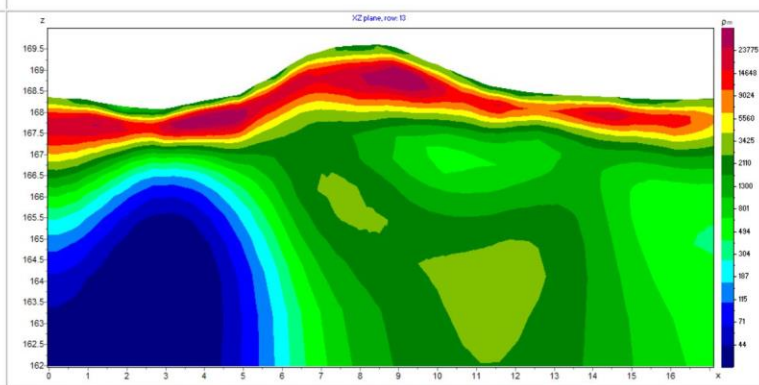
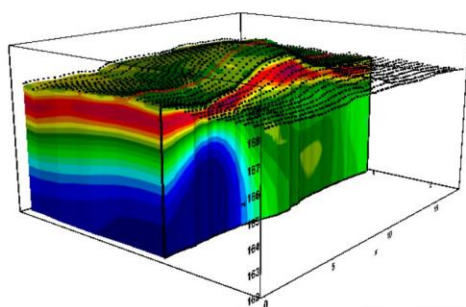
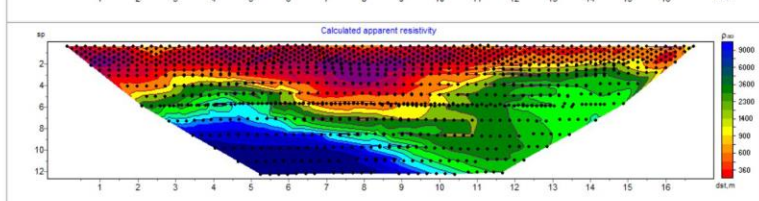
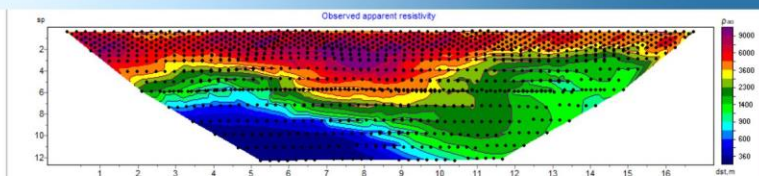
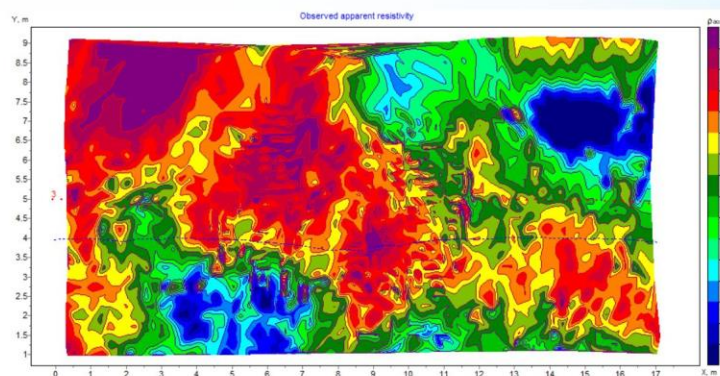


**Zond
Software**

ZondRes3D

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



Оглавление

<i>Введение</i>	5
<i>Требования к системе</i>	5
<i>Установка и удаление программы</i>	6
<i>Краткая теоретическая справка</i>	6
<i>Начало работы с программой</i>	9
Панель быстрого доступа.....	10
Подменю работы с трехмерной моделью.....	11
Описание функций главного меню.....	12
Строка состояния.....	22
“Горячие” клавиши.....	22
<i>Создание системы измерений</i>	22
<i>Загрузка полевых данных из файлов</i>	29
Поддерживаемые форматы.....	29
Импорт полевых данных из произвольного текстового файла или таблицы Excel.....	36
Редактор профилей.....	38
Диалог настройки сети модели.....	40
<i>Визуализация данных</i>	44
План графиков.....	44
Псевдоразрез.....	46
3D псевдоразрез.....	51
<i>Подготовка данных к инверсии</i>	52
Модуль контроля качества данных.....	52
<i>Моделирование</i>	57
Редактирование модели.....	58

Сохранение и использование модельных данных.....	61
<i>Инверсия данных.....</i>	<i>61</i>
Настройки параметров инверсии	62
Инверсия данных межскважинной томографии	72
Инверсия параметров ВП.....	73
Инверсия данных мониторинга	74
Оценка невязки в результате инверсии	75
<i>Априорная информация.....</i>	<i>75</i>
Использование графических подложек для 2D и 3D моделей	75
Создание скважинных данных.....	77
<i>Результаты интерпретации</i>	<i>81</i>
Режимы и параметры визуализации среза модели	81
Режимы и параметры визуализации объемной модели	82
Обрезка модели.....	87
Работа с несколькими моделями в одном проекте.....	87
<i>Сохранение результатов.....</i>	<i>88</i>
<i>Настройка графических параметров.....</i>	<i>89</i>
Диалог настройки экспортируемого изображения.....	89
Диалог настройки параметров контурной карты и псевдореза	89
Диалог настройки палитры	92
Редактор набора графиков.....	93
Редактор графика	94
Редактор осей	95
Диалог настройки параметров отображения модели	98
Диалог предварительного просмотра печати	100
<i>Список литературы.....</i>	<i>102</i>

Введение

Программа **ZondRes3D** предназначена для трехмерной интерпретации данных электротомографии (ЭТ) методом сопротивлений, вызванной поляризации (ВП) и метода заряда в наземном, скважинном и акваторном вариантах.

Программа **ZondRes3D** представляет удобный аппарат для автоматической и интерактивной интерпретации данных электротомографии, и может быть использована на IBM PC-совместимых персональных компьютерах с операционной системой Windows. **ZondRes3D** обладает мощной системой визуализации площадных данных, редактором измерений.

ZondRes3D использует простой и понятный формат файла данных, позволяющий сочетать несколько типов установок на одной площади. Измеренными характеристиками могут служить как кажущееся сопротивление, так и отношение сигнала к току и кажущаяся поляризуемость.

В **ZondRes3D** предусмотрена система моделирования, включающая все основные типы установок, использующиеся в методе сопротивлений. Выбор параметров установки и количества точек измерений осуществляется пользователем в режиме диалога. При разработке обратной задачи особое внимание уделено учету априорной информации.

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

Требования к системе

Программа **ZondRes3D** может быть установлена на компьютере с операционной 64-битной системой Windows 7 и выше. Минимальные параметры системы: процессор P IV-2 ГГц, 4Гб памяти (рекомендуется не менее 32Гб), разрешение экрана 1024 X 768 (не следует изменять разрешение экрана в режиме работы с данными), цветовой режим - True color.

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 **ZondRes3D** 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° 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° С). 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

Расчет 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.

При моделировании поля точечного источника среда разбивается сетью ячеек с различными удельными сопротивлениями. Поведение потенциала внутри ячейки аппроксимируется линейной базисной функцией.

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

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

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

где ϕ – значение потенциала, I - значение силы тока, σ – электропроводность среды, δ - дельта функция Дирака.

Для решения обратной задачи (инверсии) 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.

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














Начало работы с программой


В данном разделе описаны общий вид программы, функции главного меню, кнопки панели быстрого доступа, горячие клавиши.

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


Панель быстрого доступа

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


	Открыть файл данных или проекта (возможна загрузка нескольких файлов).
	Сохранить файл данных.
	Вызвать диалог настройки параметров инверсии.
	Вызвать подменю для работы с трехмерной моделью.
	Перейти к предыдущему/последующему срезу модели.
	Скопировать текущий срез модели в буфер обмена.
	<p>При нажатии левой кнопкой мыши из буфера обмена загрузится модель в текущий срез модели.</p> <p>При нажатии правой кнопкой мыши появится меню опций заполнения модели:</p> <p><i>Current</i> – вставить в текущий срез, модель из буфера для выбранного параметра.</p> <p><i>Current&+</i> – вставить в текущий и во все последующие срезы, модель из буфера для выбранного параметра.</p> <p><i>Current&-</i> – вставить в текущий и во все предыдущие срезы, модель из буфера для выбранного параметра.</p> <p><i>All params</i> – применить выбранный режим вставки для всех параметров выбранного среза (сопротивления и поляризуемости).</p>
	Запустить процедуру расчета прямой задачи.
 	Запустить процедуру инверсии или остановить (при повторном нажатии).
	Перейти в режим интерпретации данных метода сопротивлений.
	Перейти в режим интерпретации данных метода вызванной поляризации.
	Всплывающий список выбора текущего профиля для отображения в правой верхней части окна. Эта опция очень удобна, если трехмерная съемка представлена набором 2D профилей.

	Всплывающий список выбора разноса для построения контурной карты данных. При нажатии правой кнопкой мыши, можно выбрать окно разносов (так как часто некоторые разносы отсутствуют и карта получается полупустой).
---	--

Подменю работы с трехмерной моделью

Для вызова данного подменю служит кнопка  на панели инструментов главного окна программы. Подменю содержит следующие пункты:

3D view settings	Вызвать диалог настройки параметров 3D модели.
Print preview	Диалог настройки печати 3D модели.
Plane cut	Выбрать ориентацию среза модели (XZ, YZ, XY).
Model	<p>Задать параметры стартовой модели</p> <p><i>Halfspace value</i> – задать новое значение параметра для вмещающей среды.</p> <p><i>Clear model</i> – очистить текущую модель.</p> <p><i>Clear limits</i> – удалить заданные пределы изменения параметров.</p> <p><i>MinMax auto</i> – найти пределы изменения параметров автоматически.</p> <p><i>Smooth/raster model</i> – сгладить/заглубить модель. При использовании процедуры <i>rasterization</i>, в зависимости от параметра контрастности (<i>Degree</i>), производится группирование ячеек с близкими параметрами. В режиме Smoothing, в зависимости от сглаживающего фактора (<i>Degree</i>), производится осреднение параметров ячеек модели.</p>
Axes settings	Вызвать диалог настройки параметров оси (X,Y,Z) трехмерной модели.
Show	<p>Выбрать отображаемые объекты (для выбора установите галочки напротив необходимых объектов):</p> <p><i>Cutting plane</i> – показывать положение среза на 3D модели;</p> <p><i>Survey points</i> – показывать положения электродов;</p> <p><i>Boreholes</i> – показывать данные каротажа и литологии;</p> <p><i>Background</i> – показывать 3D подложку.</p>
Synchronous cut	Изменять положение среза на 3D модели синхронно с

	изменением 2D плана при помощи кнопок  .
X:Y:Z 1:1:1	Установить одинаковые масштабы для всех трех осей.

Описание функций главного меню

Ниже перечислены названия пунктов главного меню и их назначение:

File	
File / Create survey	Вызвать диалог создания синтетической системы измерений для многопрофильной системы. Отдельные профили в этом случае не будут связаны между собой (<i>Pseudo 3D</i>). Можно выбрать параметры косы и одну из традиционных установок. Созданная система измерений может быть экспортирована в текстовый файл протокола опроса.
File / 3D sequencer	Вызвать диалог создания реальной площадной системы измерений.
File / Open file	Открыть файл данных или проекта (возможна загрузка нескольких файлов).
File / Import text/excel	Импортировать данные из произвольного (многоколоночного) текстового файла (или таблицы Excel). Пользователю необходимо задать названия столбцов в первом ряду таблицы.
File / Mesh for MN only	Сеть будет построена на основе положений только приемных электродов. Эту опцию следует включить перед загрузкой файла.
File / Save file	Вызвать диалог сохранения данных или проекта.
File / Edit data	Открыть, используемый программой файл данных, в редакторе Notepad.
File / Print preview	Вызвать диалог печати главного окна программы.
File / Recent	Последние используемые файлы.
File / Exit	Выход из программы.
Options	
Options / Project information	Показать информацию о загруженном проекте. Эта информация может быть отредактирована.

Options / Quality control module	Перейти к окну контроля качества и редактирования исходных данных текущего профиля. 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 <code>app&exit</code> или <code>del&exit</code> перед закрытием окна.
Options / Mesh constructor	Вызвать конструктор сети для модели. Содержит набор опций для автоматического создания сети и тонких настроек для опытных пользователей. Правильный выбор параметров сети является одной из основных задач для интерпретатора.
Options / Set survey line	Вызвать диалог задания линий профилей. Эта опция не влияет на результат интерпретации, но очень полезна при визуализации данных. Когда измерительная система, представляет набор не связанных между собой профилей, профиля создаются автоматически. Если профили не заданы, данные отображаются в виде облака точек в правой верхней секции окна(<i>unstructured</i>).
Options / Program setup	Основные настройки программы. Большинство настроек предназначены для инверсии.
Options / Data / Pseudosection	Изображать рассчитанные и наблюдаемые данные в виде псевдореза, если заданы профили.
Options / Data / Graphics plot	Изображать рассчитанные и наблюдаемые данные в виде плана графиков, если заданы профили.
Options / Data / 3D pseudosection ON (OFF)	Изображать данные в виде объемного псевдореза (на месте контурной карты). Цвет точек соответствует значению отображаемого параметра.
Options / Data / Observed data	Отобразить в плане изолиний наблюдаемые данные.
Options / Data / Calculated data	Отобразить в плане изолиний рассчитанные данные.
Options / Data / Data misfit	Отобразить в плане изолиний и на нижнем псевдорезе значения невязок.
Options / Data / Apparent resistivity	Изображать значения кажущихся сопротивлений.

Options / Data / Resistance	Изображать значения сигналов, нормированных на ток (V / I).
Options / Data / ABMN normed	Изображать значения сигналов, нормированных на длину приемной и питающей линии. Эта опция применима, когда включен режим Resistance . Вариант удобен если размер приемной линии меняется в широких пределах.
Options / Data / Chargeability	Изображать значения данных ВП. Доступна только в режиме ВП и всегда активна.
Options / Data / Type graphics	Выбрать способ отображения графиков: <i>Iso-AB</i> – каждый из графиков соответствует определенному положению питающей линии; <i>Iso-MN</i> – каждый из графиков соответствует определенному положению приемной линии; <i>Iso-psz</i> – каждый из графиков соответствует определенному разному (коэффициенту установки).
Options / Data / Point position	Устанавливает точку записи для: <i>3 electrodes</i> - для 3х электродной установки ((M+N)/2 – середина MN, (A+M)/2 – середина AM); <i>4 electrodes</i> - для 4х электродной установки (Auto – автоматически, MN/2: середина MN, AB-O-MN: середина между AB и MN).
Options / Data / Error gates	Отображать доверительные интервалы на графиках(ошибки измерений).
Options / Data / IP units	Выбор единиц измерения ВП – в процентах или мВ/В (различаются в 10 раз). Опция доступна только в режиме ВП.
Options / Model / Block section	Изображать модель в виде блоков.
Options / Model / Smooth section	Изображать модель в виде гладкого интерполяционного изображения или контуров изолиний. Для того, чтобы изображать модель в гладкой интерполяционной палитре необходимо активировать функцию « <i>Continuous</i> » во вкладке Colors . Вкладка Colors находится в диалоговом окне Model setup .
Options / Model / 2D mode	Используется тогда, когда имеются данные только по одному профилю или моделируется двумерный разрез. В этом случае

	ячейки в направлении Y объединяются.
Options / Model / Plane	Выбрать ориентацию среза в редакторе модели.
Options / Model / Plane /XZ	Выбрать ориентацию среза модели XZ.
Options / Model / Plane/YZ	Выбрать ориентацию среза модели YZ.
Options / Model / Plane/XY	Выбрать ориентацию среза модели XY.
Options / Model / Plane / Autosize	Если опция включена, то происходит авто масштабирование срезов по осям.
Options / Model / Model histogram	Показать график распределения данных и параметров ячеек модели. Диалог позволяет задать минимум и максимум цветовой шкалы параметра.
Options / Model / MF factor display	Если выполнена инверсия сопротивления и ВП, то возможно отобразить модель металл фактора в редакторе модели и в 3D секции.
Options / Model / Cole-Cole model	Функция позволяет пользователю визуализировать один из параметров Cole-Cole в редакторе модели и в 3D секции. Опция доступна после процедуры Cole-Cole inversion, если в проекте присутствуют данные ВП во временной или частотной области.
Options / Cutting / Cut angle X	Задать угол обрезки модели вдоль оси X. Как правило, форма результирующего разреза, должна быть близка к форме 3D псевдореза и угол обрезки зависит от типа установки. Выбирается опытным путем, применим к редактору модели и некоторым режимам 3D визуализации.
Options / Cutting / Cut angle Y	Задать угол обрезки модели вдоль оси Y. Как правило, форма результирующего разреза, должна быть близка к форме 3D псевдореза и угол обрезки зависит от типа установки. Выбирается опытным путем, применим к редактору модели и некоторым режимам 3D визуализации.
Options / Cutting / Blanking cut	Обрезать модель в соответствии с заданными углами. Опция применяется ко всем типам 3D изображения, кроме «Pie-cut».
Options / Inversion / Smoothness	Этот набор опций по управлению гладкостью и сглаживающим оператором. Они могут сильно влиять на

	результат инверсии. Относится ко второму члену функции цели $C^*(m-m_0)$.
Options / Inversion / Smoothness / Median	m_0 (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</i> инверсии.
Options / Inversion / Smoothness / Start model	m_0 (опорная модель). Это некоторая «опорная модель», заданная пользователем. Или эта «опорная модель» является результатом 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 / Previous	m_0 (опорная модель) модель на предыдущей итерации. Основная задача инверсии в данном случае- получение минимальной невязки при сохранении близости к модели, полученной на предыдущей итерации. 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 / Diagonal filter	Диагональное сглаживание при инверсии. Используйте эту опцию, если в разрезе присутствуют наклонные структуры.
Options / Inversion / Cross-gradient	Этот раздел активен в режиме сопротивления, если в проекте есть данные ВП.
Options / Inversion / Cross-gradient / Pushing factor	Главный параметр совместной инверсии, контролирующий степень близости образов (кросс-градиент) моделей для двух методов. Обычно выбирается методом проб и ошибок в диапазоне 0-1000. При нулевом значении модели подбираются полностью независимо. Большие значения параметра могут являться причиной невязки по одному или двум методам.
Options / Inversion /	Очень часто верхняя часть разреза сильно неоднородна и

Cross-gradient / Off layers num	различна для разных геофизических параметров. В этих случаях следует исключить несколько слоев из оператора кросс-градиента. Верхняя часть при этом будет свободна в изменениях.
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 / IP data	Выбор данных ВП для совместной инверсии. Следует отметить, что совместная инверсия требует в два раза больше оперативной памяти.
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 / Underwater options	Настройки для работы с акваторными данными.
Options / Inversion / Underwater options / Resistivity	Задать сопротивление воды.
Options / Inversion / Underwater options / Invert	Включить опцию подбора сопротивления воды, если оно неизвестно.
Options / Inversion / Underwater options / Sublayers number	Установить количество разбиений водного слоя (3-10).
Options / Inversion / Optimization	Настройки оптимизации обратной задачи.
Options / Inversion / Optimization / Line search	Поиск оптимального параметра демпфирования на каждой итерации (замедляет процесс инверсии примерно в 3-7 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 / Dec factor	Если опция <i>line search</i> отключена, <i>Factor</i> контролирует поведение параметра демпфирования в ходе инверсии. На первой итерации используется значение <i>Smoothing factor</i> , и на каждой 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 Inversion в Program setup).
Options / Inversion / Optimization / Lim based inv	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 данный вариант инверсии, который с одной стороны уменьшает вклад ячеек, выходящий за заданные пределы, а с другой – использует специальные нормы параметров, затрудняющий такой выход.
Options / Inversion / Groups cut cells	Объединить ячейки в области отсечения (обрезки по заданным углам) в 1D слои для инверсии.
Options / Inversion / Whole model inv	Используйте эту опцию, если вы не уверены в правильном выборе максимальной глубины исследований или в результате инверсии появляется искажения на краях модели. Обычно это является результатом влияния объектов вне профиля исследования. Если опция включена, программа так же инвертирует ячейки вне области видимости (внешняя сеть), иначе на краях разреза используется 1D модель.
Options / Import/Export / Background 2D / Load background	Загрузить графический файл подложки для текущего 2D среза. Пользователю будет предложено ввести координаты углов подложки.
Options / Import/Export/ Background 2D / Remove current	Удалить графическую подложку для текущего 2D среза.
Options / Import/Export /	Загрузить графический файл подложки для 3D модели.

Background 3D / Load background	Графический файл отобразиться в 3D модели. При загрузке необходимо указать координаты углов подложки в трех координатах (по умолчанию, координатами являются положения углов текущего среза модели). При желании можно выбрать цвет в подложке, который станет прозрачным.
Options / Import/Export/ Background 3D / Remove background	Удалить текущую графическую подложку для 3D модели.
Options / Import/Export / Import mod3D	Импортировать 3D модель из файла в формате MOD3D. Эту опцию удобно использовать, для загрузки ранее сохранённой копии модели, например, когда все 4 модели буфера заняты актуальными моделями, или параметры сети были изменены.
Options / Import/Export / Export mod3D	Экспортировать текущую 3D модель в файл формата MOD3D.
Options / Import/Export / Import mod2D's	Импортировать набор 2D моделей из файлов в формате MOD2D(с учетом их координат в плане) и встроить в текущую трехмерную модель. Эта опция может быть использована для импорта результатов 2D инверсии в трехмерную модель.
Options / Import/Export / Export mod2D	Экспортировать текущий 2D срез модели в файл формата MOD2D. После сохранения модель можно открыть в программе ZondRes2D или загрузить в другой срез для трёхмерной модели.
Options / Import/Export / Save rotations	Сохранить трехмерную модель в виде набора картинок для разных углов поворота.
Options / Import/Export / Save slides	Сохранить трехмерную модель в виде набора картинок для разных положений плоскости сечения.
Options / Import/Export / Save 3D image	Сохранить трехмерную модель в виде графического файла в формате *.bmp с заданным разрешением.
Options / Import/Export/ Export line to z2d	Экспортировать рассчитанные данные для текущего профиля в формат программы двумерной инверсии ZondRes2D .
Options / Import/Export / Output settings	Вызвать диалог настройки параметров графического изображения при экспорте.

Options / Import/Export / Draw to surfer	Построить трехмерную модель в виде набора срезов по глубине, в программе Surfer.
Options / Import/Export / Draw to voxler	Построить трехмерную модель в программе Voxler. Перед построением нужно указать путь к программе Scripter.exe (это делается один раз).
Options / Boreholes / Create/Edit borehole data	Добавить (редактировать) скважинные данные (литологические колонки или каротажные графики).
Options / Boreholes / Load borehole data	Открыть файл с каротажными данными и литологическими колонками (crt), а также файлы формата mod1d (файлы одномерной интерпретации и псевдоскважины).
Options / Boreholes / Remove borehole data	Удалить из проекта каротажные данные и литологические колонки.
Options / Boreholes / Set column's width	Задать ширину литологической колонки при изображении на разрезе (в процентах от длины профиля).
Options / Boreholes / Edit positions	Редктировать положение скважин и соответствующих им литологических колонок в плане.
Options / Extra / Process repeats	Если файл содержит повторы, то все повторяющиеся записи будут усреднены.
Options / Extra / Remove data with big misfit	Удалить данные, имеющие невязку выше заданного уровня. Предваряющую фильтрации инверсию, следует запускать с включенной опцией <i>robust reweighting scheme</i> . После выбора данной опции появится диалоговое окно с распределением невязки, где необходимо задать пороговое значение невязки.
Options / Extra / Remove unstable records	Удалить нестабильные записи. Когда значения коэффициентов установки очень чувствительны к ошибкам положения электродов, опция исключает эти измерения из инверсии. Распределение потенциальных ошибок показано в процентах от теоретического значения. Пороговое значение задается в соответствующего поля ввода или мыши.
Options / Extra / Remove masked records	Полностью удалить из проекта все удаленные с помощью предыдущих опций записи. Скорость прямой и обратной задачи после использования этой опции может возрасти.
Options / Extra / Edit remote electrodes	Эта опция позволяет изменить координаты "remote" электродов. Если такие электроды расположены достаточно далеко от участка измерений, то их лучше рекомендуется

	преобразовать в “infinite”.
Options / Extra / Remote to infinite	Если измерения проведены с электродом “remote”, координаты которого заданы, то после применения этой опции этот электрод будет считаться “infinite”.
Options / Extra / EM coupling removal	Если для измерений использован относительно высокочастотный режим измерений (обычно для бесконтактных систем), данные можно привести к нулевой частоте, используя эту опцию.
Buffer	
Buffer / Model 1, 2....	Буфер позволяет хранить до четырех 3D моделей полученных разными способами. Их можно отображать в специальном окне, что может быть полезно для сравнения результатов инверсии с различными настройками.
Buffer / Open	Показать окно со всеми моделями из буфера для текущего среза.
Buffer / Only current	Загружает в буфер только модель удельного электрического сопротивления или поляризуемости в зависимости от режима, в котором работает пользователь.
Help	
Help / Manual	Открыть инструкцию.
Help / Check for updates	Проверить наличие обновлений.
Help / Restart library	Перезапустить библиотеки DLL. В случае если процесс расчета останавливается при каждом запуске инверсии, проверьте настройки антивируса. Антивирус может блокировать библиотеку DLL.
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.

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.
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.

Создание системы измерений

При выполнении 3D съёмки существует 2 варианта создания сети. Первый вариант подразумевает работу по системе параллельных 2D профилей (**Многопрофильная система 2D измерений, Pseudo 3D**). Во втором случае, электроды устанавливаются по всей площади и измерения проводятся между любыми их комбинациями по произвольным направлениям (**True 3D**).

Многопрофильная система 2D измерений

Перейти в диалог, содержащий набор опций по выбору параметров измерительной системы, можно воспользовавшись опцией главного меню программы: **File / Create survey**.

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

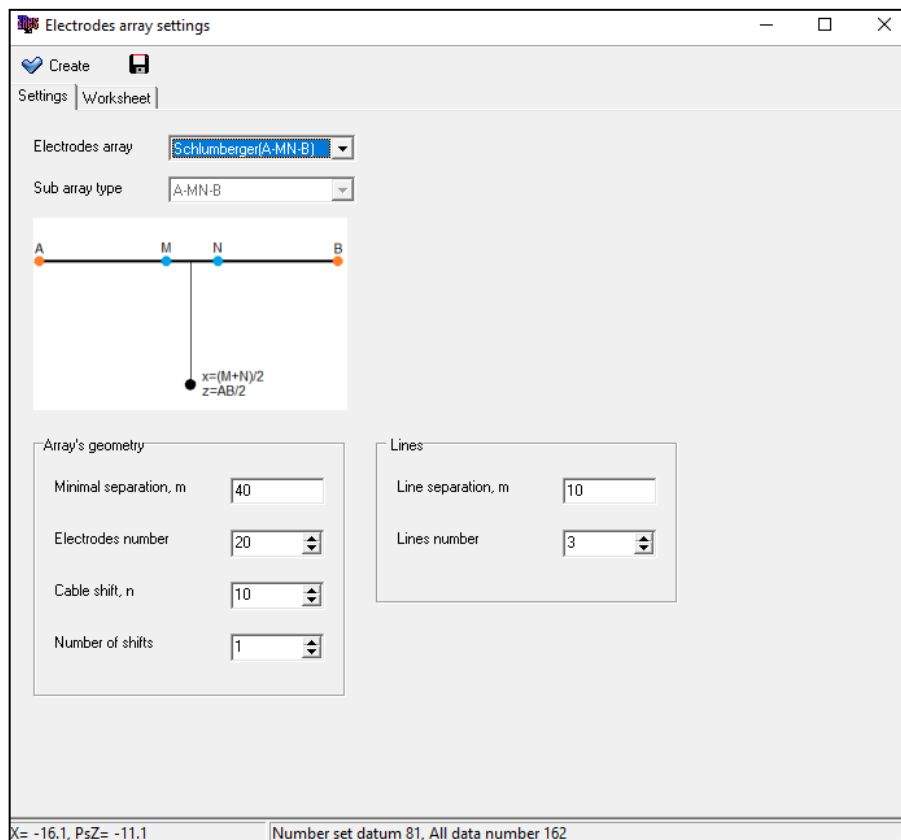


Рис. 1 Диалоговое окно «Electrodes array settings», вкладка «Settings» выбор типа и основных особенностей геометрии установки

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:

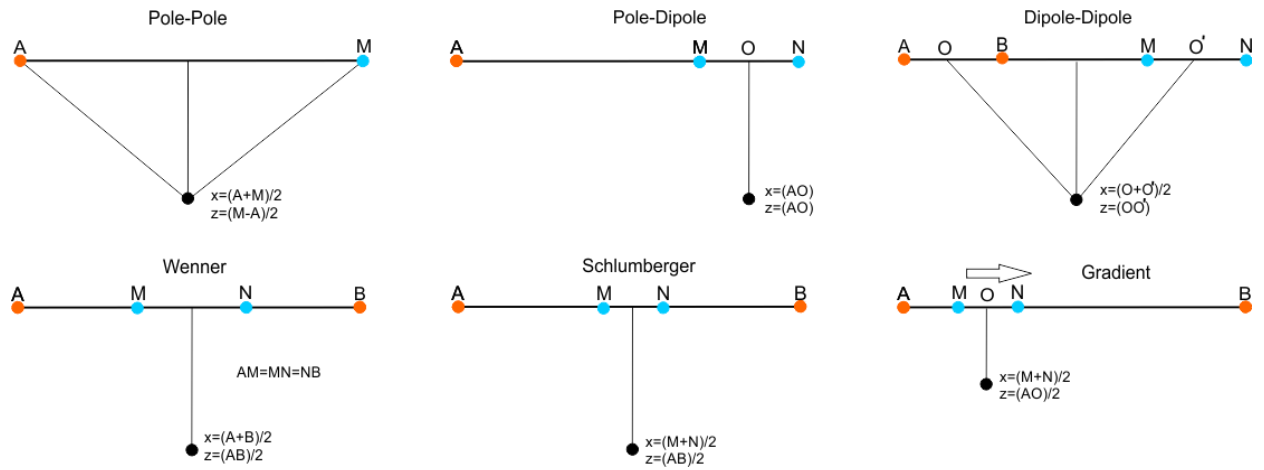


Рис. 2 Типы наиболее распространенных установок

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 левой 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.

В нижней правой части вкладки **Settings** расположены настройки **Lines**, которые определяют расстояние между профилями (**Line separation, m**) и количество профилей (**Lines number**).

Вкладка **worksheet** (см. рисунок ниже) позволяет задать дополнительные особенности геометрии наблюдений. По сути, это полноценный инструмент для создания протокола измерений выбранной установкой.

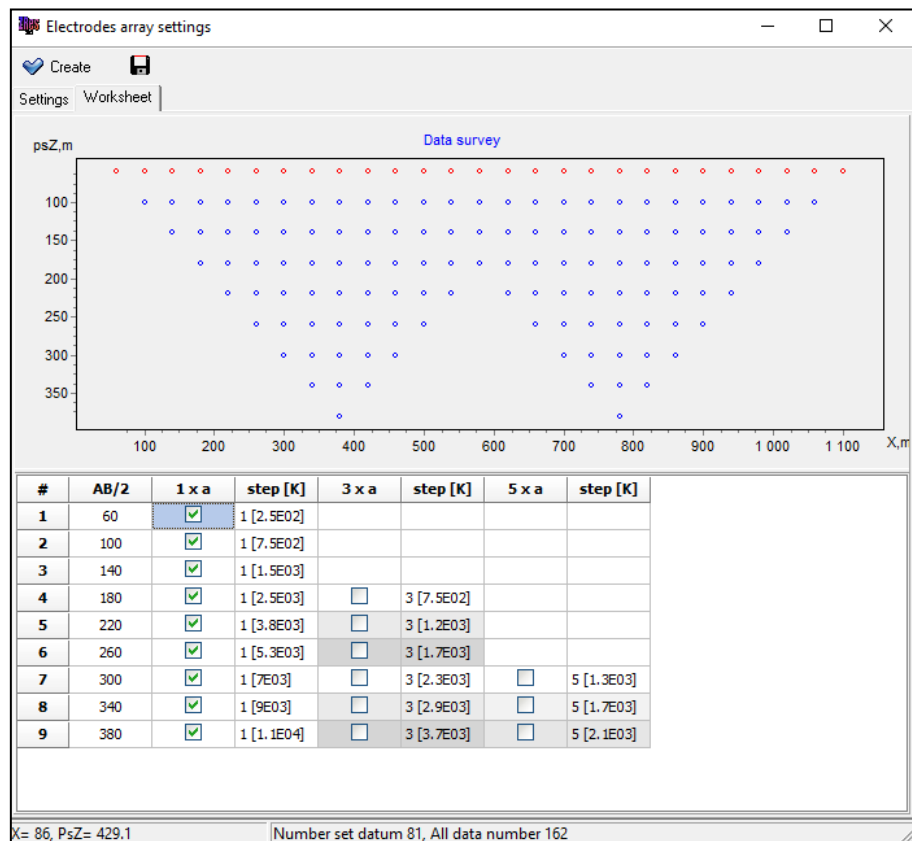



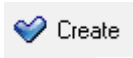
Рис. 3 Диалоговое окно «Electrodes array setting», вкладка «Worksheet», дополнительные особенности геометрии

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 использовались электрод **1** и **4**, а в качестве приёмных (Potential) электродов использовались электроды **2** и **3**.

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.

Протокол опроса профиля 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 нажимается кнопка  **Create**.

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

Площадная измерительная система

Перейти в диалог, содержащий набор опций по выбору параметров площадной измерительной системы, можно воспользовавшись опцией главного меню программы: **File / 3D sequencer**.

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

Добавляется коса кнопкой , при этом нужно задавать 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.

Нажатие правой кнопки завершает процесс создания косы на планшете.

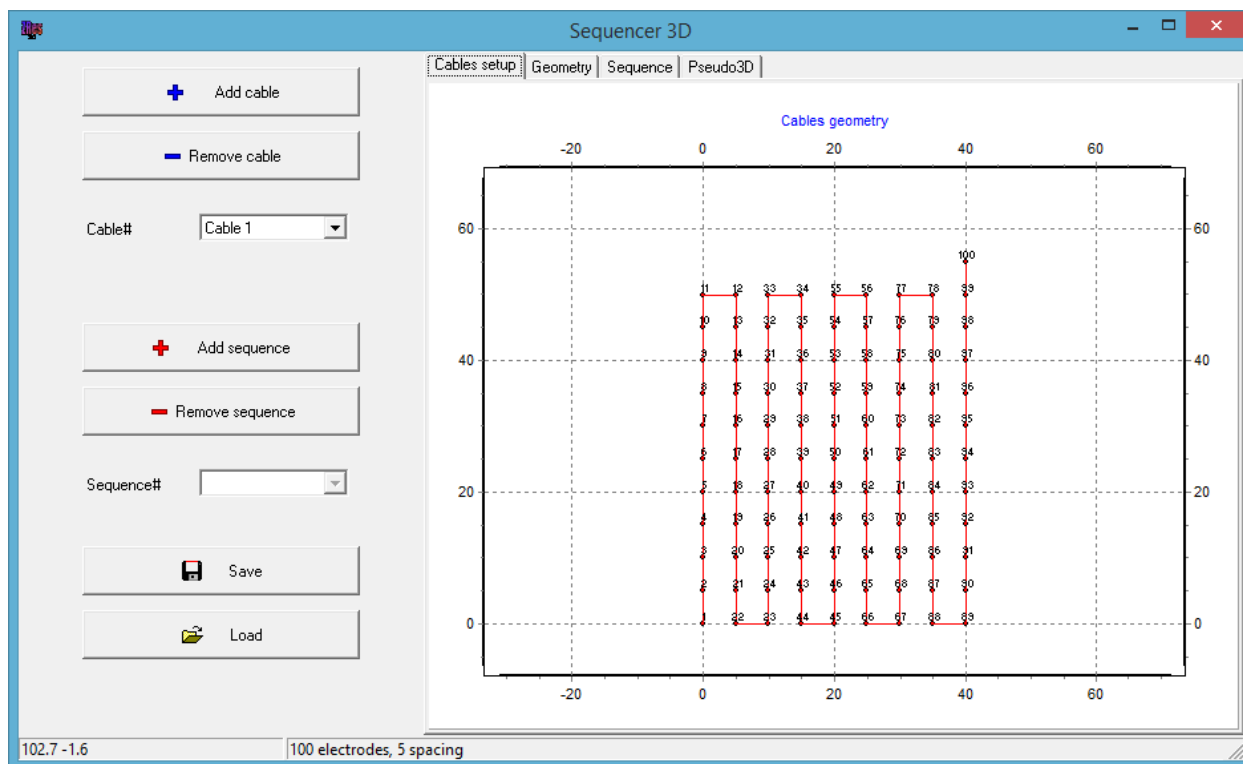


Рис. 4 Диалоговое окно «Sequencer 3D», вкладка «Cables setup»

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 **skp** исключает данный электрод из косы при создании протокола.

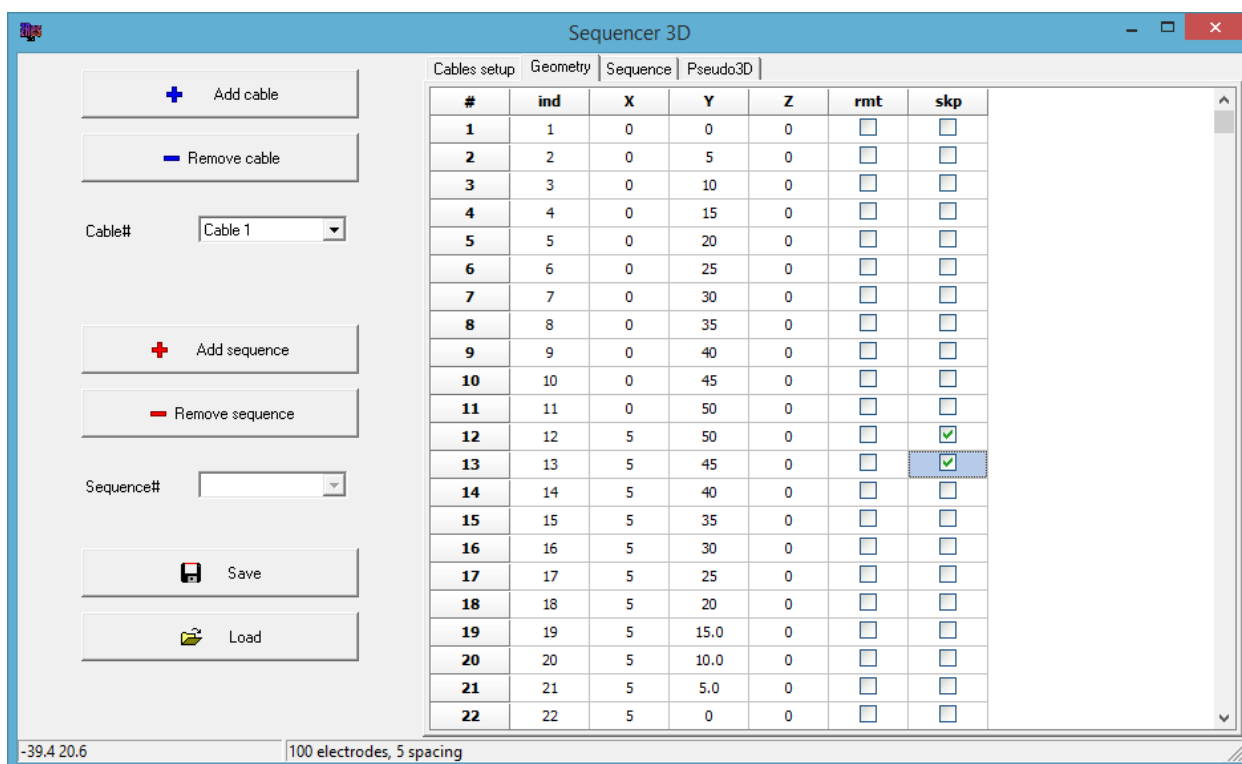


Рис. 5 Диалоговое окно «Sequencer 3D», вкладка «Geometry»

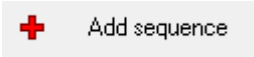
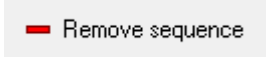
Вкладка *Sequence* (см. рисунок ниже) предназначена для создания протокола опроса. Выпадающий список **Array** и **Subarray** позволяет выбрать тип и подтип установки. Выпадающий список **Geometry** позволяет выбрать ориентацию диполей.

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, возникает окно **Array**, которое показывает положение выбранных электродов. Столбец **skip** позволяет исключить данный разнос.

Создание протокола опроса для выбранной косы и установки выполняется кнопкой

 . Удаление -  . Для каждой косы(или пары кос) можно создать разные несколько протоколов с разными установками. Активная установка выбирается из выпадающего списка **Sequence#**.

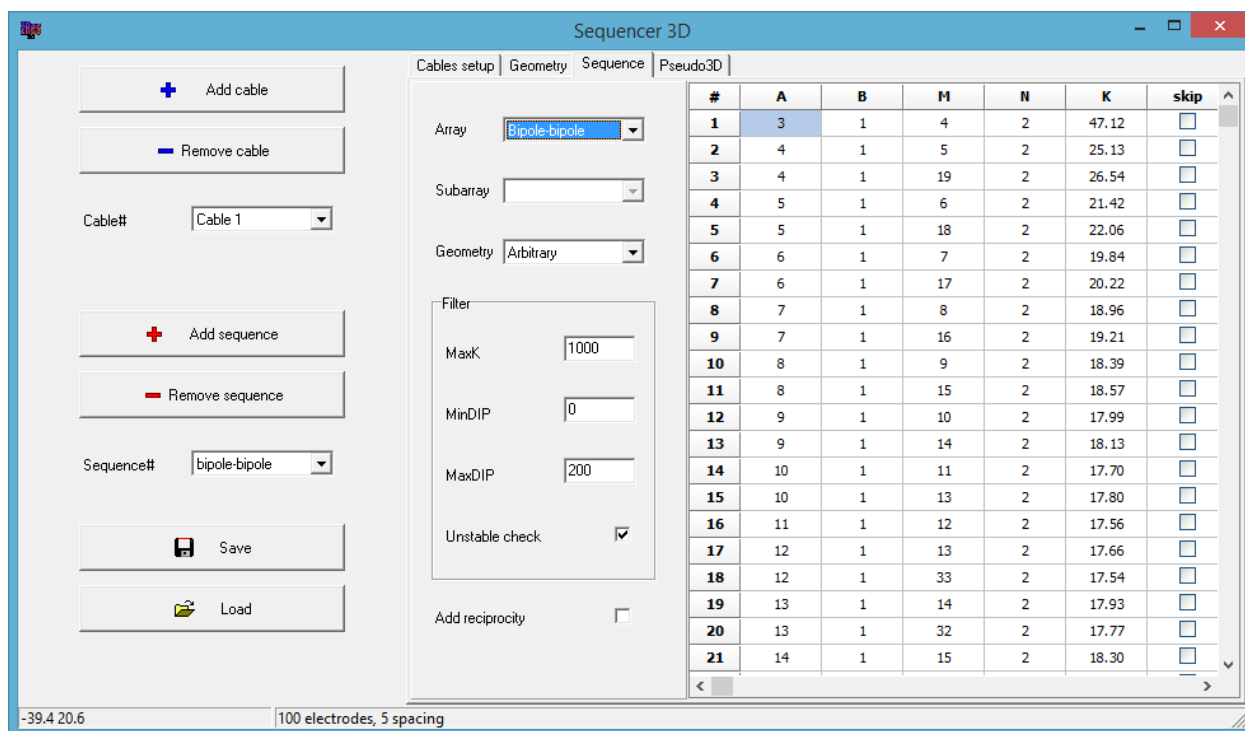




Рис. 6 Диалоговое окно «Sequencer 3D», вкладка «Sequence»

На вкладке *Pseudo3D* (см. рисунок ниже) визуализируется облако точек псевдореза. Текущий кабель отображается красным цветом.

Созданную систему измерений можно сохранить кнопкой  Save в формате **Sequence project, ZondRes3d, MAE sequence, IRIS sequence.**

Систему измерений можно загрузить  Load из файла в формате **Sequence project.**

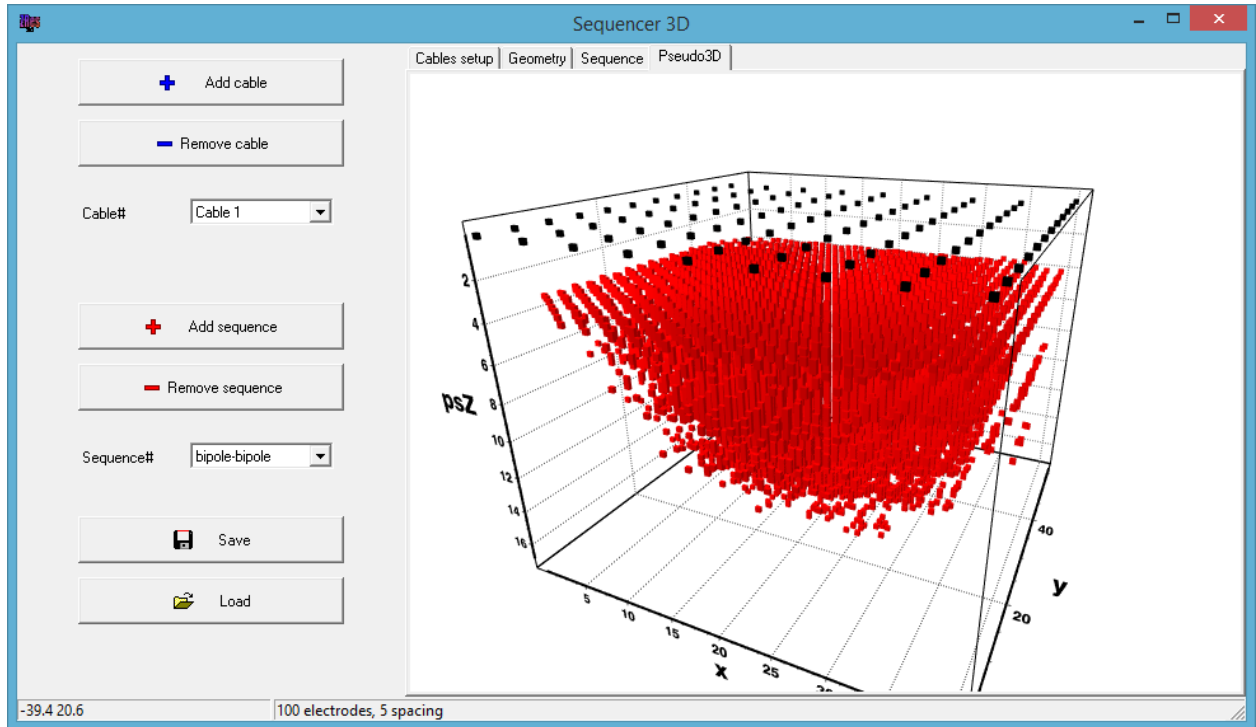


Рис. 7 Диалоговое окно «Sequencer 3D», вкладка «Pseudo3D»

Загрузка полевых данных из файлов

Поддерживаемые форматы

Для начала работы с программой **ZondRes3D** необходимо создать файл данных определенного формата, содержащий информацию о координатах электродов, топографии и результаты измерений.

Текстовые файлы данных, организованные в формате программы **ZondRes3D**, имеют расширение «*.z3d» (*подробно в разделе «формат основного файла данных *.z3d»*).

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 300 000, а количество уникальных положений электродов не превышало 10000.

ZondRes3D также поддерживает популярные форматы данных, таких как Res3dInv(Geotomo Software, M.H. Loke), ABEM (Sweden), AGI (Advanced Geosciences, Inc., USA), Syscal (Iris Instruments, France) и другие. При вызове пункта меню «**File / Open**» file будет предложено выбрать формат файла:

ZondRes3D files	Открыть файл данных или файл данных или проекта ZondRes3D.
ZondRes2D files	Открыть файлы данных формата ZondRes2D для объединения их в один проект. Пользователю предлагается ввести площадные координаты начала и конца каждого профиля.
Geosoft file	Открыть файл данных формата Geosoft.
Syscal text file	Открыть файл данных формата Syscal.
ABEM text file	Открыть файл данных формата ABEM.
AGI data file	Открыть файл данных формата AGI.
Res3dInv	Открыть файл данных формата Res3dInv.
GDD files	Открыть файл данных формата GDD.
Skala 48/64 csv	Открыть файл данных формата Skala 48/64.
Smartem24 files	Открыть файл данных формата Smartem24.
ERTLab data	Открыть файл данных программы ERTLab.
LGM device	Открыть файл данных аппаратуры LGM.

Программа **ZondRes3D** позволяет загружать текстовые файлы данных формата *.z2d. Для этого в диалоговом окне «Открыть» в поле «Тип файлов» установите тип данных ZondRes2D files и выберите необходимые файлы. После чего появится диалог **Multi-files case** (см. рисунок ниже), в котором необходимо Collect from 2D.

Если выбрано несколько файлов Z3D их тоже можно объединить с помощью этого диалога.

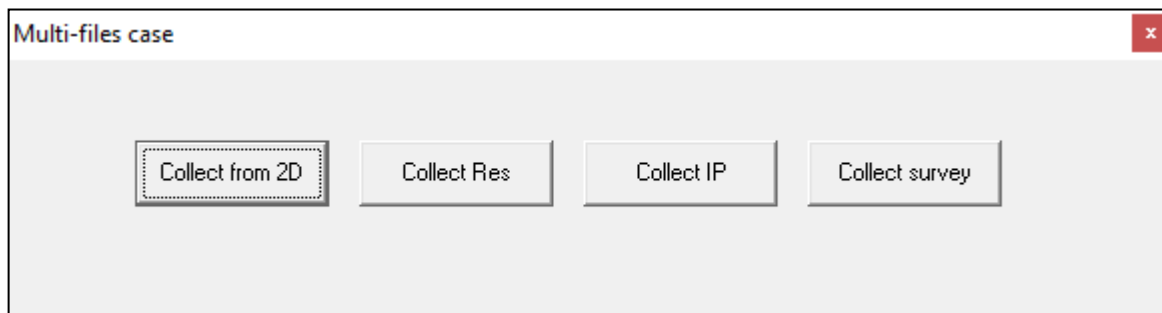


Рис. 8 Диалоговое окно выбора типа подгружаемых данных

Программа позволяет объединять данные в следующих вариантах:

Collect from 2D – объединяет данные нескольких 2D профилей на площади. Если 2D данные имеют только X горизонтальную координату, то после выбора этой опции для каждого профиля появится диалог задания координат. В нем необходимо задать координаты начала и конца каждого выбранного профиля:

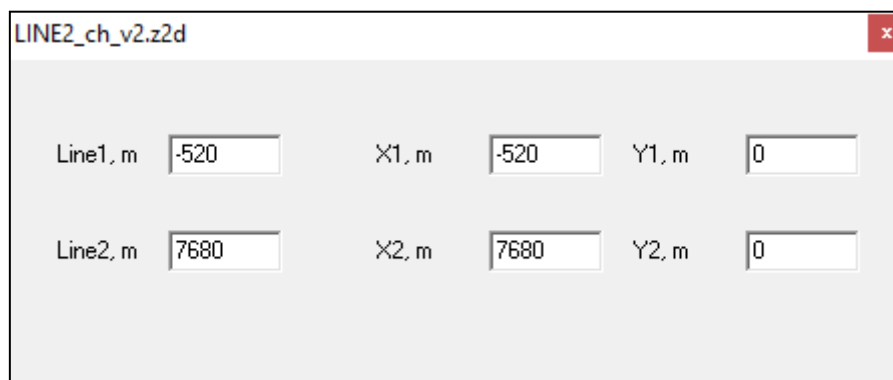



Рис. 9 Диалоговое окно задания координат для 2D профилей

Collect Res – данную опцию следует использовать в случае многократных измерений без изменения положения установки (мониторинг). При выборе данной опции на панели инструментов появится дополнительный список , позволяющий выбрать активный канал (реализацию).

Collect IP – аналог предыдущей опции для сбора кажущейся поляризуемости из разных файлов (обычно все каналы поляризуемости записаны в один файл).

При загрузке типа данных **Collect Res** и **Collect IP** активируется меню **Time lapse**, отвечающее за настройки инверсии для данных мониторинга и ВП.

Collect survey – опция позволяет объединить в один проект данные в текстовом формате *.z3d с нескольких участков площади. После выбора данной опции программа предложит задать XY смещения в метрах для каждого выбранного файла данных.

При работе с данными межскважинной томографии вертикальная координата электродов должна иметь отрицательные значения от поверхности.

Формат основного файла данных *.z3d

Файл *.z3d 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).

Файлы формата *.z3d могут иметь разную структуру – являться либо текстовыми файлами данных (структура такого файла описывается ниже), либо бинарными файлами проектов (создаются программой при сохранении). Файл проекта бинарный, прочесть его можно только с помощью **ZondRes3D**. Он содержит всю информацию, которая используется при работе с проектом – наблюдаемые данные, рассчитанные данные, модели, введенную априорную информацию и т.д.

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

1 часть файла данных: наблюдаемые данные

Если файл содержит данные мониторинга или многоканальные данные ВП, то перед первой строкой записывается конфигурация реализаций:

time_#chann 1 2 3 n,

где числами обозначены реализации мониторинга или значения времен/частот для режима ВП.

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

Prof - индекс профиля, на котором произведено измерение (используется для отдельного отображения данных по различным 2D профилям).

В **ZondRes3D** приняты следующие обозначения (ключи) для координат электродов:

Питающие **C1x C2x C1z C2z C1y C2y** (от англ. Current)

Приемные **P1x P2x P1z P2z P1y P2y** (от англ. Potential)

Z координаты электродов следует вводить при необходимости. Например, при межскважинных измерениях или съемках на акваториях. При вводе Z координат электродов, следует помнить, что отрицательные величины означают погружение электрода относительно поверхности измерений (ниже). Положительные координаты используются для акваторного варианта, когда электрод расположен на поверхности или в слое воды или для обозначения топографии.

Знак * перед ключом электрода (например, *C1x), означает, что электрод считается «удалённым на бесконечность» remote, координаты которого нужно учесть при расчетах, но в формировании сети или изображении он не участвует.

Для измеренных значений используются следующие ключи:

Ro_a - кажущееся сопротивление;

Res - модуль нормированного сигнала (отношение разности потенциалов к значению силы тока);

SRes - нормированный сигнал с учетом знака (например, для межскважинных измерений).

Если используются данные мониторинга, то для каждой реализации к ключу добавляется индекс реализации (например, **ro_a1 ro_a2** или **res1, res2**).

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

Теоретически рассчитанные значения нормированного сигнала с учетом знака при моделировании сохраняются в файл с ключом **Tres**.

Кажущаяся поляризуемость **Eta_a** в процентах.

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

$$\text{Eta}_a (\%) = (\Delta V_{ВП} / \Delta V_{ПР}) \cdot 100\%,$$

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

В частотной области параметром вызванной поляризации является фаза ($\phi_{ВП}$).

Многоканальные ВП измерения задаются ключами **ipi1-ipin** (в процентах) во временной области **mod1-mod2** и **pha1-phan** (в градусах) в частотной области.

Погрешность, или вес измерений задается в столбце с ключом **Weight** и **WeightIP** (для ВП), 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.

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

Если на одном профиле использованы разные (по количеству электродов) установки, то вместо координаты отсутствующего электрода записывается символ *.

Далее вводится столбец дополнительных узлов горизонтальной сети (если это необходимо). Координаты XY каждого нового узла вводится после символа ***. Дополнительные узлы сети обычно вводятся для расширения области модели за крайние

электроды участка или, при наличии резкого рельефа за пределами участка, также удобно вводить дополнительные узлы для межскважинной электротомографии.

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.

Пример файла:

```
prof c1x c2x p1x p2x c1y c2y p1y p2y c1z c2z p1z p2z weight res weightip eta_a
0 3800 3600 3550 3575 100 100 100 100 0 0 0 0 1 0.28 1 0.15
0 3800 3600 3525 3550 100 100 100 100 0 0 0 0 1 0.12 1 0.26
0 3800 3600 3275 3375 100 100 100 100 0 0 0 0 1 0.021 1 0.32
.....
1 3800 3600 3550 3575 200 200 200 200 0 0 0 0 1 0.24 1 0.16
1 3800 3600 3525 3550 200 200 200 200 0 0 0 0 1 0.082 1 0.18
1 3800 3600 3475 3525 200 200 200 200 0 0 0 0 1 0.081 1 0.27
.....
```

Файл данных может быть представлен в формате для трапецеидальной (в этом случае узлы сети привязаны к определенным электродам) сети. В этом случае файл состоит из двух блоков: описание электродов и описание данных.

Первый блок начинается после строки **#electrodes** и включает в себя 5 столбцов. Первый обозначает координату X, второй – координату Y, третий – превышение, четвертый и пятый – индексы узлов сети по направлениям X и Y. Каждая строка после строки **#electrodes** означает определенный электрод с номером соответствующим номеру строки в блоке.

Второй блок начинается после управляющих ключей C1, C2 и др. Второй блок мало отличается от формата описанного выше, за одним лишь исключением, что вместо реальных положений электродов задаются номера электродов из первого блока.

Пример файла:

```
#electrodes
0 0 0 0 0
2 0 0 1 0
4 0 0 2 0
6 0 0 3 0
8.1 0 0 4 0
10 0 0 5 0
```

```

12 0.1  0    6    0
14 0    0    7    0
16 0    0    8    0
18 0    0    9    0
20 0    0   10    0

```

```

.....
c1 p1  p2  go_a
1  2    3   100
1  3    4   100
1  4    5   100

```

II часть файла данных: данные топографии

Если имеются данные о рельефе, после описания данных и координат электродов следует строка со словом **topo**, а затем список из координат и превышений рельефа в формате X Y Z. При интерпретации с учетом рельефа, в качестве исходных данных лучше всего использовать значения **res** (чтобы избежать ошибок при работе с топографией).

topow – данный ключ используется, если проводится работа с данными полученными 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). 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. 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.

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

Пример файла:

```

prof c1x c2x p1x p2x c1y c2y p1y p2y c1z c2z p1z p2z weight res
.....
10 7280 7680 7160 7080 2000 2000 2000 2000 0 0 0 0 1 0.23
10 7280 7680 7080 7000 2000 2000 2000 2000 0 0 0 0 1 0.093
10 7280 7680 7000 6840 2000 2000 2000 2000 0 0 0 0 1 0.076
10 7280 7680 6840 6680 2000 2000 2000 2000 0 0 0 0 1 0.030

```

.....
Торо

.....
-5.200000000000000E+0002 0.000000000000000E+0000 5.576400000000000E+0002
-4.800000000000000E+0002 0.000000000000000E+0000 5.546300000000000E+0002
-4.400000000000000E+0002 0.000000000000000E+0000 5.514800000000000E+0002
-4.000000000000000E+0002 0.000000000000000E+0000 5.484700000000000E+0002
-3.600000000000000E+0002 0.000000000000000E+0000 5.459000000000000E+0002
.....

Топография может также быть представлена в столбцах `c1z ...p2z`, тогда вводить блок **topo** не обязательно.

Важно отметить, что в комбинированных системах (с погруженными электродами), электроды, находящиеся на поверхности (земли, дна водоема), имеют координату *Z* равную 0. А электроды, погруженные в скважину, имеют отрицательные координаты *Z*. Если в измерительной системе присутствуют погруженные и поверхностные электроды, необходимо вводить информацию о топографии блоке `topo`, а погружения в столбцах `c1z ...p2z`.

Импорт полевых данных из произвольного текстового файла или таблицы Excel

В программе реализована возможность импорта данных из произвольного тестового формата или таблицы. Чтобы загрузить данные из табличного текстового файла или файла MS Excel выберите функцию **File / Import from text/excel**. После выбора файла появится диалог Imported data (см. рисунок ниже). Кнопки **Start** и **End** на верхней панели диалогового окна позволяют установить строку начала и конца данных. Выберите необходимую строку и нажмите соответствующую кнопку. Первая и последняя строки будут выделены в таблице серым цветом.

N	prof	None	None	None	None	None	None	None
1	prof	None	*	c2x	p1x	p2x	c1y	c2y
2	0	C1x	*		10.40	14.02	4.46	*
3	0	C2x	*		9.26	12.76	4.46	*
4	0	P1x	*		8.06	11.53	4.46	*
5	0	P2x	*		6.84	10.40	4.46	*
6	0	C1y	*		5.53	9.02	4.46	*
7	0	C2y	*		4.17	7.56	4.46	*
8	0	-0.051	*		5.33	6.39	4.46	*
9	0	-0.051	*		4.41	5.53	4.46	*
10	0	-0.051	*		3.43	4.65	4.46	*
11	0	-0.051	*		2.44	3.68	4.46	*
12	0	-0.051	*		1.94	3.18	4.46	*
13	0	-0.051	*		1.44	2.68	4.46	*
14	0	-0.051	*		1.94	2.18	4.46	*
15	0	-0.051	*		1.69	1.94	4.46	*
16	0	-0.051	*		1.44	1.69	4.46	*
17	0	-0.051	*		1.19	1.44	4.46	*
18	0	-0.051	*		0.95	1.19	4.46	*
19	0	-0.051	*		0.70	0.95	4.46	*
20	0	-0.051	*		0.44	0.70	4.46	*
21	0	-0.051	*		0.20	0.44	4.46	*
22	0	0.20	*		9.50	13.02	4.47	*
23	0	0.20	*		8.32	11.78	4.47	*
24	0	0.20	*		7.08	10.64	4.47	*
25	0	0.20	*		5.75	9.26	4.47	*
26	0	0.20	*		4.41	7.81	4.47	*

Рис. 10 Диалоговое окно импорта данных «Imported data»

Также на верхней панели находится выпадающий список, в котором необходимо выбрать тип данных: **Land** – данные наземной съемки, **Underwater** – измерения на акваториях, **Cross-boreholes** – межскважинные данные.

В соседнем выпадающем меню необходимо задать единицы измерения поляризуемости: **IP %** - проценты до 100, **IP mV/V** – мВ/В до 1000, **IP deg** – при работе в частотной области может быть выбрано значение фазы в градусах или радианах (всегда меньше нуля).

В первой строке каждого столбца таблицы данных находится выпадающий список, позволяющий указать тип данных: line – номер профиля измерений, C1x, C2x, C1y, C2y, C1z, C2z - координаты питающих электродов, P1x, P2x P1y, P2y, P1z, P2z – координаты приемных электродов go_a – кажущееся сопротивление, res – модуль нормированного сигнала, IP – кажущаяся поляризуемость.

После нажатия кнопки **ОК** данные будут загружены в программу.

Редактор профилей

После загрузки файла данных или создания синтетической системы появляется диалог настройки линий профилей «Set lines for survey» (см. рисунок ниже). Данный диалог позволяет задавать, удалять и редактировать линии профилей, изменять координаты электродов, а также загружать изображение или карту топографии в качестве подложки.

Редактор профилей можно вызвать в процессе работы с проектом, используя главное меню программы **Options / Set survey lines**.

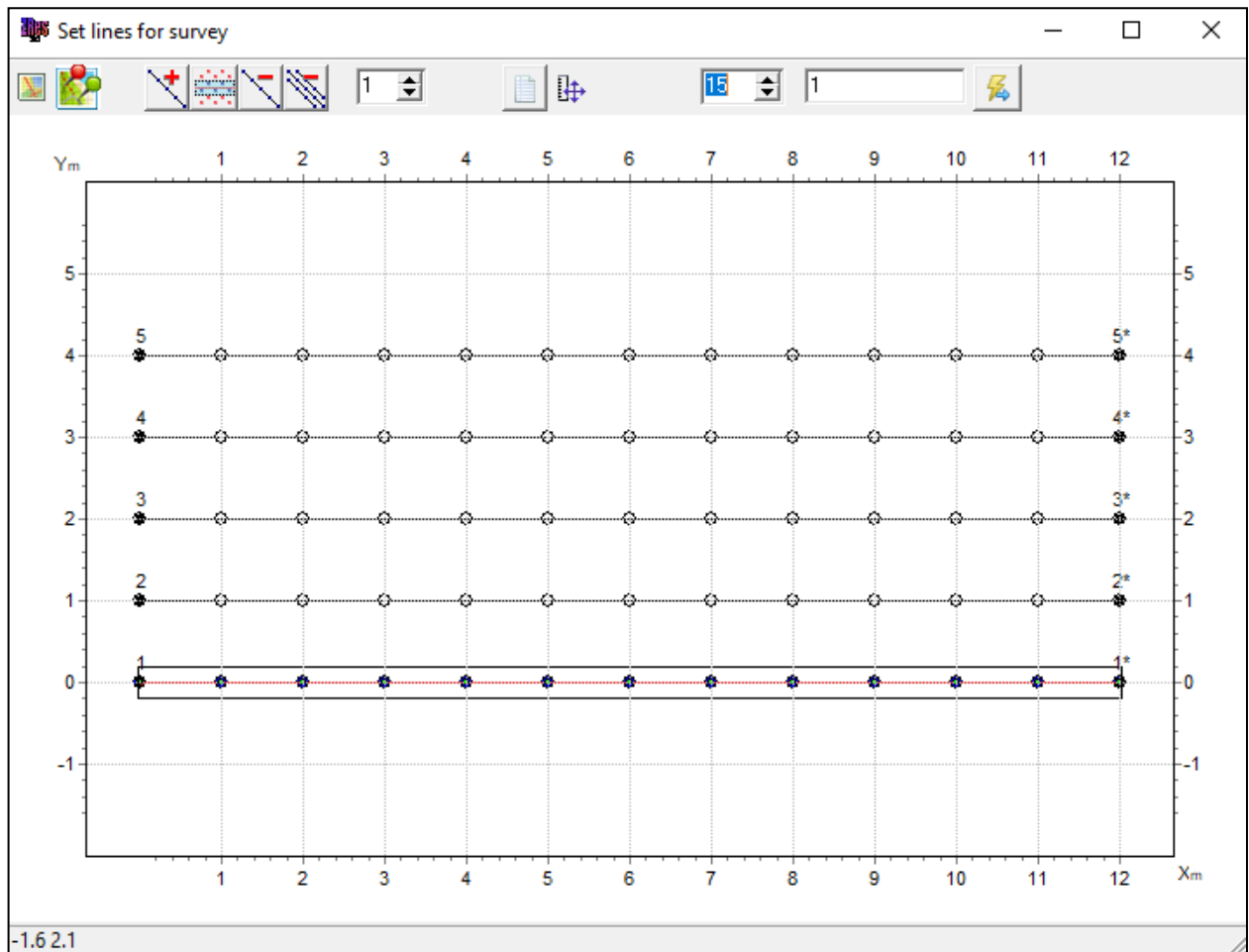









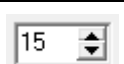
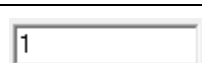




Рис. 11 Диалоговое окно настройки линии профилей «Set lines for survey»

Панель инструментов данного диалогового окна содержит следующие опции:


	Загрузить в качестве подложки растровый файл или карту изолиний топографии.
	Загрузить космоснимок в качестве подложки. При использовании этой функции необходимо будет указать зону UTM. Координаты электродов должны быть заданы в UTM формате.
	Добавить линию профиля.левой кнопкой мыши задаются точки линии

	<p>профиля, правой кнопкой – задается последняя точка. Правой кнопкой мыши вызывается контекстное меню с дополнительными опциями.</p> <p><i>Set line coordinates</i> – позволяет задать координаты линии в ручную;</p> <p><i>Cursor to near point</i> – при включенной опции линии профиля проходит через ближайшие к курсору электроды;</p> <p><i>Invert line</i> – перевернуть линию профиля;</p> <p><i>Create lines auto</i> – создать линии профилей автоматически.</p>
	Включить в профиль точки, которые попадают в прямоугольную область вокруг заданной линии.
	Удалить текущий профиль.
	Удалить все профили.
	Задать номер активного профиля.
	Открыть и редактировать таблицу координат электродов (диалог Locations).
	Выбрать масштаб изображения равноосный или с максимальным заполнением области окна.
	Установить размер области автоматического выбора точек зондирования в профиль.
	Задать имя активного профиля.
	Перейти к режиму инверсии данных для выбранной системы профилей.

Для изменения координат электродов используйте кнопку , которая вызывает диалог **Locations** (см. рисунок ниже). Координаты электродов могут быть загружены из текстового файла, содержащего соответственно столбцы с номером точки, двумя горизонтальными и вертикальной координатами, или скопированы напрямую из таблицы excel.

name	X	Y	Z	v
	0	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	1	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	3	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	2	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	4	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	5	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	6	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	7	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	8	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	9	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	10	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	11	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	12	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	1	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	3	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	2	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	4	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	5	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
	6	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 12 Диалоговое окно установки координат точек наблюдения **Locations**

Для выхода из диалога редактора профилей и перехода к режиму интерпретации нажмите кнопку .

Диалог настройки сети модели

После загрузки данных тем или иным способом и выбора системы профилей появляется диалог настройки параметров сети **Mesh constructor**

Также этот диалог доступен в главном меню программы **Options / Mesh constructor**.

Окно **Mesh constructor** включает две вкладки – **XY view** и **XYZ view**. Во вкладке **XY view** осуществляется настройка всех параметров разбиения сети:

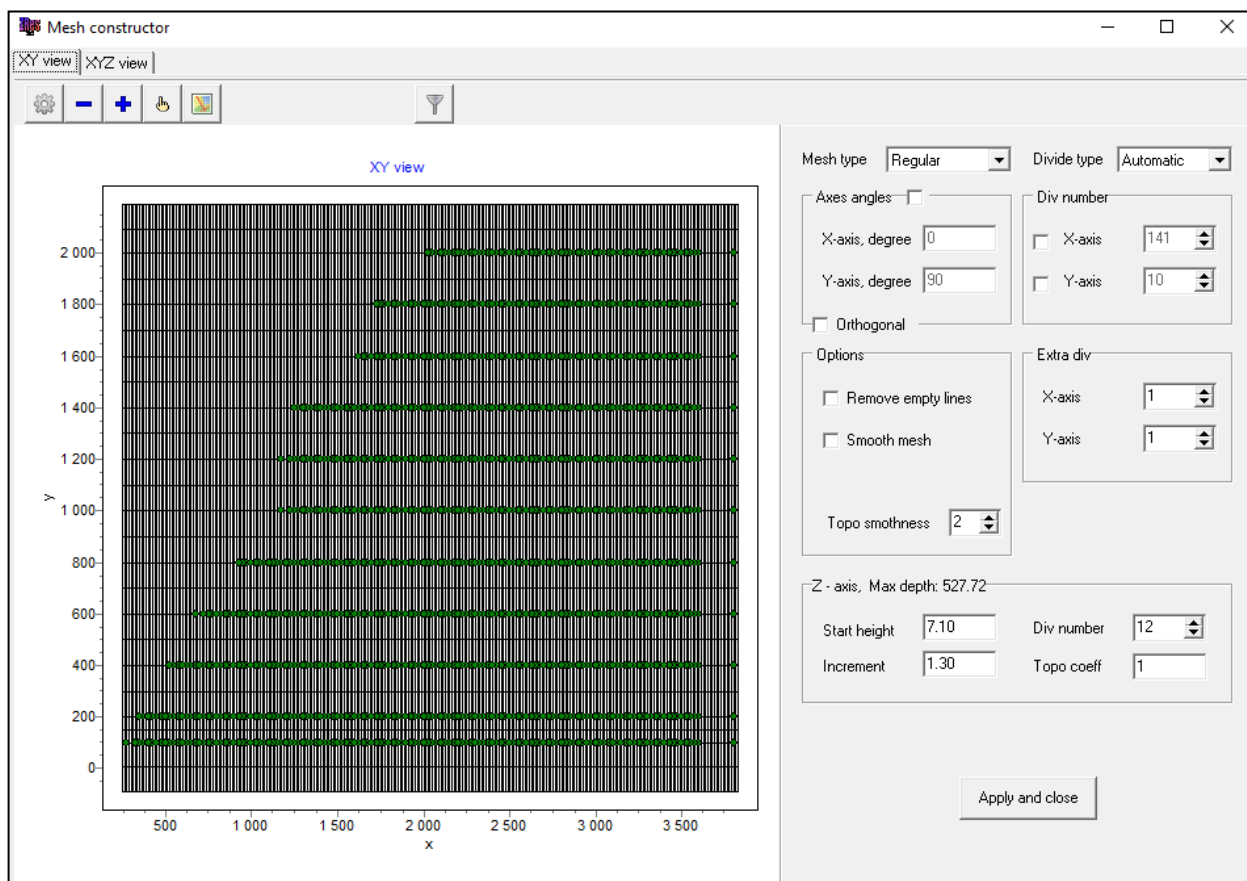








Рис. 13 Диалоговое окно «Mesh constructor», вкладка «XY view»

Вкладка состоит из двух областей. В левой области отображается *горизонтальный план*, правая область содержит *настройки разбиения сети*. Панель инструментов содержит следующие кнопки:

	Перестроить сеть в соответствии с заданными параметрами.
	Удалить строку или столбец сети. Наведите курсор на линию, которую нужно удалить и нажмите левую кнопку мыши. Правой кнопкой мыши вызывается меню выбора строки или столбца.
	Добавить строку или столбец. Наведите курсор на место, где необходимо добавить линию, и нажмите левую кнопку мыши. Правой кнопкой мыши вызывается меню выбора строки или столбца.
	Включить режим редактирования положения узлов при помощи мыши.
	Показать или скрыть карту рельефа в качестве подложки (левый щелчок мыши). Или загрузить топографию из файла XYZ (правый щелчок мыши).
	Проверить наличие электродов в одной ячейке. Следует избегать ситуации, когда в одну ячейку попадают приемный и питающий электрод одного измерения.

Настройки разбиения сети включают:

Выпадающее меню **Mesh type** задает тип сети. Доступны следующие типы разбиения: *Regular* – подходит для большинства стандартных систем наблюдения, когда электроды на площади расположены более или менее равномерно, *General* – для относительно неупорядоченных систем наблюдения, *One line* – для случаев, когда система наблюдений представлена одним профилем.

Область **Axes angles** задает локальные углы для осей модели X и Y (X-axis, degree и Y-axis, degree соответственно). В случае, если установлен флажок *Orthogonal*, то будет сохраняться ортогональность осей.

Область **Div. number** позволяет установить количество разбиений вдоль осей X и Y, если выбраны соответствующие опции.

Выпадающий список **Divide type** позволяет выбрать автоматический (значение *Automatic*) или ручной (значение *Manual*) режимы задания сети.

При выбранной опции **Divide type** – *Automatic* активны следующие области:

Область **Options**, включающая следующие флажки:

Remove empty line – удалить ряды/колонки, не имеющие смежных электродов;

Smooth mesh - сгладить направляющие сети. Эта опция актуальна, если построенная сеть сильно не регулярна.

Topo smoothness – задать степень сглаживания рельефа (значения от 0 до 5, где 5 – максимальная степень сглаживания).

Область **Extra div** позволяет задать количество промежуточных ячеек для осей X и Y соответственно.

При выбранной опции **Divide type** – *Manual* становится активной область **Axes Range**, (режим равномерного разбиения сети), где можно установить минимальные и максимальные значения координат по осям X и Y соответственно.

Область **Z-axis, Max depth**: предназначена для настройки разбиения вдоль вертикальной оси. **Max 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. **Start height** – устанавливает толщину первого слоя. Эта величина должна приблизительно соответствовать длине ячейки и удовлетворять разрешающей способности. **Increment** – устанавливает соотношение между толщиной смежных слоев. Значения этого параметра обычно выбирают в диапазоне от 1 до 2. **Div number** – устанавливает количество слоев модели. Обычно достаточно 12-20 слоев для описания модели. Нежелательно задавать большие значения этого параметра, т.к. это понизит скорость вычислений. **Topo coeff** – задать коэффициент выполаживания формы рельефа с глубиной (0-5).

0 – рельеф каждого последующего слоя повторяет предыдущий. 1 - рельеф выполаживается с глубиной, последний слой – плоский. 5 – граница между первым и вторым слоем пологая. Принцип работы коэффициента показан на рисунке:

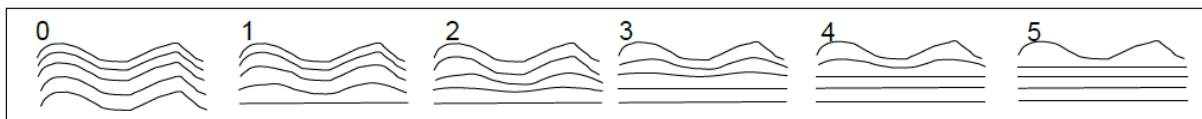


Рис. 14 Выполаживание слоев модели с глубиной с использованием параметра «Toro coeff» от 0 до 5

Вкладка **XYZ view** содержит объемное отображение построенной сетки (см. рисунок ниже). Для вращения изображения используйте левую кнопку мыши. Для масштабирования изображения используйте колесо прокрутки. Для перемещения вдоль осей используйте правую кнопку мыши. При нажатии на ось правой кнопкой мыши с нажатой клавишей Shift доступен диалог настройки параметров осей (см. раздел дополнительные опции).

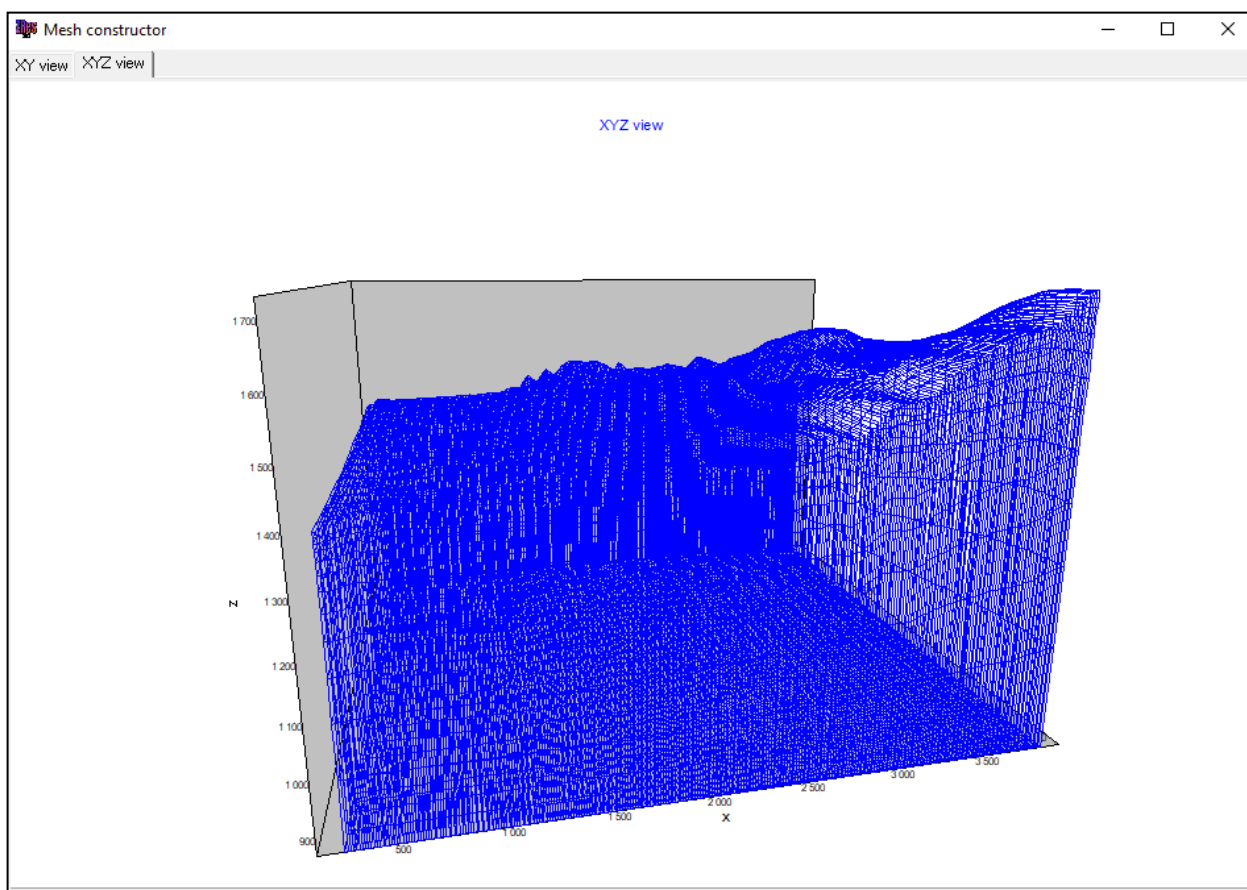
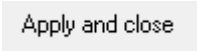



Рис. 15 Диалоговое окно «Mesh constructor», вкладка «XYZ view»

Для завершения работы с диалогом и создания сети нажмите кнопку  После этого активизируются рабочие секции главного окна программы, а в панели статуса

появляется краткая информация о новом проекте (количество точек записи и ячеек 3D модели).

Визуализация данных

В программе существует возможность отображать данные в виде псевдореза **Options / Data / Pseudo-section**, планов графиков **Options / Data / Graphics-plot** по профилям, контурной карты или объемного псевдореза **Options / Data / 3D pseudosection ON**. Текущий профиль можно выбирать из списка  на панели задач, номер профиля соответствует индексу **Prof** в файле данных.

В режиме работы с моделью сопротивлений, данные можно отобразить:

- в кажущихся сопротивлениях (**Option / Data / Apparent resistivity**);
- в сигналах, нормированных на ток (**Option / Data / Resistance**);
- в сигналах, нормированных на длину приемной и питающей линии и ток (**Option / Data / ABMN normed**). Эта опция применима, когда включен режим Resistance.

План графиков

План графиков служит для отображения значений кажущихся сопротивлений вдоль профиля в виде графиков.

В главном меню программы можно выбрать способ построения графиков: по определенной псевдоглубине **Options / Data / Type graphics / Iso-PsZ** в зависимости от коэффициента установки, по определенному положению питающей **Options / Data / Type graphics / Iso-AB** или приемной **Options / Data / Type graphics / Iso-MN** линии (см. рисунок ниже).

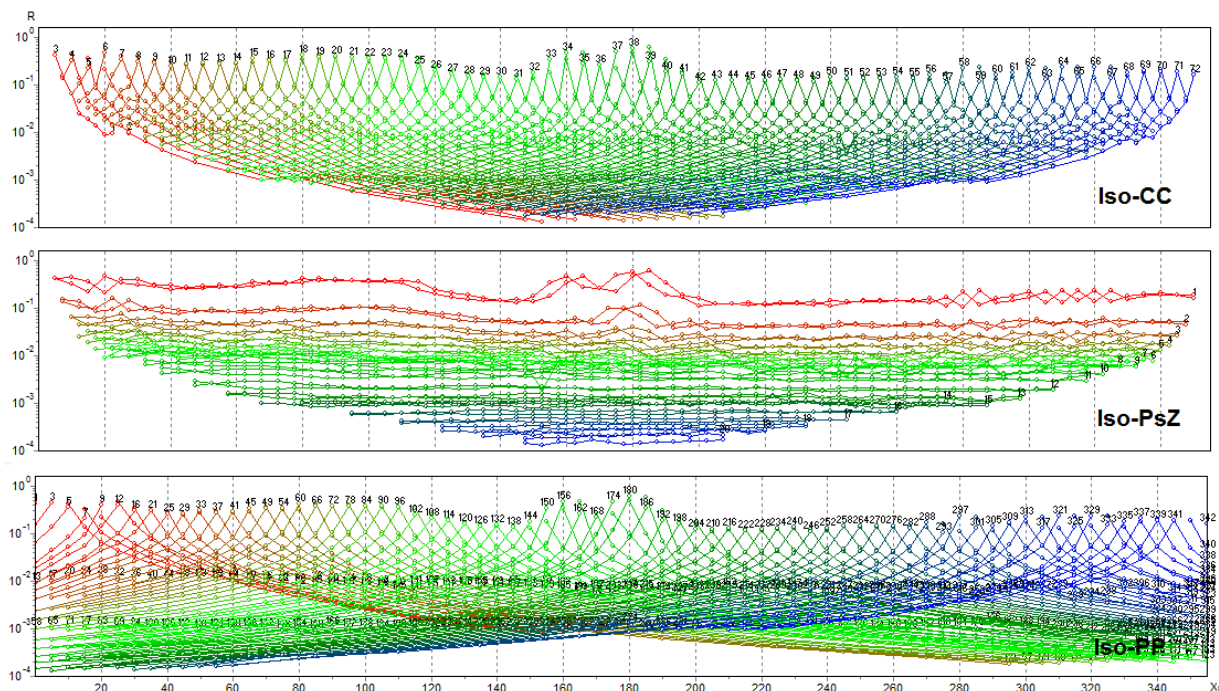


Рис. 16 План графиков, построенный для определенных положений питающей линии (Iso-CC), для определенных положений приемной линии (Iso-PP), для определенных псевдоглубин (Iso-PsZ)

Работа с планом графиков производится с помощью мыши:

Увеличение отдельного участка или его перемещение осуществляется в режиме с нажатой.

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

Редактор графика вызывается щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на графике. Редактор осей вызывается щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на интересующей оси.

Выделение одного и удаление остальных графиков производится кнопкой мыши на легенде с нажатой клавишей SHIFT. При повторном нажатии производится обратная операция.

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

Псевдоразрез

Псевдоразрез в первом приближении отражает распределение параметра вдоль профиля с глубиной.

Построение в форме изолиний производится по двум осям:

- горизонтальная ось – координата точки измерения на профиле;
- вертикальная ось – разнос.

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

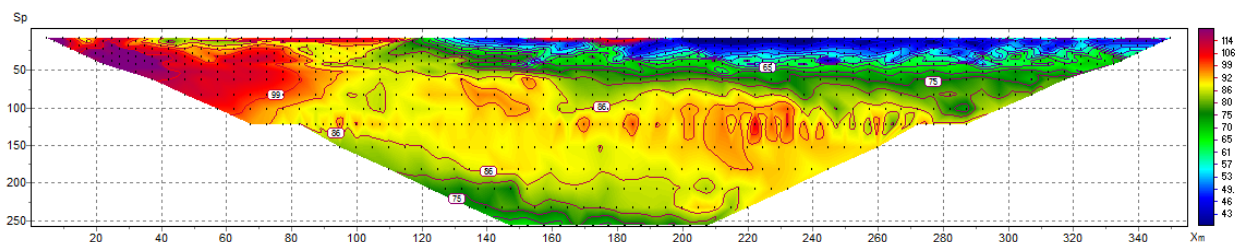


Рис. 17 Псевдоразрез кажущихся сопротивлений

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 *.bmp, *.png.
Save XYZ file	Сохранить псевдоразрез в текстовый файл *.dat.
X:Y=1:1	Установить одинаковые масштабы по горизонтальным осям.
Default	Установить параметры псевдоразреза равными значениям по умолчанию.
Draw in Surfer	Построить изображение в Golden Software 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 «Настройка графических параметров - «Редактор осей»).

Диалог настройки точек псевдоразреза можно вызвать щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей SHIFT на точке (см. раздел «дополнительные опции» - «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 / Data / Point position / 4 electrodes	Этот набор опций позволяет выбирать вариант расчета горизонтальной координаты (псевдоразреза) точки измерения для четырехэлектродной установки. Это может быть 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 / Data / Point position / 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 A и приемным M. « (M+N)/2 » - второй случай, когда горизонтальная координата находится в центре между приемными электродами M и N.

- для *диполь-дипольной установки (Dipole-Dipole)* координате X соответствует центру установки, а координате Y соответствует – $\frac{1}{2}$ расстояния между центрами диполей (приемных и питающих электродов);

- для установки градиента (*Gradient*) координате X соответствует центр между приемными электродами, а координате Y соответствует $\frac{1}{2}$ разности от ближайшего питающего электрода до центра между приемными электродами;
- для двухэлектродной установки (*Pole-Pole*) координате X соответствует центр установки, а координате Y соответствует $\frac{1}{2}$ расстояния между электродами A и M;
- для установки ВЭЗ (*Schlumberger*) координате X соответствует центр установки, а координате Y соответствует $\frac{1}{2}$ расстояния между крайними (питающими) электродами.

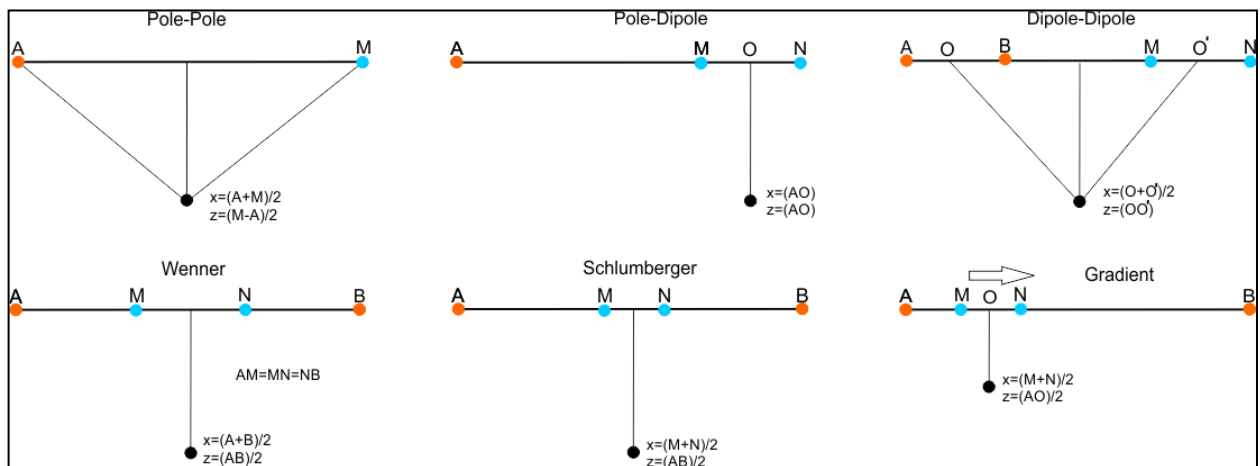



Рис. 18 Основные типы электроразведочных установок

Помимо кажущихся сопротивлений и поляризуемости в виде псевдоразреза можно отобразить относительную невязку по каждому измерению **Options / Data / Data Misfit**.

Карта изолиний для определенного разноса

В рабочей области программы над трехмерной моделью отображается план изолиний для выбранной псевдоглубины. На этом плане может изображаться следующая информация:

- наблюдаемые данные (**Options / Data / Observed**);
- рассчитанные данные (результатам решения прямой задачи) (**Options / Data / Calculated data**);
- невязка между наблюдаемыми и рассчитанными данными (**Options / Data / Misfit**).

Псевдоглубину (или разнос) можно выбрать с помощью списка  на панели быстрого доступа (при нажатии на список правой кнопкой, можно задать окно, которое будет рассматриваться при отсутствии данных на выбранном разносе).

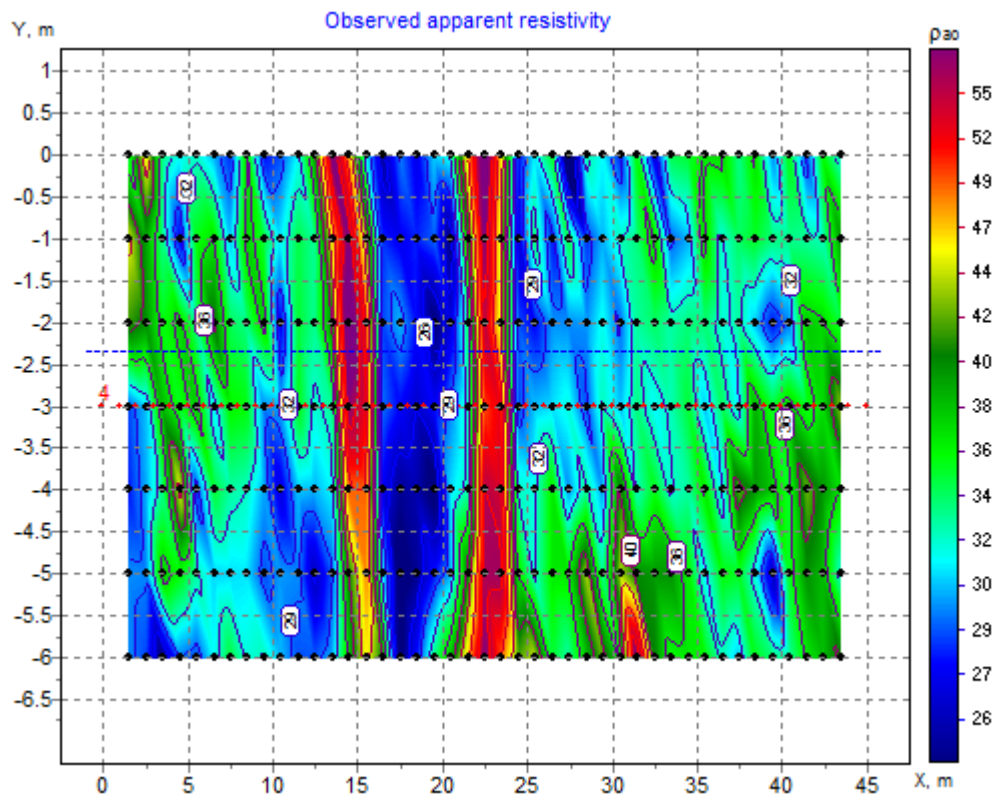


Рис. 19 Пример карты изолиний

На плане изолиний красными точками отображается положение профиля, графики (псевдорезезы) которого показаны в области визуализации профильных данных (правое верхнее окно программы). Синей линией показано текущее положение среза 3D модели.

Положение скважины на плане изолиний отображается черным крестиком.

Положение электродов активной точки показывается при нажатии правой кнопкой мыши на точку карты изолиний.

Щелчок правой кнопкой мыши по периметру плана изолиний 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 плана изолиний.
Print preview	Распечатать план изолиний.
Save picture	Сохранить план изолиний в графический файл *.bmp, *.png.

Save XYZ file	Сохранить план изолиний в текстовый файл *.dat.
X:Y=1:1	Установить одинаковые масштабы по горизонтальным осям.
Load background	Загрузить изображение в качестве подложки (графический файл).
Load bingmap	Загрузить спутниковую карту в качестве подложки.
Remove background	Удалить текущую подложку.
Draw in Surfer	Построить карту в Golden Software Surfer.
Copy BG from model	Эта опция доступна, если выбран срез XY. В этом случае графическое изображение текущего среза можно использовать как подложку карты изолиний.

Опция *Load background* позволяет загрузить в качестве подложки любой растровый файл, при этом само изображение становится полупрозрачным. Данная опция полезна для сравнения измеренных данных с топографическими картами, со структурными и тектоническими схемами, с геологическими картами, а также с данными других методов (геофизических, геохимических и т.д.). На рисунке ниже показан пример использования карты рельефа в качестве подложки.

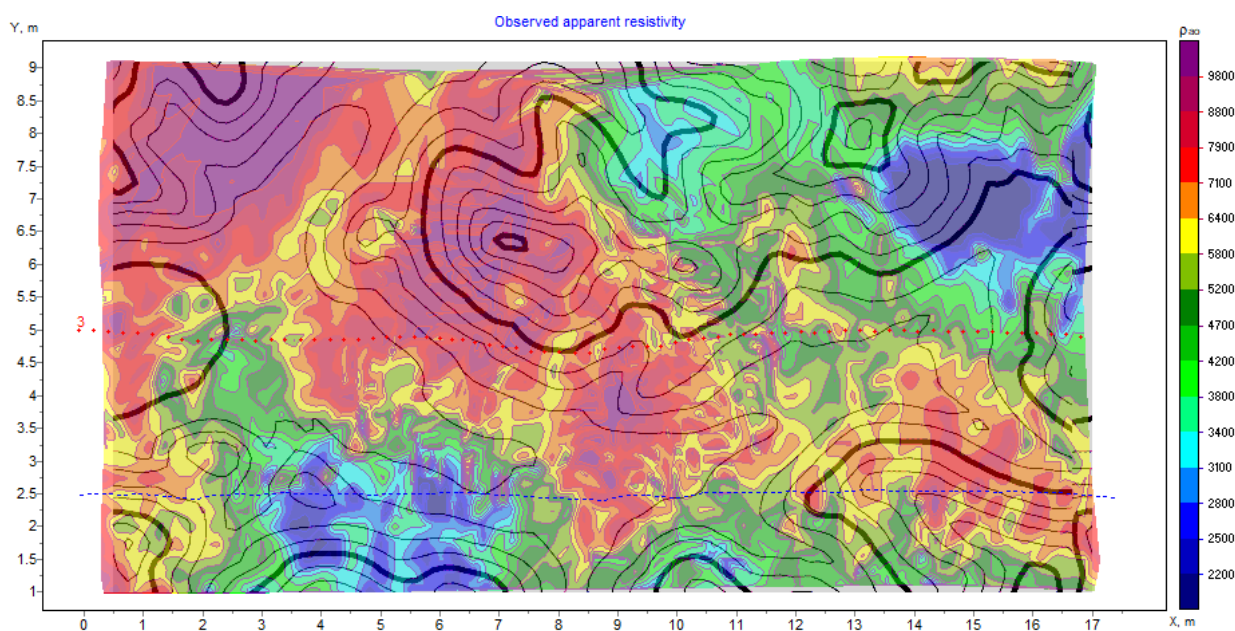


Рис. 20 Пример сопоставления плана изолиний измеренных данных с картой рельефа

Опция *Load bingmap* позволяет загрузить спутниковую карту в соответствии с заданными координатами электродов. Координаты электродов в этом случае, должны быть в UTM

формате. После выбора данной опции появится окно UTM zone (см. рисунок ниже), где, соответственно, необходимо выбрать номер зоны.

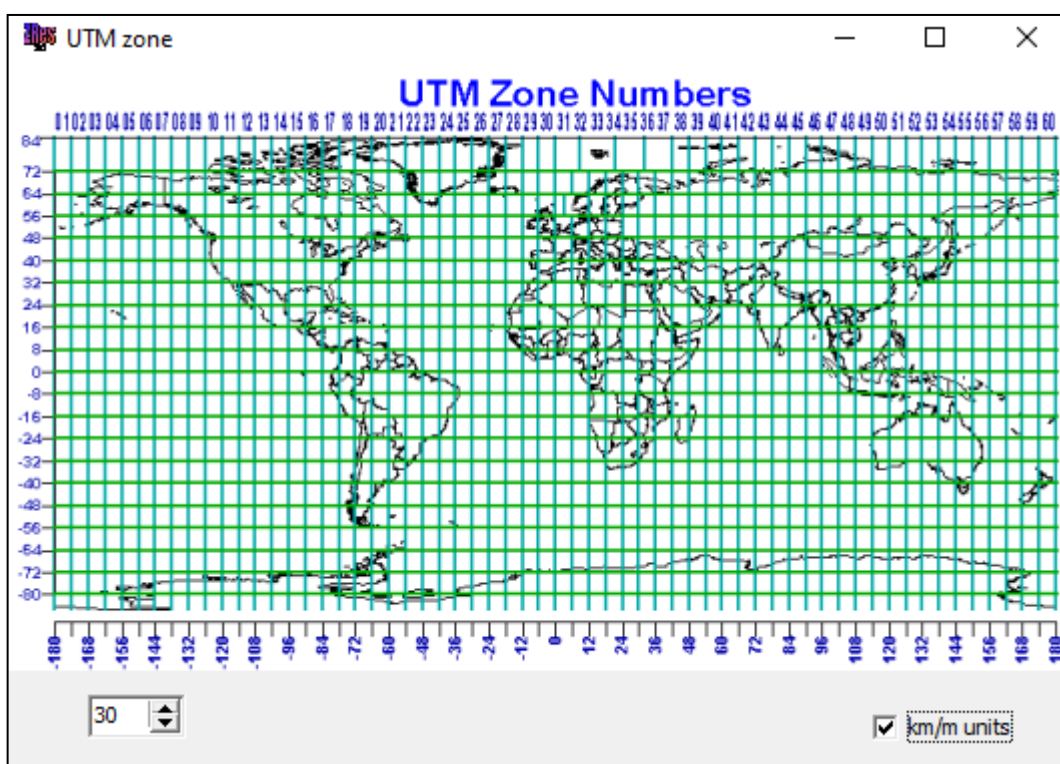


Рис. 21 Диалоговое окно выбора зоны UTM zone

3D псевдоразрез

3D псевдоразрез бывает полезен, если визуализируются данные площадной системы наблюдений или у интерпретатора есть желание одновременно посмотреть данные всех профильных измерений.

Функция **Options / Data / 3D pseudosection ON (OFF)** изображает данные в виде трёхмерного псевдоразреза (см. рисунок ниже), в верхней левой секции окна. Цветом показаны значения измерений.

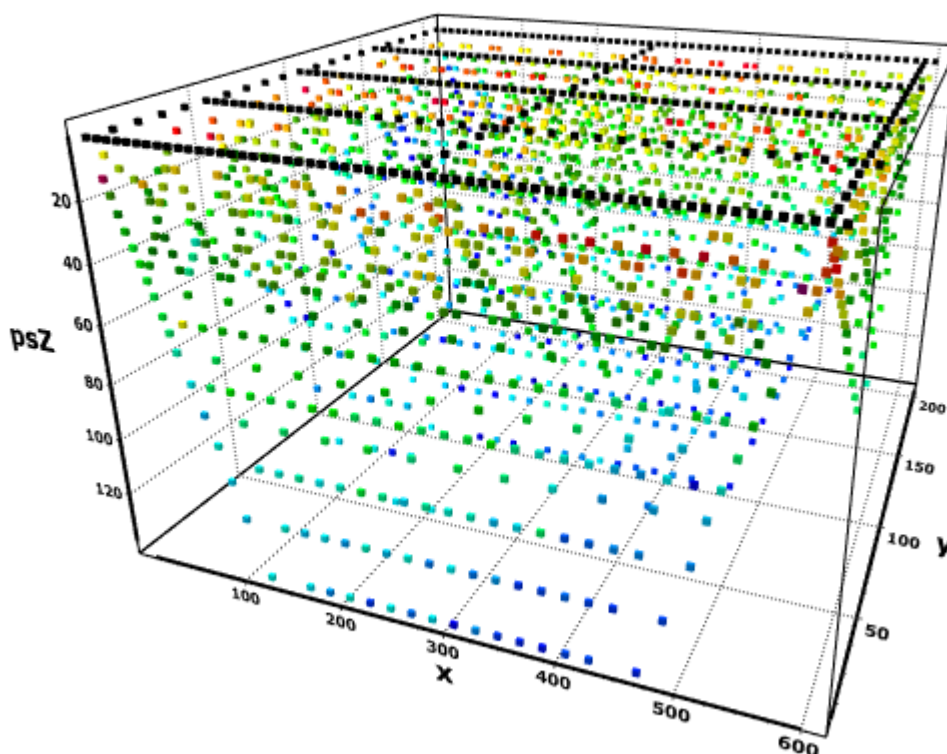


Рис. 22 Представление псевдоразрезов в объеме

Подготовка данных к инверсии

Подготовка данных для инверсии включает в себя следующие функции: оценка качества полевых данных и удаление некачественных измерений;

Модуль контроля качества данных

Для контроля качества и редактирования данных в программе **ZondRes3D** реализован специальный модуль, доступ к которому осуществляется через меню **Options / Quality control module**. Модуль позволяет выполнять следующие операции с данными:

- визуализировать результаты измерений в виде графиков различных параметров и в виде псевдоразрезов данных разных установок;
- при возможности проводить оценку качества данных (определять веса измерений) на основании принципа взаимности;
- 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.

Описанные ниже возможности доступны для системы 2Д профилей. Для площадной системы измерений, функционал модуля контроля качества существенно сужается.

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

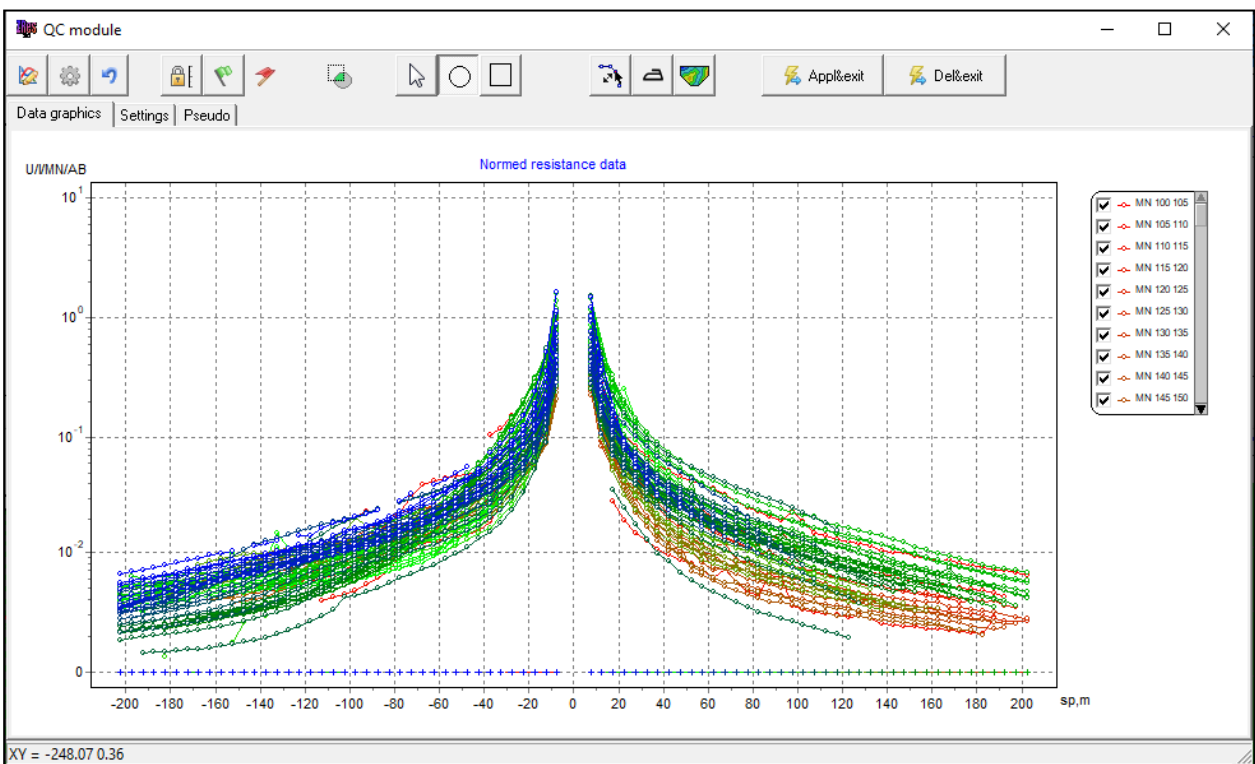
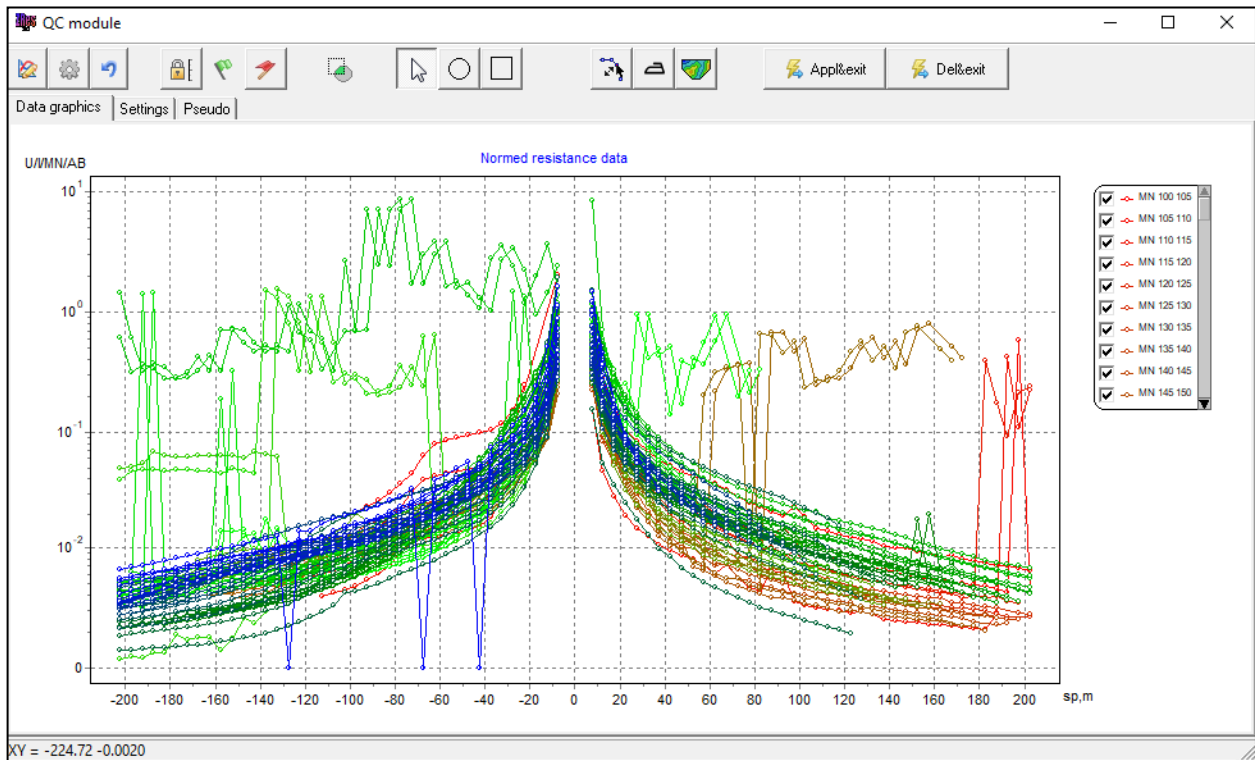


Рис. 23 Модуль контроля качества, вкладка «Data graphics». Данные представлены в варианте визуализации – Iso-MN centered. Сверху исходные данные. Снизу отредактированные

Вкладка **Settings** позволяет:

- выбрать установку, с данными которой будет производиться работа (**Electrode array**);

- указать параметр группировки данных (по разному, по псевдоглубине, по положению питающих электродов, приемных электродов и т.д.) (**Graphics Type**);
- выбрать отображаемую величину – нормированный сигнал (V/MN/AB/I или V/I), кажущееся сопротивление или кажущаяся поляризуемость (см. рисунок ниже);

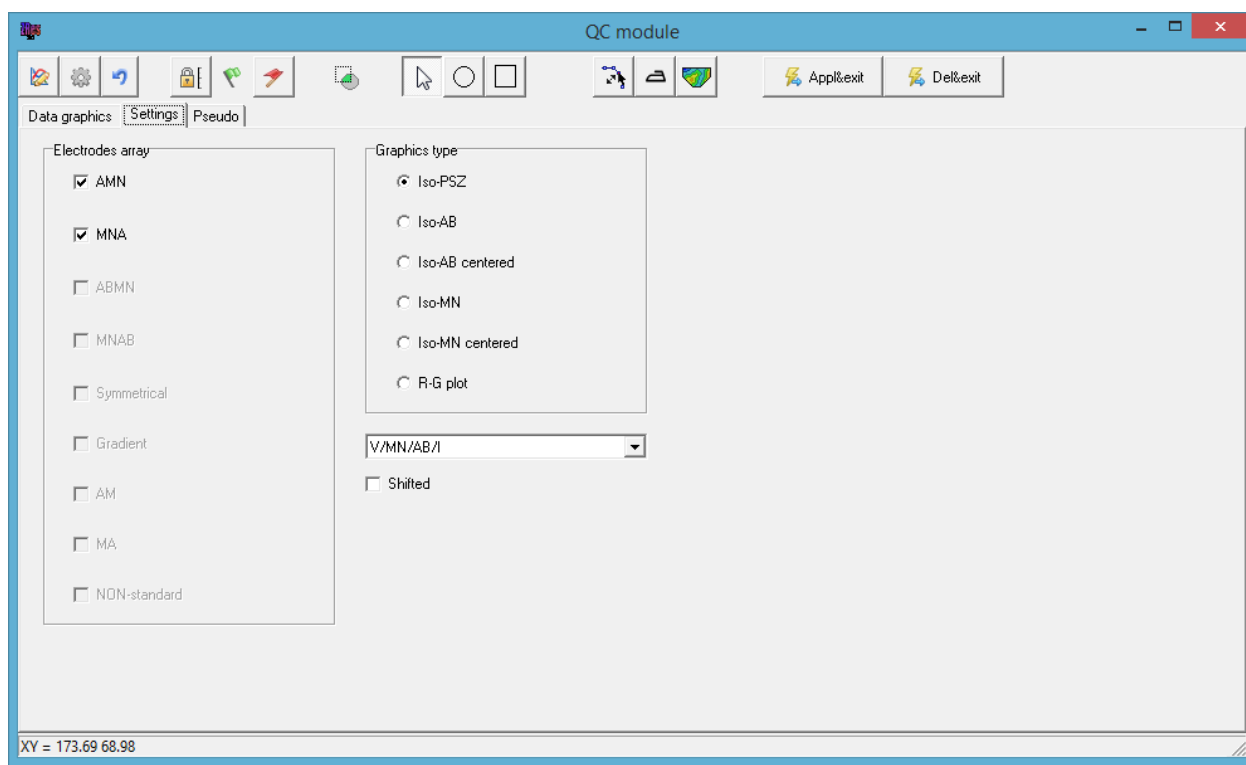


Рис. 24 Модуль контроля качества, вкладка «Settings»


Вкладка **Pseudo** отображает псевдоразрез.

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.






Увеличение отдельного участка или его перемещение осуществляется с нажатой левой кнопкой.


Для кратковременного отображения лишь одного графика необходимо нажать на линию этого графика левой кнопкой мыши – при этом остальные графики станут невидимыми. Для длительного отображения одного или нескольких выбранных графиков служит список – это легенда графиков в правой части окна. Если графики активны (неактивны), нажатие клавиши Shift и выбор одного из графиков делает все остальные графики неактивными (активными).



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 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:


- Данные подвержены сильному влиянию помех. В этом случае данные следует удалить.
- Задан слишком узкий диапазон изменения сопротивления или задача перерегуляризована. В этом случае следует изменить настройки и повторить инверсию.


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.

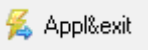

Задание параметров отображения графиков осуществляется с помощью кнопки  (параметры линий и точек – толщина, цвет и т.п.). Зафиксировать пределы изменения осей, чтобы они не менялись автоматически в процессе работы с данными, можно с помощью кнопки .

Процедуры для обработки значений графиков вдоль профиля вызываются 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.

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  . Удалить изменения и перейти к инверсии можно с помощью нажатия кнопки  . 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 на всех каналах.

«*Remove all IP chan*» – удаляет значение поляризуемости для выбранной точки для всех каналов. Только для режима редактирования значения кажущейся поляризуемости.

Модуль контроля качества должен быть последовательно использован для обработки всех профилей входящих в проект.

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

Моделирование

Моделирование – важный процесс, предшествующий полевым работам. Используя априорную информацию о поисковом объекте, его физических свойствах и параметрах 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 **ZondRes3D** позволяет моделировать данные методов сопротивлений и вызванной поляризации в трёхмерном варианте (3D) с учетом рельефа. Необходимыми входными данными для проведения моделирования являются геометрия системы наблюдений и модель среды. Можно создавать системы наблюдений и модели сред в самой программе **ZondRes3D** или использовать системы измерений, созданные в сторонних программах. Кроме этого можно строить геоэлектрические модели на основе других моделей пакета **Zond** и геологических разрезов, заданных в виде растрового изображения.

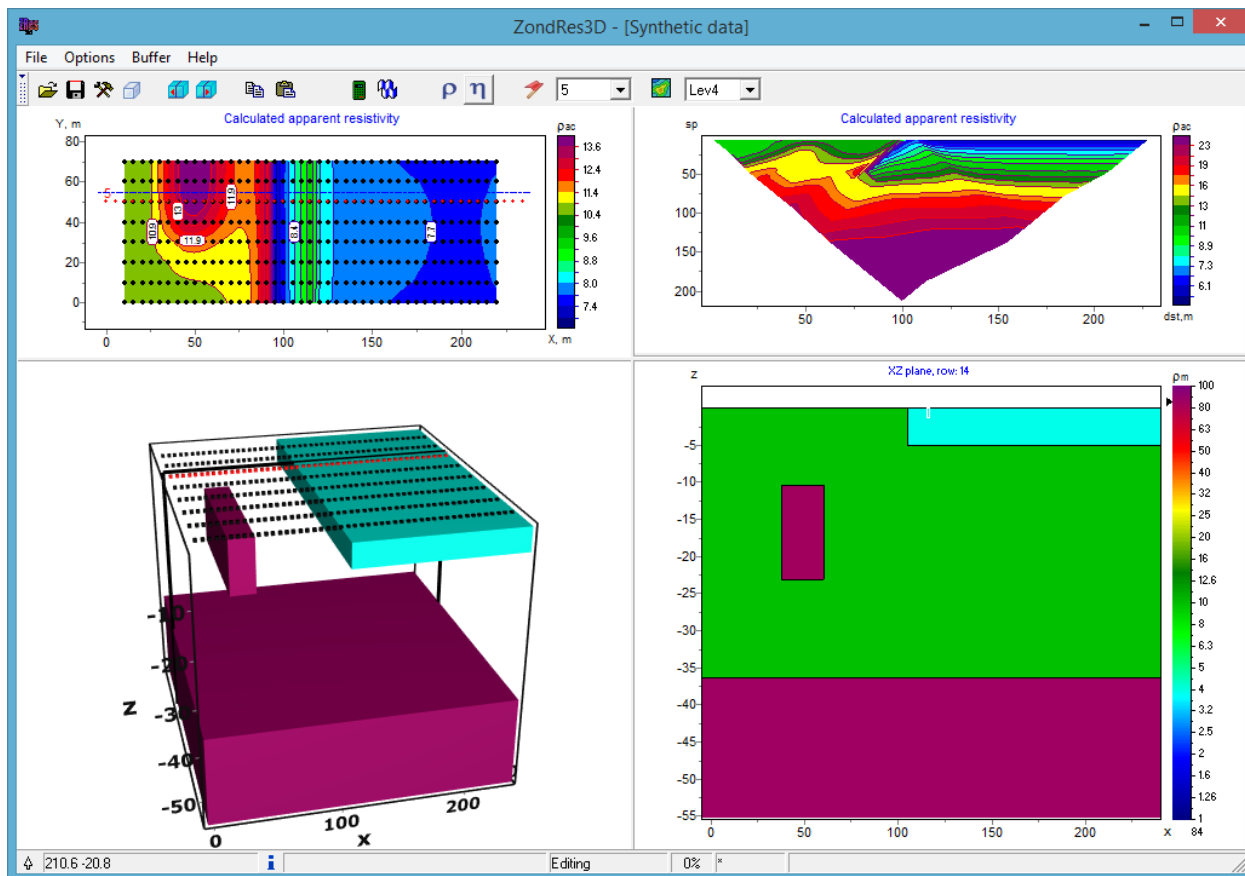


Рис. 25 Главное окно программы в режиме моделирования

Редактирование модели

Редактирование геоэлектрической среды выполняется в области *редактора модели* – нижняя правая графическая секция окна программы в режиме **Options / Model / Block-section**.

Редактор модели служит для изменения параметров отдельных ячеек модели с помощью мыши. Справа от области редактирования модели находится цветовая шкала, связывающая значение цвета со значением сопротивления. Для выбора текущего значения следует щелкнуть по шкале правой кнопкой мыши, при этом его значение отобразится ниже цветовой шкалы.

С помощью опции **Options / Model / Plane** можно выбрать ориентацию среза модели (XZ, YZ, XY). Ориентация среза может быть изменена с использованием горячих клавиш:

- «Alt+1» – срез в плоскости XZ;
- «Alt+2» – срез в плоскости YZ;
- «Alt+3» – срез в плоскости XY.

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 оперативного создания модели в программе предусмотрено несколько режимов выделения ячеек: прямоугольником, эллипсом, свободной формой и по определенному значению параметра. Вызвать соответствующие опции возможно при нажатии правой кнопки мыши в области редактора модели:

Display cell setup	Вызвать диалог настройки параметров ячейки.
Cell to cursor value	Использовать параметр активной ячейки в качестве текущего значения.
Edit mode	Включить режим редактирования.
Selection \ Free form selection	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет заданные пользователем границы.
Selection \ Rectangular selection	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет прямоугольную форму.
Selection \ Elliptical selection	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Область имеет эллиптическую форму.
Selection \ Magic wand	Выделить набор ячеек в пределах области редактирования с помощью мыши. Выделяются активная ячейка и ячейки смежные с нею, параметры которых близки к ее параметру. Степень близости задается в диалоге настройки параметров модели.
Selection \ Remove selection	Удалить выделение.
Clear model	Очистить текущий срез.

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

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

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

Также можно задавать значения параметра выделенным ячейкам используя диалог настройки параметров ячейки **Display Cell setup**:

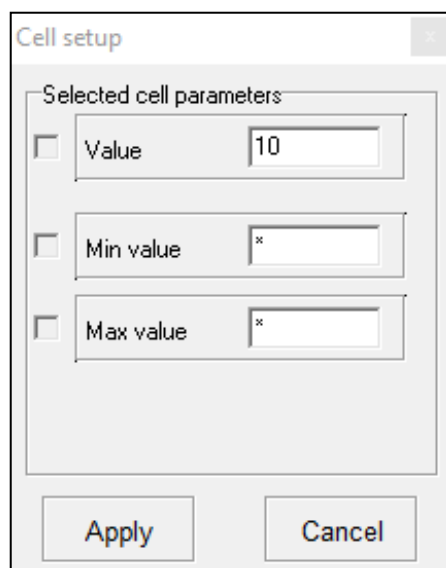


Рис. 26 Диалоговое окно «Display Cell setup»

Диалог предназначен для выбора параметров отдельной ячейки или выделенного набора ячеек.

Value – устанавливает значение параметра ячейки.

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

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

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

Верхняя область над моделью	Display model mesh	Указывает, нужно ли изображать сеть.
	Display objects border	Указывает, нужно ли изображать границу объекта.
	Display color bar	Указывает, нужно ли изображать цветовую шкалу.
	Setup	Вызвать диалог настройки параметров модели.
	Zoom&Scroll	Включить режим увеличения и прокрутки.
	Print preview	Распечатать модель.
	X:Y=1:1	Установить одинаковые масштабы по горизонтальной и вертикальной оси.
Цветовая шкала	Set range	Задать минимальное и максимальное значения цветовой шкалы.

	Automatic	Автоматически определить минимальное и максимальное значения цветовой шкалы исходя из параметров среза (в качестве пределов шкалы выбираются минимальное и максимальное значения параметра модели).
	Log scale	Логарифмическая масштаб цветовой шкалы.
	Smooth image	Показать модель в гладкой интерполяционной палитре.
	Set cursor value	Установить курсор на определенное значение на шкале.

Сохранение и использование модельных данных



Для того чтобы использовать рассчитанные значения в качестве полевых данных при инверсии, нужно сохранить результат в режиме **Calculated data**. Данные сохраняются в текстовый файл. После этого можно открыть сохранённый файл как наблюдаемые данные. В качестве альтернативы, можно воспользоваться опцией **Project with calculated**, но перед инверсией необходимо будет, очистить текущую модель. Для экспорта результатов 3D моделирования в 2D используется опция **Export line to z2d**.

Далее можно выполнить инверсию таких данных и проанализировать отличия восстановленной модели от оригинальной.


Этот механизм позволяет тестировать системы наблюдений и проверять различные гипотезы.

Инверсия данных

Программа позволяет проводить инверсию результатов измерений методом сопротивления и вызванной поляризации. Можно выполнять как инверсию отдельно для значений кажущегося сопротивления, так и совместную инверсию данных кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости (опция **Options / Inversion / Cross-gradient**).

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

Настройки параметров инверсии

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

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

Вкладка **Inversion** предназначена для настройки параметров инверсии:

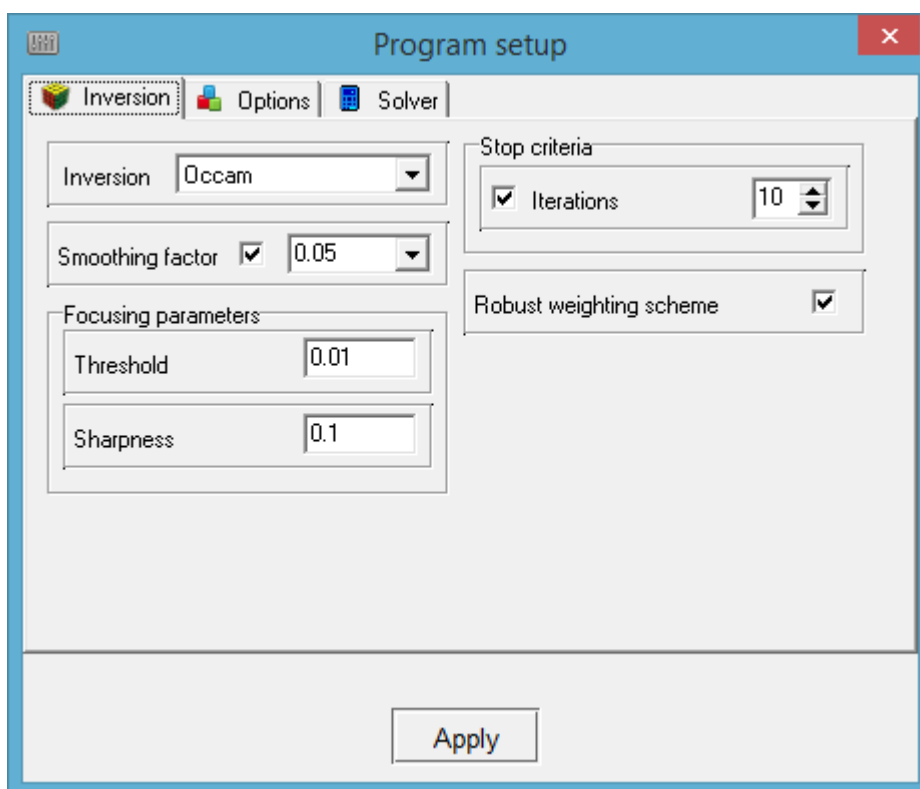


Рис. 27 Диалоговое окно «Program setup», вкладка «Inversion»

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

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

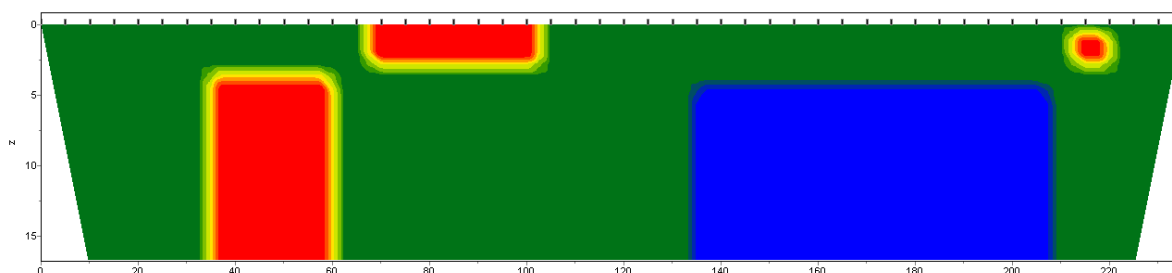


Рис. 28 Тестовая модель среды

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).

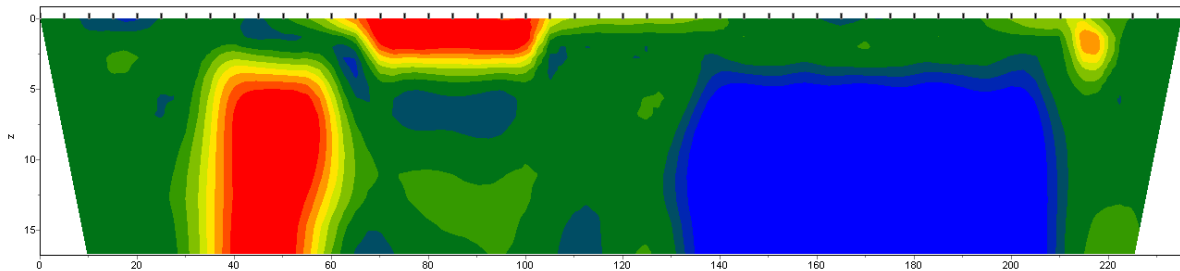


Рис. 29 Восстановленная модель в результате инверсии **Smoothness constrained**

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.

Oscat – 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).

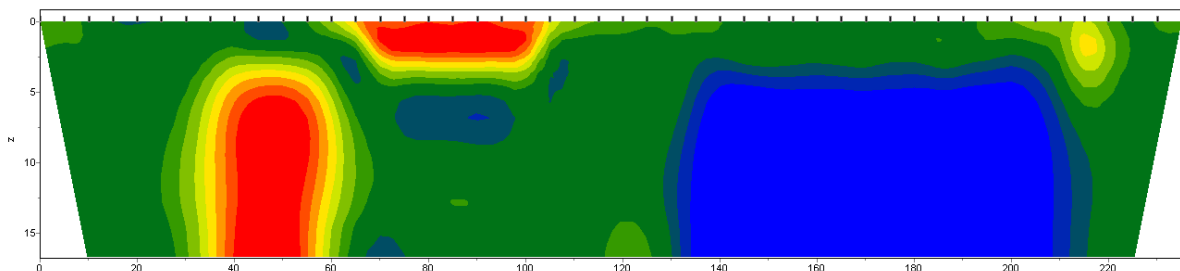


Рис. 30 Восстановленная модель в результате инверсии **Oscat**

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).

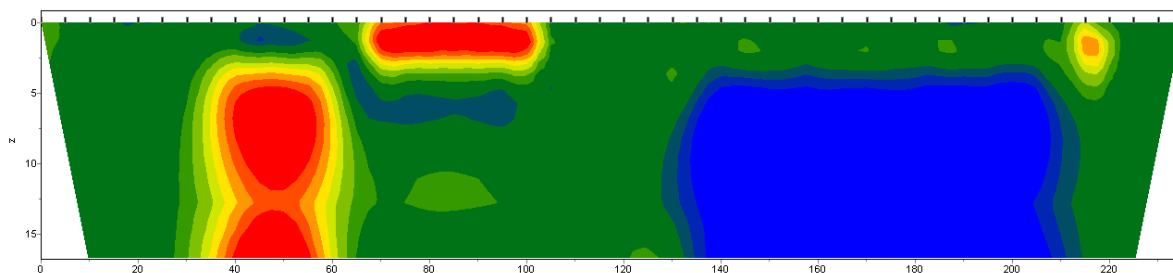


Рис. 31 Восстановленная модель в результате инверсии *Marquardt*

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*:

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

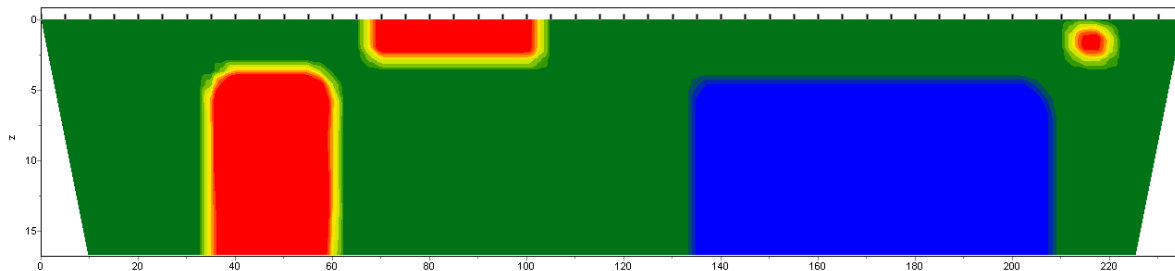


Рис. 32 Восстановленная модель в результате инверсии *Blocks*

Алгоритм лучше использовать на этапе уточнения результатов предыдущих методов (лучше всего *Focused*), предварительно объединив ячейки в нужные блоки с помощью опции *Smooth/Raster*.

При выборе отдельных блоков вручную следует использовать редактор модели, выделяя отдельные области разными параметрами. Отдельные блоки будут выделены границей во время работы с окном данного диалога.

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).

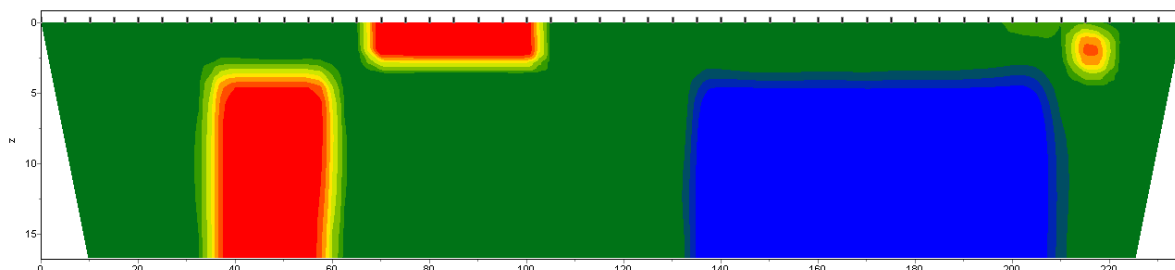


Рис. 33 Восстановленная модель в результате инверсии *Focused*

Матричное уравнение для данного варианта инверсии выглядит следующим образом:

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

Использование данного варианта инверсии требует тщательного выбора параметра пороговой контрастности *Threshold* (устанавливается во вкладке *Inversion*). 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 ϵ и контрастности между этими ячейками r_i выглядит следующим образом:

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

При выборе отдельных блоков вручную следует использовать редактор модели, выделяя отдельные области разными параметрами. Отдельные блоки будут выделены границей во время работы с окном данного диалога.

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

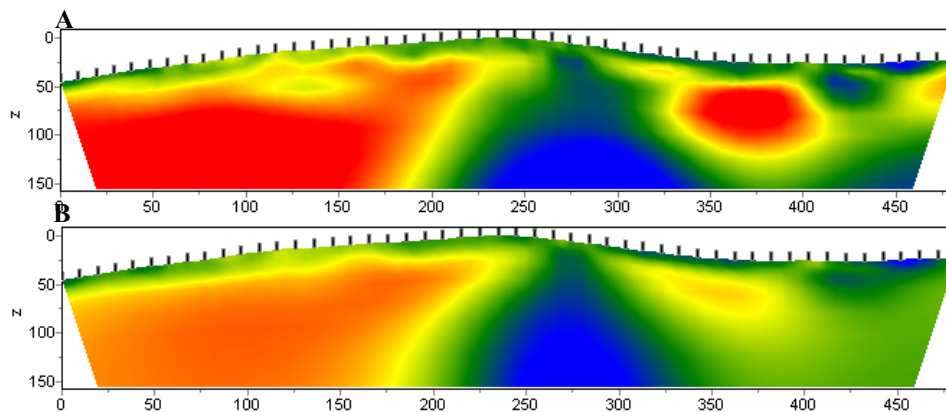


Рис. 34 Геоэлектрические модели в результате инверсии *Occam* параметром **smoothing factor: 0.01 (A) и 1.0 (B).**

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

Область *Stop criteria* содержит критерии остановки инверсии.

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

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.

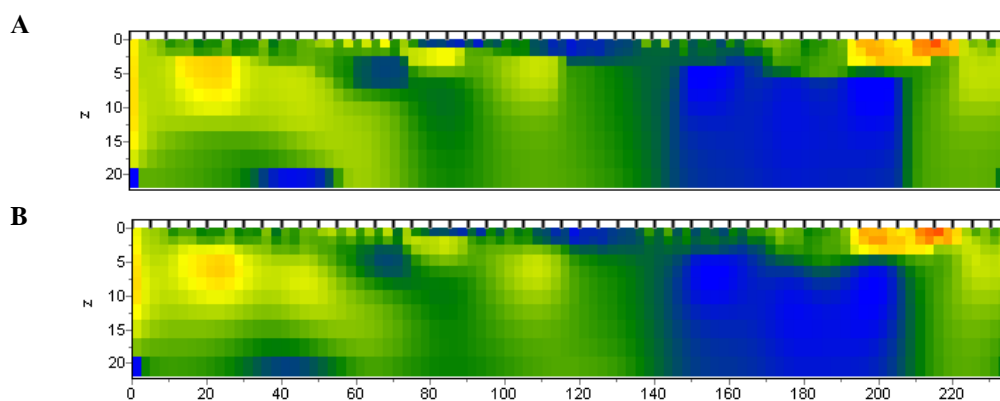


Рис. 35 Геоэлектрические модели в результате инверсии *Focused* с параметром **Threshold: 0.01 (A) и 0.1 (B)**

Sharpness – определяет соотношение между минимизацией объема аномалеобразующих объектов (0), и получением кусочно-гладкого распределения в среде (1) (см. рисунок ниже). Значения этого параметра выбирается эмпирическим путем.

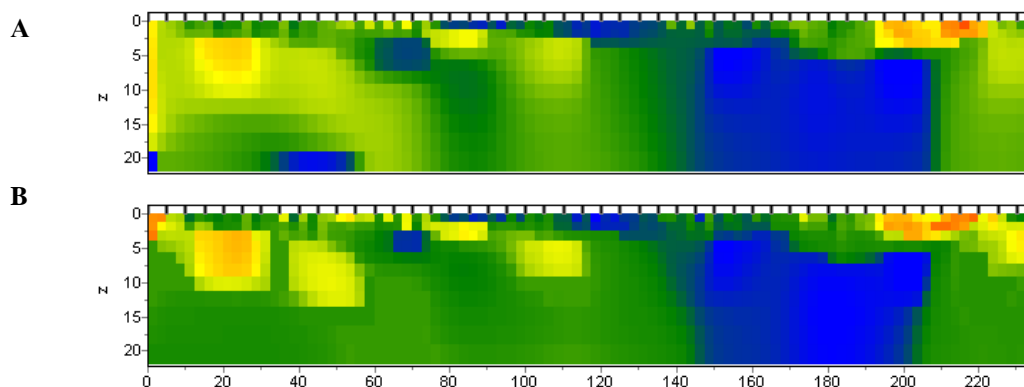


Рис. 36 Геоэлектрические модели в результате инверсии *Focused* с параметром **Sharpness: 0.8 (A) и 0.2 (B)**

Вторая вкладка **Options** предназначена для настройки дополнительных параметров инверсии:

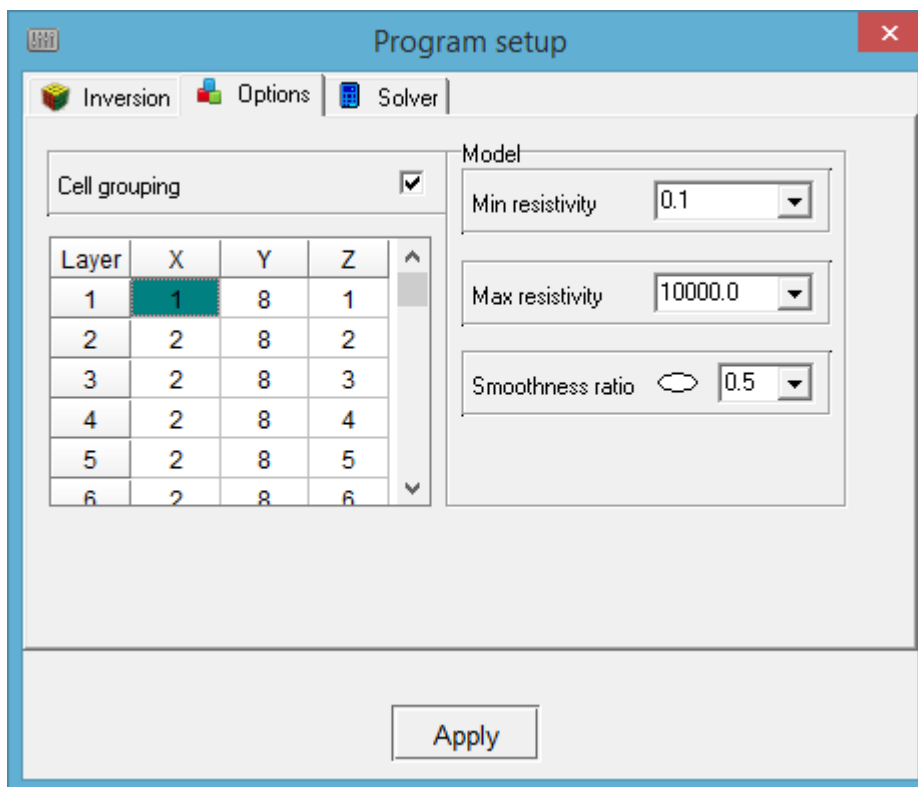


Рис. 37 Диалоговое окно «Program setup», вкладка «Options»

Область Model:

Min resistivity (polarizability), *Max resistivity (polarizability)* – устанавливает пределы изменения параметров модели при инверсии. Если эти пределы известны достаточно точно, то рекомендуется включить опцию *lim based inv* из главного меню.

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).

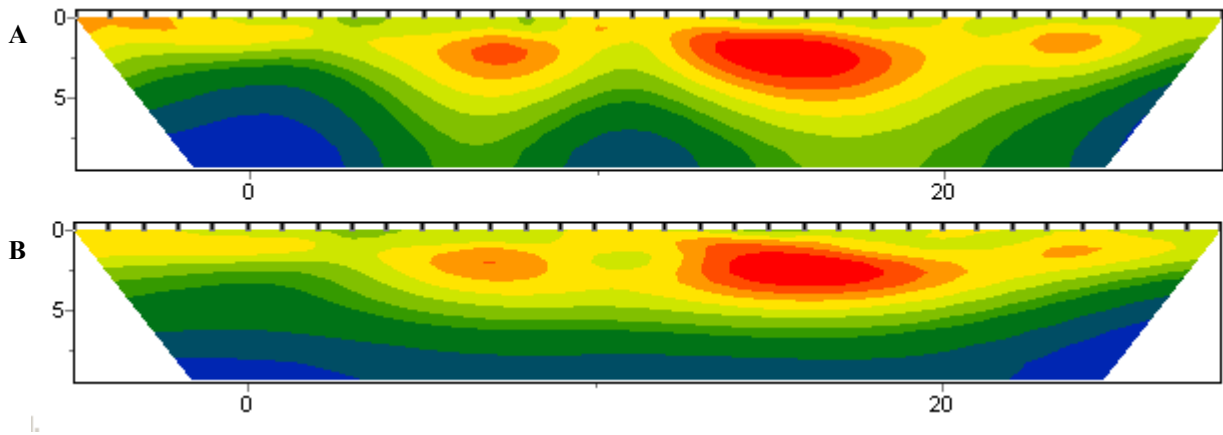


Рис. 38 Геоэлектрические модели в результате «гладкой» инверсии с параметром **Smoothness ratio: 1 (A) и 0.3 (B)**

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

Таблица содержит четыре столбца: в первом (**Layer**) указан номер слоя исходной модели; в последующих трех столбцах (**X, Y, Z**) необходимо указать количество ячеек (в соответствующем направлении), содержащихся в каждой ячейки инверсионной сети, для данного слоя. Инверсионная сеть будет изображаться в редакторе модели и на 3D модели, во время ее настройки. Двойное нажатие правой кнопкой мыши на ячейки в столбцах X и Y позволяет объединять ячейки в горизонтальном направлении для данного слоя и всех нижележащих слоев.

Ниже приведены примеры трех инверсионных сетей для XZ среза модели: 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 X (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 X (см. рисунок ниже, C).

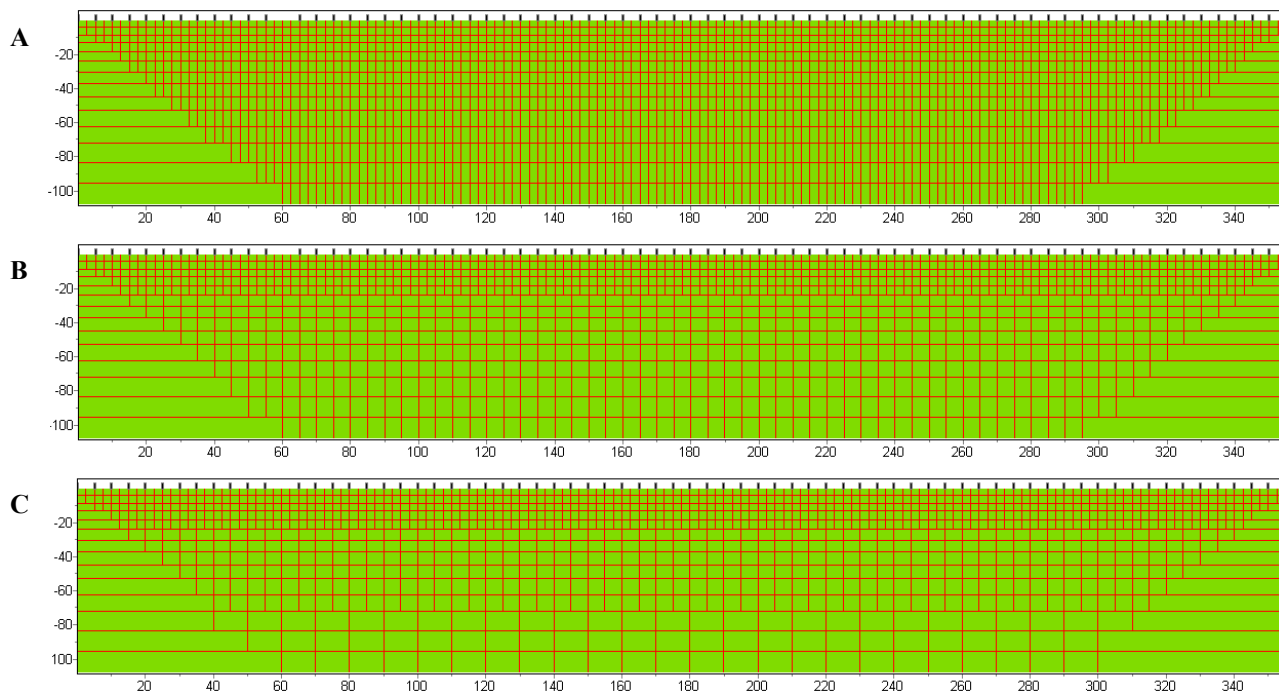
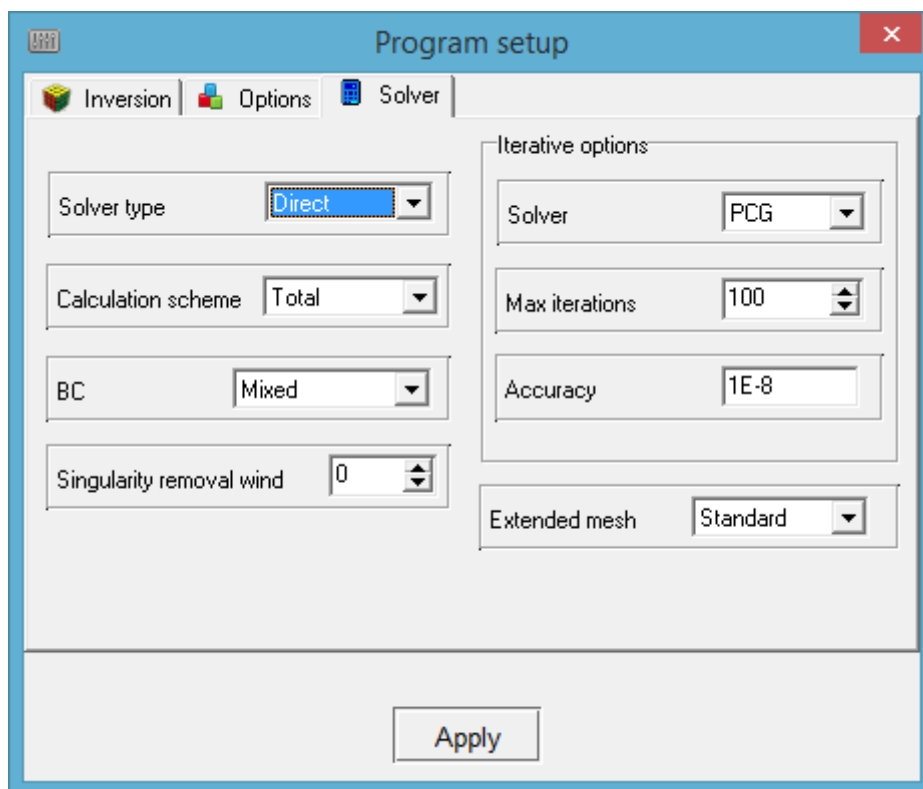


Рис. 39 Примеры инверсионных сетей

Третья вкладка **Solver** предназначена для настройки параметров решения прямой задачи.



Опция *Solver type* – устанавливает, каким образом будет решаться система уравнений прямой задачи. Значение *Direct* – использует прямой метод решения системы уравнений и рекомендуется для большинства случаев. Значение *Iterative* – использует итеративный метод решения системы уравнений и рекомендуется либо для очень больших моделей, либо когда количество положений источников сравнительно небольшое. При выборе варианта

Iterative, область **Iterative solver** становится доступной для настройки параметров итеративного метода.

Опция *Calculation scheme* – определяет схему по которой будут производиться расчет потенциала от источника. Значение *Total* – подразумевает расчет полного потенциала и используется по умолчанию. Это наиболее быстрая и стабильная схема расчета, но из-за сингулярности источника, может приводить к большим ошибкам определения потенциала вблизи источника и соответственно, к необходимости задания более густой сети вблизи электродов. Значение *Secondary* – использует схему расчета вторичного потенциала (относительно полупространства) и существенно подавляет сингулярность вблизи источника, но работает медленнее, чем первый вариант.

Опция *BC* – определяет тип граничных условий прямой задачи. Значение *Mixed* – классические смешанные граничные условия. Значение *Infinite element* – использование “бесконечного” радиального элемента на краях области моделирования. Этот вариант позволяет уменьшить область моделирования, и тем самым повысить скорость решения прямой задачи. Но на наш взгляд он дает менее точные результаты.

Опция *Singularity removal window* – экспериментальная оригинальная опция подавления сингулярности вблизи источников в схеме *Total*. Позволяет в два раза уменьшить ошибку расчетов вблизи источников для потенциал-установки. Размер окна (в узлах сети) определяется расстоянием от источника для ближайшего измерительного электрода. Если между источником и приемником находится один узел сети, следует выбирать значение этого параметра равное трем или более. В случае больших ошибок вблизи источников, рекомендуется использовать схему *secondary* вместо этой опции, т.к. она не так эффективна и требует дополнительных расчетов.

Опцию *Extended mesh*, следует включить, если модель среды сильно вытянута вдоль одного направления, это расширяет внешнюю сеть и замедляет расчеты, но приводит к более точным результатам.

Область **Iterative solver** служит для настройки параметров решения системы итеративным методом.

Опция *Solver* – устанавливает тип итеративного метода решения системы. Значение *PCG* – устанавливает простой предобусловленный метод сопряженных градиентов. Для достижения приемлемого уровня ошибки (10^{-8} - 10^{-9}) обычно требуется 60-100 итераций. Значение *biPCGstab* – устанавливает стабилизированный, предобусловленный метод бисопряженных градиентов, более стабильный и имеющий лучшую сходимость, но данный метод требует двойных вычислительных затрат на каждую итерацию(40-80 итераций).

Опция *Max iterations* – устанавливает максимальное число итераций при решении системы. Если заданный уровень точности достигнут раньше, то итерационный процесс завершается.

Опция *Accuracy* – устанавливает уровень точности решения (10^{-8} - 10^{-10}), по достижении которого, итерационный процесс завершается.

Инверсия данных межскважинной томографии

Еще раз напомним, что при описании погруженных электродов должна быть использована координата *Z* со знаком минус (глубина от поверхности). При загрузке такого файла программа попросит подтвердить, что это скважинные данные:

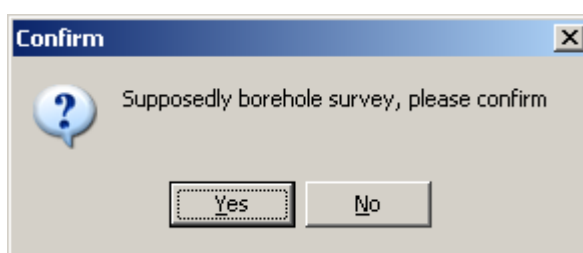


Рис. 40 Диалоговое окно для подтверждения межскважинных измерений

В появившемся затем окне **Mesh constructor** в области разбиения вертикальной оси *Z-axis* должен быть установлен тип оси *Borehole*. В этом случае программа автоматически разбивает вертикальную ось, опираясь при этом на положения электродов.

Пример 3D модели для проекта с данными межскважинной томографии показан рисунке ниже. Для отображения всех электродов необходимо поставить галочку в настройках 3D модели **Show / Survey points**.

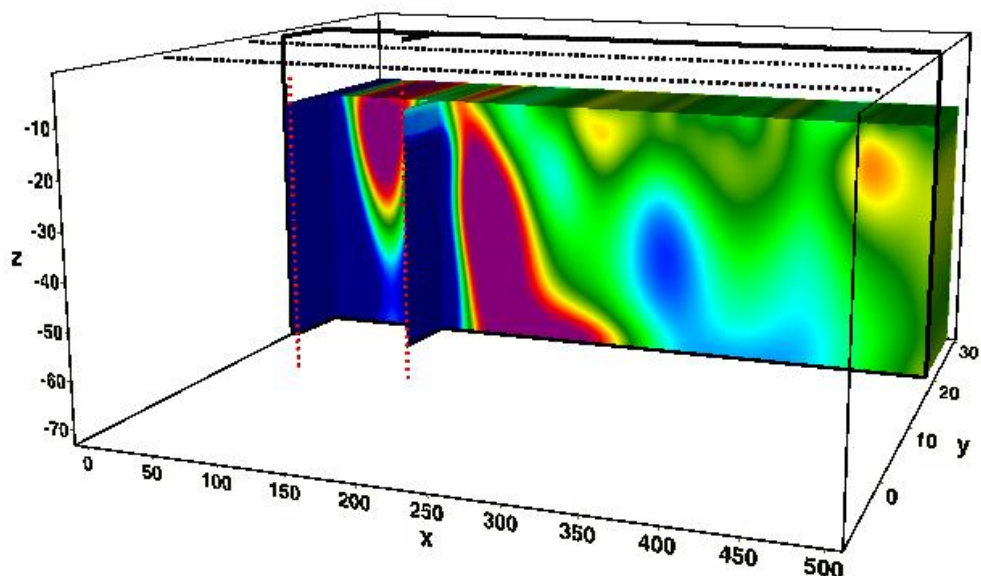




Рис. 41 Пример 3D модели для данных мексважинной томографии

Инверсия параметров ВП

Перейти в режим инверсии ВП, можно нажав кнопку  на панели инструментов. В этом случае нажатие кнопки  приведет к инверсии данных поляризуемости с учетом текущего разреза сопротивления.




При наличии в проекте данных ВП в меню **Options / Model** появится опция **MF factor display** – отобразить металл-фактор в области модели. После проведения инверсии данных поляризуемости можно отобразить этот параметр.

При наличии в проекте многоканальных измерений ВП (во временной или частотной области) - можно выполнить инверсию Cole-Cole. Данный пункт меню появляется в режиме инверсии ВП (после инверсии по всем каналам, например процедурой Time-lapse inversion) в главном меню программы **Time lapse / Cole-cole inversion**. Параметры модели Cole-Cole могут быть отображены в области модели после окончания расчетов. Для этого в главном меню программы **Options / Model / Cole-cole model** выберите необходимый параметр: **Chargeability, Time constant, C exponent**.

Пункты меню **Time lapse**, относящиеся к инверсии данных ВП описаны ниже.

Опция **Time lapse / Channels** вызывает таблицу времен каналов (должны быть заданы). 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).

Опция **Time lapse / 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 плане изолиний 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 положение точки в изначальное (**Origin point**) или удалить все точки (**Delete All**). Кнопка  панели инструментов окна позволяет проводить сглаживание текущей кривой.

Инструмент  позволяет выборочно удалять измерения.

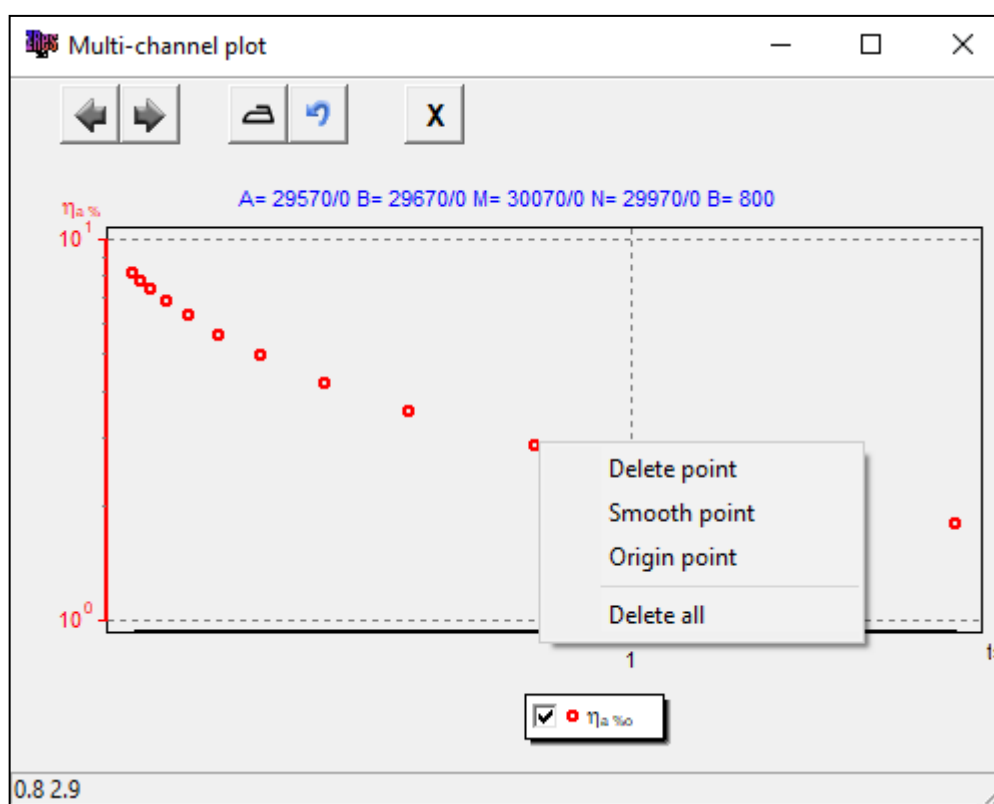


Рис. 42 Окно редактирования временной зависимости ВП

Инверсия данных мониторинга

При работе с данными мониторинга в главном меню программы появляется дополнительная вкладка **Time Lapse**, позволяющая настроить инверсию сразу для всех реализаций. Вкладка содержит следующие пункты:

Time lapse / Channels	Вызывает список каналов. Имеется возможность задать имя для каждого канала (столбец name) и установить инвертировать или нет данный канал (столбец inv).
------------------------------	--

Time lapse / Channel plot	Показать графики изменения параметра в зависимости от реализации.
Time lapse / Time lapse inversion	Запустить инверсию для всех каналов/измерений.
Time lapse / Next from previous	Инвертировать следующую реализацию, базируясь на результатах, полученных по предыдущей. Если опция не включена, в качестве начального приближения для каждой следующей итерации используется текущая модель данной реализации.
Time lapse / Max iter numb for next	Задать максимальное количество итераций для каждой следующей реализации.
Time lapse / Clear all models	Удалить модели для всех каналов.

При наличии моделей по нескольким реализациям мониторинга во вкладке меню **Options / Model** появляется дополнительный пункт **Time lapse summary**, позволяющий оценить скорость изменения параметра во времени.

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 на плане изолиний или псевдоразрезе, при помощи опции **Options / Data / Data Misfit**.

Оценки невязки позволяют проводить повторную отбраковку данных. Можно исключить данные с большой невязкой при помощи опции **Options / Extra / Remove data with big misfit**.

Априорная информация

Использование графических подложек для 2D и 3D моделей

Наиболее сильными приемами повышения качества интерпретации данных является комплексирование геофизических методов разведки и учёт априорной информации. В

программе реализовано несколько способов визуализации априорной информации. С помощью опции **Options / Import/Export** можно загрузить разнообразную геологическую и геофизическую информацию: модели из проектов других программ Zond, графическое изображение в виде подложки под разрез (например, геологический или сейсмический разрез) (см. рисунок ниже).

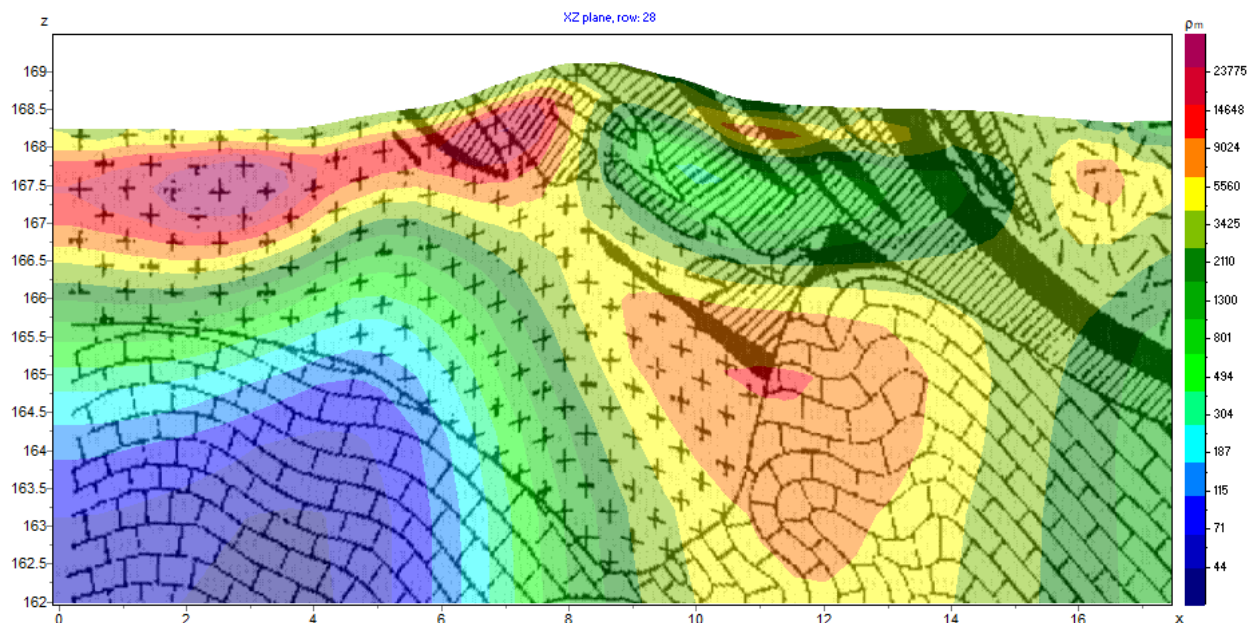


Рис. 43 Пример использования функции «Background 2D»

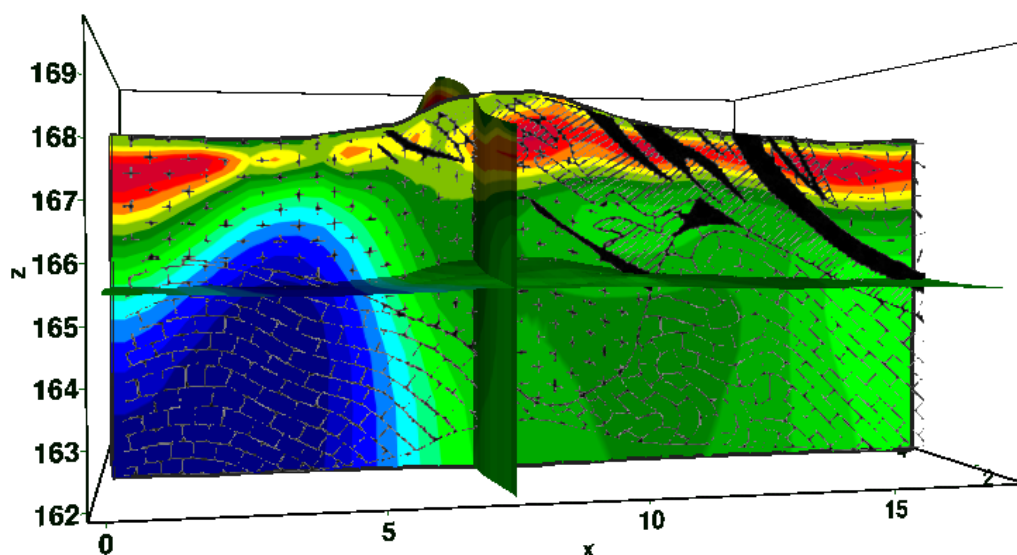


Рис. 44 Пример использования функции «Background 3D»

Для сопоставления результатов различных методов также удобно использовать функции **Import mod2d's** и **Import mod3d**. Эти опции позволяют загружать модели, сохраненные в других программах Zond, как файлы с расширением MOD3D и MOD2D, в текущую модель.

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.

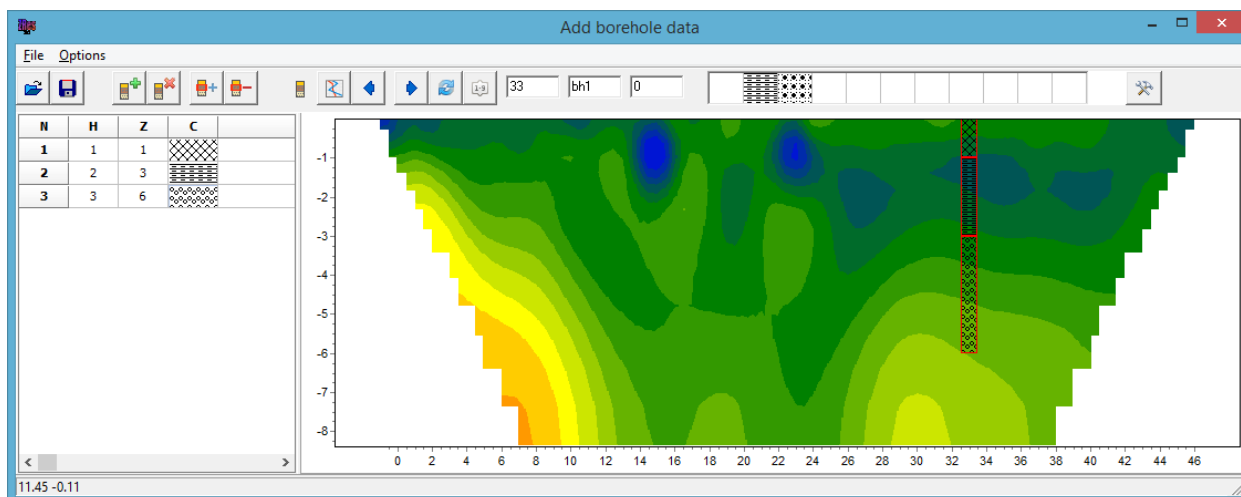



Рис. 45 Модуль добавления данных каротажа и литологии скважин

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. 48). В программе предлагается богатый выбор литологических заливок. В опции **Color** можно выбрать цвет заливки.




Рис. 46 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 **ZondRes3D** и *.txt – файла для каждой скважины, имена соответствуют горизонтальной и вертикальной координате

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

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

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

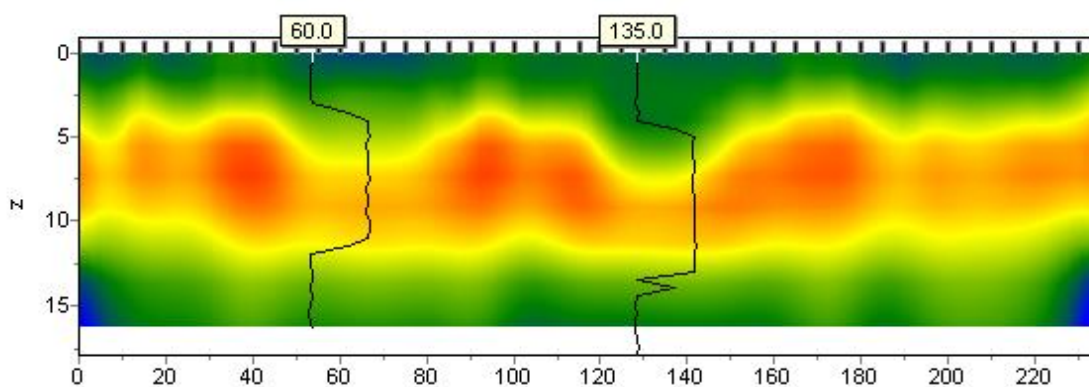


Рис. 47 Модель с нанесенными каротажными диаграммами

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.

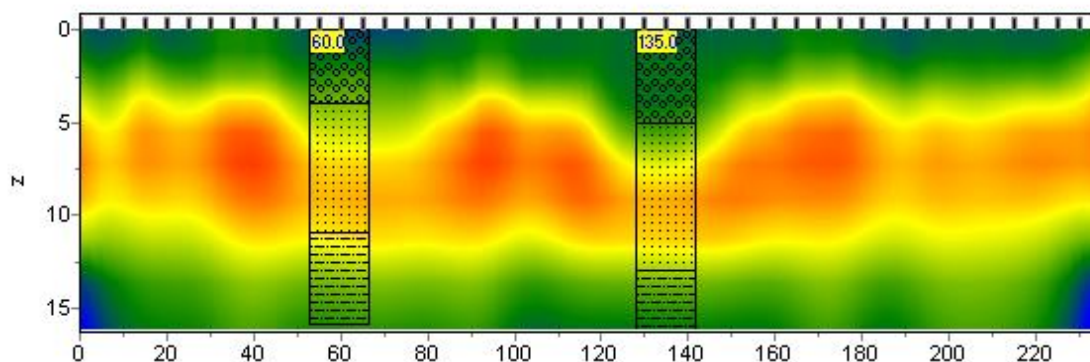


Рис. 48 Модель с нанесенными литологическими колонками

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

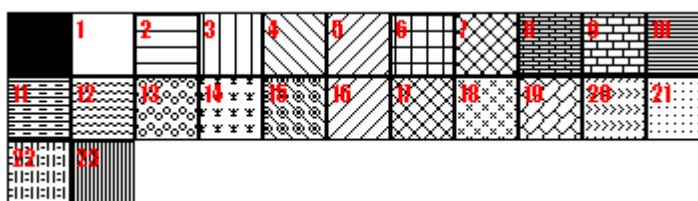


Рис. 49 Варианты штриховки литологической колонки

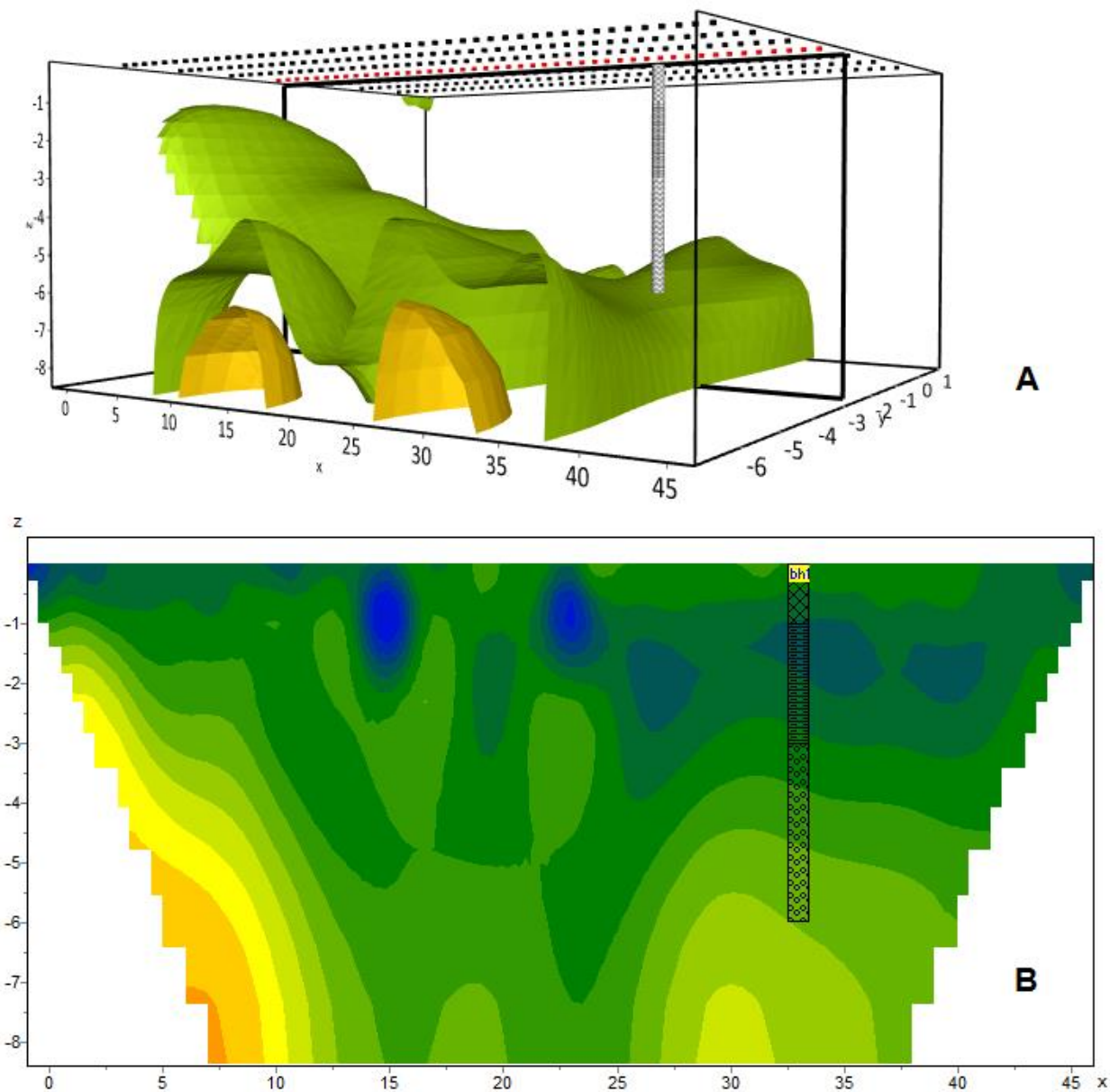


Рис. 50 Визуализация скважинной информации в объемной модели(A) и на срезе(B).

Результаты интерпретации

Режимы и параметры визуализации среза модели

Срез модели можно отобразить в виде ячеек **Options / Model / Block-section** (см. рисунок ниже) или в гладкой интерполяционной палитре **Options / Model / Smooth-section** (см. рисунок ниже).

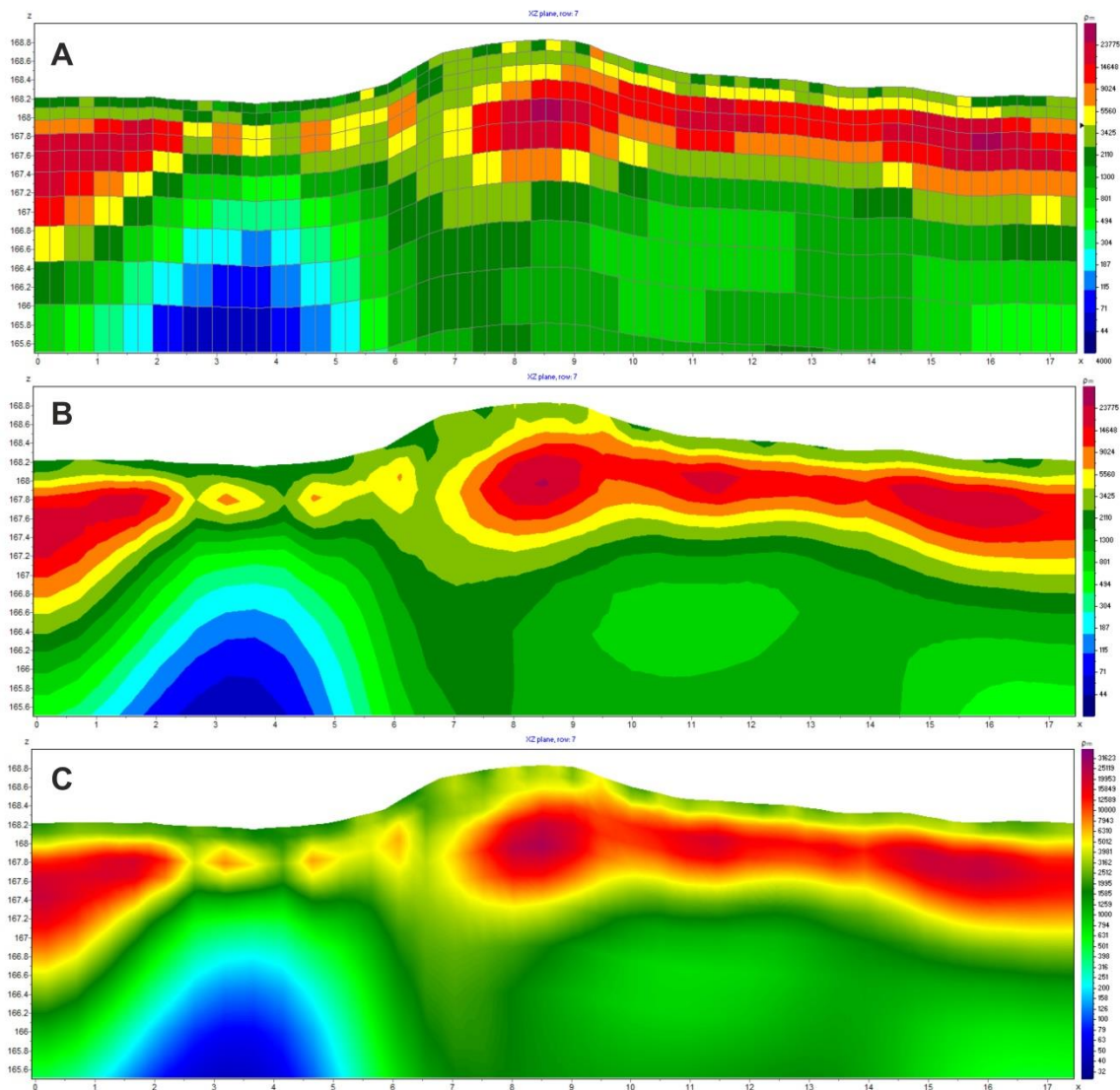



Рис. 51 Варианты отображения модели: Block-section (A), Smooth-section в виде разреза изолиний (B) и Smooth-section виде модели в гладкой интерполяционной палитре (C)

Для того, чтобы изображать контурную модель в гладкой интерполяционной палитре необходимо активировать функцию «Continuous» во вкладке «Colors». Вкладка «Colors» находится в диалоговом окне «Model setup» (см. раздел «диалог настройки отображения параметров модели»).

Режимы и параметры визуализации объемной модели

Объемная модель служит для отображения результата в трехмерном виде. Масштаб изображения контролируется колесом мыши. Вращение модели производится с нажатой левой кнопкой мыши.

Дополнительные опции визуализации доступны при нажатии правой кнопки мыши в области 3D модели, после чего появляется диалог **3D Options**.

Диалог настройки параметров 3D изображения состоит из пяти вкладок. В нижней части расположена опция **Opacity** (0-100), позволяющая задавать общую прозрачность модели. Для более тонких настроек параметров прозрачности модели следует использовать кнопку  (см. рисунок ниже).

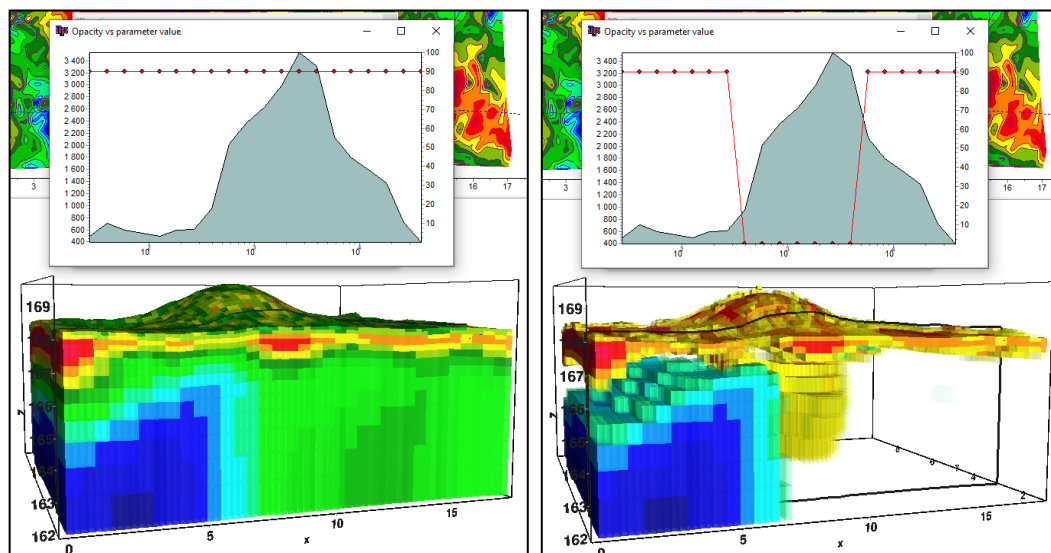


Рис. 52 Пример работы с диалоговым окном **Opacity vs parameter value**

В окне *Opacity vs parameter value* голубым (залитым) графиком показано распределение текущего параметра. Красным графиком отображается значение прозрачности в зависимости от параметра. Обычно, значение параметра вмещающей среды является максимумом в графике распределения. Если необходимо показать только аномальные объекты, прозрачность параметров близких к значению вмещающей среды уменьшают. Изменения профиля прозрачности производится с помощью мыши.

Вкладка **Pie-cut** – строит модель, ограниченную выбранными пользователем сечениями (см. рисунок ниже).

Опция *Smooth* включает режим графического построения модели с непрерывной интерполяционной закраской. Три движка определяют положения границ отсечения модели.

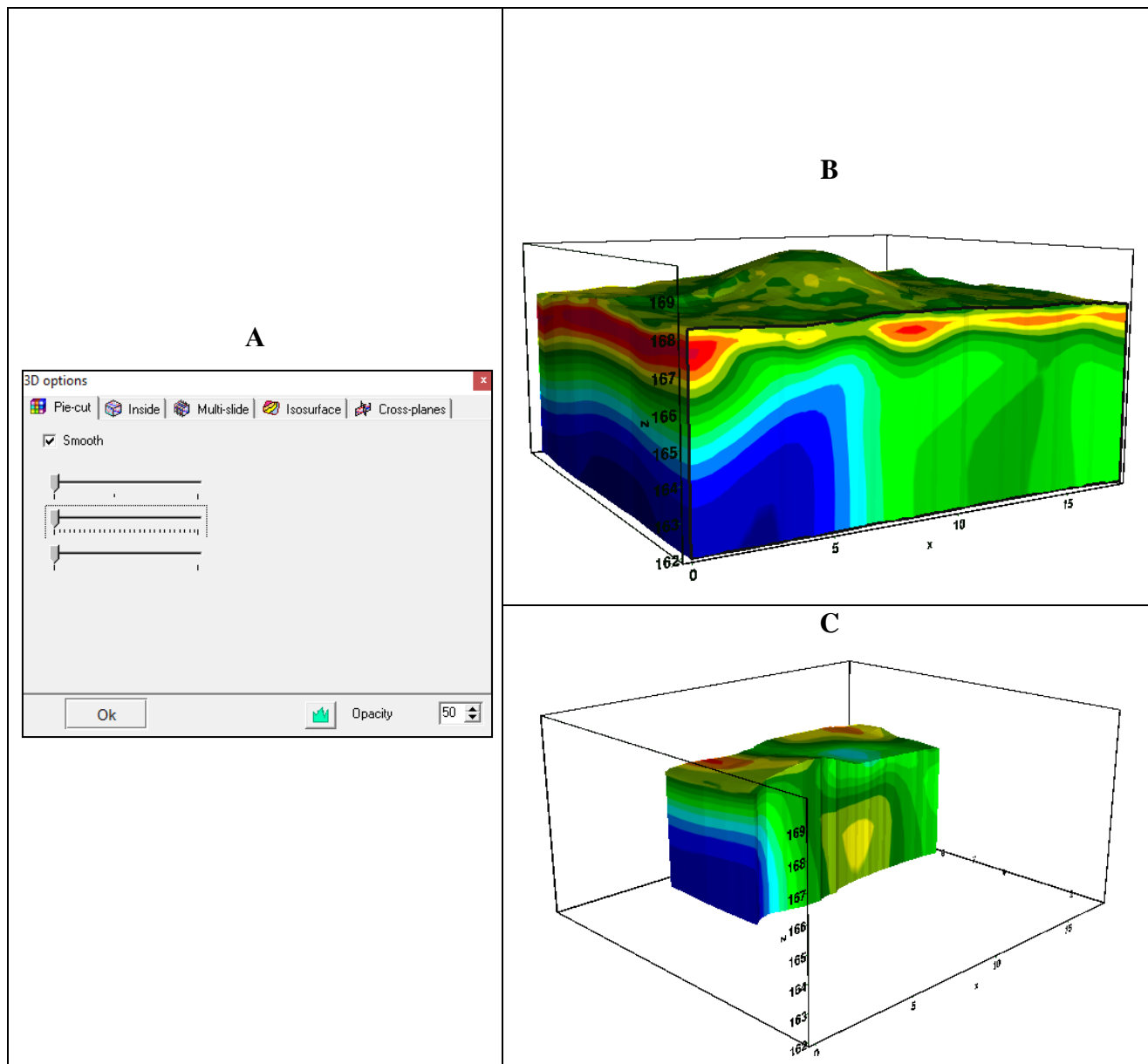


Рис. 53 Диалоговое окно 3D options, вкладка Pie-cut (А) и примеры соответствующей визуализации модели (В, С)

Вкладка **Inside** – строит модель в виде блоков (см. рисунок ниже). Прозрачность блоков можно контролировать опцией *Opacity*. Движок в верхней части устанавливает относительный размер ячейки от 0 до 100 процентов. Опция *Hide half-space* запрещает рисование блоков, значение которых равно значению полупространства (удобно использовать в режиме моделирования).

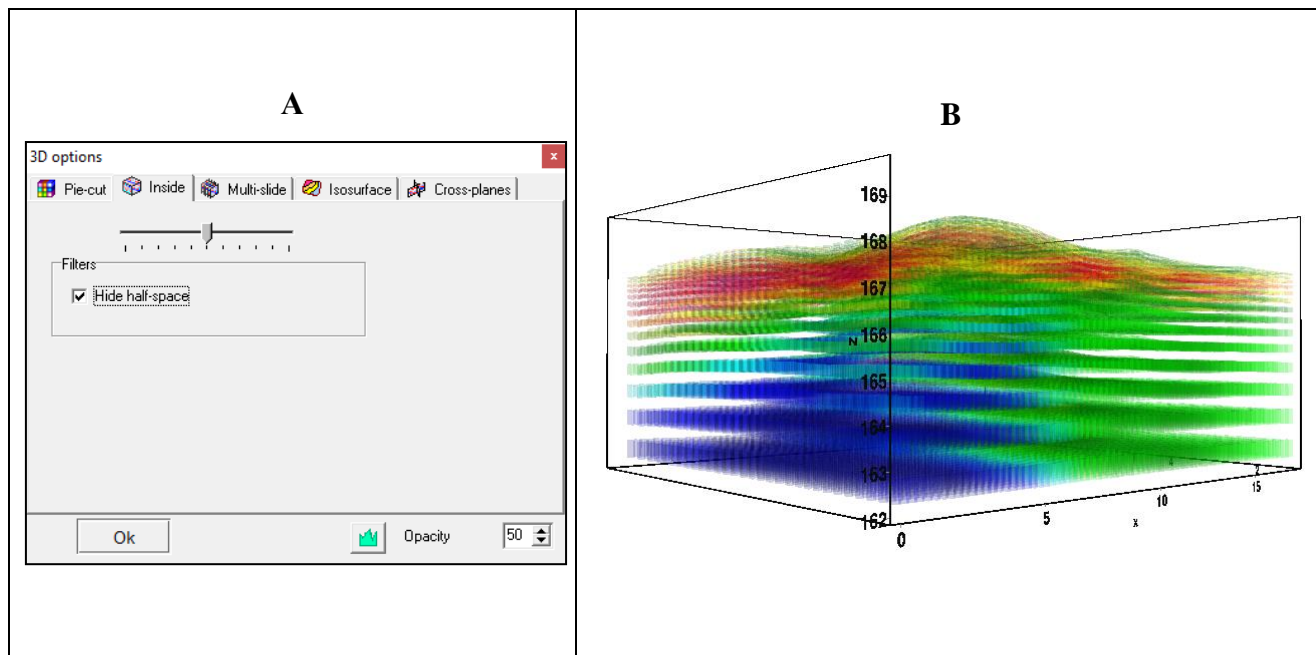


Рис. 54 Диалоговое окно 3D options, вкладка Inside (A) и примеры соответствующей визуализации модели (B)

Вкладка **Multi-slide** – отображает этажерку из полупрозрачных срезов модели вдоль одного из направлений (см. рисунок ниже). Опция **Smooth** включает режим графического построения модели с непрерывной интерполяционной закраской. Опция **Automatic** включает автоматический выбор направления построения этажерки в зависимости от угла зрения.

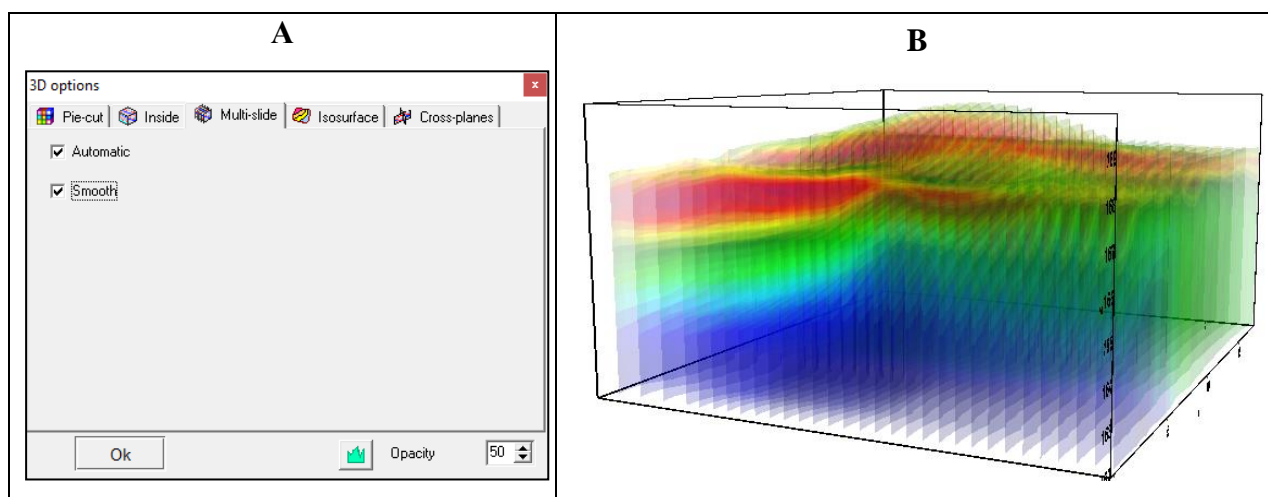


Рис. 55 Диалоговое окно 3D options, вкладка Multi-slide (A) и пример соответствующей визуализации модели (B)

Вкладка **Isosurface** – отображает трехмерные изоповерхности параметров разреза (см. рисунок ниже). Три движка определяют значения, по которым будут построены изоповерхности. Движок *Smoothness* определяет степень гладкости изоповерхности. Опция

VolRender включает режим отображения полупрозрачного тумана, цвет которого определяется параметрами модели.

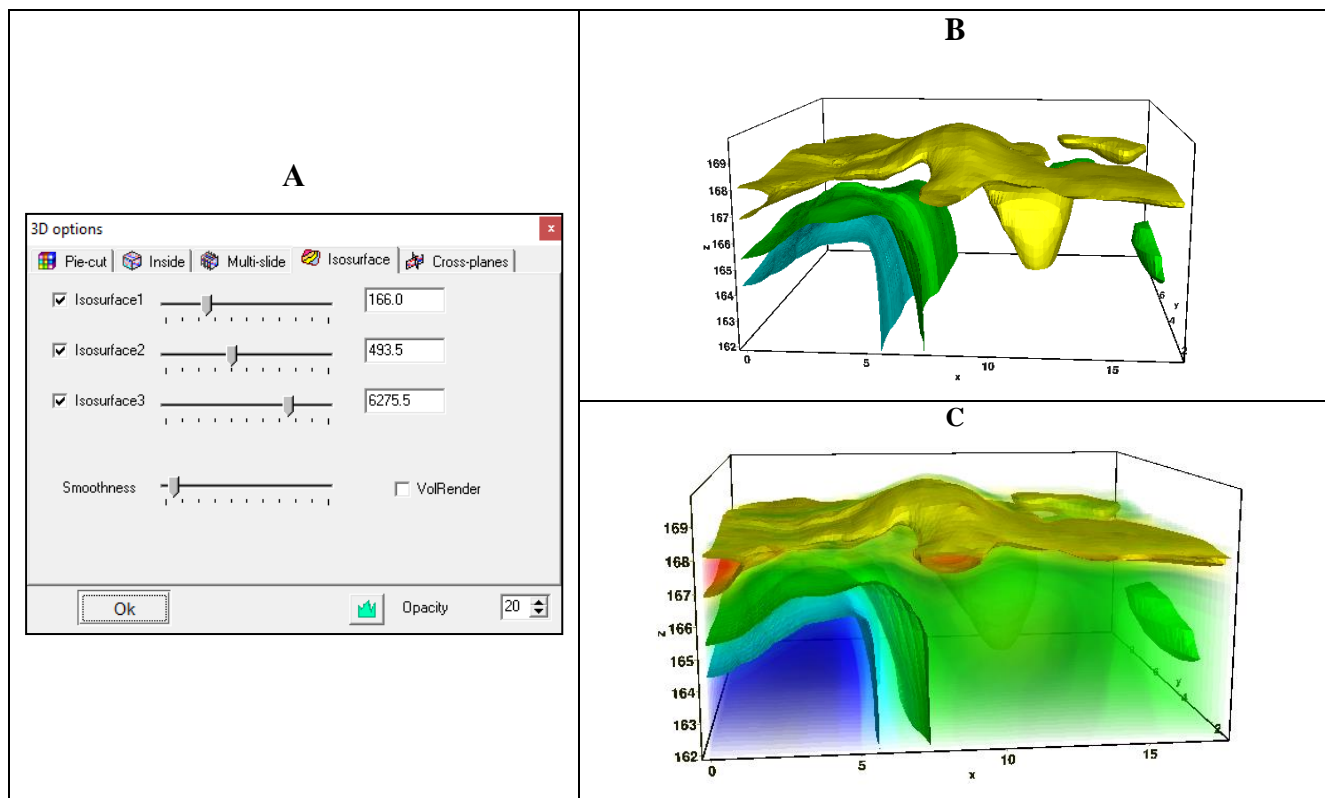


Рис. 56 Диалоговое окно 3D options, вкладка Isosurface (A) и примеры соответствующей визуализации модели (B, C)

Вкладка **Cross-planes** – отображает три полупрозрачные взаимно пересекающиеся плоскости (см. рисунок ниже). Опция *Smooth* включает режим графического построения модели с непрерывной интерполяционной закраской. Три движка определяют положения плоскостей пересечения модели.

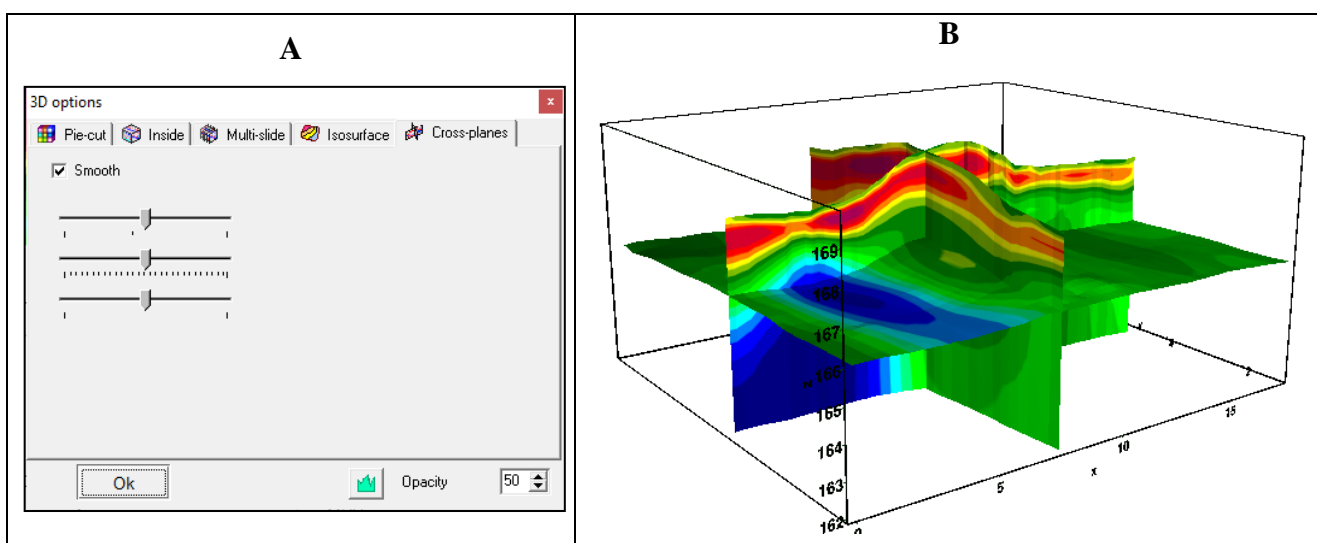


Рис. 57 Диалоговое окно 3D options, вкладка Cross-planes (A) и пример соответствующей визуализации модели (B)

Опции обрезки применяются ко всем типам 3D изображений, кроме «Pie-cut».

Обрезка модели

Краевые части модели обычно характеризуются худшей разрешающей способностью. Очень часто эти области содержат многочисленные ложные аномалии. Опция **Options / Cutting** позволяет скрыть края модели, задав значение (в градусах) угла обрезки.

Возможно задать угол обрезки модели как по оси X, так и по оси Y (**Cut angle X** и **Cut angle Y**). Эти функции будут активны только при включенной опции *Blanking cut*.

Обрезку можно выполнить не для всех типов 3D моделей.

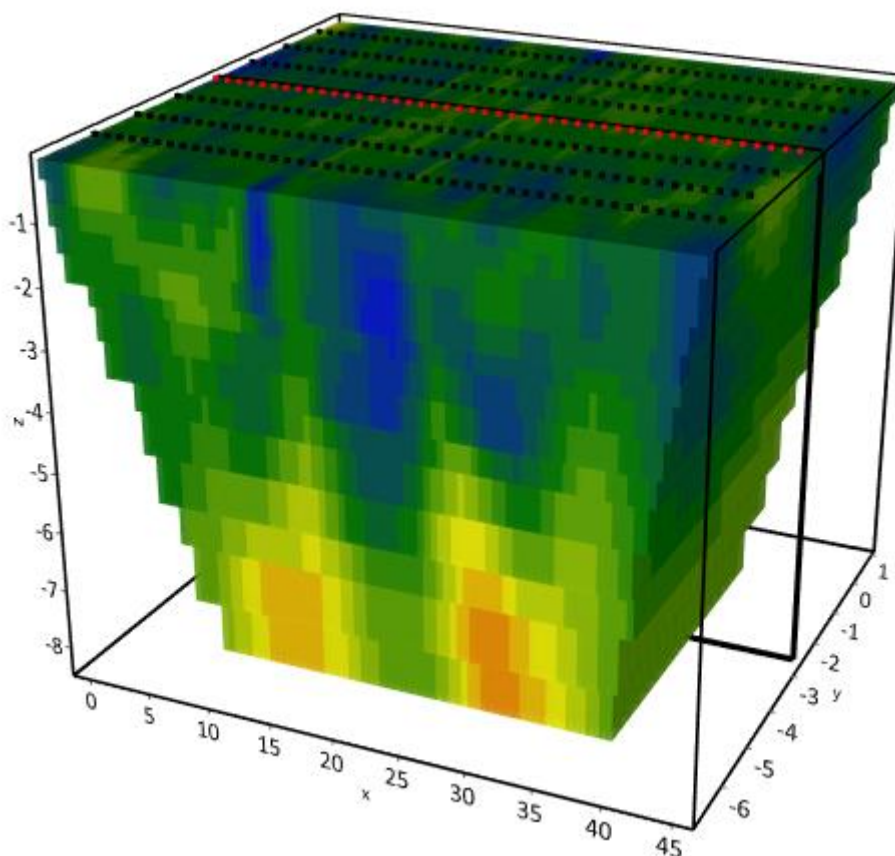


Рис. 58 Пример модели с обрезкой по краям

Работа с несколькими моделями в одном проекте

Опция **Buffer/Open** главного меню программы позволяет сравнивать модели, полученные с различными параметрами инверсии. При использовании данной опции все рассчитанные модели отображаются в единой цветовой палитре и шкалах.

Чтобы записать текущую модель в буфер, необходимо нажать одну из кнопок, соответствующих буферным ячейкам. Возникающий при этом диалог позволяет ввести название модели, которое после этого будет отображаться на соответствующей кнопке в списке **Buffer** и в качестве заголовка – при отображении модели.

Кнопка **Buffer / Open** позволяет в одном окне посмотреть все загруженные в буфер модели, что удобно для их сравнения (для выбранного среза).


После того как первая модель создана, в редакторе модели можно очистить текущую модель и создать следующую.

Если выбранная ячейка в буфере не пуста, программа спросит, хотим ли мы открыть эту 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.

При использовании опции *Only current*, программа загружает в буфер только модель удельного электрического сопротивления или поляризуемости, в зависимости от режима, в котором работает пользователь.

Сохранение результатов

Результат интерпретации (проект) хранится в бинарном файле формата **ZondRes3D** (расширение *.z3d). В этом файле сохраняются полевые и рассчитанные данные, значения относительных весов измерений, текущая модель среды и многое другое.

Сохранить результат интерпретации, можно нажав кнопку  панели инструментов или соответствующий ей пункт меню **File / Save file**.

Возможные варианты для сохранения представлены в таблице:

Project file [*.z3d]	Сохранить измеренные значения и текущую модель среды и все настройки в файл проекта.
Project with calculated data [*.z3d]	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.
Observed [*.z3d]	Сохранить наблюдаемые значения в текстовый файл формата z3d.
Calculated data [*.z3d]	Сохранить рассчитанные значения в текстовый файл формата z3d.
XYZV [*.dat]	Сохранить модель в виде текстового файла. Этот файл может

	быть использован сторонней программой для визуализации 3D модели.
XYZ [*.dat]	Сохранить текущий срез в виде текстового файла. Этот файл может быть использован сторонней программой для построения грида и визуализации 2D среза модели.

Настройка графических параметров

Диалог настройки экспортируемого изображения

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

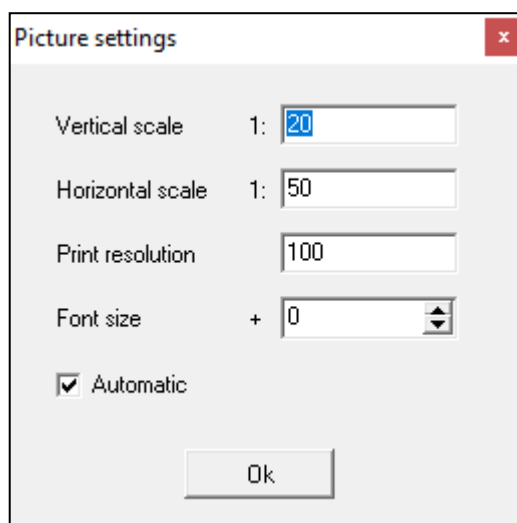


Рис. 59 Диалоговое окно **Picture settings**

Диалог настройки параметров контурной карты и псевдореза

Диалог вызывается из контекстного меню (**Setup**) в области псевдореза или контурной карты.

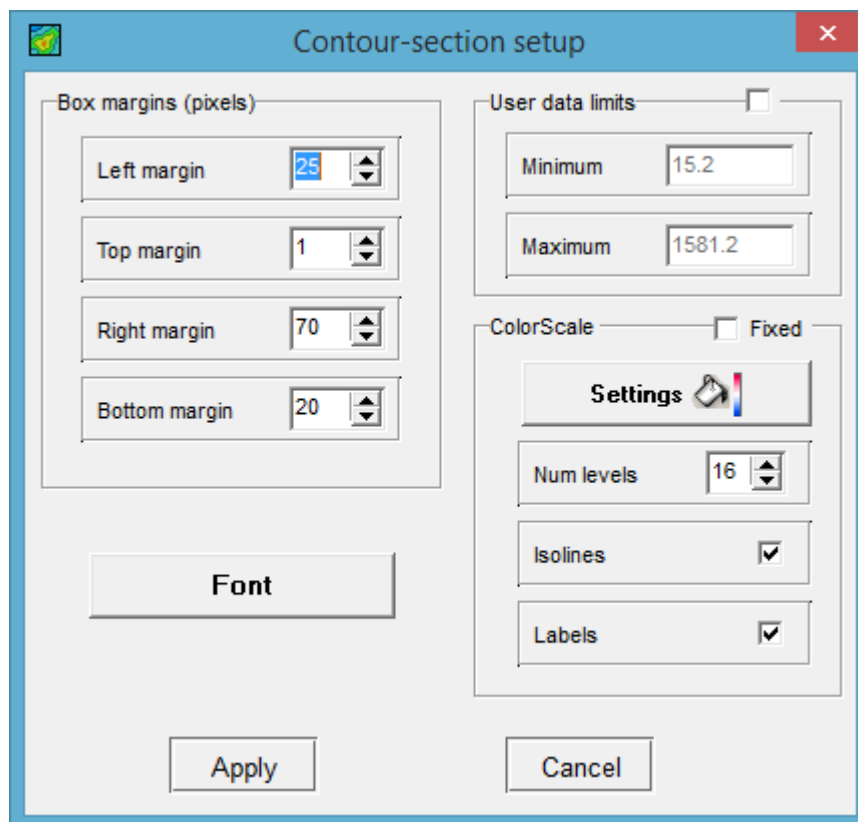


Рис. 60 Окно диалога «Contour-section setup»

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):

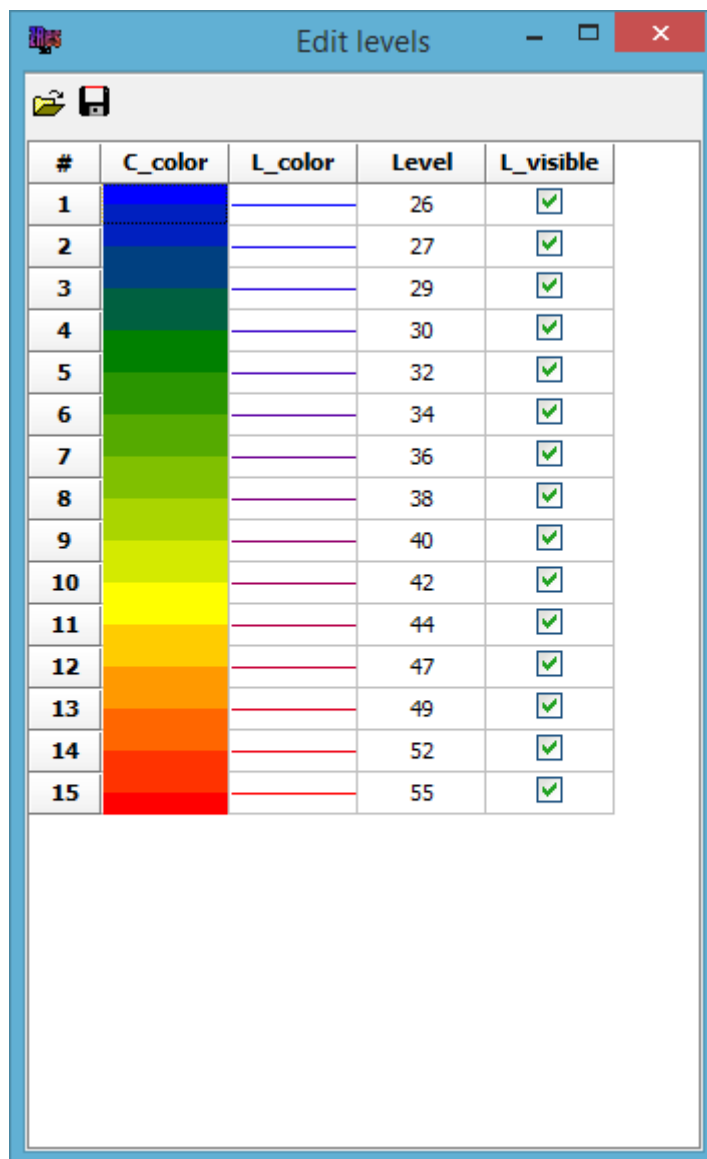


Рис. 61 Окно диалога «Edit levels»

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

C_color – вызывает окно редактирования цвета шкалы значений.

L_color – вызывает окно редактирования цвета рисок на цветовой шкал.

Level – вызывает окно редактирования пределов цветовой шкалы.

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



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

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

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

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

Диалог настройки палитры

Диалог предназначен для настройки палитры объекта программы и вызывается кнопкой Palette (Рис. 64). 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 .

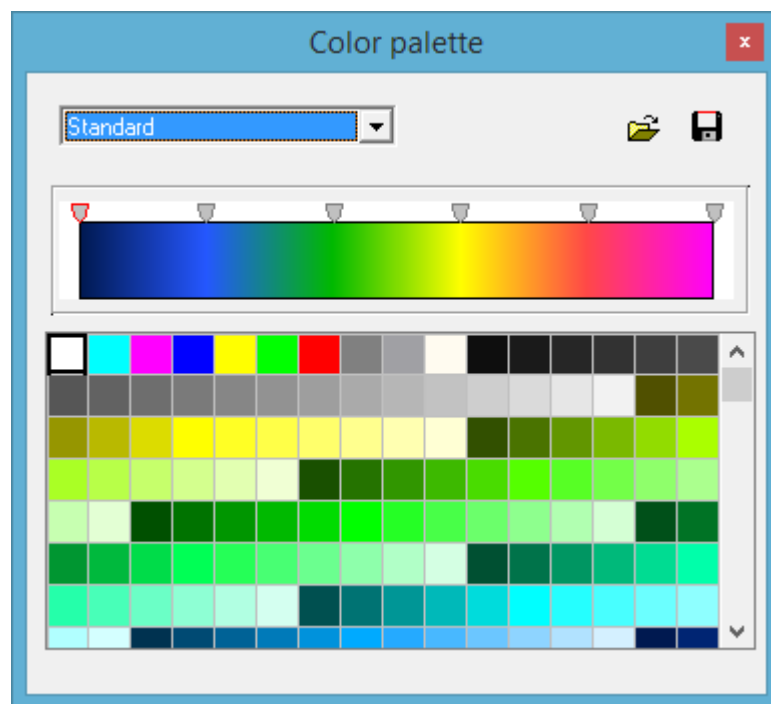


Рис. 62 Диалог настройки параметров палитры.

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

Редактор набора графиков

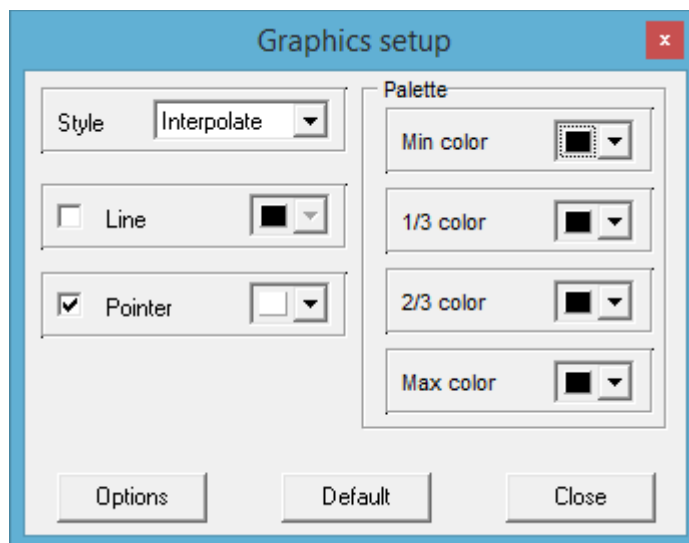


Рис. 63 Редактор набора графиков

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.

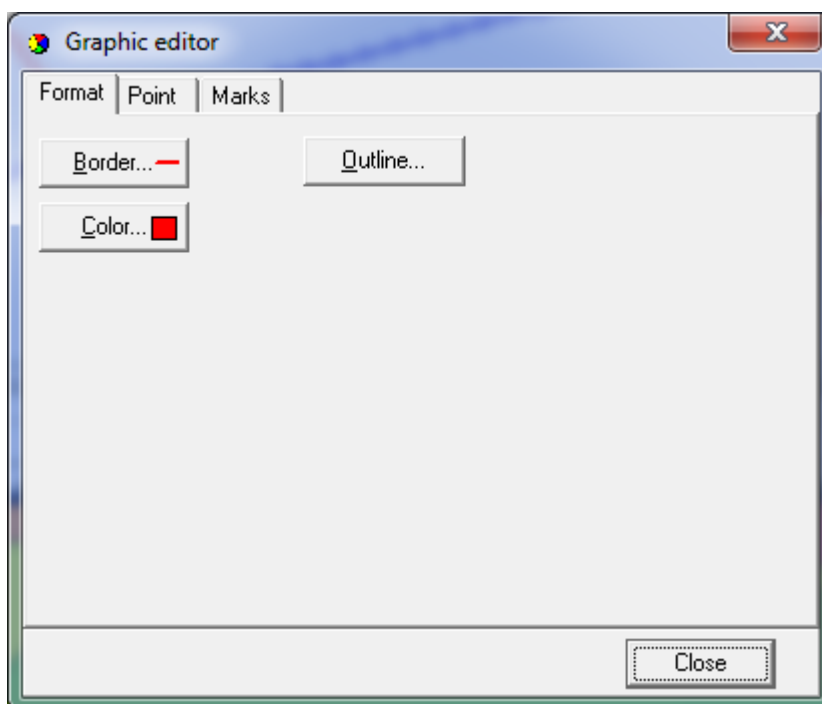


Рис. 64 Диалог редактора настройки графиков

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).

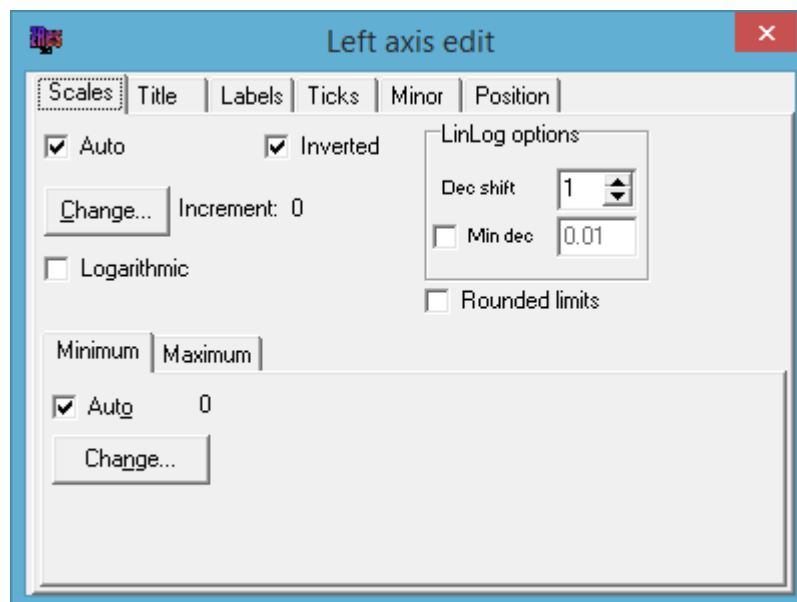


Рис. 65 Пример диалога редактора левой оси

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)

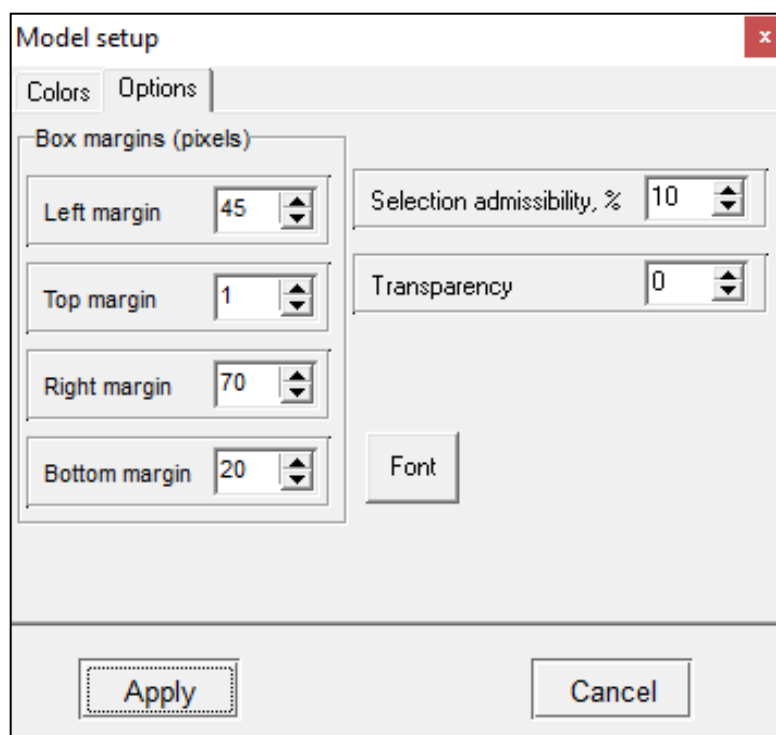


Рис. 66 Диалоговое окно «Model setup», вкладка «Options»

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 **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)

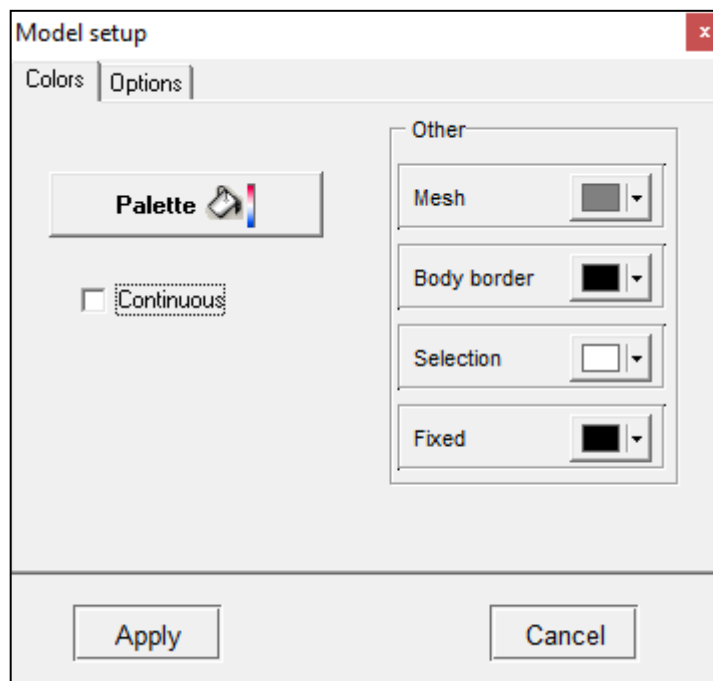


Рис. 67 Диалоговое окно «Model setup», вкладка «Colors »

Кнопка **Palette** – устанавливает цветовую палитру.

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

Опция *Continues* устанавливает тип палитры: градиентная (непрерывная) или контурная (кусочно-постоянная).

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

Диалог предварительного просмотра печати может быть вызван в главном меню программы **File / Print preview**. Также он доступен по двойному щелчку мыши в области любого объекта программы.

При выборе данной опции щелчком правой кнопки мыши в области любого объекта программы, на печать будет выведен только этот объект (см. рисунок ниже).

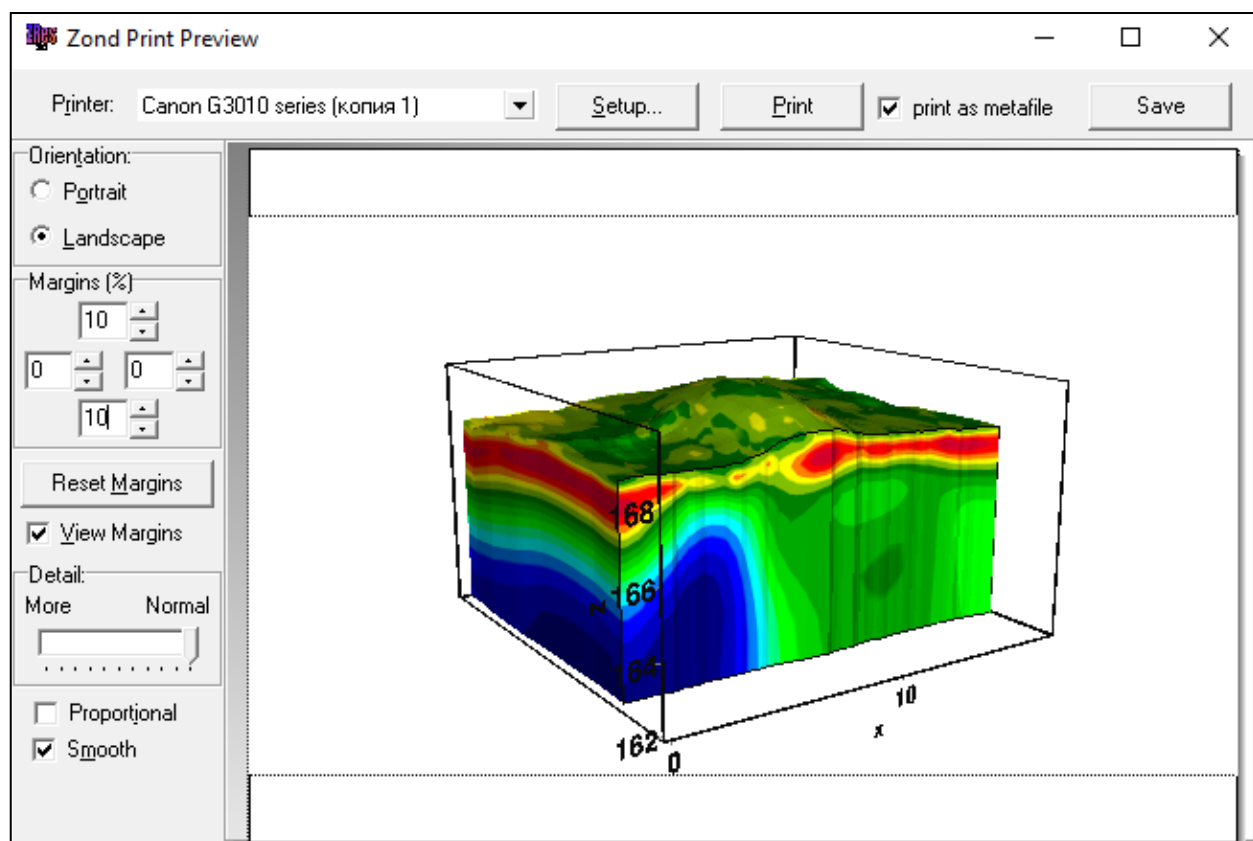


Рис. 68 Диалоговое окно «Print preview»

Для перемещения объекта печати по листу используйте левую кнопку мыши.

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

Printer: Canon G3010 series - выбор принтера для печати. В открывающемся меню можно выбрать один из настроенных принтеров.

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

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

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

Save

- сохранение в bitmap files или png files.

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. 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.
4. Marquardt, D.W. [1963] An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters: *J. Soc. Indust. Appl. Math.*, 11, 431-441.
5. Portniaguine, O.N. and Zhdanov M.S. [1999] Focusing geophysical inversion images. *Geophysics*. V. 64. P. 874–887.
6. 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:

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