в конструкторе модели (**Layered/Model constructor**) (см. рисунок ниже).

Settings

Start model

Start thickness: 10.4 Resistivity: [v] Build

Layers number: 3 Par value: 90

Thickness factor: 2.5 Par nodes 1 layer: 5

Geometry nodes: 10 Par nodes 2-n layers: 3

N	par	Pmin	Pmax	H	Hmin	Hmax
1	90	0.1	100000	10.4	5.2	20.7
2	90	0.1	100000	25.9	12.9	51.8
3	90	0.1	100000	*	*	*

☐ for Z

Рис. 33 Окно конструктора модели

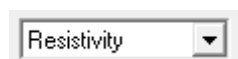
Start thickness позволяет задать мощность первого слоя.

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 (от 10-50).

В этих узлах граница может быть изменена по вертикали.



- задает тип параметра из списка.

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

Polarizability – поляризуемость, данные электротомографии ВП.

Gravity – плотность, данные гравиразведки

Magnetic – магнитная восприимчивость, данные магниторазведки

Velocity – скорость продольных или поперечных волн

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

Следует отметить, что параметры текущего значения этого списка, будут показаны метками на слоях. Это позволяет одновременно отображать результаты интерпретации по двум свойствам. Цветом будет показана сопротивление или поляризуемость в зависимости от текущего режима, а числовым значением параметр из списка.

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**.

Для совместной инверсии данных метода сопротивлений и ВП в рамках единой геометрии слоев используется опция **Invert Rho&IP**.

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


Draw labels – отображать значения физического свойства.

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. Щелчок правой кнопкой мыши по подписи к слою позволяет редактировать значение физического свойства.

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










Полигональное моделирование



Во многих ситуациях более практичным является задание модели в виде набора тел с полигональным сечением. В **ZondRes2D** 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 **ZondRes2D** 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 сопротивления, поляризуемости полигона и графического отображения необходимо два раза щелкнуть левой кнопки мыши на любую его точку. В результате появится диалоговое окно **Body parameters** (см. рисунок ниже).

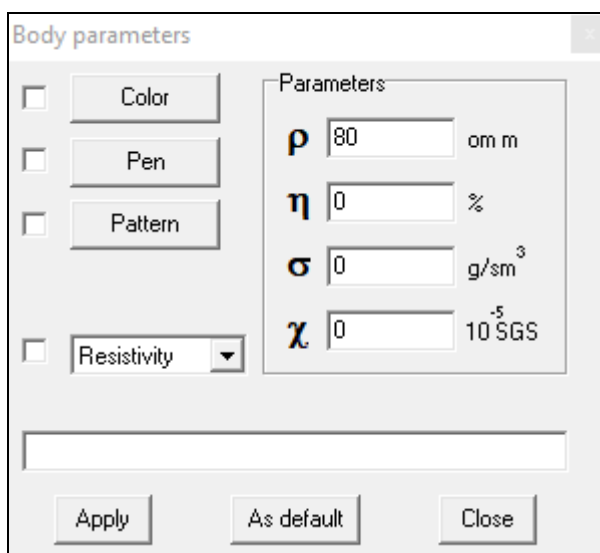



Рис. 34 Диалоговое окно **Body parameters**

В полях ρ , η , σ , χ указываются значения сопротивления, поляризуемости, плотности и магнитной восприимчивости. 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.

При работе с данными естественного поля следует указывать тип проводимости полигона – электронный или ионный. Когда загружены данные ЕП в окне **Body parameters** в параметрах будет возможность выбрать электронный тип проводимости, иначе, если не стоит галочка, будет выбрана ионная проводимость для полигона.

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.

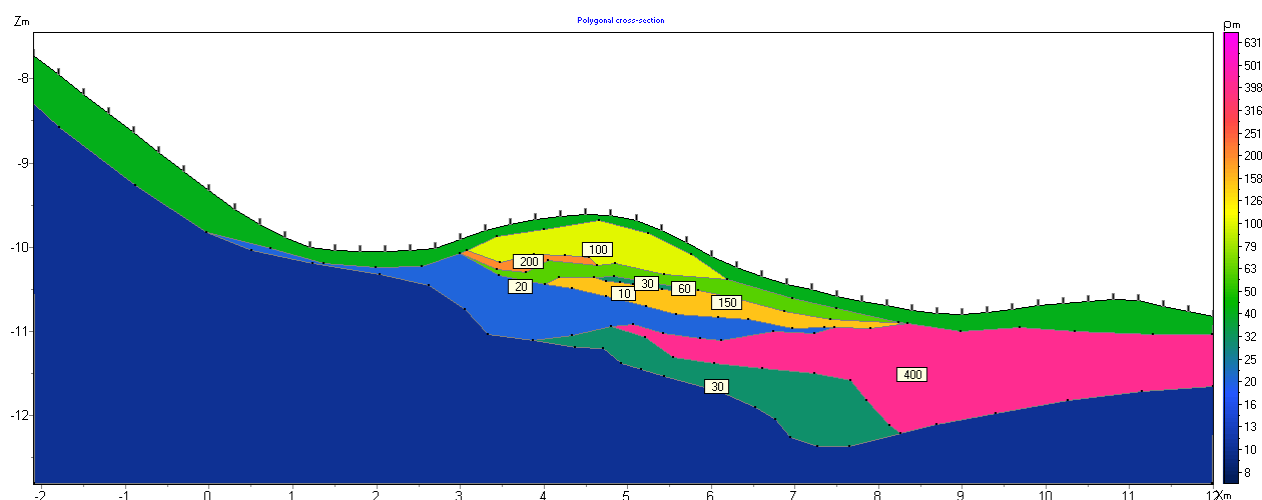






Рис. 35 Пример полигональной модели, созданной в ZondRes2D

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.

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

Сохранение и использование модельных данных

Для того чтобы использовать рассчитанные значения в качестве полевых данных при инверсии, нужно сохранить результат в режиме **Zond calculated data** [*.z2d]. Данные сохраняются в текстовый файл. После этого можно открыть сохранённый файл как наблюдаемые данные. В качестве альтернативы, можно воспользоваться опцией **Zond model with calculated** [*.z2d], но перед инверсией необходимо будет, очистить текущую модель. Для того чтобы наложить шум на синтетические данные перед сохранением следует активировать опцию **Save synthetic with noise**.



Далее можно выполнить инверсию таких данных и проанализировать отличия восстановленной модели от оригинальной. Этот механизм позволяет тестировать системы наблюдений и проверять различные гипотезы.

Интерпретация полевых данных


Важнейшим этапом любого геофизического исследования является построение физических моделей среды по наблюдаемым данным, то есть решение обратной задачи или инверсия данных.

Для получения наиболее достоверного результата очень важно учесть всю априорную информацию, оценить качество данных, сравнить результаты разных методов, подобрать наиболее подходящие параметры для инверсии.

Программа позволяет проводить инверсию не только метода сопротивления, но и совместную инверсию с другими геофизическими методами: данные метода вызванной поляризации, данные магнитотеллурических методов, данные гравитационных и магнитных измерений, данные сейсмических методов и т.д.

При наличии данных поляризуемости на панели инструментов появляются кнопки  и , позволяющие переключаться между режимами работы с данными сопротивления и поляризуемости.

Настройки параметров инверсии

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

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

Default – присваивает параметрам значения “по умолчанию”.

Основные параметры инверсии настраиваются во вкладке **General** (см. рисунок ниже).

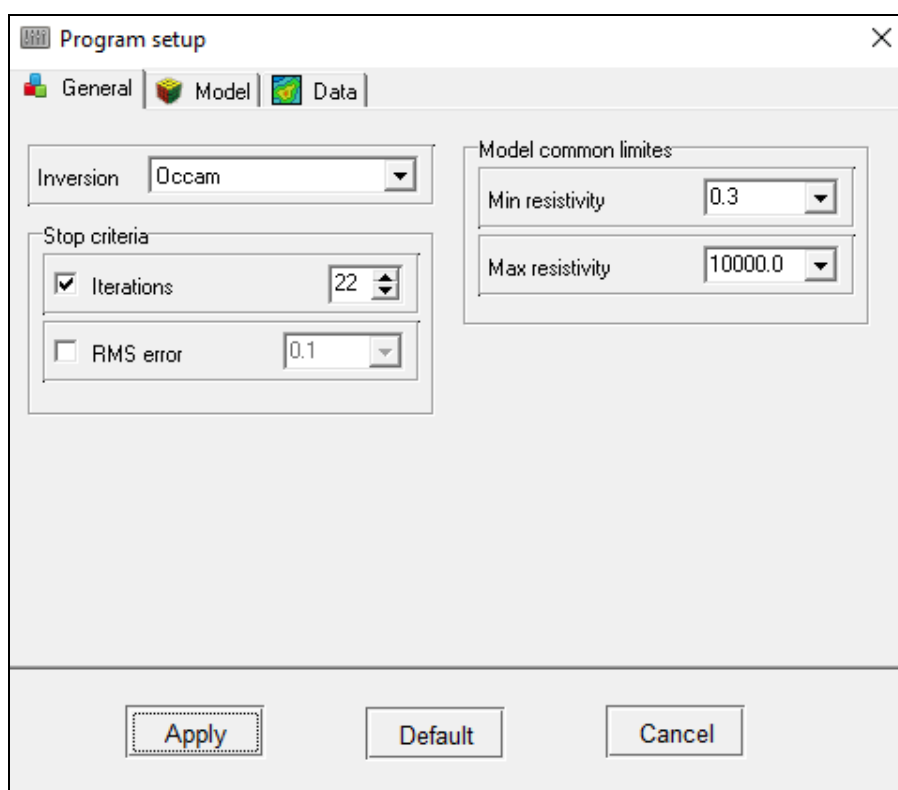


Рис. 36 Диалоговое окно Program setup, вкладка General

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

Рассмотрим различные алгоритмы инверсии на примере модели среды, состоящей из нескольких блоков (см. рисунок ниже).

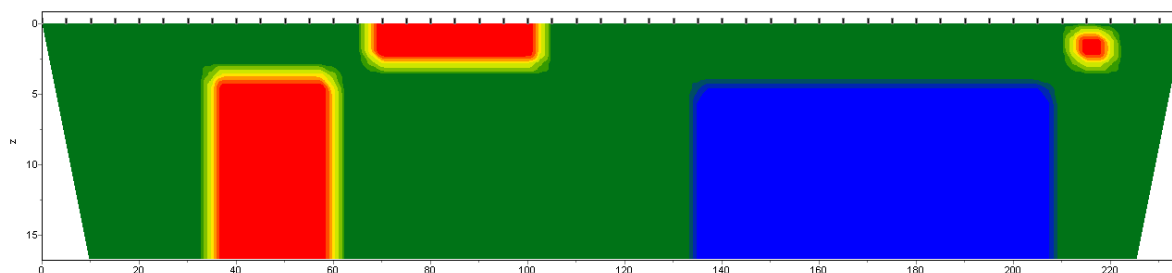


Рис. 37 Тестовая модель среды

Для тестирования алгоритмов рассчитан теоретический отклик для данной модели и на результат наложен пятипроцентный гауссовский шум.

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

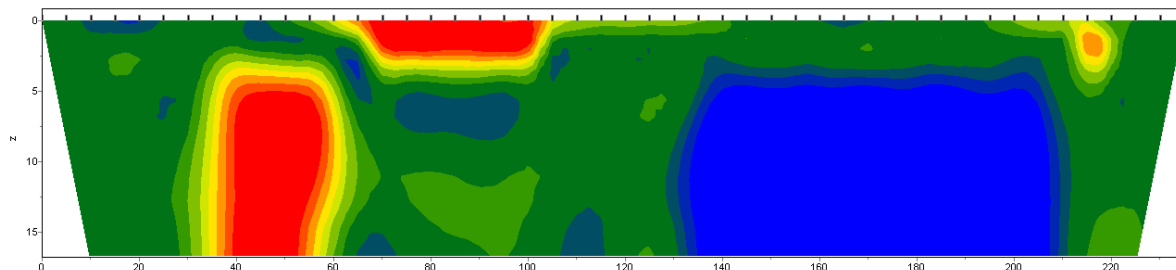


Рис. 38 Восстановленная модель в результате инверсии Smoothness constrained

Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

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

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

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

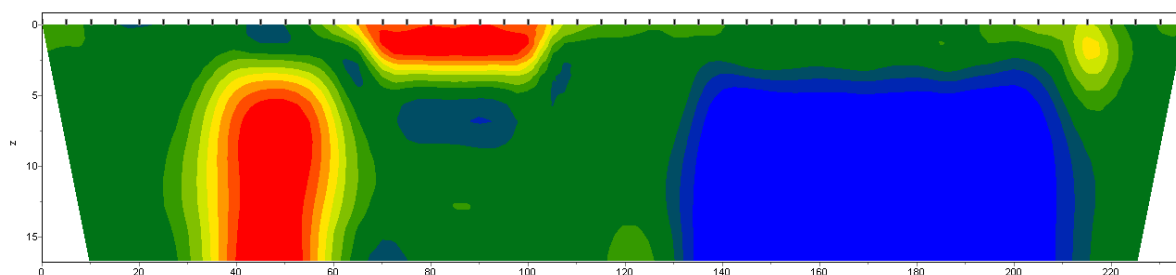


Рис. 39 Восстановленная модель в результате инверсии Ossam

Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

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

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

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

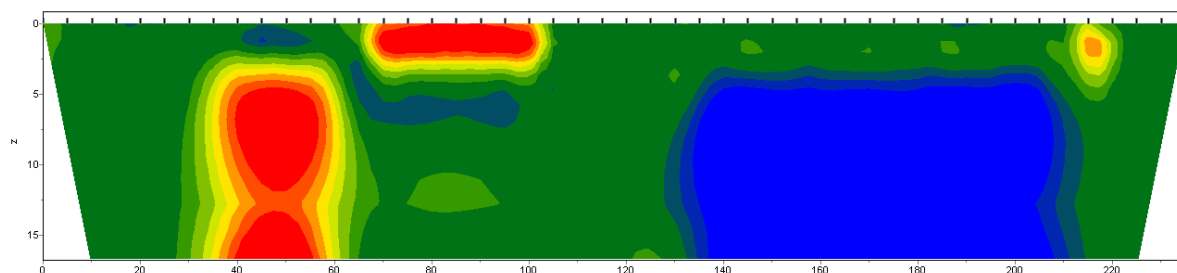


Рис. 40 Восстановленная модель в результате инверсии *Marquardt*

Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

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

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

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

Blocks – подбор параметров отдельных областей, различающихся по сопротивлению. Области с одинаковым сопротивлением рассматриваются как единые блоки (см. рисунок ниже).

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

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

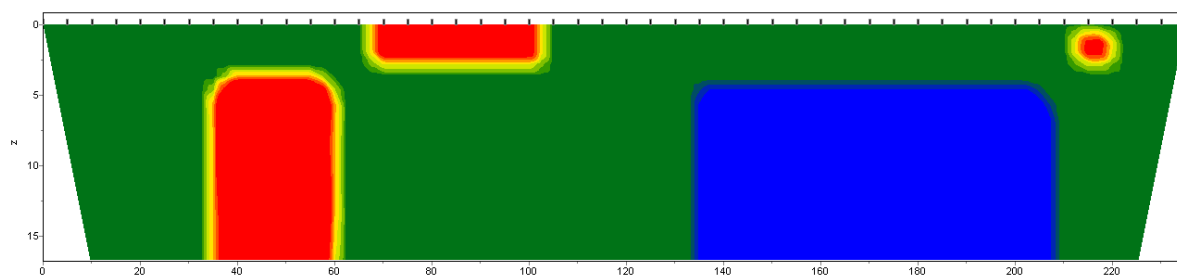


Рис. 41 Восстановленная модель в результате инверсии *Blocks*

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

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

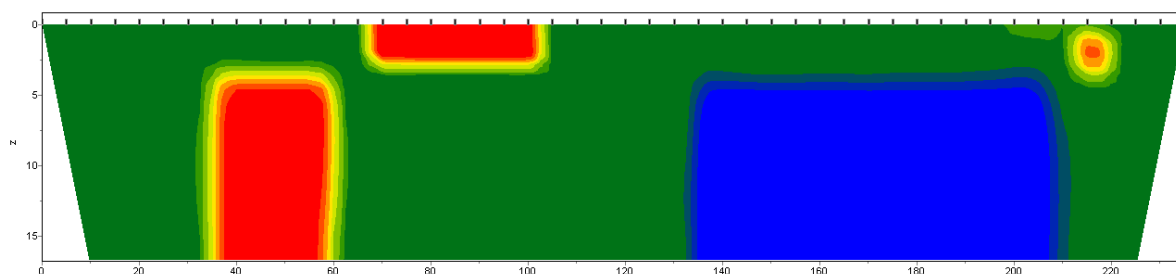


Рис. 42 Восстановленная модель в результате инверсии *Focused*

Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

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

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

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

ProfileR – для инверсии используется программа ProfileR A. Binley .

Statistic(betta) - инверсия на статистическом принципе максимального правдоподобия (не требует дополнительных настроек).

Область **Stop criteria** содержит 2 критерия остановки инверсии. Инверсия остановится при достижении одного из этих критериев:

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.

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.

Следующая группа параметров инверсии содержится в вкладке **Model** (см. рисунок ниже).

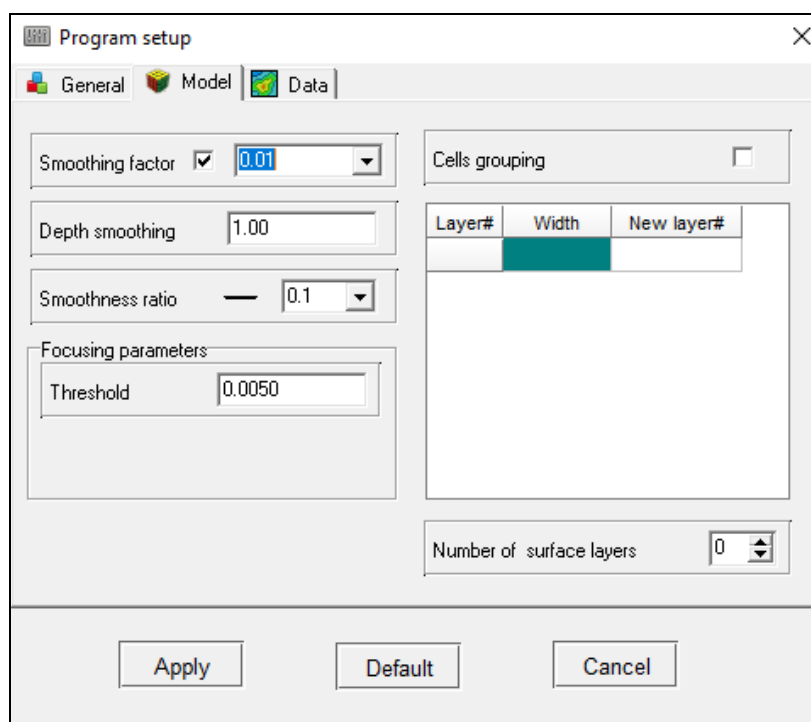


Рис. 43 Диалоговое окно Program setup, вкладка Model

Smoothing factor – устанавливает соотношение между минимизацией невязки измерений и невязки модели (например гладкости). Для данных с высоким уровнем помех или для того, чтобы получить более гладкое и устойчивое распределение параметров, выбираются относительно большие значения сглаживающего параметра: 0.5 - 2; при высоком качестве

измерений используются значения: 0.005 - 0.01. При больших значениях сглаживающего параметра чаще всего получают большие значений невязки данных (см. рисунок ниже). Используется в алгоритмах инверсии *Occam* и *Focused*. Если оптимизация (Line search) отключена, программа позволяет выбрать значение сглаживающего параметра автоматически. Для этого нужно нажать галочку справа от *smoothing factor*.

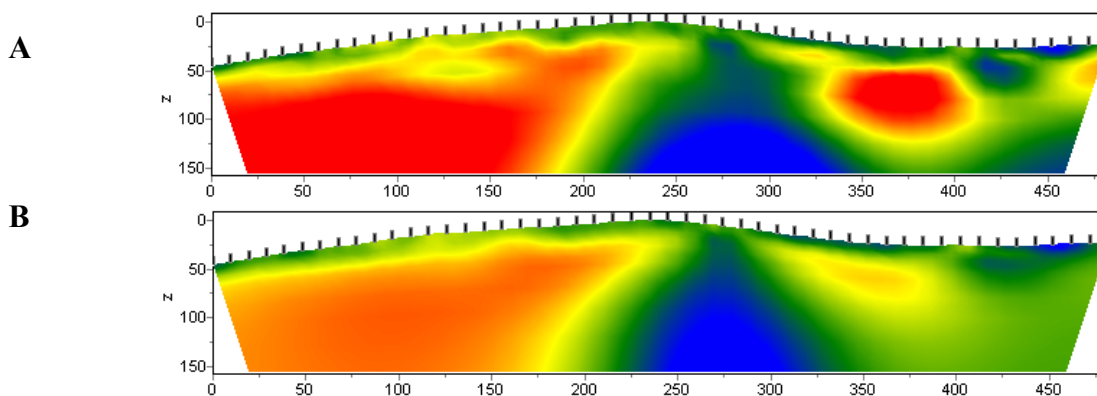


Рис. 44 Геоэлектрические модели в результате инверсии *Occam* параметром *smoothing factor*: 0.01 (A) и 1.0 (B). Результирующая невязка для случая А – 4.5 %, для В – 6 %

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

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

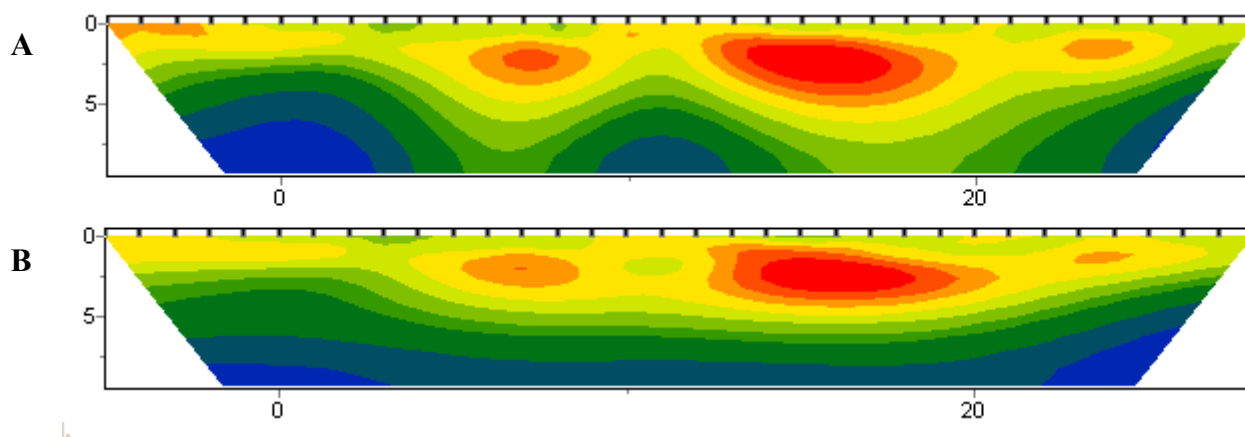
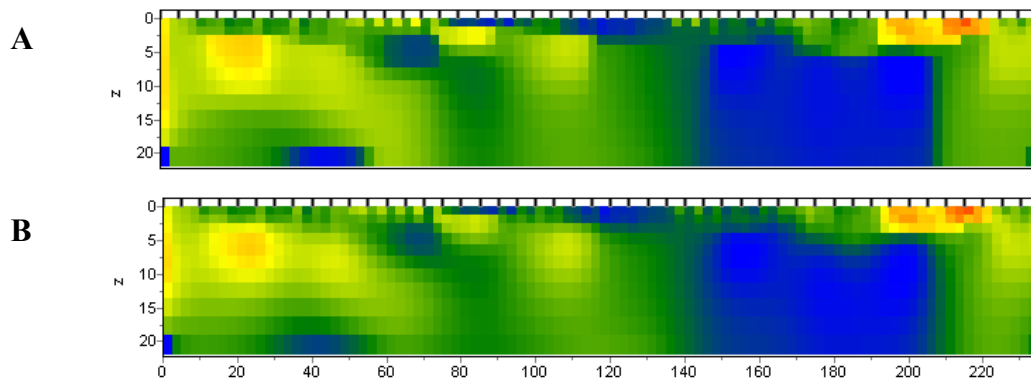


Рис. 45 Геоэлектрические модели в результате «гладкой» инверсии с параметром **Smoothness ratio: 1 (A) и 0.3 (B)**

Область Focusing parameters:

Threshold – устанавливает пороговое значение контрастности соседних ячеек по достижению которого параметры этих ячеек не усредняются между собой (то есть считается, что между ячейками проходит граница). Значения этого параметра выбирается эмпирическим путем (0.001-1) (см. рисунок ниже). 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.



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

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 (см. рисунок ниже, **A**), во второй, начиная с шестого слоя, ячейки объединены в группы по две в горизонтальном направлении (см. рисунок ниже, **B**), в третьей, начиная с шестого слоя, ячейки объединены в группы по две, а с двенадцатого слоя - по четыре ячейки в горизонтальном направлении (см. рисунок ниже, **C**).

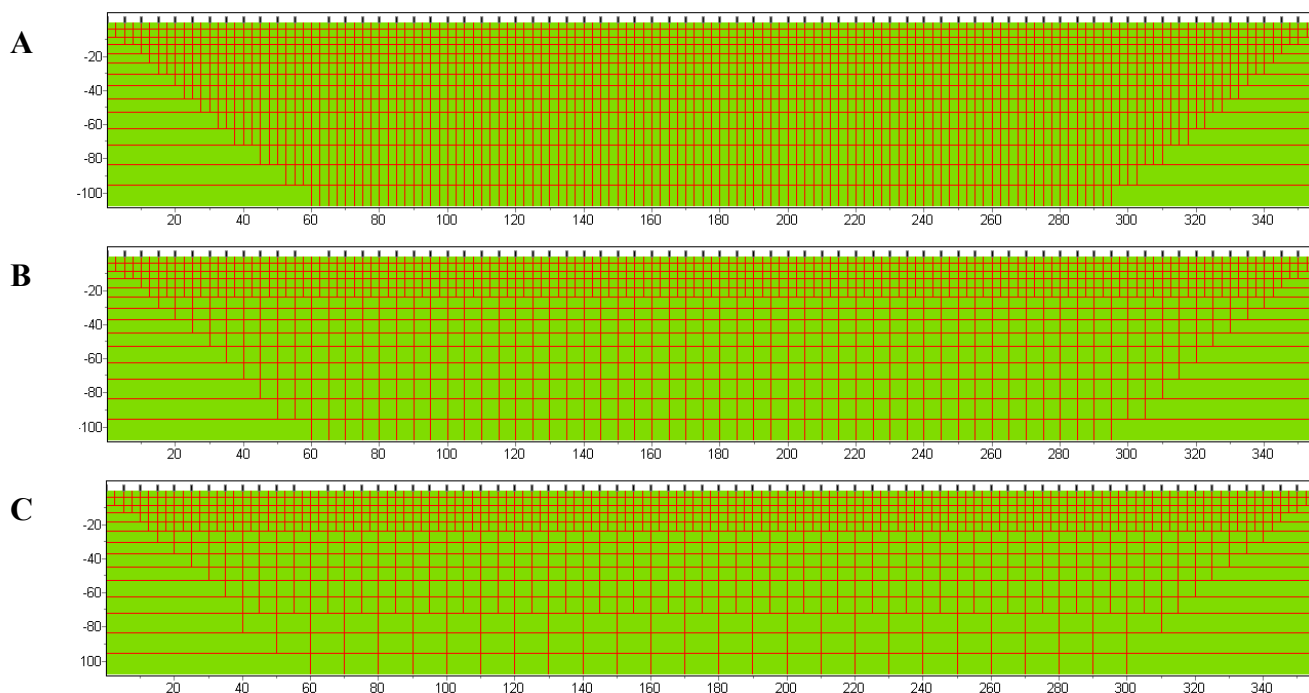


Рис. 46 Примеры инверсионных сетей

Number of surface layers (0-3) – 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.

Третья вкладка **Data** предназначена для настройки дополнительных параметров инверсии (см. рисунок ниже).

Calculation scheme (Secondary, Total) – определяет алгоритм расчета электрического потенциала. В случае **Secondary** производится расчет вторичного потенциала. Этот способ более медленный и не дает возможности учесть рельеф поверхности измерений, но позволяет, при использовании достаточно грубой сети, получать достаточно точные результаты. При расчете полного потенциала (**Total**) необходимо использовать более густую сеть (1 – 2 узла

между соседними электродами на профиле) и относить дальше внешнюю границу модели. Это связано с большой погрешностью определения потенциала вблизи питающего электрода. Режим **Secondary** стоит использовать при нерегулярной сети, например, в случае данных ВЭЗ.

Automatically switch electrodes – при включении этой опции, программа автоматически меняет местами приемные электроды для получения положительного значения геометрического коэффициента установки. Опцию лучше отключить для межскважинных измерений.

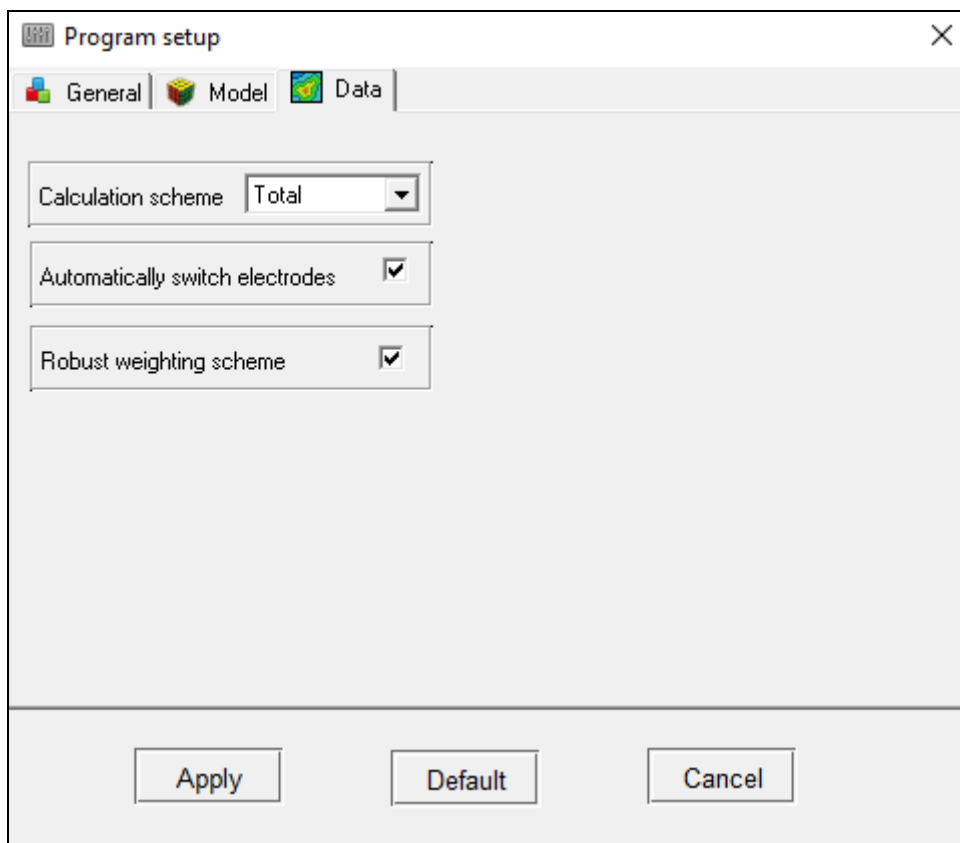




Рис. 47 Диалоговое окно Program setup, вкладка Data

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




Перед проведением инверсии рекомендуется ввести имеющуюся априорную информацию. Это может быть стартовая модель, построенная по геологическим данным, данным других геофизических методов или результатам предшествующей инверсии. Возможности ввода

априорной информации в программе **ZondRes2D** описаны в разделе: Учет априорной информации при инверсии.

После установки параметров и ввода априорной информации процесс инверсии запускается нажатием кнопки  главной панели инструментов. Ход процесса инверсии отображается в панели статуса. Дополнительную информацию о ходе инверсии можно получить с помощью пункта меню **Options / Inversion / Optimization / Display process**. В процессе инверсии в окне модели происходит изменение геоэлектрического разреза.

С помощью нажатия кнопки  главной панели инструментов может быть проведена одномерная инверсия данных.

Инверсия данных ВП

При наличии данных поляризуемости на панели инструментов появляются кнопки  и , позволяющие переключаться между режимами работы с данными сопротивления и поляризуемости. В последнем случае нажатие кнопки  приведет к инверсии данных интегральной поляризуемости с учетом текущего разреза сопротивления. Если есть данные о форме кривой спада, программа может выполнить инверсию поляризуемости для всей кривой, в результате чего будут получены параметры модели Cole-Cole. На практике измерения проводятся в одном из двух режимов – временном или частотном. При работе во временной области результатом измерений является кривая спада ВП и частотные зависимости модуля и фазы сигнала в частотной.

Формат входного файла данных для инверсии параметров ВП следующий (расширение *.z2d): первая строка после ключа `time_#chann` содержит список времен для временного и частот для частотного режима измерений. Далее следует структура файла, строки которого соответствуют точкам наблюдения, а столбцы – координатам электродов, значениям Res ($\Delta V/I$) и значениям измерений ВП для соответствующих времен (заголовки столбцов – `ip11`, `ip12` и т.д.) или частот (заголовки столбцов – `mod1`, `mod2` и т.д. для модуля измеренного сигнала, нормированного на ток, `pha1`, `pha2` и т.д. для фазы (или сдвига фазы между первой и третьей гармоникой)). Программа сама пересчитывает фазу в кажущуюся поляризуемость.

Пример начала файла данных временного режима измерений:

```
time_#chann 0.05 0.065 0.085 0.115 0.155
```




C1	C2	P1	P2	res	ipi1	ipi2	ipi3	ipi4	ipi5
0	*	5	10	0.001	0.279	0.260	0.242	0.218	0.194
5	*	10	15	0.001	0.306	0.286	0.266	0.241	0.215
10	*	15	20	0.002	0.338	0.317	0.295	0.268	0.239

Пример начала файла данных частотного режима измерений:

time_#chann	0.0001592	0.000427	0.001145							
C1	C2	P1	P2	res	mod1	mod2	mod3	pha1	pha2	pha3
0	*	5	10	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.004	-0.006	-0.010
5	*	10	15	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.005	-0.007	-0.012
10	*	15	20	0.002	0.002	0.002	0.002	-0.005	-0.009	-0.014


При наличии в проекте многоканальных измерений ВП или мониторинга, в программе появляется раздел меню **Time lapse/domain**. Переключение между каналами, соответствующими разным временам (частотам) осуществляются с помощью выпадающего списка на панели управления главного окна программы.


Опция **Time lapse/domain/Channels** вызывает таблицу настройки каналов. В ней можно редактировать значения временных задержек или частот измерений и заголовки для заданных значений (будут отображаться в выпадающем списке на панели инструментов основного окна программы). Для функционирования некоторых опций необходимо, чтобы времена/частоты были введены заранее.

Опция **Time lapse/domain/Display channel plot** вызывает окно (см. рисунок ниже), отображающее кривые спада (или частотных зависимостей) для текущей записи. Переход к другому измерению осуществляется с помощью мыши (на псевдоразрезе или графике) или кнопок  и , при этом в верхней части окна отображаются координаты питающих и приемных электродов рассматриваемой точки измерения. Отдельную точку отображаемой кривой можно редактировать с помощью пунктов меню, возникающих при нажатии на нее правой кнопкой. Ее можно удалить (**Delete point**), переместить или заменить на сглаженное значение (**Smooth point**), вернуть значение в первоначальное (**Origin point**) или удалить все точки (**Delete All**). Кнопка  панели инструментов окна позволяет проводить сглаживание текущей кривой (Smooth current) и всех кривых (Smooth All) на разрезе. А также применять фильтр для текущей кривой (Apply filter (current)), либо для всех кривых (Apply filter (all)).

Эти функции доступны при вызове контекстного меню правой кнопкой мыши при нажатии на



Опция фильтр  позволяет проводить фильтрацию как временной, так и в частотной области.

Инструмент  позволяет выборочно удалять измерения, либо применять фильтрацию для удаления выбросов и абсурдных значений на текущем графике, либо на всех графиках. Для этого нужно вызвать контекстное меню, правой кнопкой мыши.

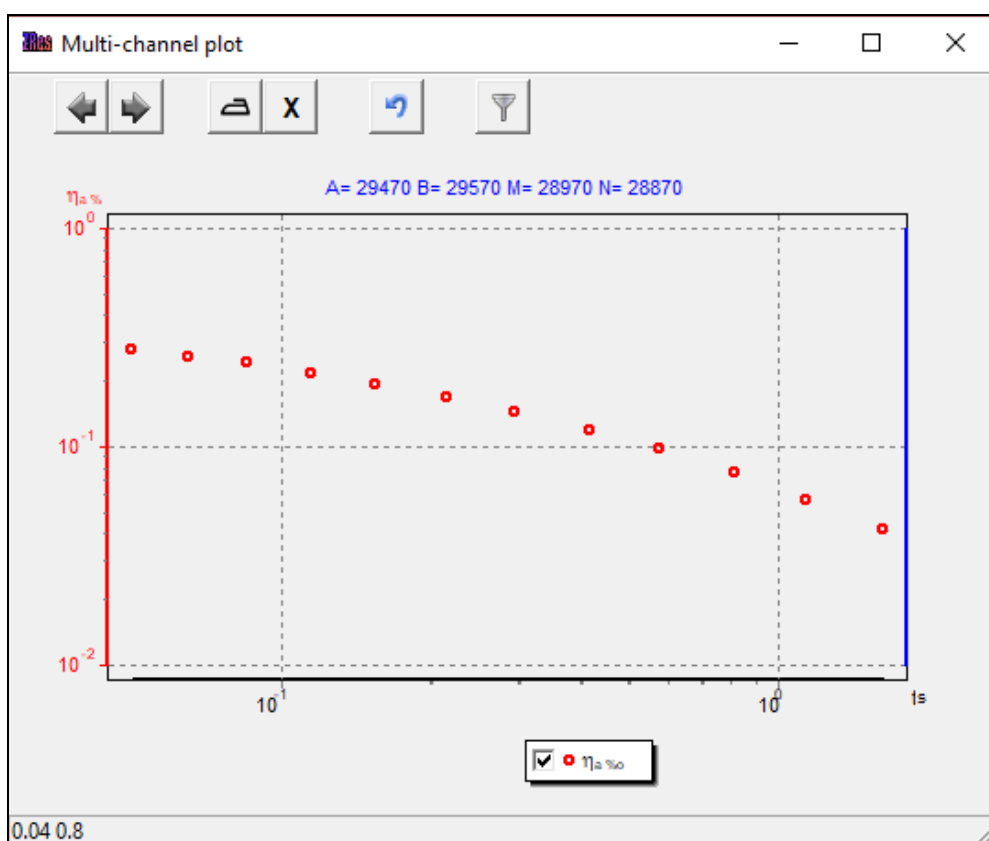


Рис. 48 Окно редактирования временной зависимости ВП

При работе во временном режиме после проведения редактирования кривых необходимо воспользоваться опцией **Time lapse/domain/Recalculate chargeability**, которая пересчитывает интегральный параметр ВП (заряжаемость) с учетом изменений, произведенных с данными. Следует отметить, что в программе можно выбрать единицы измерения ВП (проценты или мВ/В) в разделе **Options/Extra/IP Units**.


Опция **Time lapse/domain/ Time lapse inversion** вызывает режим последовательной инверсии данных ВП для каждой реализации (в этом случае используется стандартная схема расчетов, как и для интегрального параметра ВП). Если включена опция **Time**


lapse/domain/Next from previous, в качестве начального приближения для каждой следующей итерации используются результаты предыдущей. Если опция не включена, в качестве начального приближения для каждой следующей итерации используется текущая модель данной реализации. Полученные модели отображаются в редакторе модели. Переключение между моделями, соответствующими разным временам (частотам), осуществляется с помощью выпадающего списка на панели управления главного окна программы.

Так как в большинстве случаев для каждой следующей реализации в качестве стартового приближения используется модель предыдущей реализации, необходимо значительно меньшее количество итераций для достижения приемлемой невязки. Количество итераций для следующих после первой реализаций задается с помощью опции **Time lapse/domain/ Max iter number for next**.

Опция **Time lapse/domain/ Save time shots** сохраняет результаты инверсии данных ВП для всех реализаций в один текстовый файл.

Окно полноволновой инверсии параметров ВП (см. рисунок ниже) вызывается с помощью пункта меню **Time lapse/domain/ Full wave for min version**. Окно содержит три вкладки. На вкладке **Models** отображаются полученные в результате инверсии модели сопротивления и параметров поляризуемости Cole-Cole (η , τ и c).

Кнопка  позволяет моделировать разрезы по этим четырем параметрам

Кнопка  запускает расчет прямой задачи.

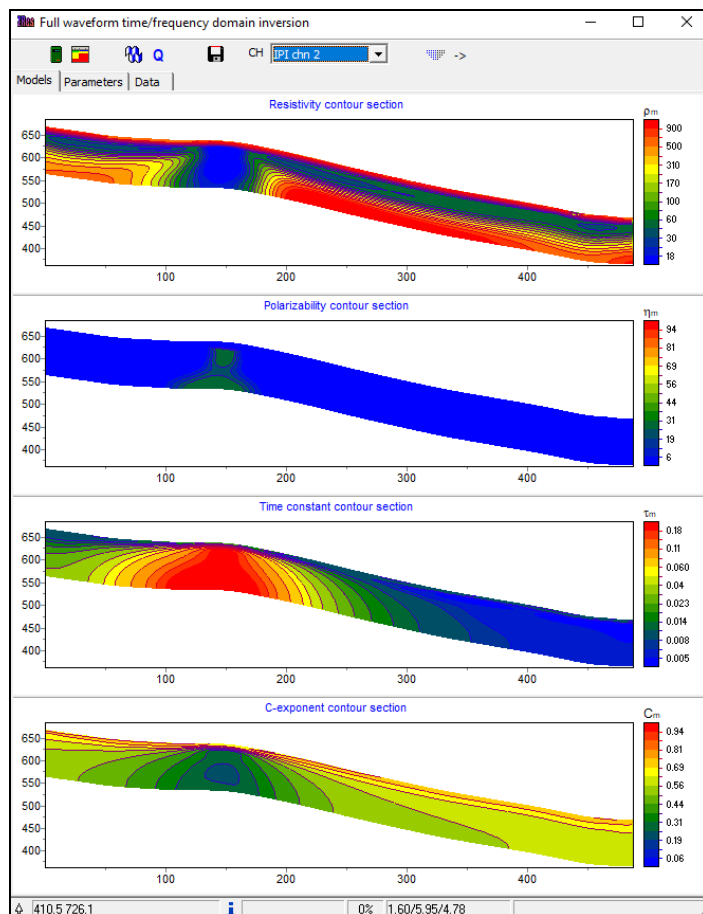


Рис. 49 Окно полноволновой инверсии параметров ВП

На вкладке **Parameters** можно выбрать параметры, для которых необходимо проводить инверсию и указать диапазоны изменения этих параметров (см. рисунок ниже). Строка **Smooth** позволяет задать степень гладкости параметра.

Кнопка **ReBuild** позволяет заменить значения каждого параметра на значение из таблицы (Value). Если вместо числа в строке **Value** задан символ "*", значения параметра на разрезе заменены не будут (или будут взяты из основного модуля).

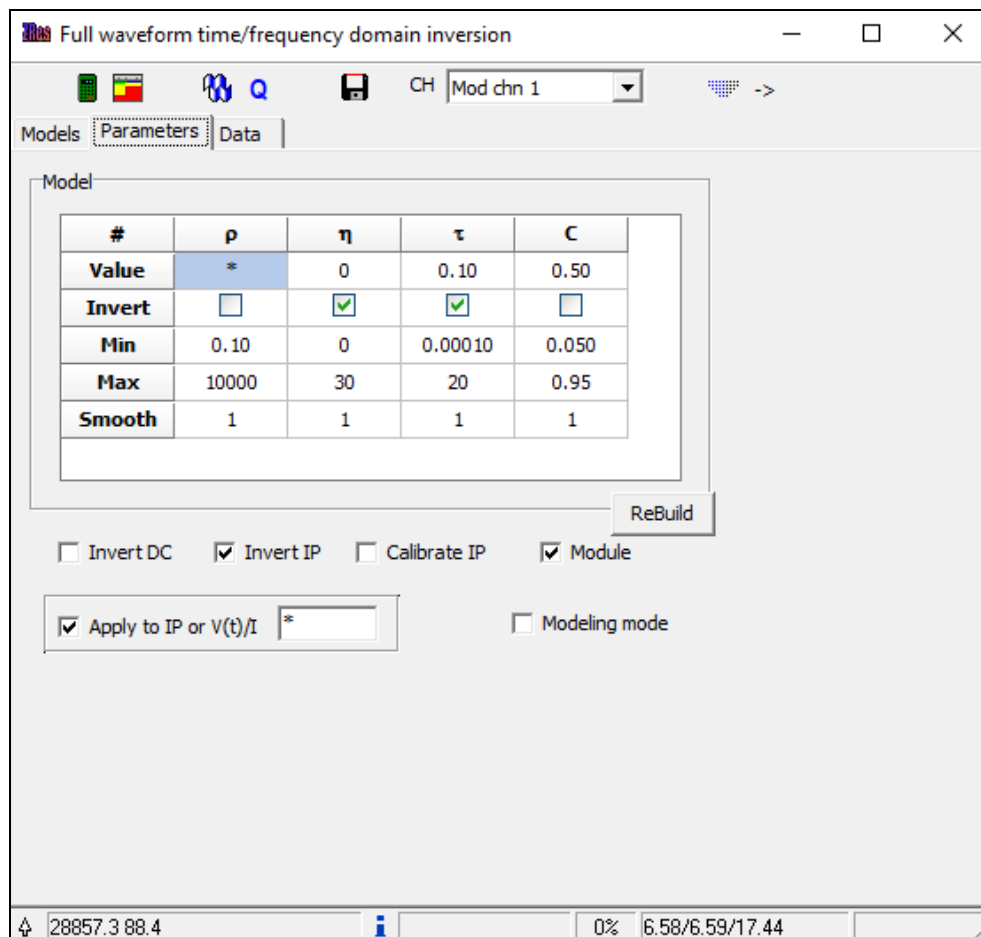



Рис. 50 Окно выбора параметров для инверсии кривых ВП

Опция **Module**, доступная при работе с данными в частотном режиме, указывает, нужно ли подбирать модуль сигнала, нормированный на ток, или использовать только фазу. Как правило, в используемом диапазоне частот модуль изменяется очень слабо, и, в отличие от фазы, мало влияет на результат инверсии.



Опция **Invert DC** позволяет подбирать кажущееся сопротивление. Не рекомендуется использовать эту функцию т.к. разрез сопротивлений, обычно предварительно подобран в основном модуле.

Опция **Invert IP** позволяет подбирать спады кажущейся поляризуемости, рекомендуется всегда оставлять эту опцию включенной.

Опция **Modeling mode** появляется автоматически, когда модель была изменена в режиме редактирования модели ().

Опция **Apply to IP or V(t)/I** устанавливает, что будет использовано при инверсии - кажущаяся поляризуемость или спады, нормированные на пропускание.

Поле ввода рядом позволяет задать коэффициент для псевдологарифмической нормировки данных. Этот коэффициент должен быть близок к уровню шума, можно оставить значение *, чтобы он определялся автоматически, либо «-1» для линейной нормы.

Процедура инверсии запускается нажатием кнопки . При этом происходит инверсия одновременно по всем выбранным параметрам. Кнопка  предоставляет альтернативный борновский подход, при котором подбор производится независимо для каждой ячейки с использованием “истинных” кривых ВП, полученных стандартной инверсией для каждого канала.

На вкладке **Data** отображаются наблюдаемые и расчетные данные поляризуемости. Выпадающий список в панели инструментов, доступный при работе со всеми вкладками, позволяет переключаться между разрезами для разных времен спада (частот).

Диалог **Time lapse/domain/ Digital filter** содержит настройки временного фильтра для преобразования Фурье из частотной во временную область. Также позволяет устанавливать длину токового импульса. Опция **Digital filter** доступна только для результатов измерений во временной области.

Инверсия данных геоэлектрического мониторинга

Мониторинг предполагает проведение измерений с неизменными параметрами в разное время. В качестве входного файла данных мониторинга программа использует файл с расширением *.z2d следующей структуры: первые четыре столбца содержат координаты электродов; далее идут столбцы, озаглавленные res1, res2 и т.д. в которых содержатся значения Res ($\Delta V/I$) для первого, второго и т.д. циклов измерений. Также проект для мониторинга можно сформировать, открыв одновременно несколько файлов.

Ниже приведен пример начала файла данных мониторинга трехэлектродной установкой:

C1	C2	P1	P2	res1	res2	res3	res4	res5
0	*	2	4	5.57	5.57	5.57	5.60	5.63
0	*	4	6	1.55	1.55	1.56	1.59	1.62
0	*	6	8	0.84	0.84	0.85	0.88	0.91
0	*	8	10	0.48	0.48	0.49	0.51	0.52
0	*	10	12	0.44	0.44	0.45	0.49	0.46
0	*	12	14	0.25	0.26	0.26	0.29	0.24

Работа с данными мониторинга аналогична работе с данными полноволнового ВП. Но вместо зависимостей ВП рассматривается набор циклов измерений методом сопротивлений.

Работа с данными мониторинга производится с помощью пунктов меню **Time lapse/domain** основного меню программы (раздел меню появляется при загрузке соответствующего файла данных). Переключение между данными и моделями, соответствующими разным временам измерений осуществляются с помощью выпадающего списка на панели управления главного окна программы.

Опция **Time lapse/domain/Channels** вызывает таблицу, в которой можно отредактировать информацию о каждой реализации измерений. В столбец **time, s** вводится информация о времени измерений. Произвольная текстовая информация, введенная в столбец **name**, будет отображаться в выпадающем списке на панели управления главного окна программы (при переключении между реализациями).

Для удаления канала (реализации) нужно убрать галочку в столбце **inv** и правой кнопкой мыши выбрать из контекстного меню **Delete unchecked**.

Опция **Time lapse/domain/ Time lapse inversion** вызывает режим последовательной инверсии данных мониторинга для каждой реализации. Если включена опция **Time lapse/domain/Next from previous**, в качестве начального приближения для каждой следующей итерации используются результаты предыдущей. Если опция не включена, в качестве начального приближения для каждой следующей итерации используется текущая модель данной реализации. Полученные модели отображаются в редакторе модели. Переключение между моделями, соответствующими разным временам, осуществляется с помощью выпадающего списка на панели управления главного окна программы.

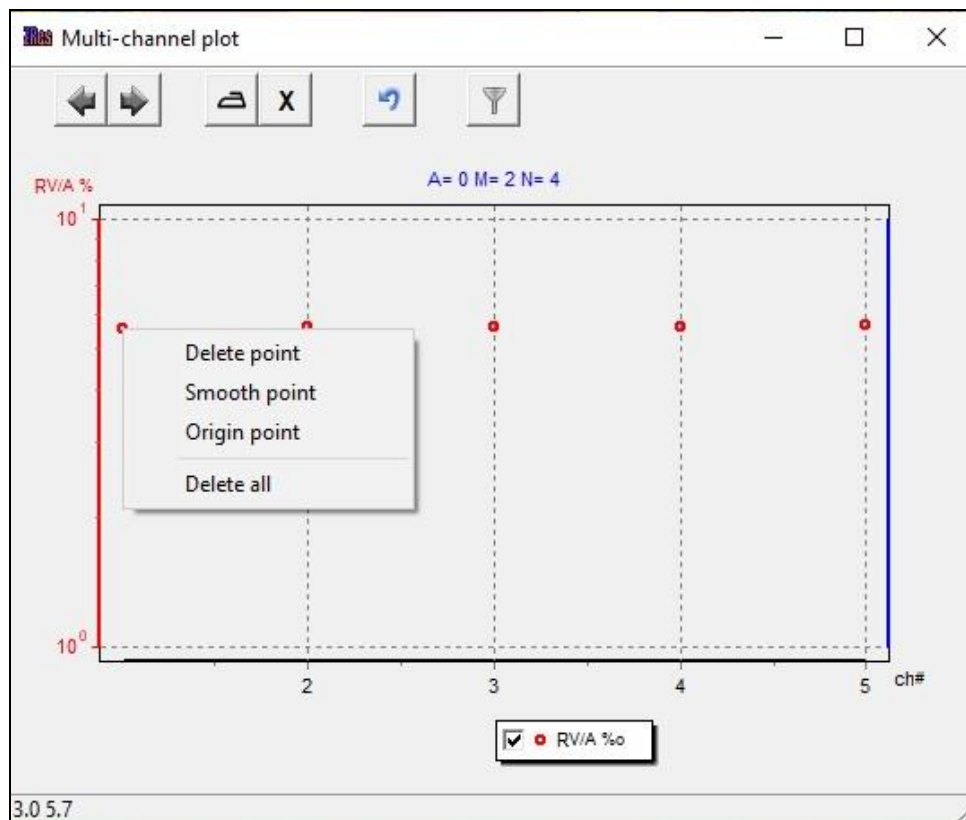


Рис. 51 Окно изменения сопротивления в зависимости от времени для отдельной точки измерения

Опция **Time lapse/domain/ Save timeshots** сохраняет результаты инверсии данных мониторинга для всех реализаций в один текстовый файл.

Пример - рисунок ниже.

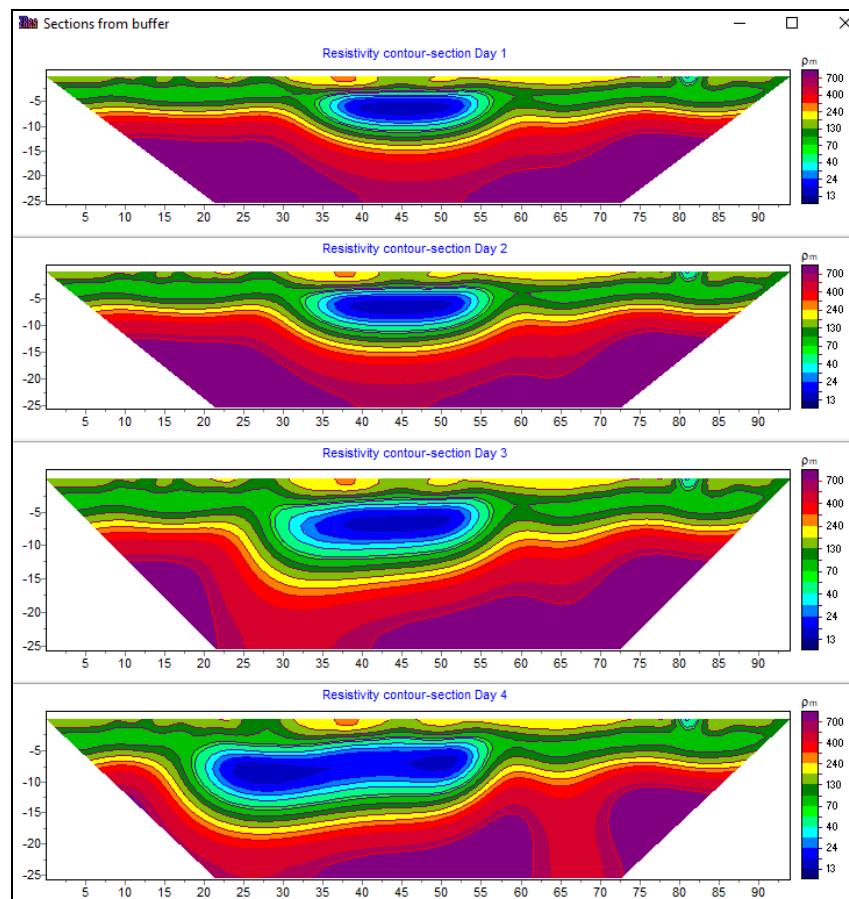


Рис. 52 Пример мониторинга резервуара с водой в течение 4 дней

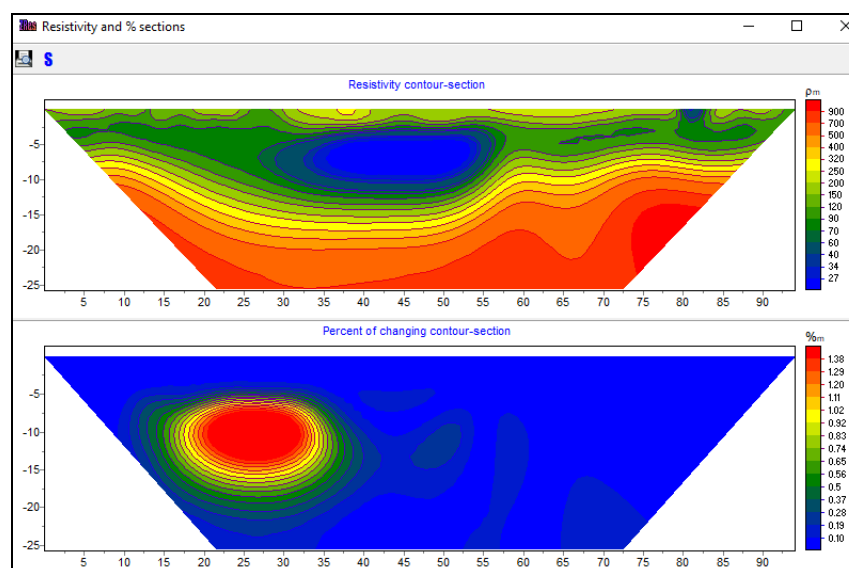


Рис. 53 Options/Extra/Monitoring summary. Разрез суммарного (среднего) сопротивления сверху и разрез изменения во времени в процентном соотношении снизу. Второй разрез показывает область, где изменения наиболее существенны

Совместная инверсия магнитотеллурических данных

В магнитотеллурическом методе изучается переменное электромагнитное поле Земли. При наличии на профиле магнитотеллурических измерений можно производить совместную инверсию магнитотеллурических данных (МТ-данных) с данными метода сопротивлений на постоянном токе и метода вызванной поляризации. Если диапазоны изучаемых глубин обоих методов существенно перекрываются, то совместный результат интерпретации будет более надёжный. Преимущество совместной инверсии МТ-данных и данных ЭТ заключается в том, что мы можем надёжно определять как продольную проводимость (по МТ-данным), так и поперечное сопротивление (по данным ЭТ) горизонтов, существенно снижая эквивалентность решения обратной задачи, что повышает геологическую информативность результатов электроразведки.

Помимо МТ-данных при инверсии можно использовать данные магнитовариационного метода, которые получаются при измерении вертикальной магнитной компоненты естественного переменного магнитного поля Земли. В программе **ZondRes2D** можно использовать одну из функций магнитовариационного метода – типпер.

Следует отметить, что программа **ZondRes2D** не рассчитана на полноценный анализ и редакцию МТ-данных. Для анализа МТ-данных следует использовать программу **ZondMT2D**. Входным файлом магнитотеллурических данных является файл формата *.m2d. Подразумевается, что файл содержит уже обработанные данные с актуальным (уже обрезанным) частотным диапазоном для компонент тензора магнитотеллурического импеданса и типпера. Компоненты тензора магнитотеллурического импеданса развёрнуты в направлении вдоль профиля (определено направление ТМ-моды) и в крест профиля (определено направление ТЕ-моды).

Работа с данными магнитотеллурических измерений осуществляется с помощью раздела меню **Options/MT Data**. Магнитотеллурические данные можно импортировать в проект с помощью пункта меню **Options/MT data/Load MT data**, вызывающий диалог открытия файла формата *.m2d.

Структура файла *.m2d: Первая строка содержит перечисление периодов (секунды). Далее следует описание данных для каждой точки измерения. Перед началом и после окончания

описания каждой точки ставится строка, содержащая фигурную скобку. Следующая строка после фигурной скобки – имя точки. После нее идет строка, содержащая топографическую информацию – расстояние по профилю (км), превышение (км) и прямоугольные координаты точки наблюдения.

После строки с топографией следуют строки с описанием самих данных. Каждая строка соответствует своему типу данных и начинается с ключа: ro_a_tm (кажущееся сопротивление для ТМ моды), ro_a_te (кажущееся сопротивление для ТЕ моды), phi_tm (фаза для ТМ моды), phi_te (фаза для ТЕ моды). После ключа в строке пишутся значения данных для каждого периода в порядке, соответствующем описанию в строке периодов (первая строка файла). Описание зондирования завершается строкой с фигурной скобкой.

Ниже приведен пример файла данных с двумя точками наблюдений и тремя периодами:

```

1,0526E-06      1,1765E-06      1,3333E-06      !periods(s)
{
0,00    0    ! pos(km) elevation(km)
ro_a_tm 64,9    62,5    57,8    55      !apparent resistivity
phi_tm  50,1    51,8    53,7    51      ! phase(degree 0-90)
ro_a_te 62,3    57      56,3    54,1
phi_te  51,1    52,4    50,5    49,4
}
{
0,010    0
ro_a_tm 62,3    57      56,3    54,1
phi_tm  51,1    52,4    50,5    49,4
ro_a_te 64,9    62,5    57,8    55
phi_te  50,1    51,8    53,7    51
}

```

Рис. 54 Пример структуры файла *.m2d

После чтения файла данных вызывается диалог **Enter shift of stations in meters**, позволяющий ввести смещение по профилю для всех точек наблюдения. Эта операция нужна чтобы при необходимости совместить профиль МТ-данных с профилем электрофотографии.

Если выбран пункт меню **Invert MT data**, программа будет проводить совместную инверсию МТ-данных и данных метода сопротивлений. Общий вес МТ-измерениям задается с помощью пункта меню **Set weights of MT**.

Перед началом инверсии следует выбрать компоненты, которые будут использованы для инверсии. Выполняется это с использованием пункта меню **Options/MT data/components**. При этом можно будет выбрать:

1. TE inversion - будут использоваться кривые, рассчитанные в крест профиля;

2. **TM inversion** - будут использоваться кривые, рассчитанные вдоль профиля;
3. **Tipper inversion** - при инверсии будут использоваться данные типпера;
4. **DET inversion** - при инверсии буду использоваться инвариантные (эффективные) кривые.

Пункт меню **Show MT plot** позволяет визуализировать данные магнитотеллурических измерений (см. рисунок ниже). В этом режиме удобно переключаться между компонентами МТ-данных и визуализировать как кажущееся сопротивление, так и фазу магнитотеллурического импеданса. В верхней части окна отображается невязка между полевыми МТ-данными и расчётными в процентах, например, «error = 6.9». Под верхней строкой идут основные кнопки, позволяющие менять визуализируемую компоненту. Кнопка



запускает решение прямой задачи. Ниже показаны 2 псевдоразреза: верхний отображает полевые данные, а нижний – расчётные. Справа показана цветовая шкала отображаемого параметра.

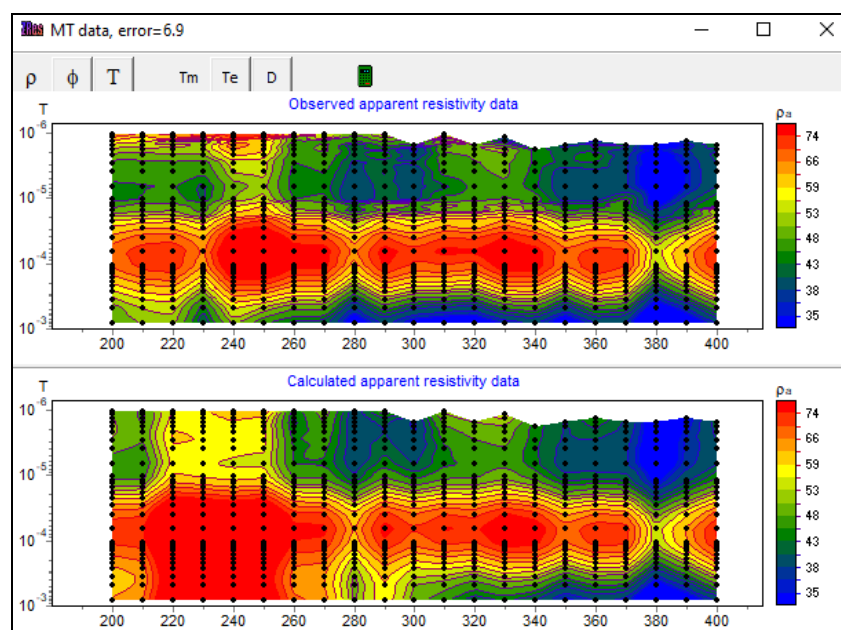


Рис. 55 Окно MT data. Позволяет переключаться между компонентами МТ-данных.

Выбор опции **With static shift** указывает, производить подбор статических смещений кривых МТ при инверсии. Данную опцию рекомендуется применять после нескольких итераций.

На рисунке ниже приведены результаты совместной инверсии данных электротомографии и PMT3.

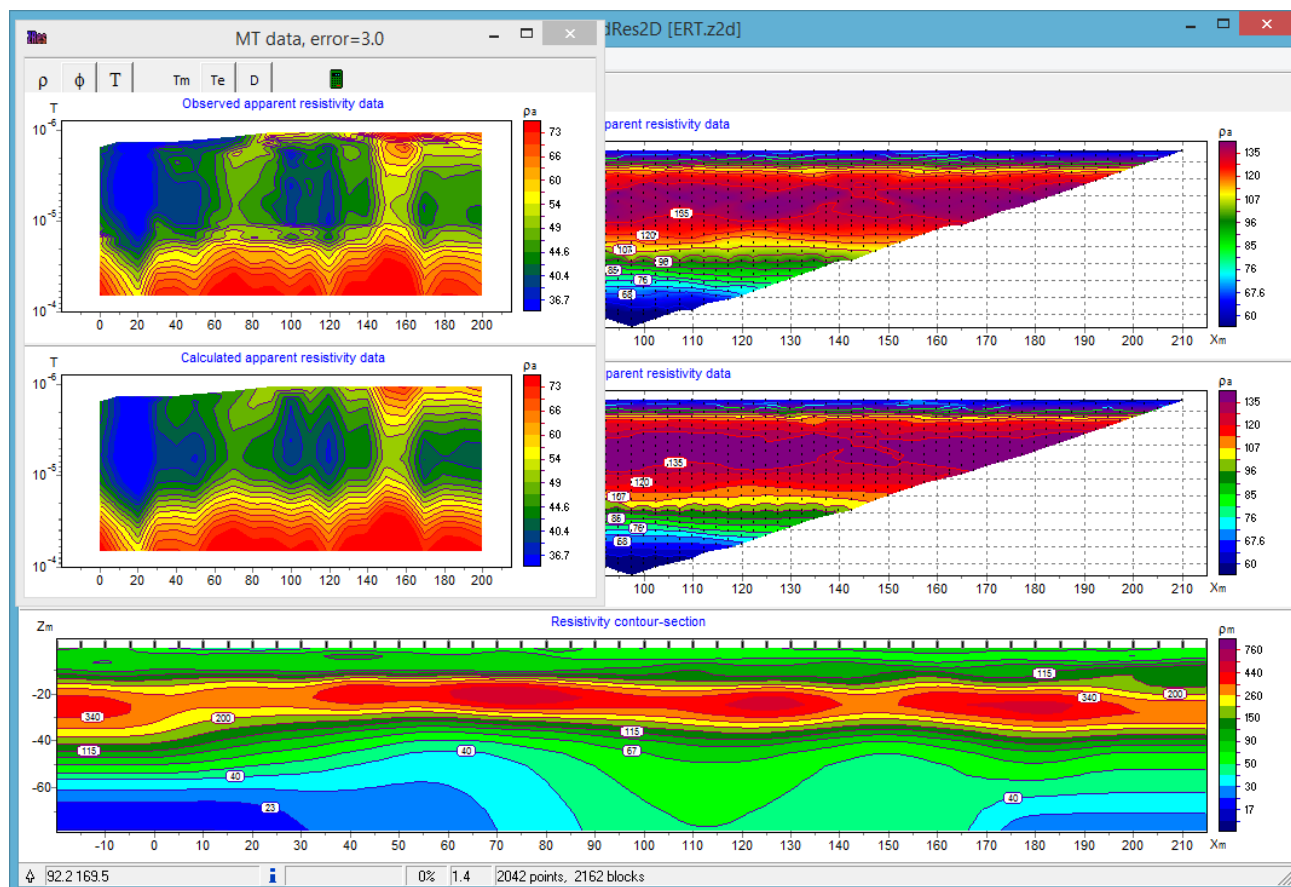



Рис. 56 Результаты совместной инверсии электротомографии и данных РМТ

Совместная инверсия данных ЗСБ и ЧЗ

При переходе в режим произвольного слоистого моделирования (кнопка  на панели инструментов главного окна программы) становятся доступна работа с данными метода становления в ближней зоне (ЗСБ) и частотного зондирования (ЧЗ).

При переходе в этот режим появляется подраздел меню **Options/TDEM data**.

Для импорта данных используется текстовые TDF (*zondtem1d*) и USF (*universal sounding format*) файлы. Координаты (дистанции) должны быть в той же системе, что и текущая модель.

Опция **Invert TDEM data** включает данные ЗСБ или ЧЗ в совместную инверсию с данными электротомографии. Пример результатов совместной инверсии показан ниже. При этом результаты независимой 1D интерпретации данных ЗСБ показаны в виде колонок.

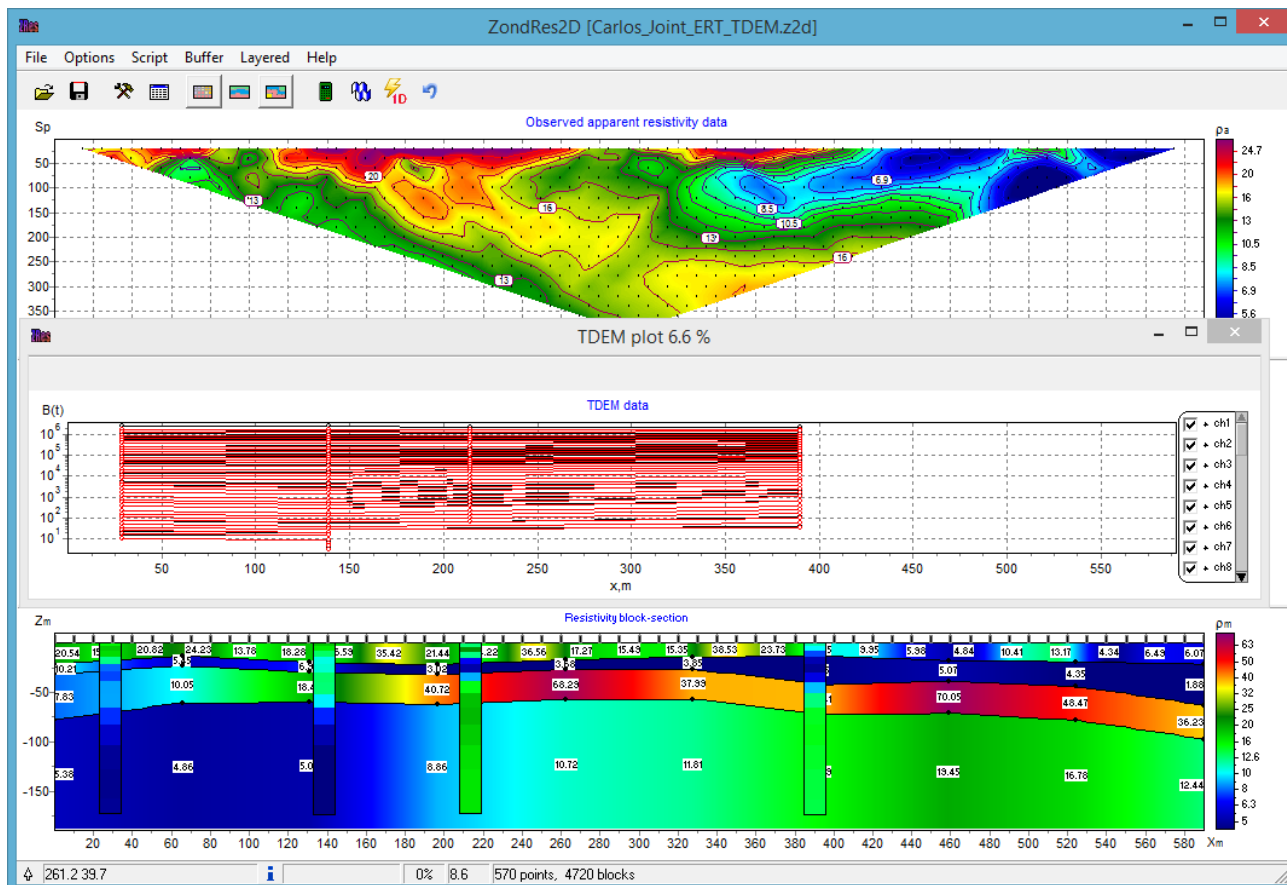


Рис. 57 Пример совместной инверсии данных ЭТ и ЗСБ

Задать общий вес для всех данных ЗС/ЧЗ для совместной инверсии можно пунктом **Set weight of TDEM**. Вес позволяет уменьшить или увеличить относительную невязку инверсии.

Опция **Show TDEM data** открывает окно визуализации графиков данных электромагнитных зондирований (см. рисунок ниже). В случае ЗСБ (зондирование становление в ближней зоне) графики представляют из себя изохронны измеренных и расчётных значений становления поля.

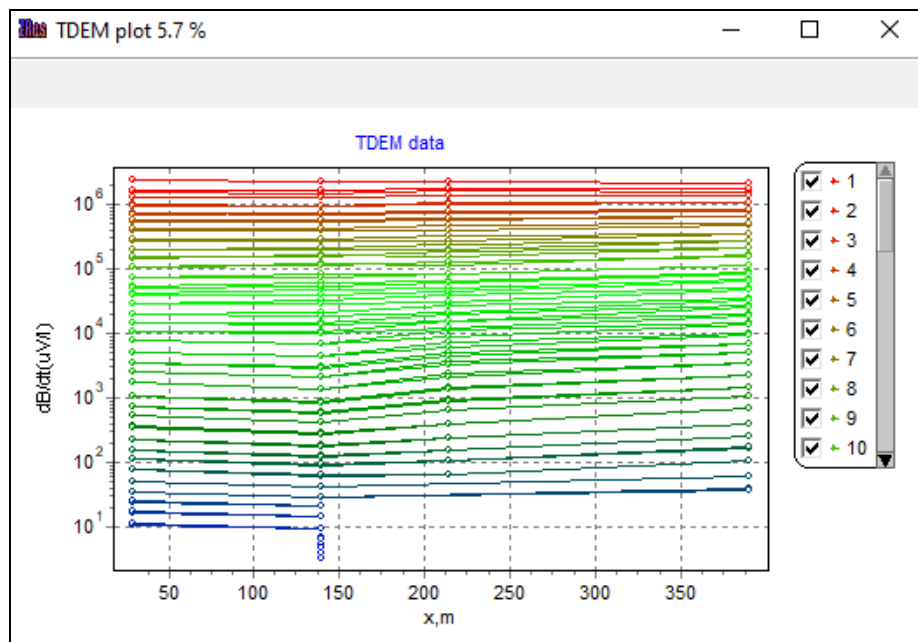


Рис. 58 Визуализация графиков ЗСБ (Опция Show TDEM data)

Совместная инверсия данных сейсморазведки

Работа с данными сейсморазведки ведется в разделе меню **Options/Seismic data**.

Совместную инверсию можно проводить в режиме сеточной модели(cross-gradient) или произвольно слоистой среды.

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.

Пример начала файла:

sx	gx	ft	!source x pos(m), receiver x pos(m), first time(msec)
0	1	19.8	
0	2	30.1	
0	3	41.8	
0	4	53.3	

Опция **Show SRT plot** – показать окно с сейсмическими данными. Если совместная инверсия проведена в режиме сеточной модели, то в нижней секции окна будет показана скоростная модель (см. рисунок ниже).

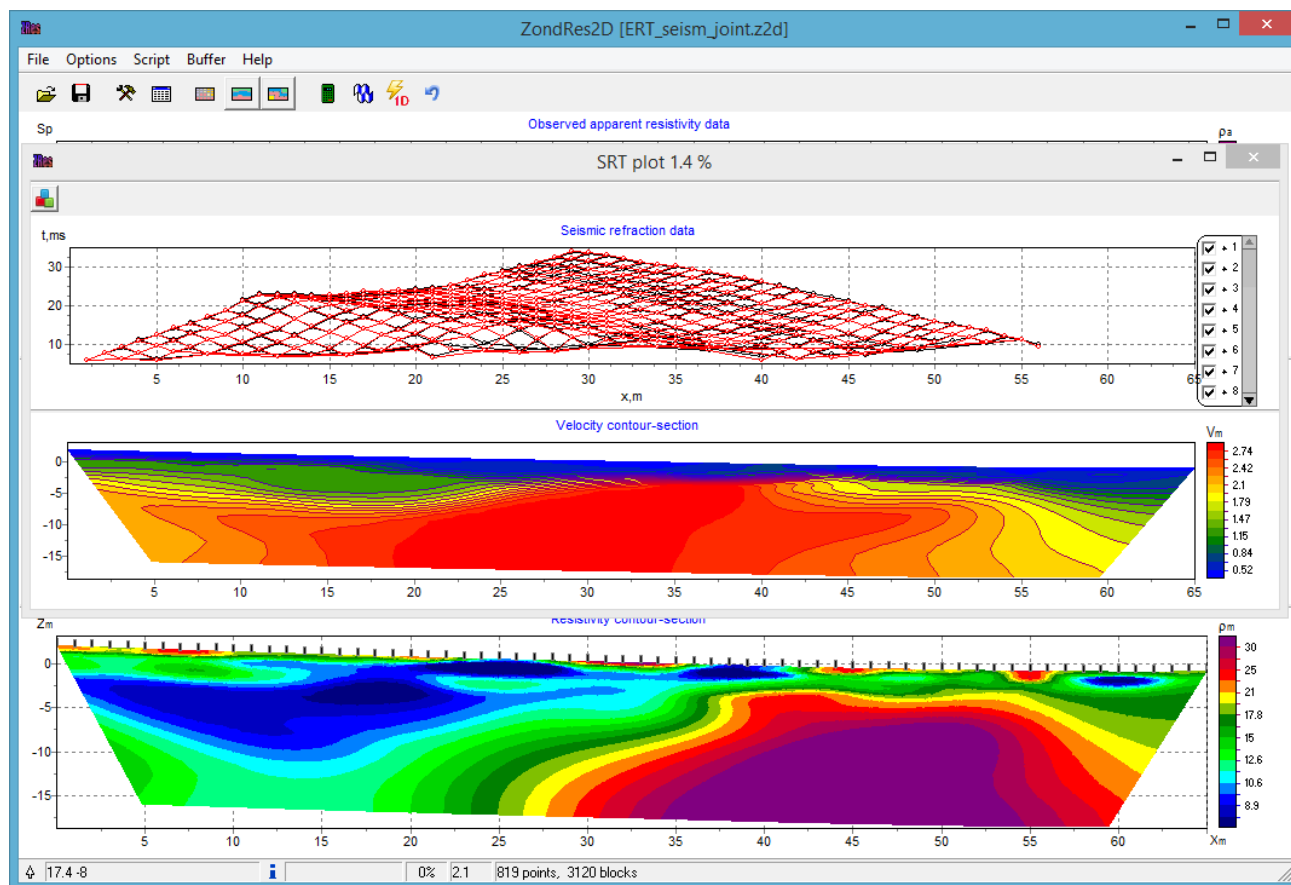


Рис. 59 Окно с сейсмическими данными (сверху данные МПВ, снизу скоростной разрез) в режиме сеточной модели

Опция **Invert SRT data** включает сейсмические данные в совместную инверсию с данными электрофотографии в режиме произвольно слоистой среды. Пример произвольно слоистой модели показан ниже.

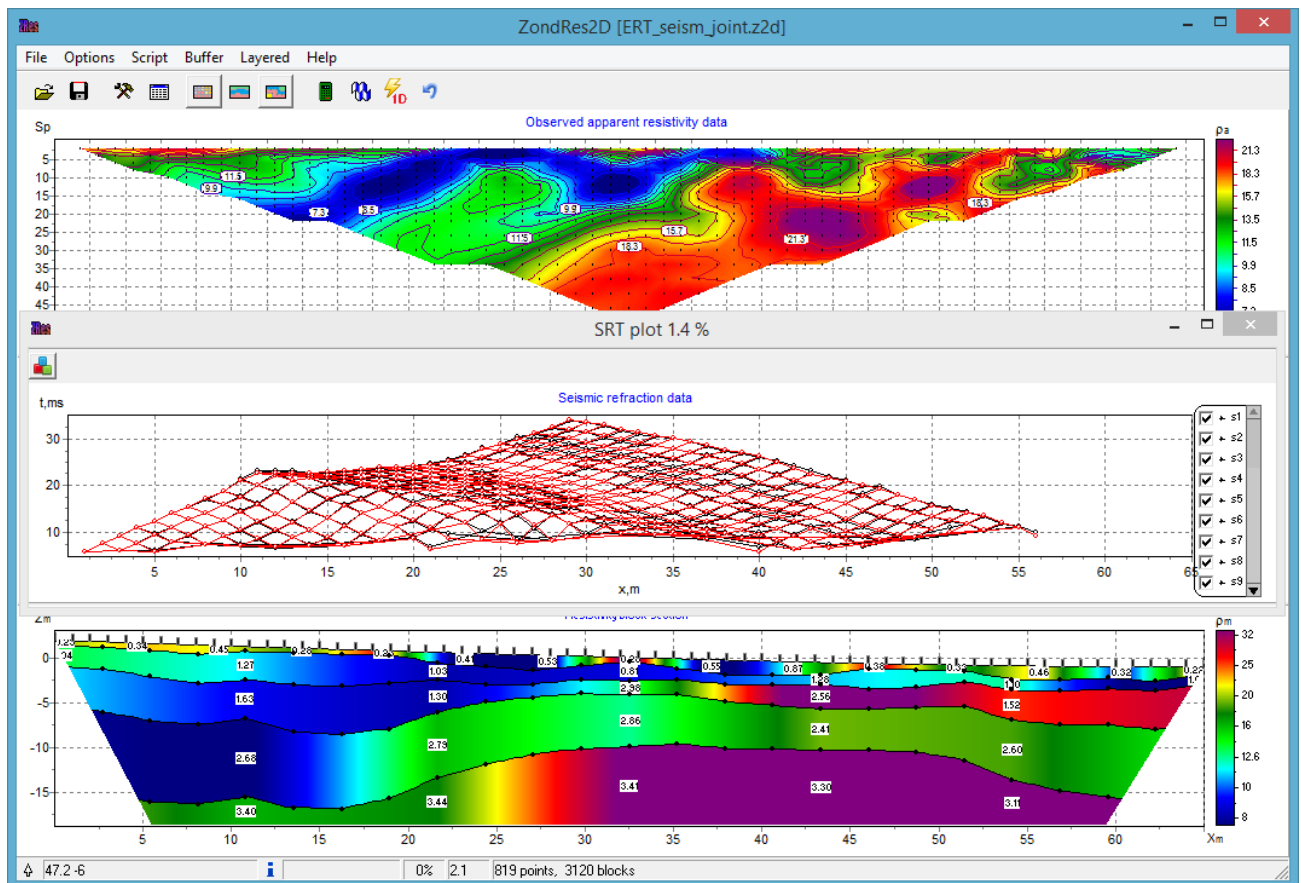


Рис. 60 Результат совместной инверсии данных ЭТ и сейсморазведки. Пример произвольно слоистой модели

Задать общий вес для всех сейсмических данных для совместной инверсии можно пунктом **Set weight of SRT**. Вес позволяет уменьшить или увеличить относительную невязку инверсии.

Совместная инверсия данных гравитационных и магнитных измерений

Инверсия гравитационных и магнитных данных в программе **ZondRes2D** возможна во всех режимах.

Для гравитационного поля возможна работа с измерениями вертикальной составляющей поля силы тяжести и ее вертикального градиента, для магнитного – с измерениями полного вектора и вертикального градиента.

Данные гравитационных/магнитных измерений загружаются в программу из текстового файла или документа Excel, содержащего колонки, соответствующие расстоянию по профилю


наблюдений и значению поля. Импорт данных производится из пункта меню **Modeling/GraviMagnetic/Load new data**. Пример загрузки файла показан на рисунке:

Type	ProfPos	Grav
Units	m	mGal
1	231.670949	-2.593783062
2	268.059043	-2.497700008
3	332.29431	-2.310943409
4	396.529576	-2.145562468
5	460.764843	-1.971432694
6	520	-1.847620942
7	525.00011	-1.837360312
8	589.235376	-1.701189408
9	653.470643	-1.524136452
10	717.705909	-1.191082938
11	781.941176	-0.875283684
12	846.176443	-0.59686497
13	910.411709	-0.410688836
14	974.646976	-0.306063404
15	1038.882242	-0.23869852
16	1103.117509	-0.088118744
17	1126.632904	-0.05278531
18	1167.352776	0.011258815
19	1231.588042	-0.044629637
20	1295.823309	-0.094712201
21	1310.763832	-0.068921832

Рис. 61 Пример диалога загрузки данных наземной гравиметрической съёмки

Если данные измерений содержатся в разных файлах (например, в одном – данные измерений магнитного поля, в другом – гравитационного), для добавления данных следует воспользоваться пунктом меню **Modeling/GraviMagnetic/Add new data**.

После выбора файла появится окно импорта данных. С помощью выпадающего списка в ячейках верхних строк таблицы необходимо указать, какие данные и в каком столбце содержатся. Верхняя строка определяет столбцы, содержащие расстояние по профилю и тип данных – гравитационные и (или) магнитные. Во второй строке задаются единицы измерений. Для гравитационного поля – милли- или микрогалы, для магнитного – нанотеслы. Кнопки **Start** и **End** в верхней области окна позволяют задать строки файла, с которых нужно начинать и заканчивать импорт данных.

Принятие сделанных изменений (кнопка ) приводит к появлению диалога. Диалог задания параметров измерений и нормального магнитного и гравитационного поля можно в любой момент вызвать с помощью пункта меню **Modeling/GraviMagnetic/Field settings** (см. рисунок ниже).

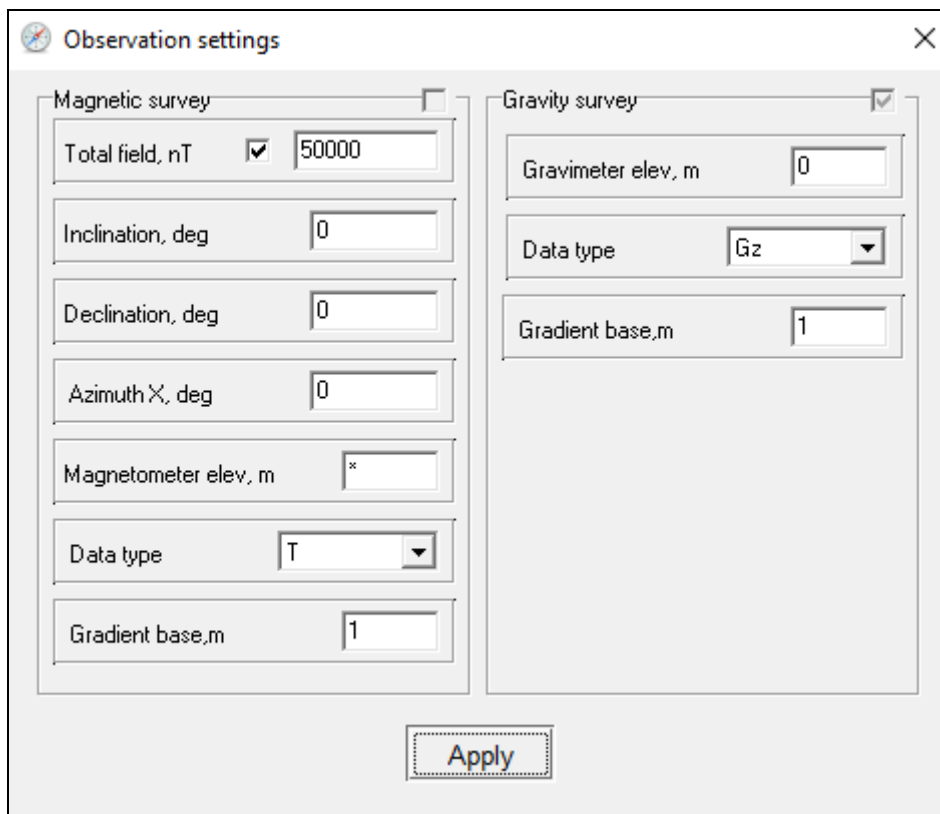


Рис. 62 Диалоговое окно **Observation settings**

Для гравитационного поля соответствующими параметрами являются:

Gravimeter elev, m	Высота гравиметра над поверхностью земли, м.
Data type	Тип данных - вертикальная составляющая поля силы тяжести или ее вертикальный градиент.
Gradient base, m	В случае данных вертикального градиента база измерений, м.

Для магнитного поля соответствующими параметрами являются:

Total field, nT	Амплитуда нормального поля, нТл.
-----------------	----------------------------------

Inclination, deg	Магнитное наклонение на момент съёмки, градусы.
Declination, deg	Магнитное склонение на момент съёмки, градусы.
Azimuth, deg	Азимут профиля, градусы (отсчитываются от направления на север по часовой стрелке).
Magnetometer elev, m	Высота датчика магнитометра над поверхностью земли, м.
Data type	Тип данных – полный вектор или вертикальный градиент поля.
Gradient base, m	В случае данных вертикального градиента база измерений, м (расстояние между датчиками).

После установки параметров и закрытия диалога появляется окно гравимагнитных данных (см. рисунок ниже). Окно можно закрыть и открыть заново с помощью пункта меню **Modeling/GraviMagnetic/Display GM window**.

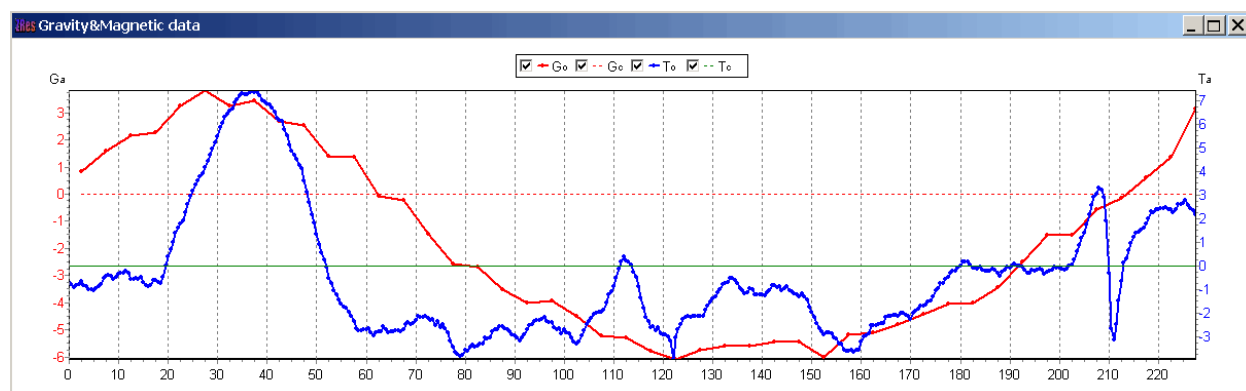


Рис. 63 Диалоговое окно Gravity and magnetic data

Опции **Modeling/GraviMagnetic/Substract median grav** и **Substract median mag** позволяют вычесть медианное значение из наблюдаемого поля, т.е. привести к значениям аномального поля.

После создания модели в редакторе можно как рассчитать прямую задачу гравиразведки/магниторазведки (выполнить моделирование в полигональном режиме) или

выполнить инверсию данных. Двойной щелчком мыши по окну гравимагнитных данных пересчитывает прямую задачу для заданной полигональной модели. При инверсии данных (**Modeling/GraviMagnetic/Inversion**) подбираются плотность и(или) магнитная восприимчивость для заданного каркаса полигонов.

Задать плотность и(или) магнитную восприимчивость полигональных объектов можно с помощью диалогового окна **Body parameters**.

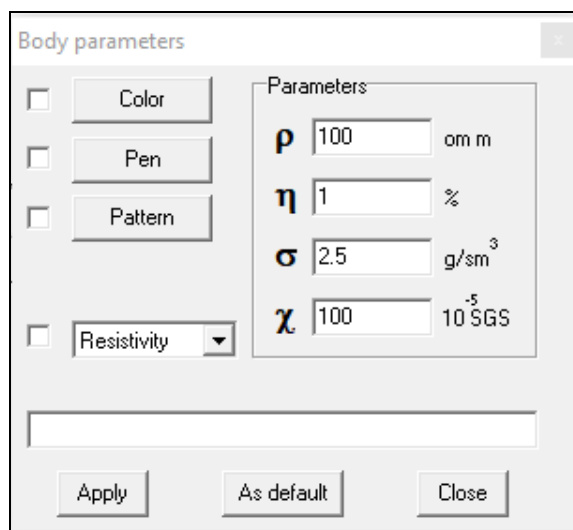


Рис. 64 Окно «Body parameters» в режиме полигонального моделирования

На произвольно слоистой модели можно задавать плотность (или магнитную восприимчивость), предварительно выбрав в окне настроек (**Главное меню/Layered/model constructor**) функцию «Gravity» (или «Magnetic»), см. рисунок ниже.

N	par	Pmin	Pmax	H	Hmin	Hmax
1	2	-2	2	23.2-62.4	23.2	92.8
2	2	-2	2	76.3-152.	58	232
3	2	-2	2	*	*	*

Рис. 65 Настройка для изображения на произвольно слоистой модели плотности

Совместная инверсия может выполняться в 3-х режимах:

Блочная модель. Выполняется совместная инверсия данных потенциальных методов с данными электротомографии. Используется опция **Options/inversion/Cross-gradient**.

Режим полигонального моделирования. Используется опция **Options/GraviMagnetic/Inversion**. В этом режиме инверсия выполняется независимо для данных потенциальных полей и электротомографии в рамках заданного каркаса.

Режим произвольно слоистой модели. Используется опция **Options/GraviMagnetic/Invert gravity** и (или) **Options/GraviMagnetic/Invert magnetic**. В этом режиме инверсия выполняется совместная инверсия на базе общей геометрии границ.

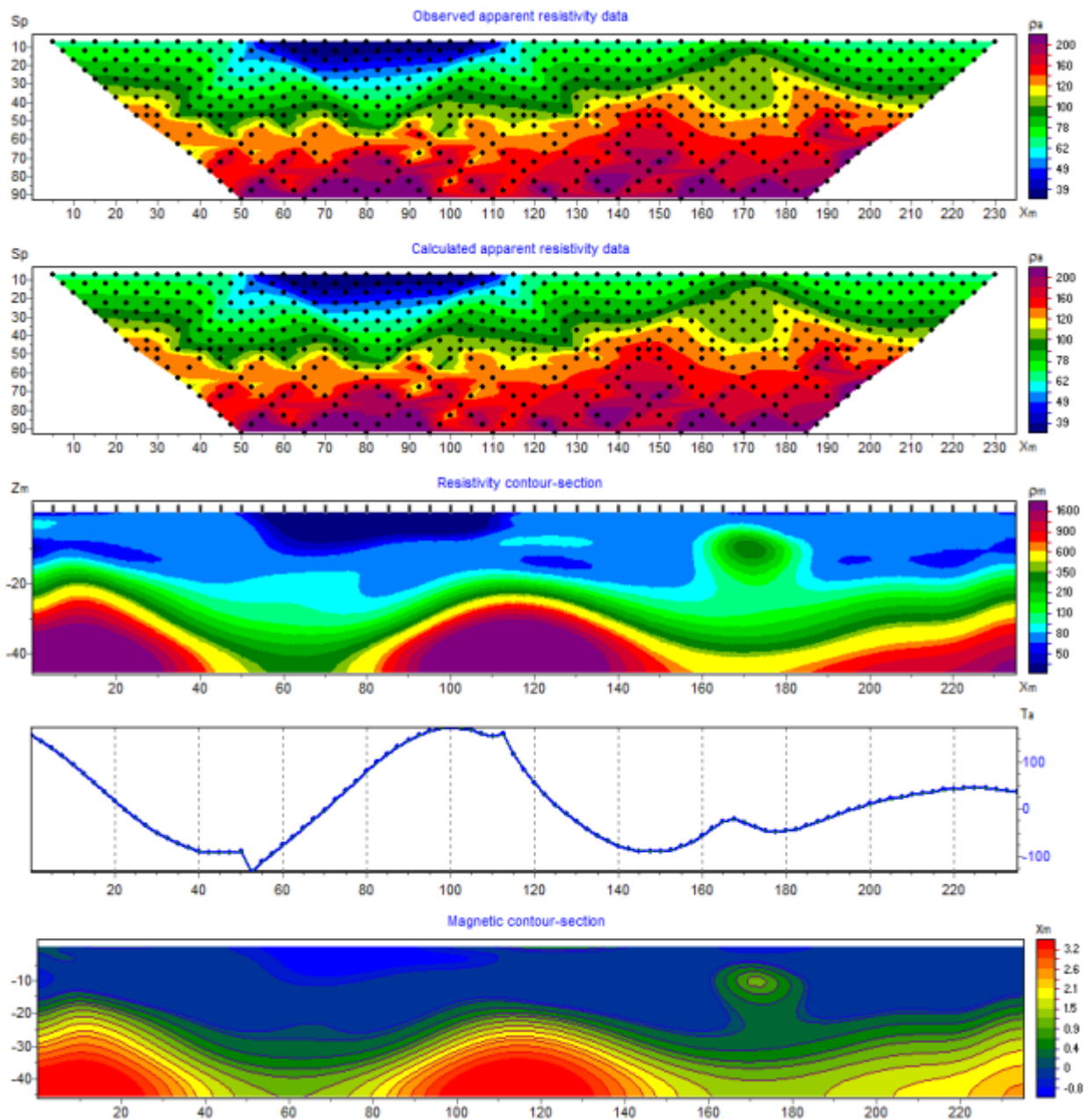



Рис. 66 Пример совместной инверсии электротомографии и магниторазведки для сеточной модели (cross-gradient)

Интерпретация данных естественного поля (ЕП)

Программа **ZondRes2D** позволяет работать с данными метода естественного поля. В программе реализован расчет прямой задачи метода естественного поля на основе их сопротивления и заданного закона изменения окислительно-восстановительного потенциала с глубиной, а также алгоритм восстановления объемных источников в заданном полигоне.

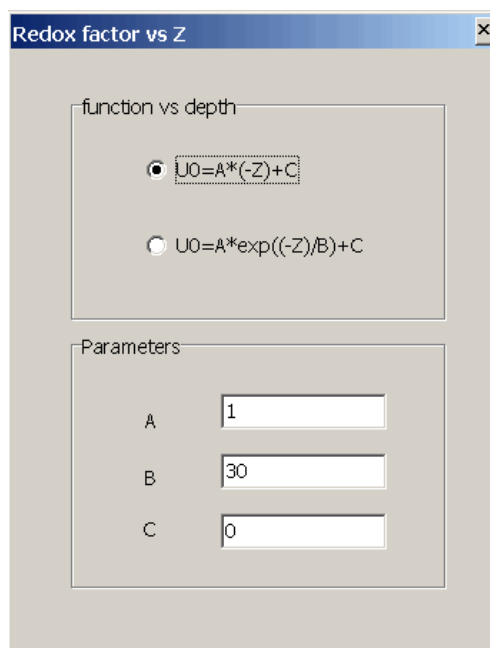
Опции работы с данными метода естественного поля предназначены, преимущественно, для решения рудных задач и не подходят для исследования фильтрационных потенциалов. Мы рекомендуем использовать программу **ZondSP2D** для интерпретации данных ЕП, которая имеет значительно больше возможностей.

Входной файл данных метода естественного поля состоит из четырех столбцов: точка записи (координата профиля, к которой относится измерение при построении графика наблюдений, м), координата электрода М (м), координата электрода N (м), значение поля (мВ). Таким образом, программа работает с данными метода естественного поля, полученными как по методике потенциала, так и по методике градиента. Импорт файла осуществляется при работе в полигональном режиме с помощью пункта меню **Options/Self potential/Load SP data**.

Пункт меню **Options /Self potential/Display SP window** вызывает окно отображение графиков естественного поля – наблюдаемого и расчетного. Расчетный график отобразится после того, как будут выбраны параметры изменения окислительно-восстановительного потенциала с глубиной (**Options/Self Potential/ Redox factor vs Z**, см. рисунок ниже) и посчитана прямая задача (нажатие клавиши пробел или кнопки ).

Изменяемыми параметрами окислительно-восстановительного потенциала является закон изменения окислительно-восстановительного фактора с глубиной (линейный или экспоненциальный) и соответствующие коэффициенты.

К свойствам полигонов при работе с данными ЕП добавляется возможность регулировать тип проводимости полигона: ионная или электронная.



Оценка невязки в результате инверсии

Экспресс-оценку результата инверсии можно дать по значению относительной невязки. Этот параметр отображается в процентах в центральной части строки состояния программы (5-я секция). Как правило, при удовлетворительном 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** (см. рисунок ниже, А).

Невязку по каждому электроду можно посмотреть, воспользовавшись опцией **Options / Extra / Display electrode RMS** (см. рисунок ниже, В).

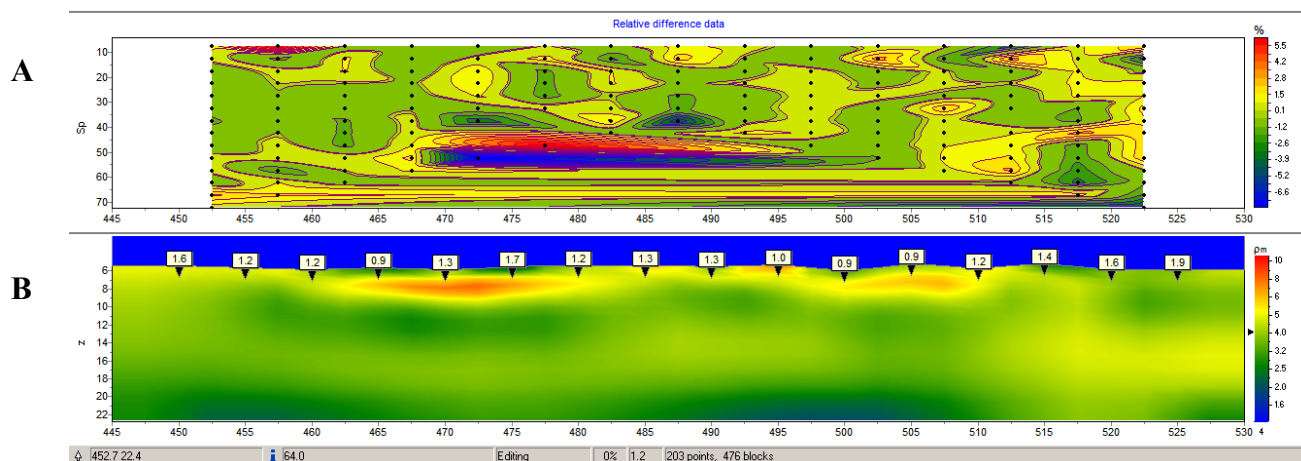


Рис. 68 Псевдоразрез относительных невязок (А). Модель с отображенными невязками по каждому электроду (В)

Оценки невязки позволяет проводить повторную отбраковку данных. Исключение данных осуществляется с помощью опции **Options / Extra / Remove data with big misfit**.

Полезной может оказаться опция **Options / Inversion / Invert only visible graphs**, позволяющая выбрать данные, которые не будут участвовать инверсии. Для этого необходимо перейти в режим отображения данных в виде графиков, и с помощью легенды отключить те из них, которые мы не хотим включать в инверсию.





Априорная информация

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

По умолчанию стартовой моделью для инверсии в **ZondRes2D** является текущая модель, отображаемая в редакторе модели. Ее программа будет изменять в ходе инверсии.

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

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

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

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

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

Перед установкой границ рекомендуется выполнить инверсию, используя алгоритм **Оссам**, и затем на полученный разрез нанести, если имеются, данные по скважинам. На

полученный разрез следует наносить границы с учетом данных по скважинам, или исходя из априорных представлений о строении изучаемого участка. Установка границ осуществляется при помощи левой кнопки мыши при включенном режиме редактирования границ. Замыкание границы осуществляется правой кнопкой мыши. При нанесении границ не следует использовать много узлов. Желательно чтобы границы были максимально гладкими и проходили вблизи узлов инверсионной сети. После нанесения границ следует снова запустить инверсию, которая будет выполняться с учетом заданных границ.

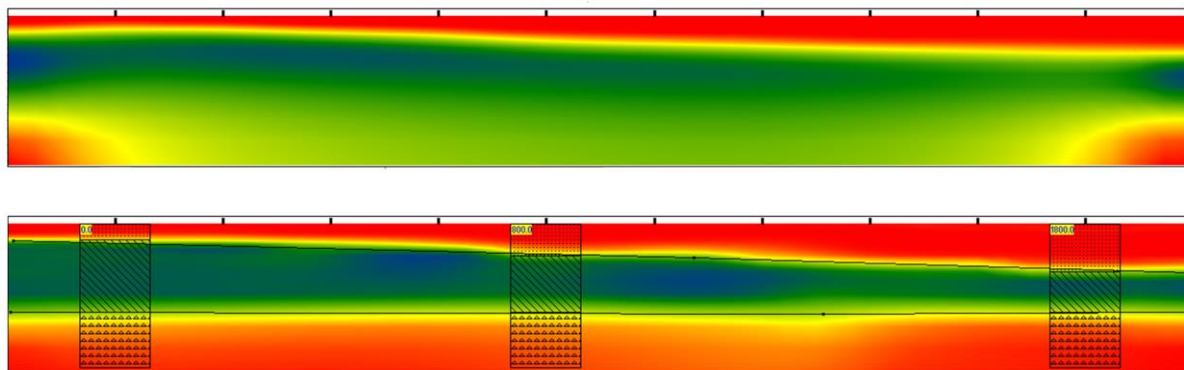


Рис. 69 Пример использования функции установки границ Set boundaries. Верхний разрез получен с использованием алгоритма Оссам без ввода границ, нижний разрез получен с учетом априорных границ

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

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

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

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

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

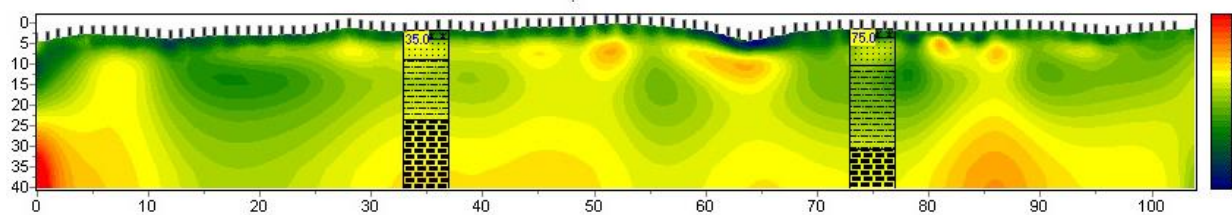


Рис. 70 Разрез с нанесенными литологическими колонками

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

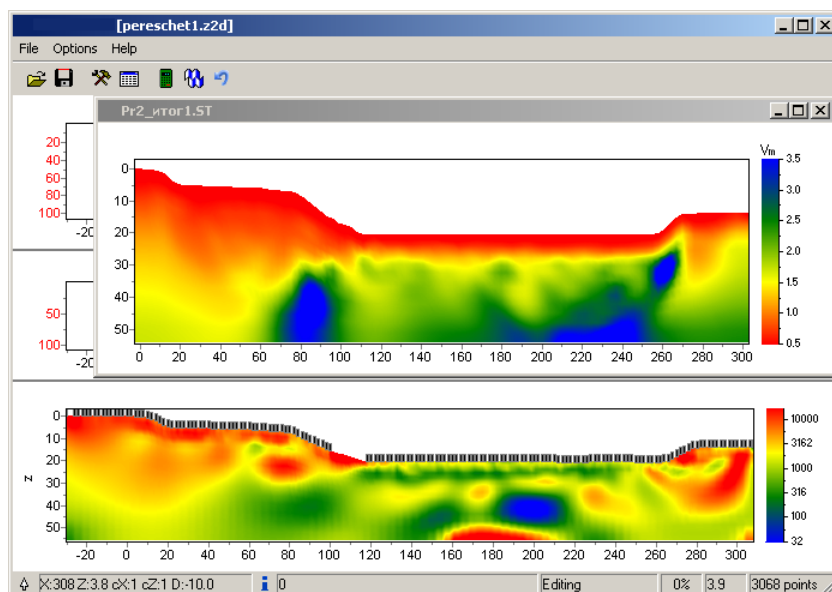


Рис. 71 Рабочее окно программы с импортируемой скоростной моделью

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).

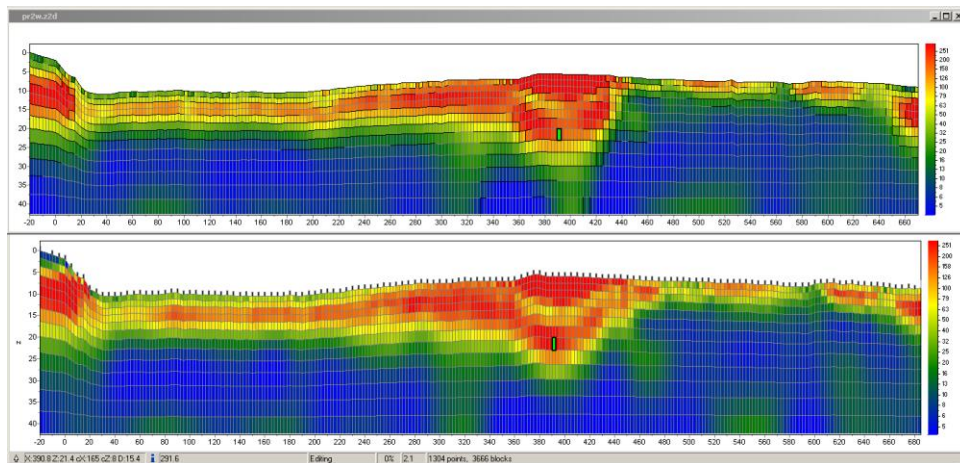


Рис. 72 Отображение моделей удельных электрических сопротивлений, и рабочей, и импортируемой в виде блоков с подсвеченным курсором

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

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

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

При наличии априорной информации существует возможность ее использования (в качестве подложки под редактор модели) с помощью опции **Options/Import/Export/Background image**. Это могут быть, например, геологический 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.

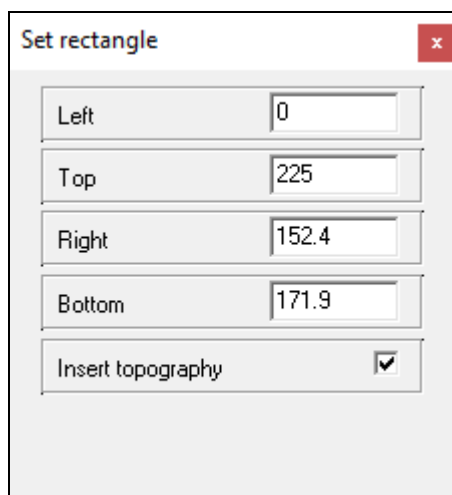
Для того чтобы сделать изображение прозрачным, в диалоге настройки модели (нажатие правой кнопки возле надписи в верхней части окна модели, опция Setup) выбирается Transparency.

Файл *.sec содержит информацию о привязке изображения ([Пример в директории – sample_with_exported_graphic](#)) имеет следующую структуру:

1-я строка – название файла с изображением с указанием формата;

2-я строка – через пробел указываются последовательно четыре координаты левого верхнего и нижнего правого угла изображения X1 Y1 X2 Y2.

При выборе подложки появляется окно:



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

Рис. 73 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).

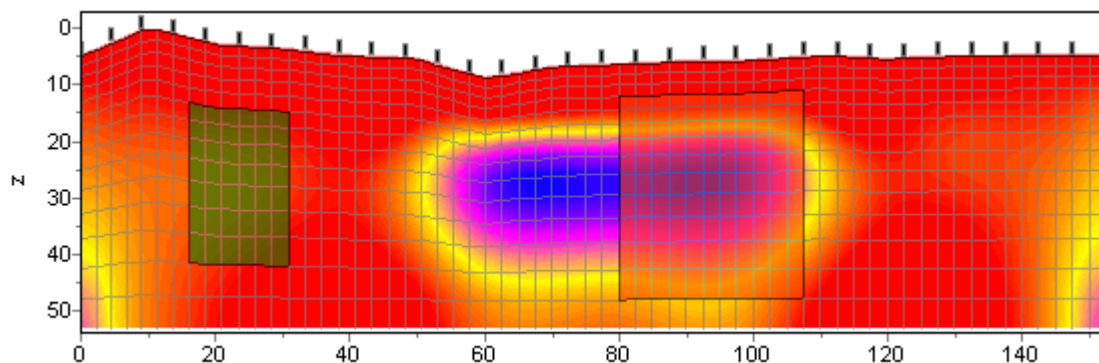


Рис. 74 Модель в режиме Block-section с подложкой

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

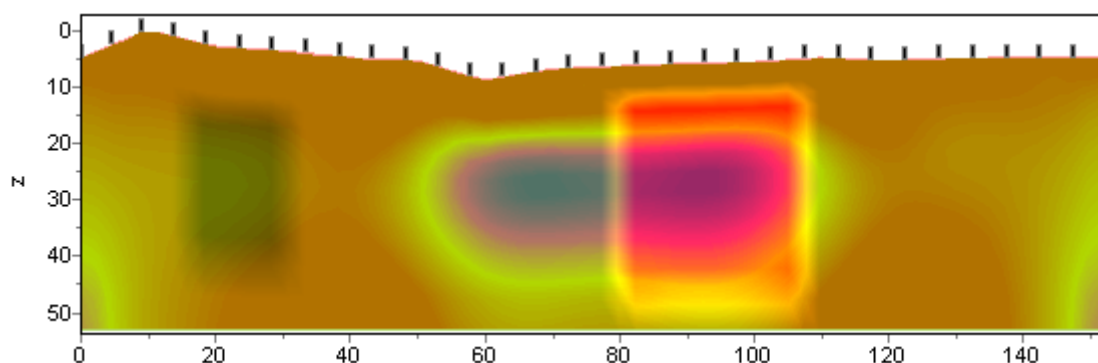


Рис. 75 Модель в режиме Smooth-section с подложкой

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

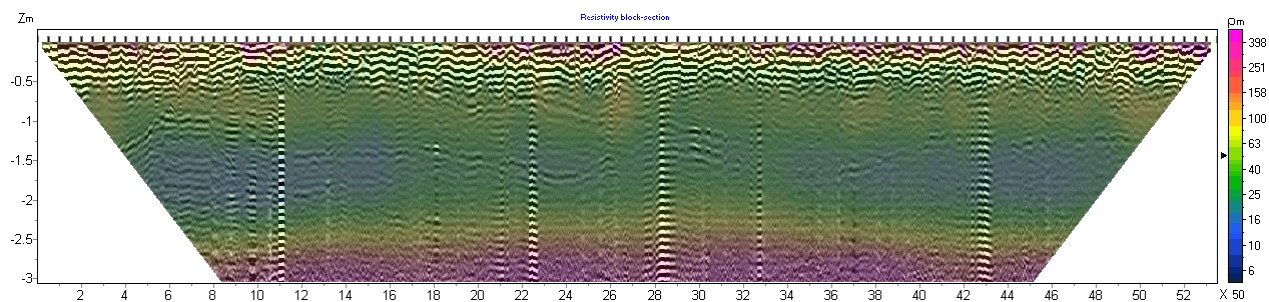


Рис. 76 Модель в режиме Smooth-section с подложкой – данными георадара

Файл модели можно экспортировать в наиболее популярные форматы программ: AutoCAD, GeoSoft и SEG-Y. Модель можно сохранить как растровое изображение заданного разрешения и размера с использованием диалога **Picture settings** в меню **Options/Graphics/Bitmap output settings**.

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.

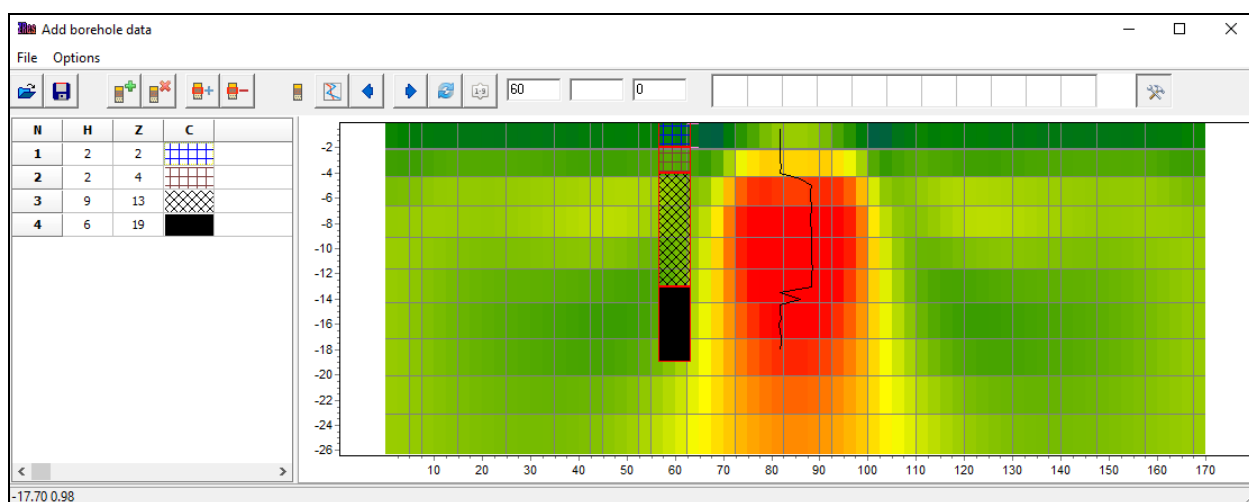










Рис. 77 Модуль добавления данных каротажа и литологии скважин

Панель инструментов диалогового окна содержит следующие кнопки:

	Открыть файл литологии
	Сохранить файл литологии
	Создать новую скважину
	Удалить скважину
	Добавить слой в скважине

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

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







Для начала создания файла литологии необходимо нажать кнопку  на панели инструментов. После чего в секции слева появится новая таблица. При помощи кнопки  необходимо задать нужное число слоев. Далее необходимо отредактировать таблицу, установив значения мощности или глубины подошвы каждого из слоев, а также выбрать тип заливки в соответствии с литологией. Диалог настройки заливки **Pattern Color Editor** вызывается двойным нажатием левой кнопки мыши в столбце **C** окна данных (рис. 36). В программе предлагается богатый выбор литологических заливок. В опции **Color** можно выбрать цвет заливки.




Рис. 78 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 **ZondRes2D** и *.txt – файла для каждой скважины, имена соответствуют горизонтальной и вертикальной координате

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

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

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

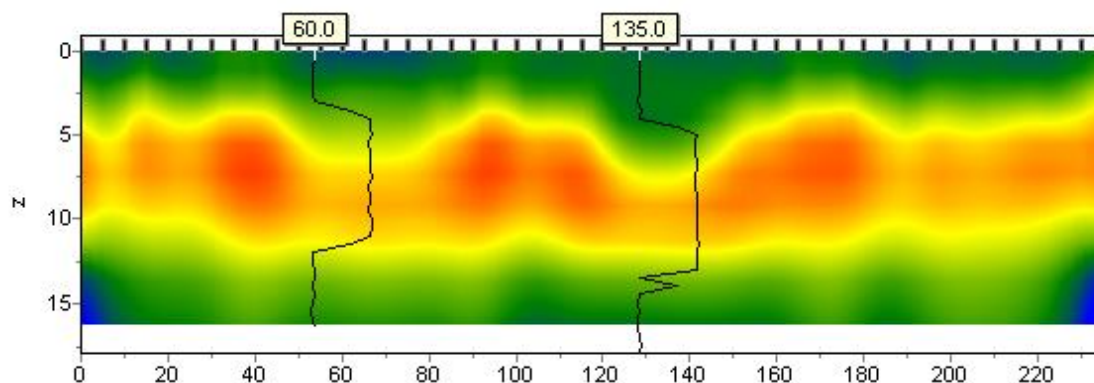


Рис. 79 Модель с нанесенными каротажными диаграммами

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.

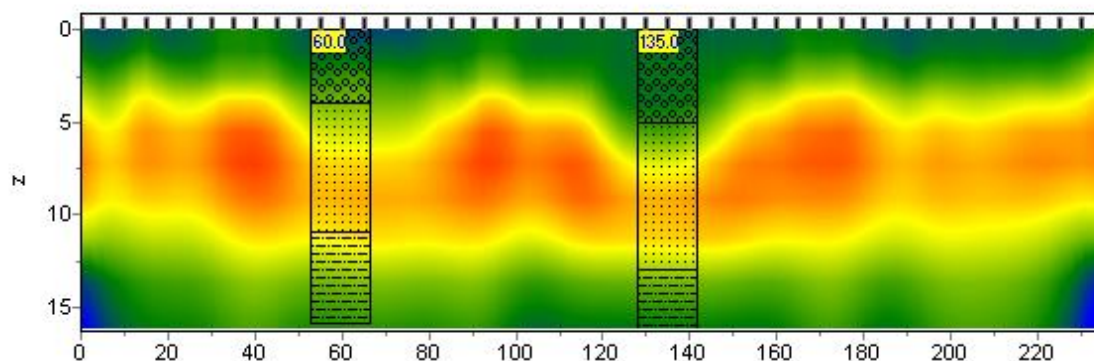


Рис. 80 Модель с нанесенными литологическими колонками

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

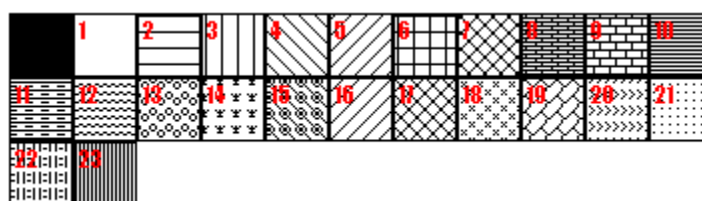


Рис. 81 Варианты штриховки литологической колонки

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 скоростей при задании скважинных данных.

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

Диалог Model smooth/raster

После редактирования или выполнения инверсии к сеточной модели можно применить несколько полезных операций.

Опция **Model operations (Options / Extra / Model smooth / raster)** позволяет сгладить или загрузить (разбить на блоки) текущую модель (см. рисунок ниже). Блочная модель может быть использована при инверсии типа **Blocks**. В этом случае производится подбор параметра для каждого блока. Перед разбиением на блоки лучше всего использовать фокусирующую инверсию.

При использовании процедуры **Blocks**, в зависимости от параметра контрастности (**Contrast factor**), производится группирование ячеек с одинаковыми параметрами. Опция **Start layers** задает первый ряд диапазона, к которому будет применена данная операция.

В режиме **Smooth**, в зависимости от сглаживающего фактора (**Smooth factor**), производится осреднение параметров ячеек модели. Опция **End layers** задает последний ряд диапазона, к которому будет применена данная операция.

Кнопка  копирует полученную модель в редактор модели.

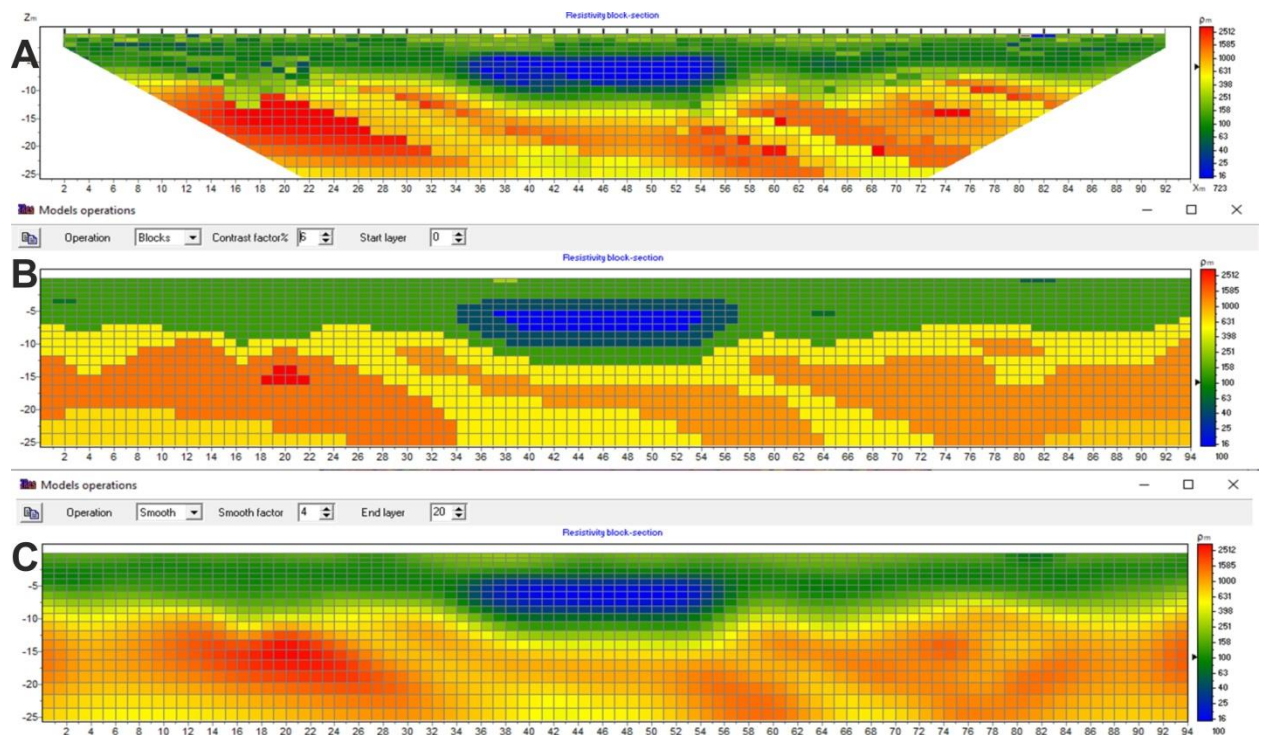


Рис. 82 Использование диалога Models operations. Исходная геоэлектрическая модель (A). Пример применения процедуры разбиения на блоки (B) и сглаживания (C)

Результаты интерпретации

Визуализация модели

Модель в сеточном режиме можно отображать в виде ячеек **Options/Model/Block-section** (см. рисунок ниже, А) в гладкой интерполяционной палитре **Options/Model/Smooth-section** (см. рисунок ниже, В) и в виде контурного разреза **Options/Model/Contour-section** (см. рисунок ниже, С).

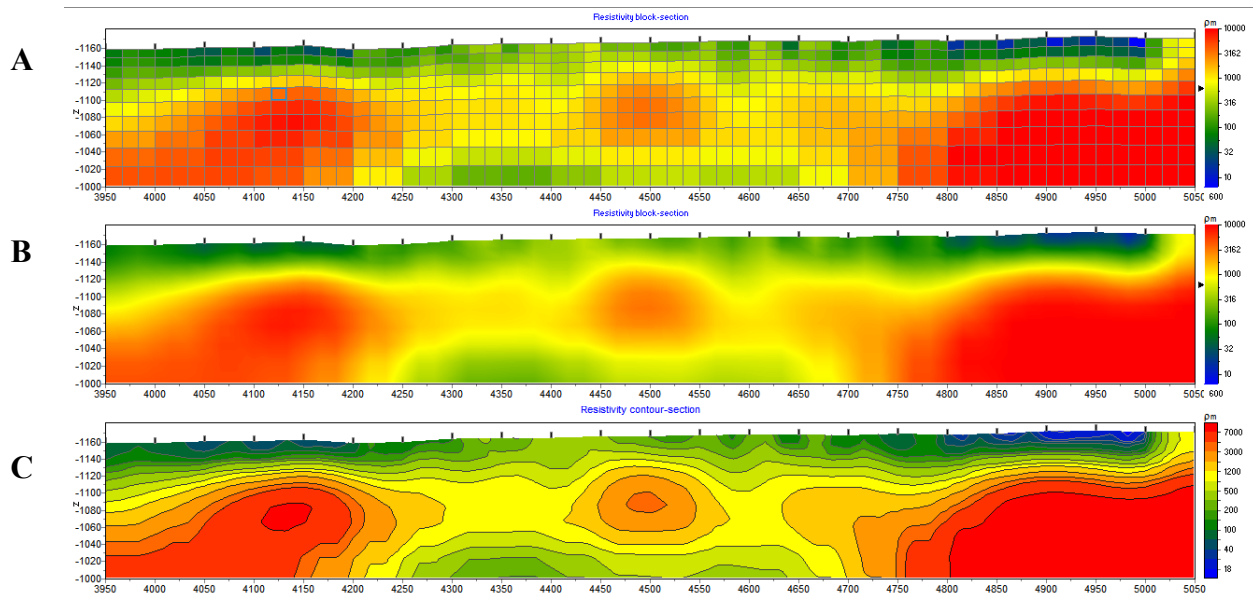


Рис. 83 Варианты отображения модели: Block-section (A), Smooth-section (B), Contour-section (C)

Дополнительно поверх модели можно визуализировать:

- Два параметра одновременно – *сопротивление* и *поляризуемость*. На изображение модели в виде контуров изолиний (работает в режиме **Contour-section**), накладываются изолинии второго параметра (см. рисунок ниже). Вызывается пунктом главного меню программы **Options/Extra/Display Rho&IP together**. Для настройки изолиний второго параметра используется диалог, вызываемый **Options/Extra/Extra isolines color settings**.

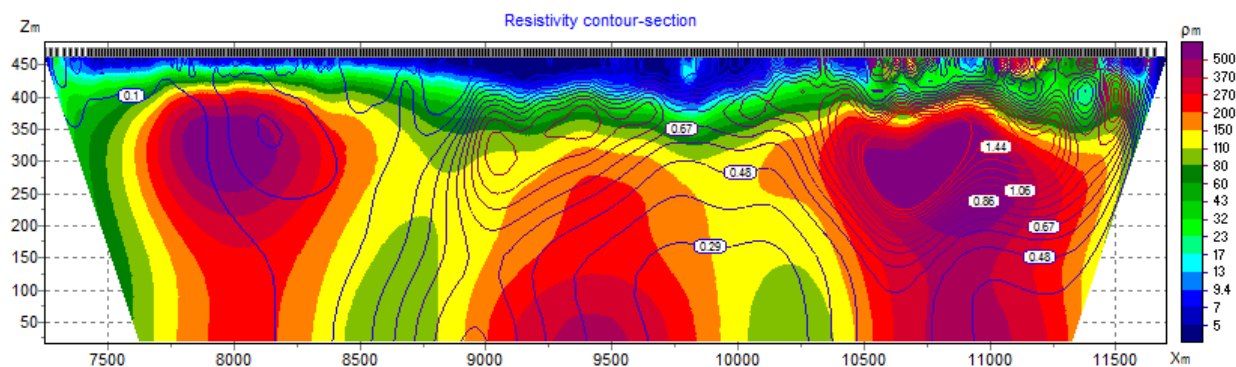




Рис. 84 Наложение изолиний поляризуемости на модель сопротивления

Лучше понять принципы работы электротомографии позволяет анализ распределения потенциала или чувствительности в среде.

- *Распределение потенциала* – отображение изолиний потенциала поверх разреза для какого-нибудь источника (см. рисунок ниже, А). Положение источника выбирается в таблице редактора данных. Данный вариант работает в режимах **Block** или **Smooth section**. Вызывается пунктом главного меню программы **Options/Extra/Potential & sensitivity in model/ Potential isolines**. Для настройки параметров изолиний используется диалог, вызываемый кнопкой  в редакторе данных. Диалог аналогичен диалогу настройки параметров псевдоразреза.
- *Распределение функции чувствительности* – отображение изолиний чувствительности поверх разреза для текущего измерения (см. рисунок ниже, В). Измерение выбирается в таблице редактора данных. Данный вариант работает в режимах Block или Smooth section. Вызывается пунктом главного меню программы **Options / Extra / Potential & sensitivity in model / Sensitivity isolines**. Для настройки параметров изолиний используется диалог, вызываемый кнопкой  в редакторе данных (**Options / Data editor**). Диалог аналогичен диалогу настройки параметров псевдоразреза.

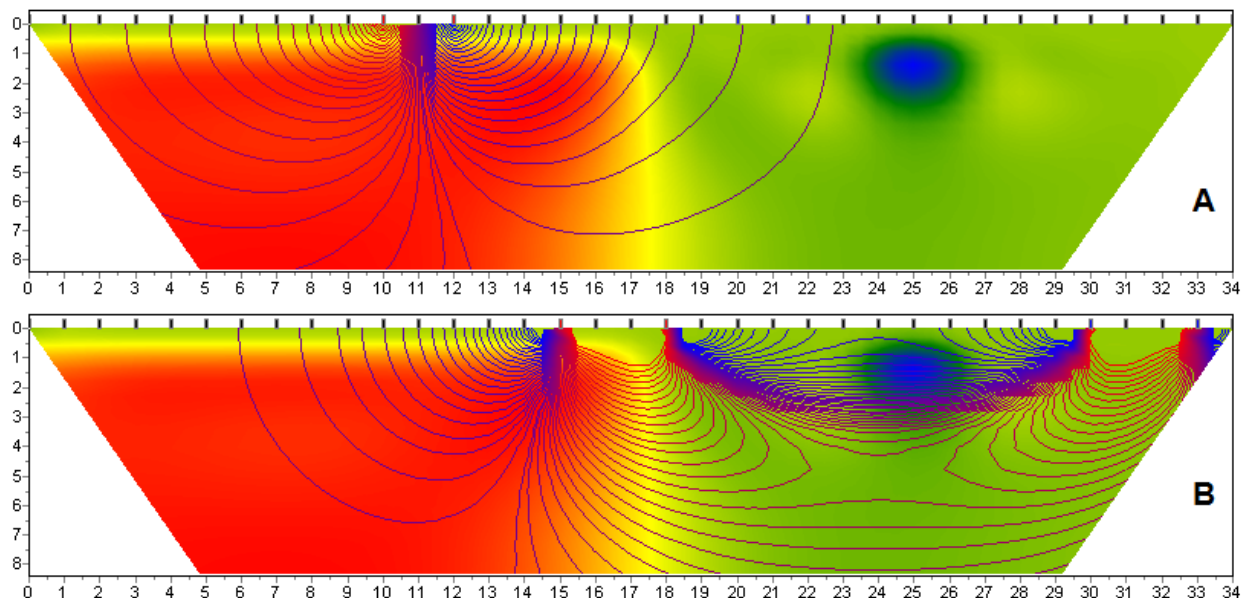


Рис. 85 А. Разрез удельного электрического сопротивления с нанесенными изолиниями функции потенциала. В. Разрез удельного электрического сопротивления с нанесенными изолиниями функции чувствительности

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 **ZondRes2D** описанные функции реализуются с помощью подраздела **Buffer** главного меню программы. Кнопки **Model 1 – Model 5** соответствуют пяти буферным моделям, которые можно хранить в рамках одного проекта.

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

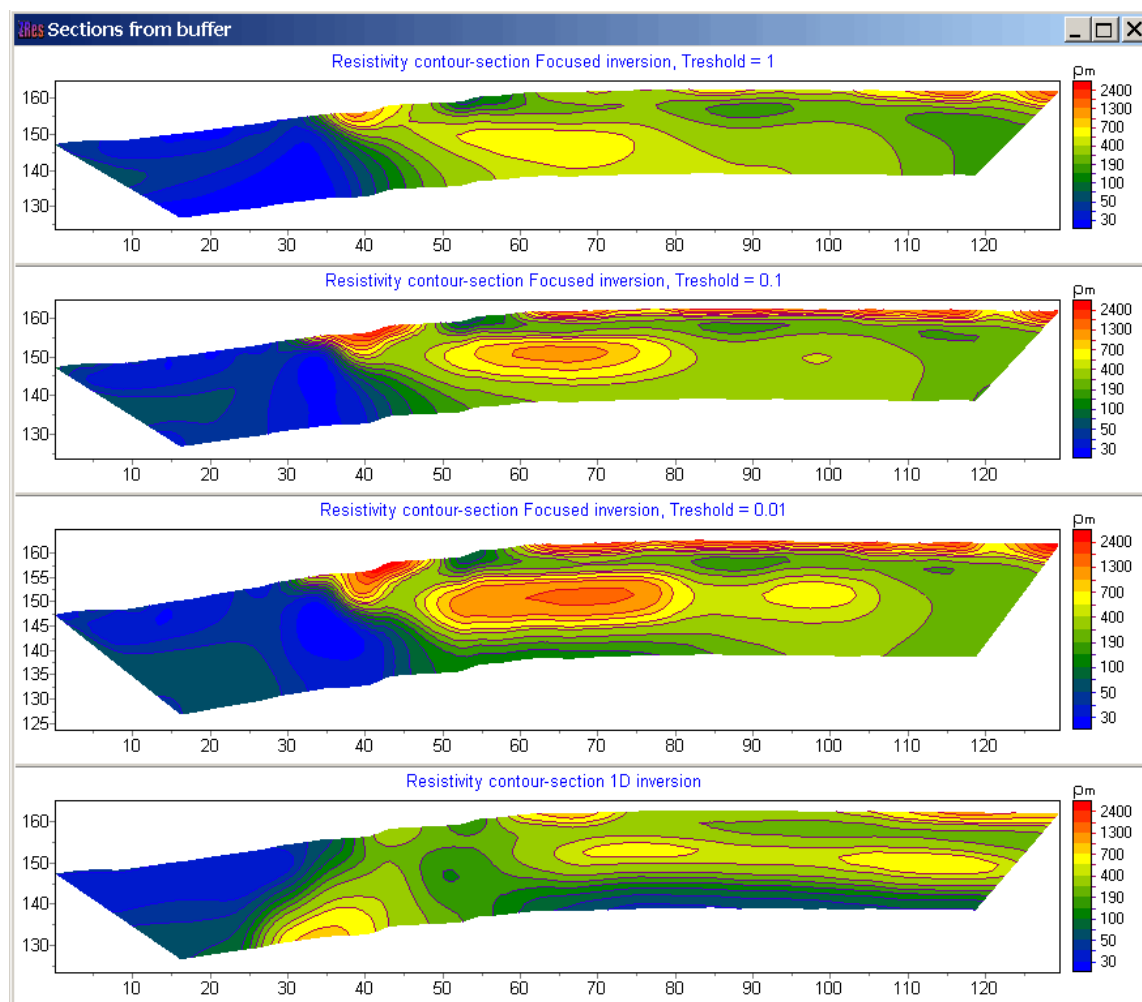


Рис. 86 Окно просмотра нескольких моделей (Buffer / Open). Пример инверсии одних и тех же данных с использованием разных параметров

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.

Окно построения геолого-геофизической модели

Для построения геолого-геофизической модели (проведения геологической интерпретации) служит окно редактора геологической модели **Geological editor**, вызываемое

с помощью меню **Options/Modules/Geological editor**. Редактор позволяет в интерактивном режиме создать геологическую модель на основе текущей модели проекта, скважинных данных, данных других программ пакета **Zond** и априорной растровой информации, распечатать полученные разрезы в заданном масштабе, сохранить и экспортировать результаты интерпретации.

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

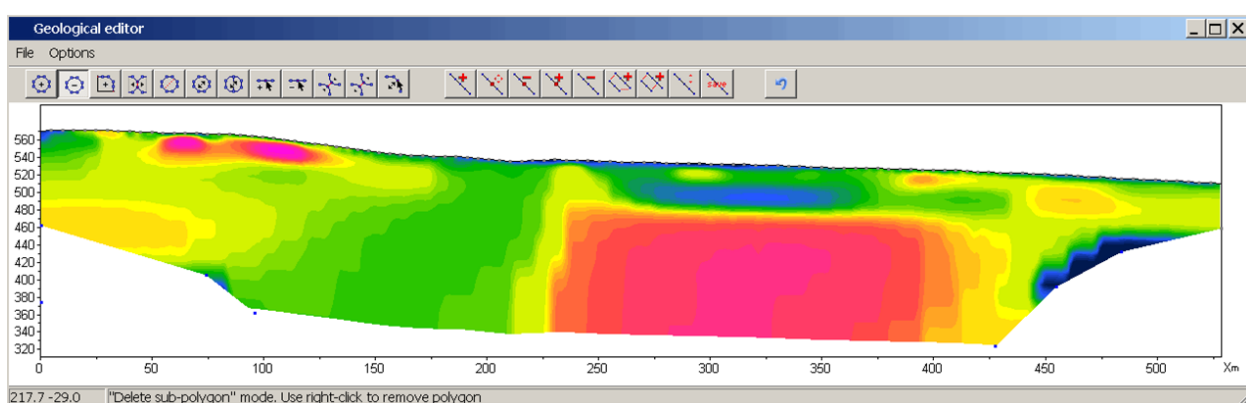


Рис. 87 Окно редактора модели перед началом работы

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

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

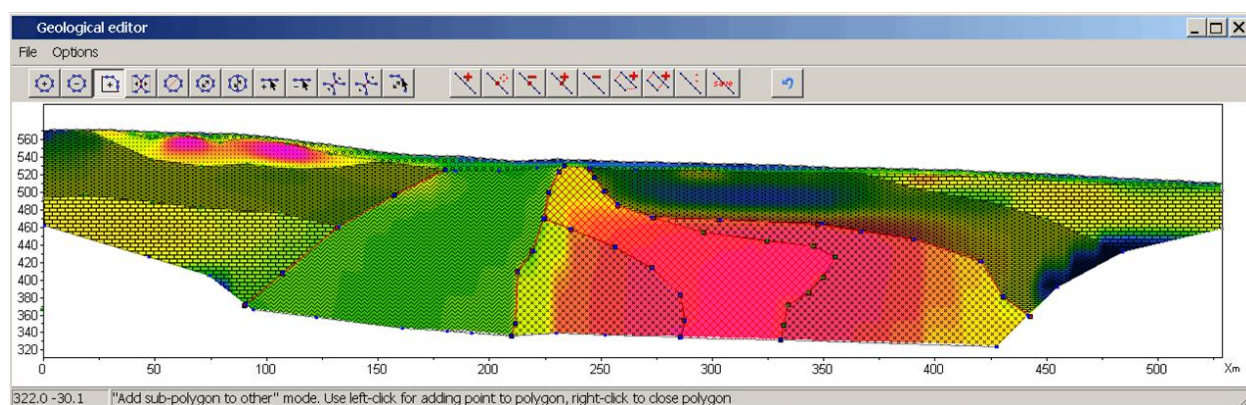


Рис. 88 Окно редактора модели: разрез скоростей и геологическая интерпретация.

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

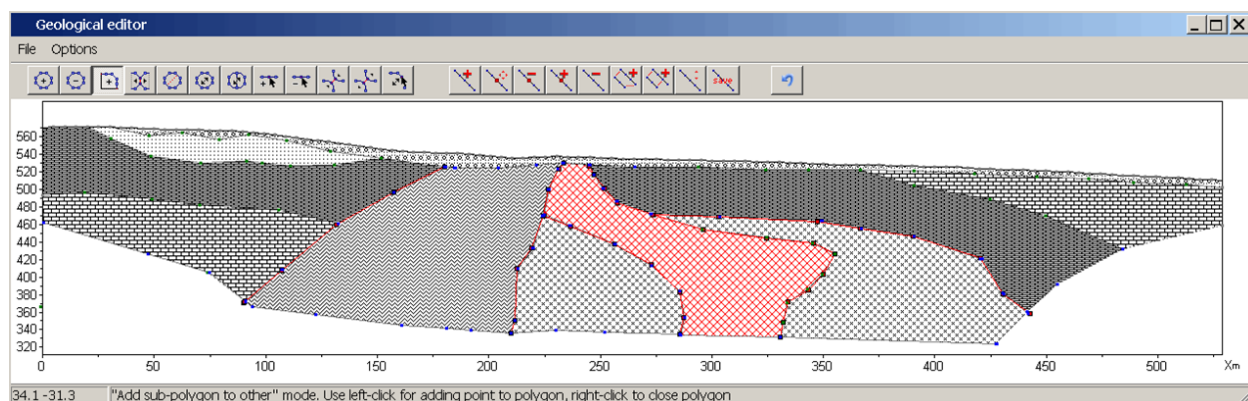














Рис. 89 Окно редактора модели: геолого-геофизический разрез по результатам интерпретации

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








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



	<p>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 –</p>

	нажатием правой кнопки.
	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.
	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.

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

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

	Добавить линию
	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

3D визуализация геоэлектрических моделей по нескольким профилям








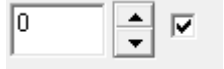

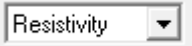
Если на площади исследований выполнены измерения по нескольким близкорасположенным профилям, целесообразно проводить их совместную интерпретацию. Это позволяет изучать распространение выделенных структур в плане, а также облегчает интерпретацию каждого профиля в отдельности, упрощая выделение наиболее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

В программе **ZondRes2D** для совместной визуализации моделей сопротивления или поляризуемости, 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) (см. рисунок ниже), *3D View* (окно просмотра модели), *Options* (настройки

изображения) и панели инструментов (обеспечивает доступ к дополнительным параметрам и возможности загрузки, сохранения и экспорта построенной объемной модели).

Панель инструментов окна содержит следующие кнопки:

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

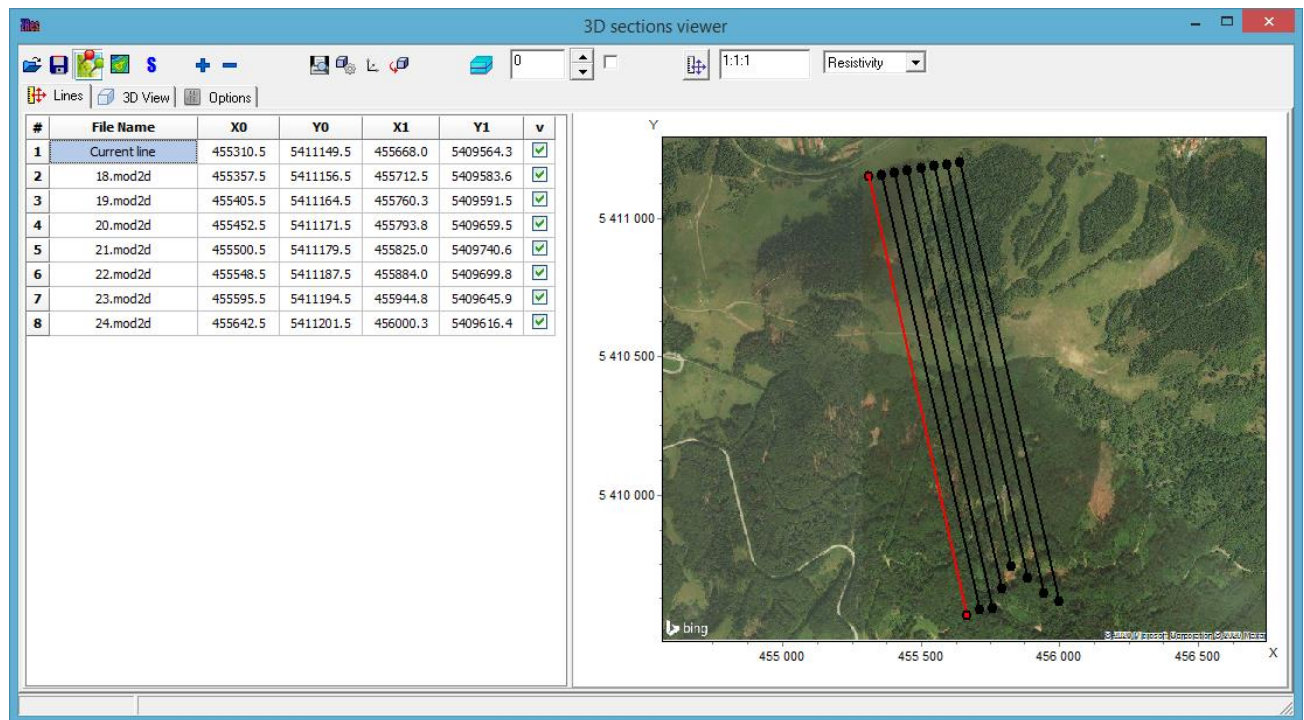






Рис. 90 Вкладка Lines окна 3D sections viewer

Для добавления профилей и ввода координат предназначена вкладка **Lines**. 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 файлы с расширением *.mod2d, которые создаются автоматически при сохранении и проекта в формате **ZondRes2D**. Добавить пустую строку в таблицу или удалить из нее ненужный файл можно с помощью кнопок  и  панели инструментов. Столбцы X0, Y0, X1, Y1 таблицы содержат прямоугольные координаты начала и конца соответствующего профиля (криволинейные профили могут быть заданы в опцией XY/Edit topo). 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 не отображать выбранные профили.

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

Сама объемная модель отображается в вкладке **3D View** (см. рисунок ниже).

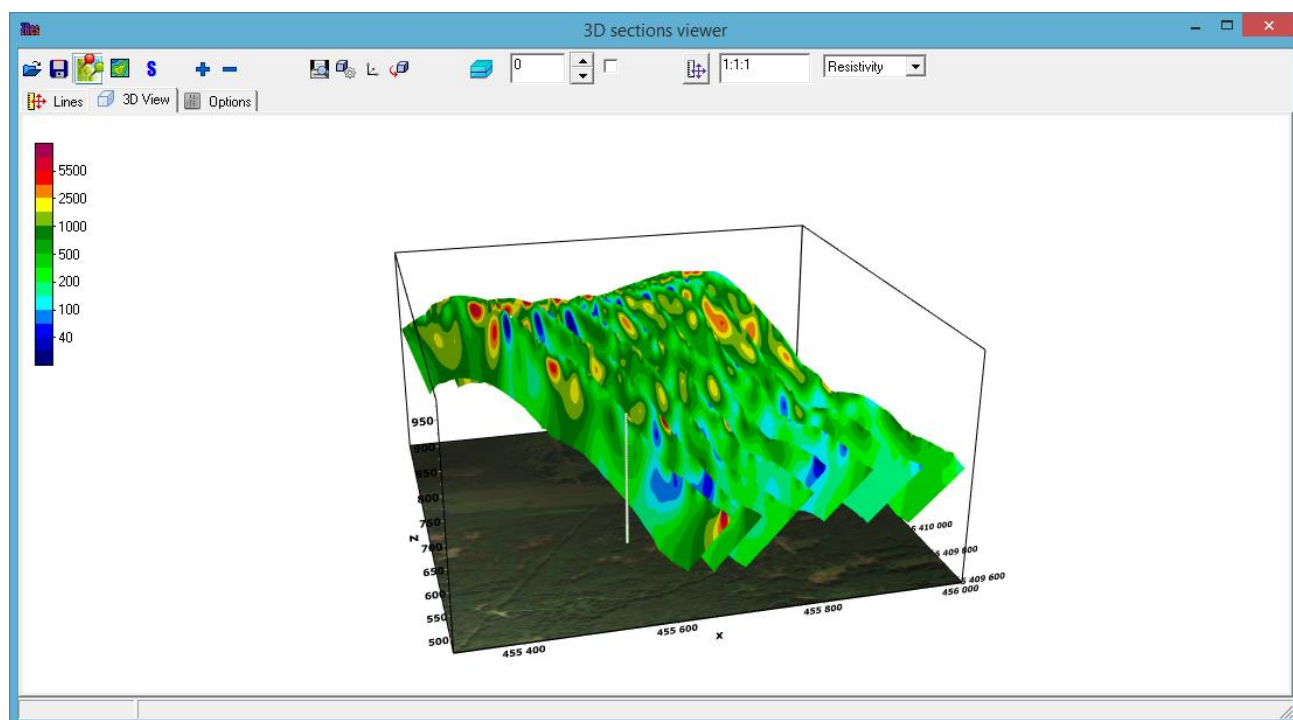






Рис. 91 Вкладка 3D View окна 3D section viewer. Объемная визуализация

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

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

Работать с созданной моделью также можно с помощью мыши – с нажатой левой кнопкой модель можно произвольно вращать. Колесо мыши регулирует масштаб. При нажатии кнопки  происходит автоматическое вращение модели вокруг своего геометрического центра.

Полезной опцией является возможность построения горизонтального среза. Доступ к соответствующей опции осуществляется с помощью набора инструментов  панели инструментов. Опция выбора, справа от поля ввода указывает, будет ли использоваться абсолютная отметка высоты или глубина от поверхности, при построении среза. Пример показан на рисунке ниже.

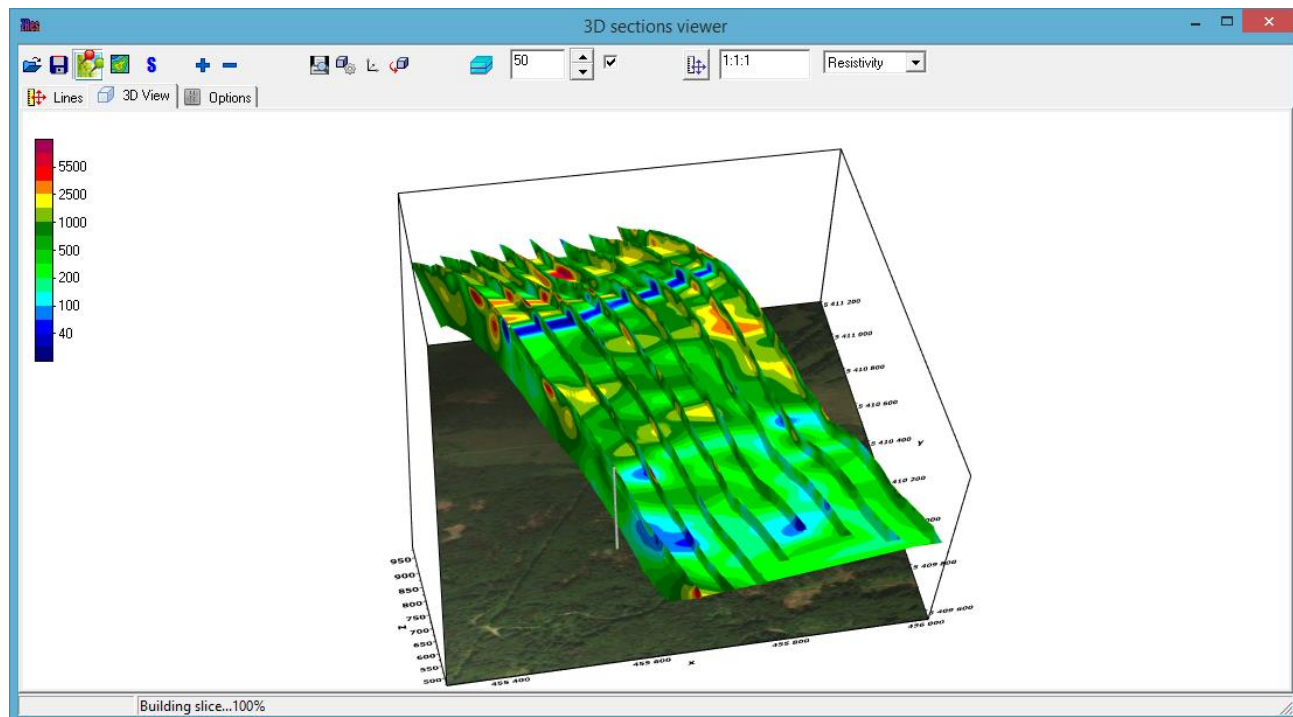


Рис. 92 Вкладка 3D View окна 3D sections viewer. Карта сопротивления на заданной глубине от поверхности





- построить XY срез для заданной глубины.



Кнопка позволяет загрузить подложку в виде карты Bing (картографический сервис Bing), координаты в этом случае должны быть в UTM формате.



Кнопка позволяет строить срезы XY для заданной глубины, экспортируя срезы в Surfer.

Набор моделей в 3D section viewer можно сохранить, и потом снова открыть с помощью кнопок  и . Если в диалоге сохранения выбрать XY plane, программа создаст текстовый файл *.dat для текущего среза по 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.

Вкладка *Options* окна **3D sections viewer** позволяет настраивать цветовую шкалу 3D модели и соотношение масштабов X,Y,Z. Опция *Continuous* позволяет визуализировать разрезы в сглаженном или контурном виде.

Сохранение результатов

Результат интерпретации профиля данных хранится в бинарном файле формата **ZondRes2D** (расширение *.z2d). 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 и поляризуемости, а также изображений (*Model, WorkSheet*) в формате *.BMP в необходимом масштабе. Масштаб изображения можно настроить с помощью диалога **Picture settings** в меню **Options / Graphics / Bitmap output settings**.

Диалог **Picture settings** позволяет настроить вертикальный масштаб **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**. Данные настройки применяются к сохраняемой в формате BMP модели (Model), если выключена опция **Automatic**. Иначе изображение сохраняется в том же виде как на экране.

Возможные форматы файлов для сохранения представлены в таблице:

Zond project data	Сохранить измеренные значения и текущую модель и все настройки в файл проекта.
Zond calculated data	Сохранить рассчитанные значения в текстовый файл данных.
Zond observed data	Сохранить наблюдаемые значения в текстовый файл данных.
Zond model with calculated	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.
ProfileR observed data	Сохранить измеренные значения в формате программы ProfileR.
ProfileR calculated data	Сохранить рассчитанные значения в формате программы ProfileR.
Res2dInv observed data	Сохранить измеренные значения в формате программы

	Res2dInv.
Res2dInv calculated data	Сохранить рассчитанные значения в формате программы Res2dInv.
Worksheet	Сохранить три графические секции окна в формате BMP.
Model	Сохранить нижнюю графическую секцию окна в формате BMP. Для настройки масштаба изображения следует использовать диалог Picture settings .
Program configuration	Сохранить параметры инверсии программы.
Grid file	Сохранить данные о модели для программы Surfer: значения в текстовом файле *.dat (сопротивления и логарифмы сопротивлений, поляризуемости), контур отсечения (файл *.bln) и цветовую шкалу (файл *.lv1).
Section file	Сохранить текущую модель в графическом формате программы с привязкой к координатам углов изображения, не географических.

При сохранении проекта автоматически создается файл с расширением *.mod2d, в котором хранится описание модели. Этот файл используется при импорте модели другими проектами **ZondRes2D** (**Options / Import/Export / Import model/data**) или другими программами пакета **Zond**.

Дополнительные возможности экспорта в Excel

В данном разделе показаны дополнительные возможности импорта и экспорта табличных файлов, детально описаны опция добавления данных каротажа и литологии на разрез.

Экспорт наблюдаемых данных в табличный файл Excel

Экспорт наблюдаемых данных в табличный файл Excel осуществляется с помощью пункта меню **Options / Import / Export / Export to Excel / Data levels**. Данные группируются по коэффициентам установки. Данные по каждому из них описываются в трех строках: строка, начинающаяся с «Level (K, 1/m)», содержит значение коэффициента установки; строка, начинающаяся с «X, m», содержит описание расстояний по профилю для каждой точки экспорта (координаты точек записи); строка, начинающаяся с «appres», содержит значения

кажущегося сопротивления, соответствующие указанному коэффициенту установки и точкам записи.

Экспорт геоэлектрической модели в табличный файл Excel

Экспорт геоэлектрической модели в табличный файл Excel осуществляется с помощью опции **Options / Import / Export to Excel/Model**. В создаваемом файле Excel геоэлектрическая модель записывается в виде матрицы, строки которой соответствуют горизонтальным координатам ячеек, а столбцы – вертикальным (см. рисунок ниже).

Левый столбец содержит значение уровней (центров) блоков по вертикали; строка, начинающаяся с ячейки «X» - горизонтальные координаты центров ячеек; строка, начинающаяся с ячейки «Elev» - значения рельефа в соответствующих точках.

Настройка графических параметров

Диалог настройки экспортируемого изображения

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

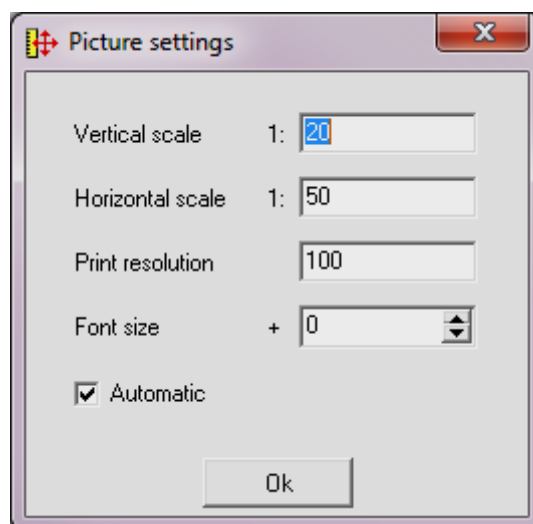


Рис. 93 Диалоговое окно Picture settings.

Диалог настройки параметров контурного разреза и псевдоразреза

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

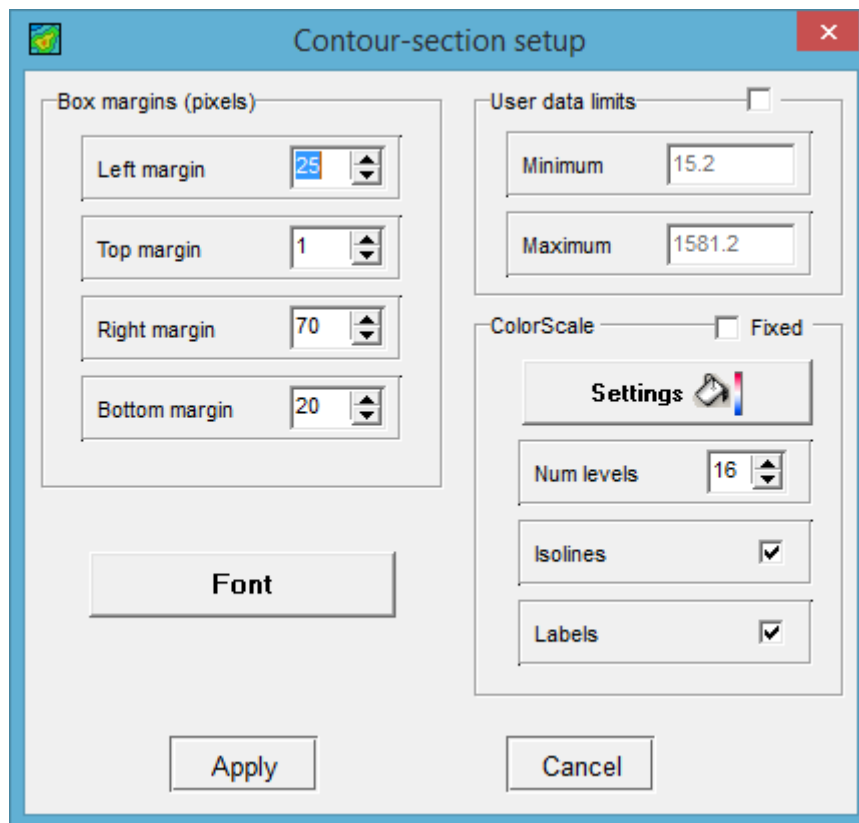


Рис. 94 Окно диалога «Contour-section setup»

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):

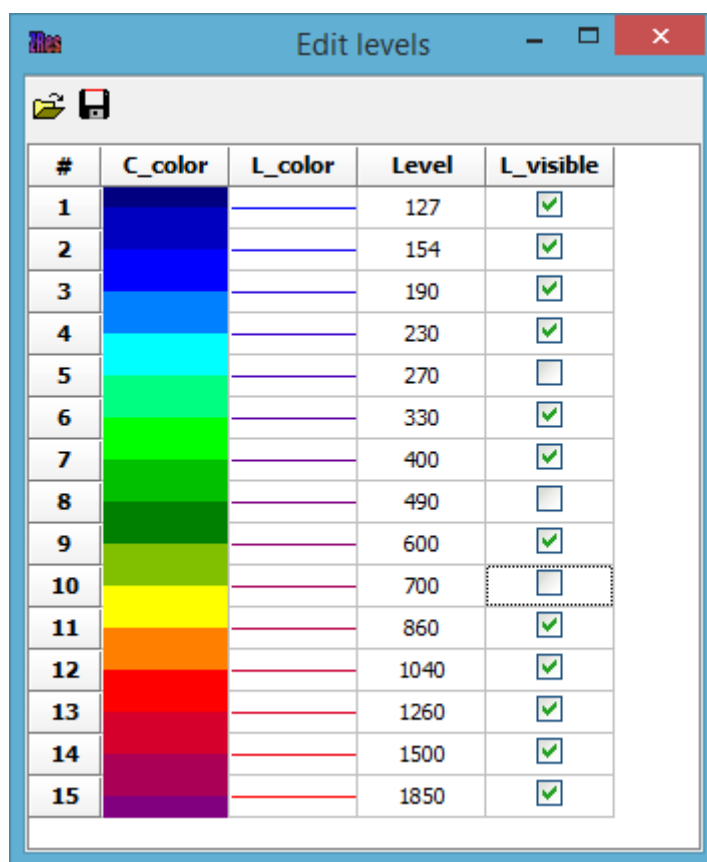


Рис. 95 Окно диалога «Edit levels»

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**. 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 .

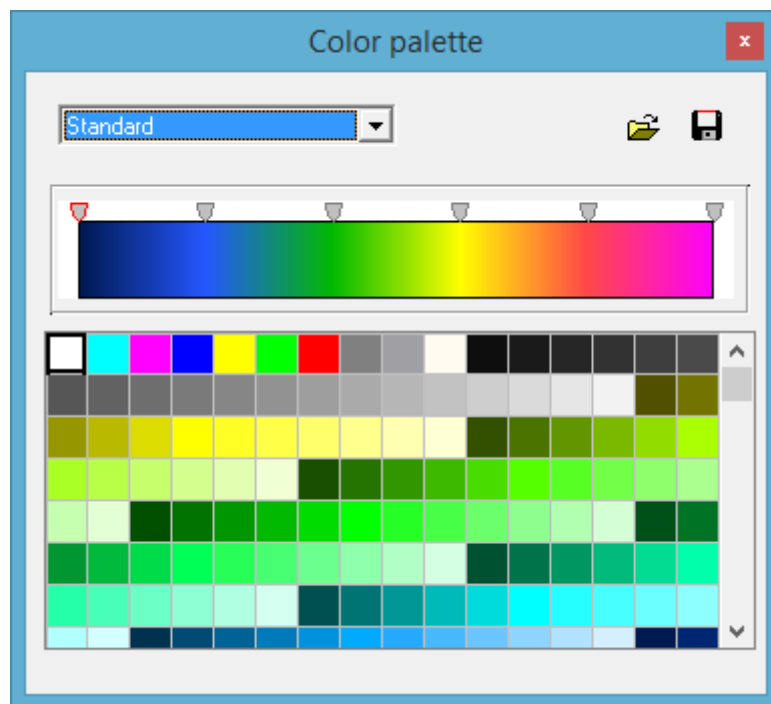


Рис. 96 Диалог настройки параметров палитры

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

Редактор набора графиков

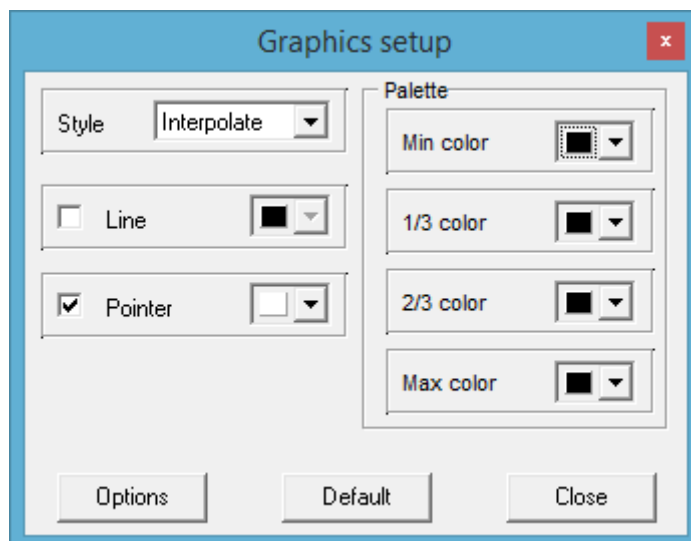


Рис. 97 Редактор набора графиков

Редактор предназначен для настройки цветовой последовательности набора графиков.

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

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

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

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

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

Кнопка [Options] вызывает диалог настройки графика.

Кнопка [Default] устанавливает настройки графиков равными значениям по умолчанию.

Редактор графика

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

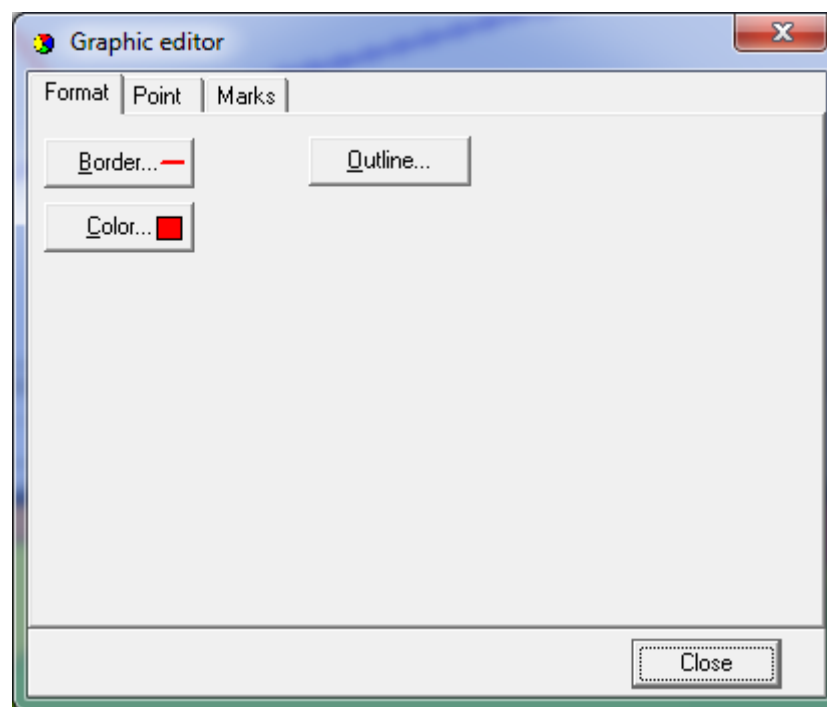


Рис. 98 Диалог редактора настройки графиков

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

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

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

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

Вкладка **Point** содержит настройки указателей графика.

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

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

Опция **Style** устанавливает форму указателя.

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

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

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

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

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

Вкладка **Style**:

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

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

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

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

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

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

Опция **Length** задает длину стрелки.

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

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

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

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

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

Опции **Transparent** задает степень прозрачности рамки.

Вкладка **Text**:

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

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

Редактор осей

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

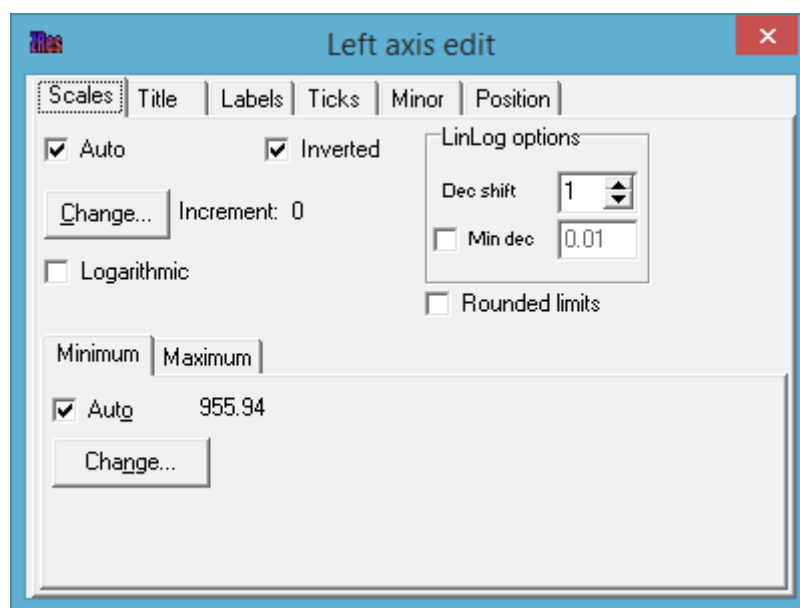


Рис. 99 Пример диалога редактора левой оси

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

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

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

Опция **Inverted** определяет ориентацию оси.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Вкладка **Style**:

Опция **Title** определяет текст заголовка оси.

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

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

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

Вкладка **Text**:

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

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

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

Вкладка **Style**:

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

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

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

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

Вкладка **Text**:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Опция **Length** устанавливает их длину.

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

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

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

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

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

Диалог настройки параметров отображения модели

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

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

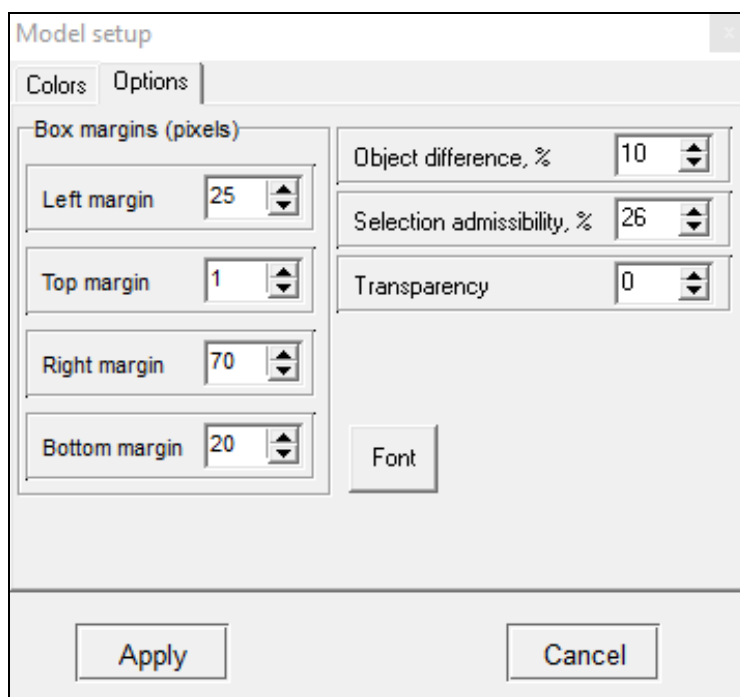


Рис. 100 Диалог «Model setup», вкладка Options

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).

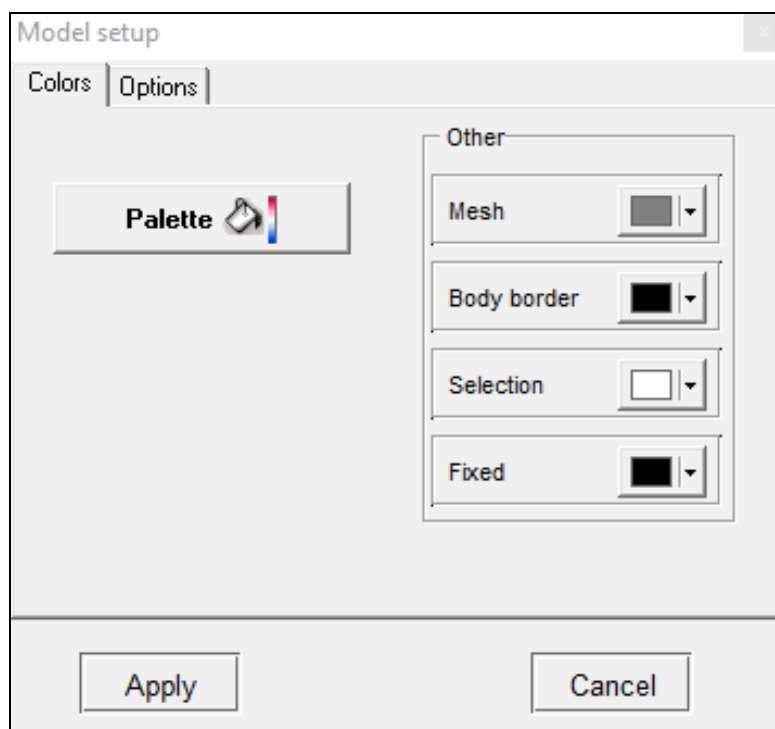


Рис. 101 Диалог «Model setup», вкладка Colors

Кнопка **Palette** – устанавливает цветовую палитру.

Область **Other**:

Body border– позволяет задать цвет границы между соседними ячейками.

Mesh – устанавливает цвет сети.

Selection – устанавливает цвет метки выделенной ячейки.

Fixed – устанавливает цвет метки зафиксированной ячейки.

Диалог предварительного просмотра печати (Print preview)

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

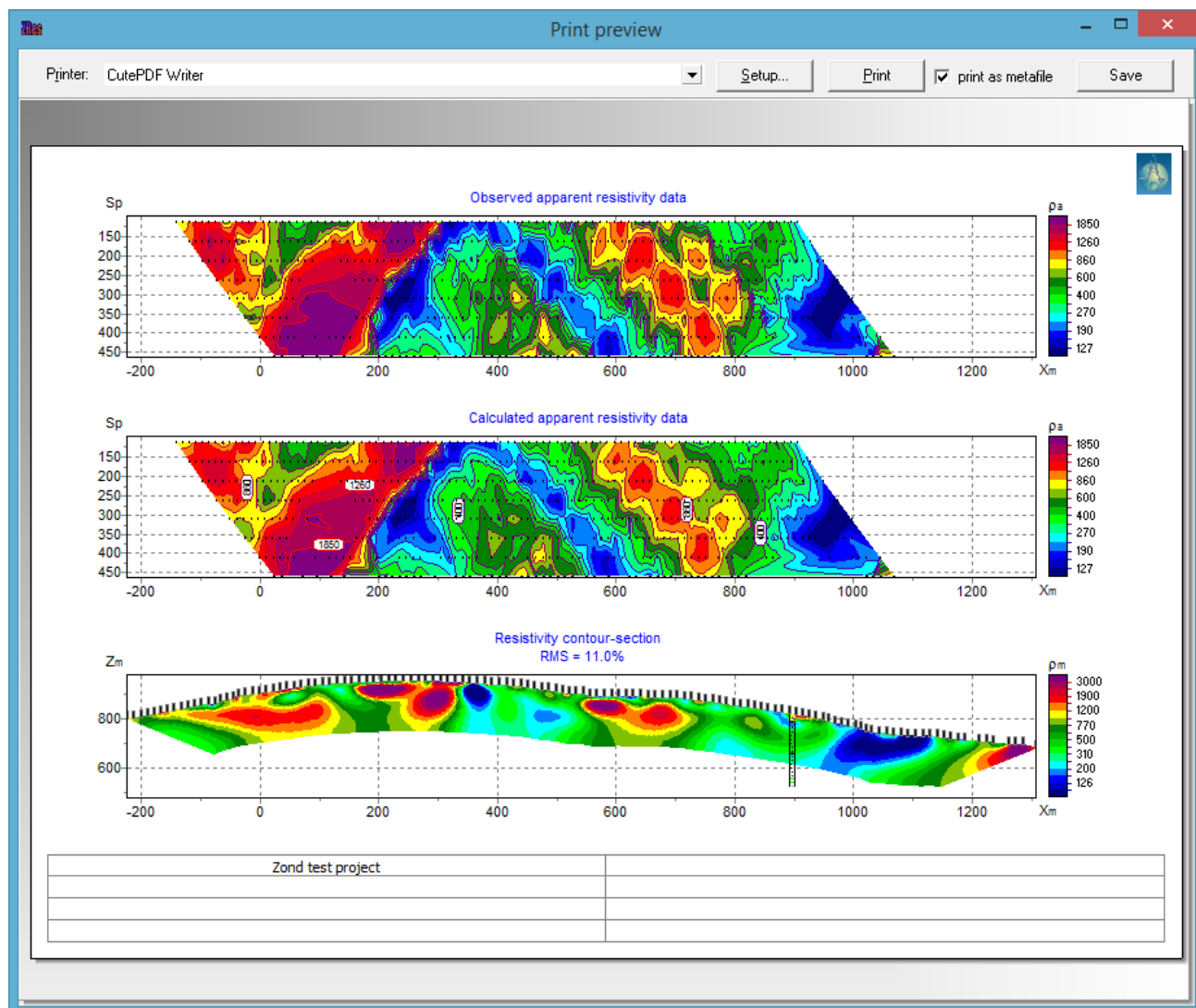


Рис. 102 Окно Print preview

Для перемещения объекта печати по листу используйте левую кнопку мыши.

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

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

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



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

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



- сохранение в bitmap files.

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

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

Список литературы

1. Dey, A. and Morrison, H.F. [1979] Resistivity modeling for arbitrary shaped two-dimensional structures. *Geophysical Prospecting* 27, 106-136.
2. Lowry, T., Allen, M.B. and Shive, P.N. [1989] Singularity removal: A refinement of resistivity modeling techniques. *Geophysics*, 54(6), 766-774
3. Xu, S.Z., Duan, B. and Zhang D. [2000] Selection of the wave numbers k using an optimization method for the inverse Fourier transform in 2.5D electrical modeling. *Geophysical Prospecting*, 48, 789-796.
4. Tsourles, P.I., Symanski, J.E. and Toskas, G.N. [1999] The effect of terrain topography on commonly used resistivity arrays. *Geophysics*, 64, 1357-1363.
5. Loke, M.H. [2000] Topographic modeling in resistivity imaging inversion. 62nd EAGE Conference & Technical Exhibition Extended Abstracts, D-2.
6. Constable, S.C., Parker, R.L., Constable, C.G. [1987] Occam's inversion: a practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data. *Geophysics*, 52, 289-300.
7. Marquardt, D.W. [1963] An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters: *J. Soc. Indust. Appl. Math.*, 11, 431-441.
8. Portniaguine, O.N. and Zhdanov M.S. [1999] Focusing geophysical inversion images. *Geophysics*. V. 64. P. 874–887.
9. Khmelevskoy, V.K. [1997] *Geophysical methods for studying the earth's crust*. Dubna.

Дополнительные материалы:

Видеоуроки на канале youtube:

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

Группа поддержки в LinkedIn:

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

Демонстрационные проекты Zond:

ftp://zond-geo.com/

Username: download@zond-geo.com

Password: 12345

Если программа не работает с USB донглом:

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

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

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