ZondTEM3D

Программа трёхмерной интерпретации данных метода переходных процессов (ЗСБ/ТЕМ). Руководство пользователя

2026

Содержание

О программе....6
Назначение....6
Что нужно для расчёта....6
Принятые единицы и обозначения....7
Модули программы....8
Системные требования и установка....9
Поддерживаемые установки....10
Генераторы....10
Приёмники....10
Схемы установок....10
Измеряемые величины и форма тока....12
Главное окно программы....13
Расположение элементов....13
Панель инструментов....14
Строка состояния....16
Мышь и клавиши главного окна....16
Открытие данных и проектов....18
Поддерживаемые форматы....18
Последовательность диалогов при открытии....19
Диалоги модулей чтения....21
Окно Stations locations....23
Окно Data filter....24
Окно Line settings....26
Окно Station parameters....28
Порядок работы (workflow): загрузка полевых данных....31
Просмотр и обработка данных....32
Виды представления данных....32
Окно Sounding curves....33
Сглаживание данных....34
Норма данных инверсии (Lin-log threshold)....35
Удаление данных с большой невязкой....36
Выравнивание Rx-Tx вдоль линий....37
Прочие операции с данными....37
Порядок работы (workflow): контроль качества данных....38
Главное меню....39
Меню File....39

Меню Options....39
Меню Buffer....43
Меню Help....44
Всплывающее меню кнопки инверсии....44
Конструктор сети....45
Назначение....45
Автоматический подбор вертикальной сети....45
Вкладка XY view....46
Вкладка XYZ view....48
Окна Trapezoidal mesh и Simple grid maker....49
Сообщения при создании сети....50
Порядок работы (workflow): построение сети....50
Модель и её редактирование....51
Ячейки, параметры и ограничения модели....51
Диалог Start model and constraints....51
Окно Set apriori boundaries....54
Редактирование модели....57
Прямая задача и инверсия....64
Прямая задача....64
Типы инверсии....64
Окно Program setup....66
Окно RMS vs iteration....74
Оценка невязки результатов инверсии....74
Априорная информация....75
Графические подложки....75
Встраивание моделей....76
Скважинные данные....77
Результаты интерпретации....83
Срез модели....83
Объёмное окно....83
Окно 3D settings....84
Непрозрачность в зависимости от параметра....89
Сглаживание и растеризация модели....90
Обрезка модели....91
Несколько моделей в проекте....92
Сохранение результатов....93
Построение срезов в Surfer....93
Порядок работы (workflow)....94
Мышь и клавиши этой главы....94

Настройка графических параметров 96
Диалог настройки параметров контурной карты и псевдоразреза 97
Диалог настройки палитры 101
Редактор набора графиков 103
Редактор графика 105
Редактор осей 106
Диалог предварительного просмотра печати 107
Вспомогательные окна 110
Окно Project information 110
Окно Help info 111
Окно Send message 111
Клавиши и мышь в окнах настройки графики 112
Типовые сценарии работы 114
Полный цикл: от полевых данных до 3D-модели 114
Контроль качества данных 115
Моделирование и проверка разрешающей способности (синтетический тест) 116
Съёмка по одному профилю (режим 2D) 116
Площадная съёмка с несколькими профилями 117
Использование априорной информации 117
Приложение А. Форматы файлов 118
Данные TEM 118
Сеть и рельеф 122
Модели: mod3d, mod2d, XYZV, срезы XYZ 123
Скважины 127
Палитры и уровни .clr 129
Экспорт: Paraview, Oasis, Surfer/Voxler, XYZ, KML 130
Прочие служебные файлы 133
Приложение Б. Сочетания клавиш и действия мышью 130
Главное окно и графические зоны 134
Редактор модели и срезов 135
Окно Sounding curves 136
Mesh constructor и Trapezoidal mesh 137
Профили, станции и фильтр данных 138
Псевдоразрезы и карты 138
Объёмное окно 3D 139
Окна графики и печати 140
Прочие окна 140
Приложение В. Файлы и модули программы 141
Файлы в папке программы 141

Временные файлы обмена 141
Модули и окна программы 142

О программе

Назначение

ZondTEM3D — программа трёхмерного моделирования и инверсии данных импульсной электроразведки во временной области: зондирований становлением поля в ближней зоне (ЗСБ), метода переходных процессов (МПП, TEM/TDEM). Программа рассчитывает переходные характеристики над трёхмерной средой с произвольным распределением удельного электрического сопротивления (с учётом рельефа) и решает обратную задачу — восстанавливает трёхмерную модель сопротивления по наблюдённым данным.

Программа предназначена для площадных съёмок и сетей профилей: съёмок с соосными и центральными петлями, с разнесёнными установками (одна генераторная петля и множество приёмников), с совмещёнными петлями, а также для данных бортовых и буксируемых систем (например, TTEM и STEM). Поддерживается импорт наиболее распространённых форматов полевой аппаратуры; при этом программа самостоятельно приводит все данные к единому виду — нормированному сигналу в мкВ/А, времени в секундах — и к единой системе координат.

Основные возможности:

- импорт данных TEM-FAST, EPA, «Подбор», ZondTEM1D (tdf, usf, avg), Interpex, Geonics, Amira, BEM, STEM и TTEM; объединение нескольких файлов в один проект;
- редактирование параметров установки каждой станции: формы и положения генераторной и приёмной петель, типа приёмника, формы импульса тока (ступенька, трапеция с фронтами, произвольная форма);
- контроль качества: псевдоразрезы и карты кажущегося сопротивления и сигнала, кривые зондирований, сглаживание, фильтр данных, удаление точек по невязке;
- построение трёхмерной сети по положению станций, с учётом рельефа и группировкой ячеек;
- быстрая квазитрёхмерная инверсия (**Pseudo 3D**) — согласованные одномерные инверсии под станциями со связью между соседями и переносом результата в трёхмерную сеть;
- полная трёхмерная инверсия (**Full 3D**) на основе метода конечных элементов (рёберные элементы Неделека) и рационального метода Крылова;
- редактор модели, стартовая слоистая модель, ограничения параметров, подложки, скважины, обрезка модели;
- трёхмерная визуализация результата, экспорт в Surfer, Voxler, ParaView, Oasis montaj, форматы обмена MOD3D, MOD2D, XYZV.

Что нужно для расчёта

Для решения прямой и обратной задач программе необходимы:

1. **Система наблюдений** — координаты станций, геометрия генераторной (Tx) и приёмной (Rx) петель, высота петель над поверхностью, тип приёмника, форма тока и список времён (задержек).

2. **Модель среды** — трёхмерная сеть ячеек с удельным сопротивлением каждой ячейки и рельеф поверхности.
3. **Наблюдённые данные** (для инверсии) — значения ЭДС, нормированные на ток, в каждом времени каждого приёмника, и (по желанию) веса измерений.

При чтении полевого файла программа проходит цепочку диалогов, в которых уточняются недостающие сведения (единицы, координаты, профили), и затем строит сеть. Порядок описан в разделе «Открытие данных».

Принятые единицы и обозначения

Величина	Единицы в программе	Примечание
Время (задержка)	с	В диалогах формы импульса длительности задаются в микросекундах (мкс)
Сигнал dB/dt	мкВ/А	ЭДС, нормированная на ток генератора; при необходимости — на площади петель (см. Data units)
Поле B	значение B, нормированное на ток генератора (B/I)	Используется, если у приёмника снят флажок dF/dt (поле B вместо dB/dt); нормировка на ток такая же, как у сигнала dB/dt
Кажущееся сопротивление ρa	Ом·м	По умолчанию — асимптотика поздней стадии; по запросу — «истинное» ρa однородного полупространства
Координаты, высоты	м	Z — абсолютная отметка, H — высота над рельефом
Удельное сопротивление модели	Ом·м	Допустимый диапазон 0.0001–1 000 000 Ом·м

Кажущееся сопротивление поздней стадии. Для приёмника dB/dt программа использует формулу

$$\rho_\tau = \frac{\mu_0}{\pi t}\left(\frac{q\,\mu_0}{20\,t\,|u|}\right)^{2/3},$$

где t — время, с; u — сигнал, нормированный на ток (В/А); $q = S_{Tx}\,S_{Rx}$ — произведение эффективных площадей генераторной и приёмной петель, м²; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м. Формула совпадает с классической $\rho_\tau = \frac{\mu_0}{4\pi t}\left(\frac{2\mu_0 q}{5tu}\right)^{2/3}$. Для магнитного поля B используется аналог $\rho_\tau = \frac{\mu_0}{\pi t}\left(\frac{q\,\mu_0}{30\,|B|}\right)^{2/3}$. Если задан длительный фронт выключения, применяется вариант формулы с поправкой на фронт.

Истинное кажущееся сопротивление (пункт **Options / Data / True apparent resistivity**) — сопротивление однородного полупространства, для которого рассчитанный по полной установке (форма петель, высота, фронты) сигнал совпадает с наблюдённым в данном времени. Оно точнее отражает разрез на ранних временах, но вычисляется дольше и

используется только для отображения: сглаживание, фильтрация и нормы инверсии работают с ρa поздней стадии или с сигналом.

Модули программы

Программа состоит из главного окна и набора окон (модулей), каждый из которых отвечает за свой этап работы. Ниже перечислены модули с кратким назначением; подробное описание дано в соответствующих разделах.

Модуль (заголовок окна)	Для чего нужен	Как вызывается
ZondTEM3D (главное окно)	Карта данных, 3D-вид, псевдоразрезы, редактор модели, запуск расчётов	—
Amira / Geonics survey / Data units / UTM zone	Уточнение единиц, нормировки и параметров при чтении файла конкретного прибора	Автоматически при открытии
Curve selector	Отбор и осреднение повторных кривых одного зондирования (обработка Deep)	Автоматически при открытии
Stations locations	Таблица координат станций, загрузка координат из файла, перевод широты/долготы в UTM	Автоматически при открытии
Data filter	Удаление данных за пределами диапазонов, по полигону, прореживание станций	При открытии (если включён **File / Show data filter**)
Line settings	Создание и редактирование профилей (линий) съёмки	При открытии, **Options / Set survey lines**
Station parameters	Параметры станции: координаты, генератор, приёмник, форма тока	Кнопка 
Pulse shape	Табличная форма импульса тока	Кнопка в **Station parameters / Time mode**
Mesh constructor	Построение трёхмерной сети и рельефа	При открытии, **Options / Mesh constructor**
Sounding curves	Кривые зондирования выбранного приёмника, редактирование точек	Кнопка , **Options / Data / Sounding curves**
Smoothing settings	Сглаживание наблюдённых данных по времени и между станциями	**Options / Data / Smooth data**
Program setup	Параметры инверсии	Кнопка , **Options / Program setup**
Start model and constraints	Слоистая стартовая модель и пределы	**Options / Model / Set 1D model**
Set apriori boundaries	Априорные границы	**Options / Inversion / Set apriori boundaries**
Extra layered term	Настройки слоистого члена	**Options / Inversion / Optimization / Layered term**

Модуль (заголовок окна)	Для чего нужен	Как вызывается
RMS vs iteration	Ход инверсии	Автоматически (**Options / Inversion / Show progress**)
Data misfits	Распределение невязок, удаление записей с большой невязкой	**Options / Extra / Remove data with big misfit**
3D settings	Настройки объёмного вида	Кнопка , правая кнопка по 3D-виду
Cell setup / Model setup	Точные значения ячеек, вид редактора модели	Меню редактора модели
Borehole editor	Скважины, литология, каротаж	**Options / Boreholes**
Buffer	Сравнение до четырёх моделей	Меню **Buffer**
Окна настройки графики	Изолинии, палитры, оси, печать, видео	Правая кнопка по графикам

Вычислительная часть разделена на две части. Быстрая квазитрёхмерная инверсия (Pseudo 3D) выполняется внутри программы. Полная трёхмерная прямая задача и Full 3D-инверсия выполняются отдельным 64-разрядным вычислительным модулем **zondtem3d.dll**. Если модуль не найден, при запуске выводится сообщение «zondtem3d.dll not found». Если расчёты постоянно прерываются, проверьте, не блокирует ли антивирус вычислительный модуль, и выполните **Help / Restart library**.

Системные требования и установка

Программа работает в 64-разрядных Windows 8–11. Для полной трёхмерной инверсии рекомендуется многоядерный процессор и не менее 64 ГБ оперативной памяти: объём памяти определяется числом ячеек сети и числом параметров инверсии (текущая оценка выводится в строке состояния). Для быстрой работы с большими сетями используйте группировку ячеек (**Cell grouping**) и обрезку модели.

Для установки скопируйте папку программы на диск, на котором разрешена запись (служебные файлы обмена с вычислительным модулем записываются в папку программы). Лицензия привязывается к электронному ключу или файлу регистрации (**File / Reg file**).

Поддерживаемые установки

ZondTEM3D работает с индукционными установками метода переходных процессов с незаземлёнными источниками. Используется только вертикальная (Z) компонента магнитного поля или его производной по времени. Установка задаётся отдельно для каждой станции (окно **Station parameters**), поэтому в одном проекте могут сочетаться станции с разной геометрией генератора и приёмников.

Генераторы

Тип генератора	Код в TDF	Описание
Loop — петля	3	Незаземлённая петля произвольной формы: квадрат, прямоугольник или многоугольник, заданный вершинами (контур замыкается автоматически). Высота петли над поверхностью задаётся параметром **Elevation**: 0 — наземная петля, больше 0 — петля буксируемой или бортовой системы
VMD — вертикальный магнитный диполь	0	Малая петля, размер которой много меньше разноса и глубины исследования; задаются центр и высота над поверхностью

Заземлённые линии (HEL), горизонтальные электрические (HED) и магнитные (HMD) диполи не поддерживаются: станции с такими генераторами в расчёт и инверсию не включаются.

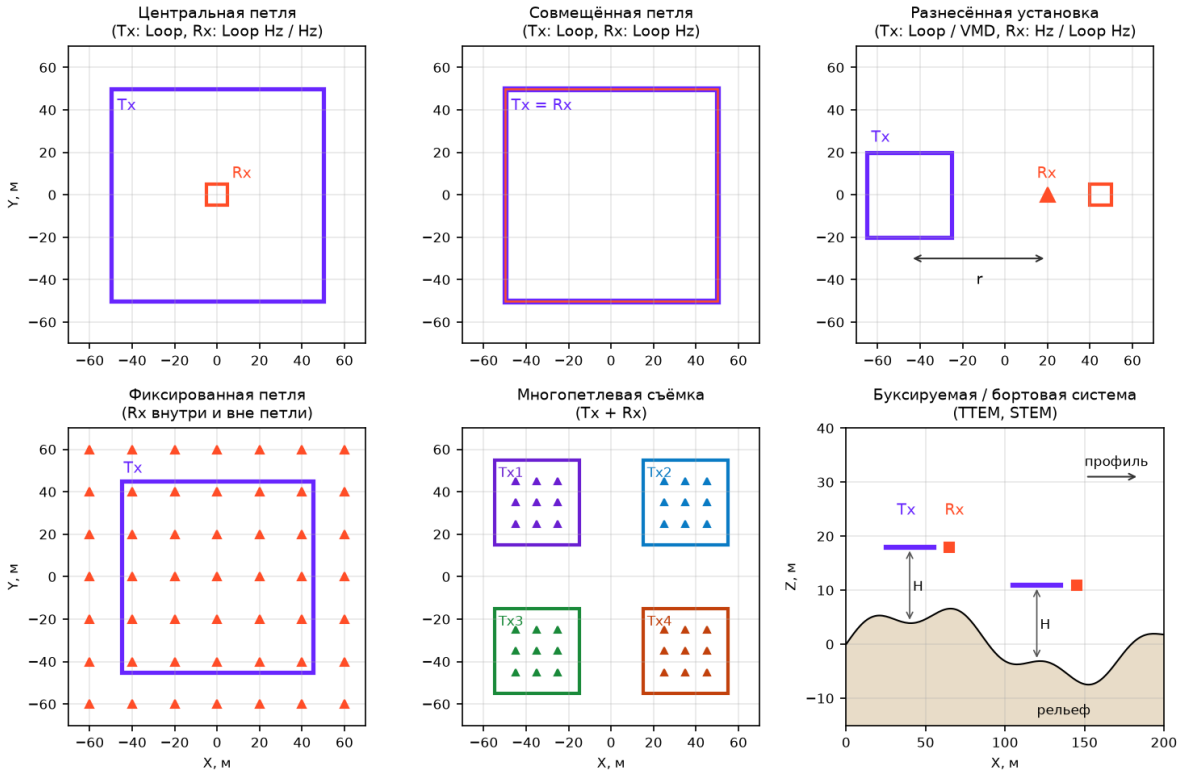
Приёмники

Тип приёмника	Код в TDF	Описание
Loop Hz — приёмная петля	2	Петля произвольной формы; отклик рассчитывается по её контуру с учётом площади и порядка обхода вершин
Hz — вертикальный магнитный диполь	3	Точечный индукционный датчик вертикальной компоненты; эффективная площадь учитывается при нормировке данных

Горизонтальные компоненты (Hx, Hy), электрические приёмники (Exy, MN) при чтении пропускаются, компоненты в модуль не объединяются; станции, в которых не осталось приёмников Z, не загружаются. На станции может быть несколько приёмников — группа приёмников, связанных с одной генераторной петлёй. Высота каждого приёмника над поверхностью задаётся отдельно.

Схемы установок

Из генераторов и приёмников, перечисленных выше, собираются все распространённые схемы наземных, буксируемых и бортовых съёмок.



Поддерживаемые схемы установок

Схема	Генератор	Приёмник	Особенности
Центральная петля (in-loop)	Loop	Loop Hz или Hz в центре петли	Основная схема площадных зондирований (ЗСБ); генератор и приёмник перемещаются вместе
Совмещённая петля (coincident loop)	Loop	Loop Hz, совпадающая с генераторной	Генераторная петля одновременно является приёмной
Разнесённая установка (offset loop)	Loop или VMD	Loop Hz или Hz вне петли	Приёмник смещён от генератора на заданный разнос и перемещается вместе с ним
Фиксированная петля (fixed loop)	Loop	Группа Loop Hz или Hz внутри и вне петли	Одна большая петля на много точек приёма; приёмники одной петли подсвечиваются на карте по Ctrl + щелчку
Многопетлевая съёмка (multi-loop)	Несколько Loop	Своя группа приёмников у каждой петли	Петли с одинаковой геометрией и высотой объединяются: поле каждой генераторной петли рассчитывается один раз для всех её приёмников
Диполь–диполь (малые петли)	VMD	Hz	Малые петли-диполи на заданном разносе
Буксируемые и бортовые системы (TTEM, STEM)	Loop на высоте	Loop Hz или Hz на высоте, со смещением	Высоты генератора и приёмника задаются для каждой станции; учитывается рельеф поверхности

Измеряемые величины и форма тока

Параметр	Варианты

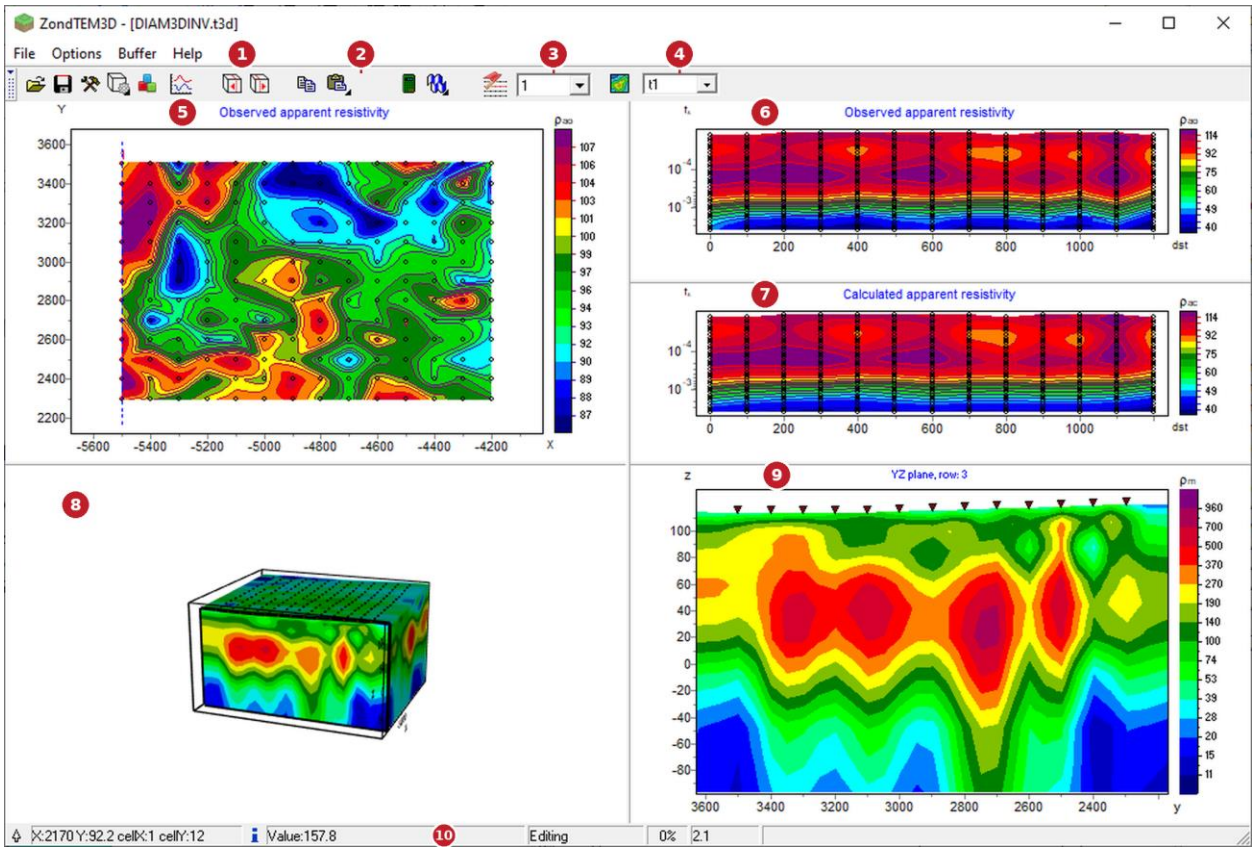
Параметр	Варианты
Измеряемая величина	dB/dt — ЭДС, нормированная на ток генератора, мкВ/А (флажок **dF/dt** приёмника включён); B — магнитное поле, нормированное на ток (флажок выключен)
Форма тока	Ступенька (мгновенное выключение), конечный импульс с фронтами включения и выключения (трапеция), пользовательская форма импульса
Режимы тока	Несколько режимов (свипов) на станции, каждый со своей формой импульса и длительностями; каждый отсчёт данных относится к своему режиму
Тип съёмки	Regular — система параллельных профилей; General — нерегулярная площадная съёмка; One line — один профиль

Форматы полевой аппаратуры, из которых читаются данные этих установок, перечислены в разделе «Поддерживаемые форматы». Параметры установки каждой станции просматриваются и редактируются в окне **Station parameters**.

Главное окно программы

Расположение элементов

После загрузки данных и построения сети главное окно разделено на пять графических зон: слева вверху — карта данных, справа — наблюдённый и расчётный псевдоразрезы активного профиля, слева внизу — объёмный вид модели, справа внизу — срез модели (редактор модели). Цифры на рисунке соответствуют строкам таблицы.

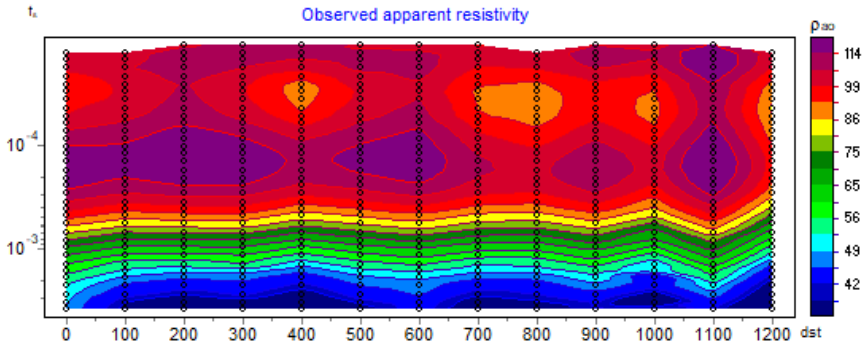


Главное окно ZondTEM3D (цифры — элементы окна, см. таблицу)

Элемент	Что показывает	Основные действия
1 — Главное меню	Команды File, Options, Buffer, Help	См. главу «Главное меню»
2 — Панель инструментов	Кнопки основных команд: файлы, настройки, станции, кривые, срезы, буфер, расчёт и инверсия	См. таблицу кнопок ниже
3 — Список линий	Активный профиль, по которому строятся псевдоразрезы 6 и 7	Выбор профиля; профили задаются в окне Line settings
4 — Список времён	Время, показанное на карте данных 5	Выбор времени; правая кнопка — число соседних времён
5 — Карта данных (вверху слева)	Станции и значения данных в выбранном времени: карта изолиний (Contour map) или цветные точки (Point map); профили, активный профиль и выбранный приёмник	Щелчок по точке выбирает приёмник

Элемент	Что показывает	Основные действия
6 — Наблюдённый псевдоразрез (вверху справа)	Наблюдённые данные вдоль активного профиля: по горизонтали — расстояние вдоль профиля (dst), по вертикали — время (логарифмическая шкала). В режиме Graphics plot — графики по времени	Щелчок по точке выбирает приёмник и открывает его кривые
7 — Расчётный псевдоразрез (в центре справа)	Рассчитанные данные или невязка (Data misfit) в том же виде	То же
8 — 3D-вид (внизу слева)	Объёмная модель, станции, скважины, подложки, плоскость текущего среза	Левая кнопка — вращение; колесо — масштаб; средняя кнопка — сдвиг; правая кнопка — окно 3D settings
9 — Редактор модели (внизу справа)	Срез трёхмерной модели (XZ, YZ или XY); треугольники — станции	Рисование, выделение, колесо — соседний срез; см. раздел «Редактор модели»
10 — Строка состояния	Координаты курсора и номер ячейки, значение параметра, режим, ход расчёта, RMS	См. таблицу «Строка состояния»

Границы между зонами перемещаются мышью. Размеры и пропорции сохраняются при закрытии программы.



Псевдоразрез кажущегося сопротивления вдоль профиля: кружки — точки данных, ось времени логарифмическая

Как читать псевдоразрез TEM. Ранние времена (верх) характеризуют верхнюю часть разреза, поздние (низ) — глубокую: глубина проникновения поля растёт приблизительно как $\sqrt{t\rho}$. Изометрическая аномалия повышенного ρa в средних временах на рисунке соответствует проводящему или высокоомному объекту на глубине, а вертикальная полоса пониженных значений — приповерхностной неоднородности или помехе на одной-двух станциях. Вертикальные «полосы», не меняющиеся с временем, часто указывают на ошибки площади петли или нормировки сигнала станции.

Панель инструментов

Кнопка	Назначение
	**Open file** — открыть проект (`*.t3d`) или файл полевых данных. То же — **File / Open file**

Кнопка	Назначение
	**Save file** — сохранить проект или экспортировать данные и модель (тип выбирается в диалоге сохранения). То же — **File / Save file**
	**Program setup** — параметры инверсии (алгоритм, сглаживание, пределы сопротивления, группировка ячеек)
	Меню настроек 3D-вида и модели (то же меню открывается правой кнопкой в 3D-виде через окно **3D settings**)
	**Station parameters** — параметры текущей станции: координаты, генераторная и приёмная петли, форма тока
	Показать или скрыть окно кривых зондирования (**Sounding curves**) выбранного приёмника
	Предыдущий / следующий срез модели вдоль текущего направления (XZ, YZ или XY)
	Копировать модель текущего среза во внутренний буфер
	Вставить скопированный срез в текущий. Правая кнопка — меню вставки: **Current** (только текущий срез), **Current&+** (текущий и все следующие), **Current&-** (текущий и все предыдущие)
	**Calculate forward problem** — рассчитать данные для текущей трёхмерной модели (полная 3D прямая задача методом конечных элементов в вычислительном модуле)
	**Inversion** — запуск инверсии; во время расчёта кнопка меняет вид и повторное нажатие останавливает расчёт. Правая кнопка — выбор вида инверсии: **Pseudo 3D inversion** (по умолчанию) или **Full 3D inversion**
Список линий	Активный профиль (линия). Профили создаются в окне **Line settings**; если в файле их нет, они строятся автоматически
Список времён	Время, отображаемое на карте данных (t1, t2, … — номер времени; точное значение времени показывается в подсказке). Правая кнопка — число соседних времён (0–5), которые показываются на карте вместе с выбранным

Строка состояния

Секция (слева направо)	Содержание
Координаты	Координаты курсора над редактором модели
Значение	Значение параметра ячейки под курсором или значение данных в точке псевдоразреза
Режим	Текущий режим редактора модели (рисование, выделение и т. п.)
Индикатор	Ход расчёта (прямая задача, инверсия, расчёт истинного ρa)
RMS	Невязка **RMS, %** между наблюдёнными и рассчитанными данными
Сообщения	Стадии длительных расчётов; после изменения группировки ячеек — число записей данных, число параметров и оценка памяти

Невязка вычисляется как среднее относительное отклонение

$$RMS = \frac{100}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{|d_i^{obs} - d_i^{calc}|}{|d_i^{obs}| + |d_i^{calc}|}\ \%,$$

поэтому она устойчива к смене знака сигнала и к значениям, близким к нулю. При удовлетворительной инверсии RMS обычно составляет 2–5 %.

Мышь и клавиши главного окна

Действие	Где	Результат
Щелчок левой кнопкой по точке	Карта данных, псевдоразрезы	Выбор приёмника: он выделяется на карте и в 3D, окно **Sounding curves** показывает его кривые
Колесо мыши	Псевдоразрез в режиме Graphics plot	Переход к предыдущему / следующему профилю
Колесо мыши	Редактор модели	Соседний срез модели
Левая кнопка + перемещение	3D-вид	Вращение модели
Средняя кнопка + перемещение	3D-вид	Сдвиг изображения
Колесо мыши	3D-вид	Масштаб
Правая кнопка	3D-вид	Окно **3D settings**
Правая кнопка	Список времён	Число соседних времён на карте
Правая кнопка	Кнопка инверсии	Выбор Pseudo 3D / Full 3D
Правая кнопка	Кнопка вставки среза	Варианты вставки
Правая кнопка	Графики, шкалы, поля вокруг графиков	Контекстные меню настройки (см. «Настройка графических параметров»)
Esc	Главное окно	Остановить Pseudo 3D-инверсию и другие внутренние расчёты (Full 3D останавливается повторным

Действие	Где	Результат
		нажатием кнопки инверсии)
Alt+1 / Alt+2 / Alt+3	Главное окно	Срез XZ / YZ / XY
Клавиши редактора модели	Главное окно	Передаются редактору модели (см. «Клавиши редактора»)

При закрытии программы или открытии нового проекта, если в проекте есть изменения, выводится вопрос **Save changes to project?** (сохранить проект — **Yes**, не сохранять — **No**, вернуться — **Cancel**).

Открытие данных и проектов

Поддерживаемые форматы

Файл открывается кнопкой  или командой **File / Open file**. Тип файла выбирается в списке типов диалога открытия — именно он определяет, каким модулем чтения будет прочитан файл, поэтому выбирайте тип, соответствующий прибору, даже если расширение совпадает с другим форматом (например, `*.tem` используют TEM-FAST, Interpex, Geonics и Amira). В диалоге можно выбрать сразу несколько файлов одного типа — они будут объединены в один набор данных.

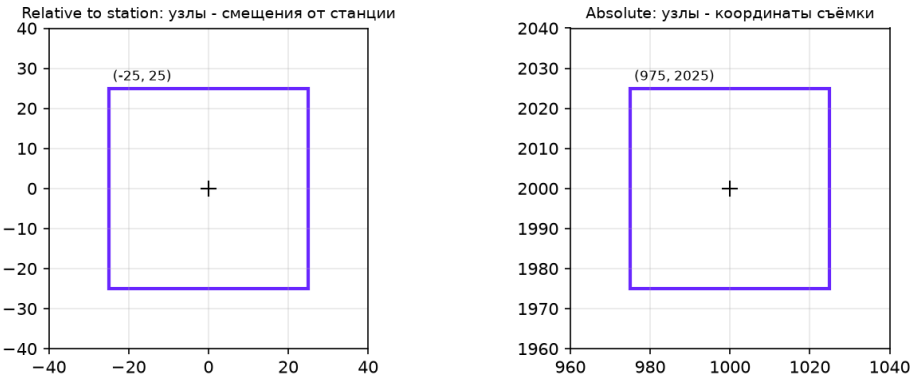
Тип в диалоге открытия	Расширения	Что содержит, особенности чтения
ZondTEM3D project	`*.t3d`, `*.zt3d`	Проект программы: данные, система наблюдений, сеть, модель, настройки (см. Приложение А)
ZondTEM1D field data	`*.tdf`, `*.usf`, `*.avg`	Полевые данные в формате ZondTEM1D (tdf — текстовый формат обмена, описан в Приложении А), а также форматы USF и AVG. Для файлов с повторными кривыми предлагается выбор вида обработки и открывается окно **Curve selector**
TEM-FAST48	`*.tem`	Данные аппаратуры TEM-FAST 48
ERA	`*.tqq`	Данные аппаратуры ЕРА
Podbor	`*.*`	Файлы программы «Подбор»
Interpex	`*.tem`	Формат Interpex (TEMIX/IX1D)
Geonics gx7/tem	`*.gx7`, `*.tem`	Данные Geonics PROTEM; открывается окно **Geonics survey**
Amira	`*.tem`, `*.fem`	Данные аппаратуры Amira; открывается окно **Amira** с параметрами нормировки
BEM	`*.bem`	Данные BEM
STEM xyz	`*.xyz`	Буксируемая система STEM (табличный xyz)
TTEM xyz	`*.xyz`	Буксируемая система TTEM (табличный xyz); открывается окно **Data units**

Данные частотной области не поддерживаются: при попытке открыть такой файл выводится сообщение «Frequency domain data are not supported».

Append data (меню **File**) добавляет данные из другого файла к текущему набору: новые станции дописываются к существующим, после чего заново проходят шаги привязки координат, профилей и построения сети.

Loop geometry (меню **Options / Data**). Многие форматы задают вершины петель либо относительно центра станции, либо в абсолютных координатах. Режим чтения выбирается до открытия файла:

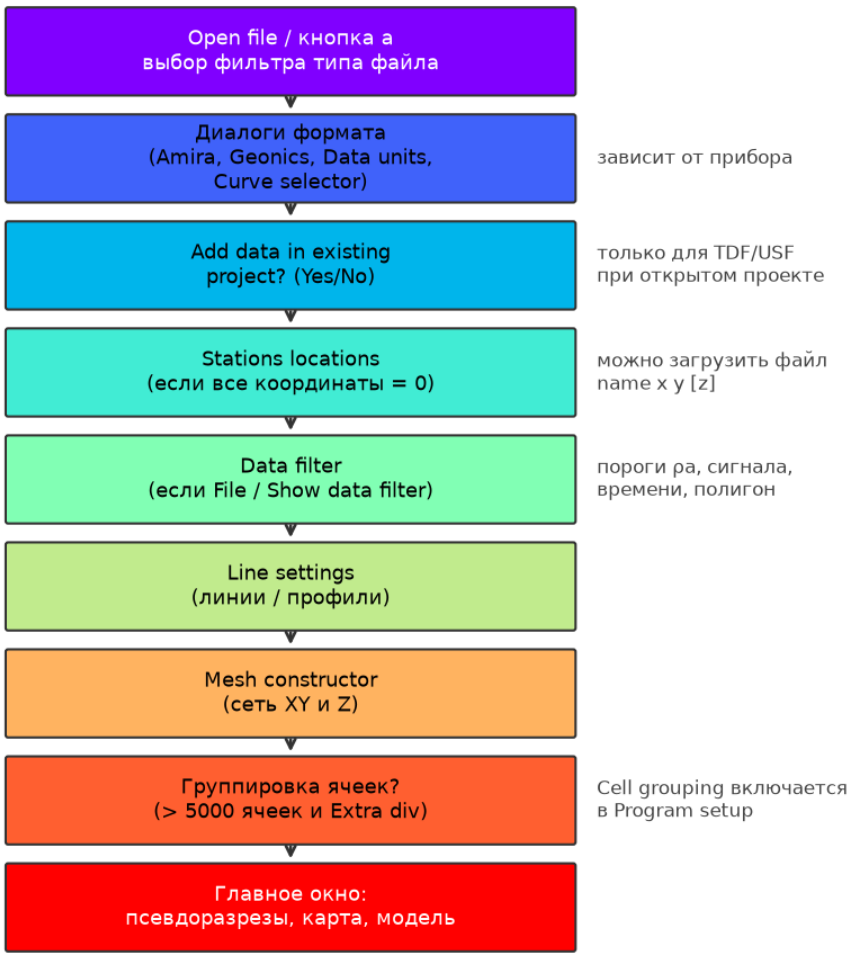
Режим	Как читаются координаты вершин петель
Auto (по умолчанию)	Программа сравнивает центр петли с началом координат и с координатами станции: если центр ближе к нулю, вершины считаются заданными относительно станции, иначе — абсолютными
Relative to station	Вершины всегда относительные: к ним прибавляются координаты станции
Absolute	Вершины всегда абсолютные



Режимы чтения геометрии петель: слева — относительные координаты, справа — абсолютные

Последовательность диалогов при открытии

При открытии полевого файла программа последовательно выводит окна, в которых проверяются и дополняются данные. Окна, не относящиеся к выбранному формату, пропускаются.



Последовательность диалогов при открытии полевых данных

1. Диалог модуля чтения — уточнение единиц, нормировки и вида обработки (Amira, Geonics survey, Data units, выбор вида обработки, Curve selector).
2. **Stations locations** — таблица станций с координатами. Здесь можно загрузить координаты из отдельного файла или пересчитать широту и долготу в UTM.
3. **Data filter** (если включён пункт **File / Show data filter**) — отбраковка данных по диапазонам, полигону и прореживание станций. Если после фильтрации данных не осталось, выводится сообщение «No data left after filtering» и файл не загружается.
4. **Line settings** — профили (линии) съёмки: создаются автоматически, их можно отредактировать.
5. **Mesh constructor** — построение трёхмерной сети. После нажатия **Apply and close** программа переходит в режим интерпретации.
6. **Группировка ячеек** — если в сети больше 5000 ячеек, тип съёмки не **One line**, выбран автоматический режим сети и заданы промежуточные узлы, программа спрашивает: «Would you like to group intermediate cells? this reduce Npar in N times». При ответе **Yes** промежуточные ячейки объединяются в параметры инверсии (число параметров уменьшается в N раз), что ускоряет инверсию и экономит память.

При ошибке чтения выводится «Error in data file» и предыдущие данные сохраняются. При ошибке чтения проекта — «Error in project file».

Диалоги модулей чтения

Выбор вида обработки

Для файлов, в которых одно зондирование записано несколькими кривыми (накопления, разные токи или диапазоны времён), выводится вопрос «What kind of processing you wish to apply?» с тремя вариантами:

Кнопка	Действие
Deep process	Кривые одного зондирования объединяются в одну с отбором в окне **Curve selector**
Deep with shifts	То же, но с подстройкой уровня отдельных кривых (сдвигом) перед объединением
Averaging	Все кривые зондирования осредняются без просмотра

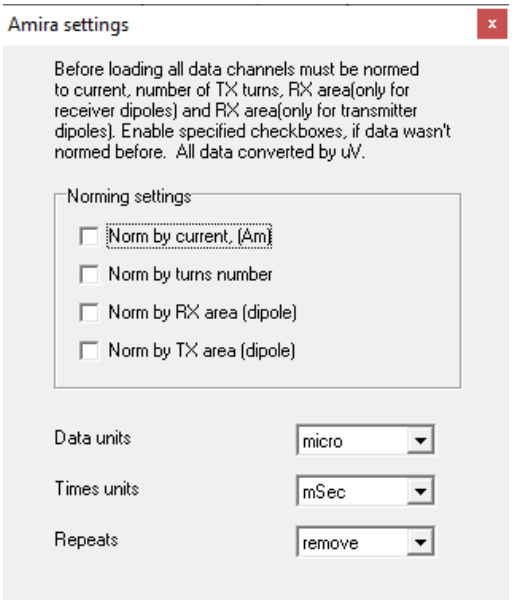
Читается только вертикальная (Z) компонента: приёмные петли и вертикальные магнитные диполи (индукционные датчики Hz). Горизонтальные компоненты X и Y, а также электрические приёмники при чтении пропускаются без запроса; станции, в которых не осталось приёмников, не загружаются. Компоненты не объединяются в модуль.

Окно Curve selector

Окно показывает все кривые текущего зондирования и результирующую кривую (медиану отмеченных кривых). Флажки в легенде включают или исключают отдельные кривые.

Элемент	Назначение
Next data point	Принять результат и перейти к следующему зондированию
Average all	Осреднить все оставшиеся зондирования без показа окна
Shift	Режим подстройки уровня кривых
	Сгладить результирующую кривую (левая кнопка); правая кнопка — вид сглаживания (**Linlog smoothing**)
Поля X, Y, Elevation, Sounding name	Координаты, отметка и имя зондирования; их можно исправить
smooth	Сглаживать результирующую кривую; степень — ползунок **Smoothing strength**
skip	Не загружать текущее зондирование

Окно Amira



Окно Amira settings

Элемент	Назначение
Norm by current, (Am)	Нормировать данные на ток, если они не нормированы и значение тока есть в файле
Norm by turns number	Нормировать на число витков генераторной петли
Norm by RX area (dipole)	Нормировать на площадь приёмника (для катушек, диполей)
Norm by TX area (dipole)	Нормировать на площадь генератора
Data units	Единицы данных в файле (femta … unit), если они определены неверно
Time units	Единицы времени в файле (nSec, uSec, mSec, Sec)
Repeated measurements	Обработка повторных измерений: **as new channel** — как отдельный приёмник, **remove** — удалить, **average** — осреднить

Окно Geonics survey

Элемент	Назначение
Loop coordinates (флажок)	Задать положение генераторной петли: юго-западный угол (**East**, **Nord**) и длины сторон (**EW side**, **SN side**)
Coil positions	Брать координаты приёмника из файла
Power line frequency	Частота сети (50 или 60 Гц) — определяет набор времён прибора
One file one sounding	Каждый файл — одно зондирование

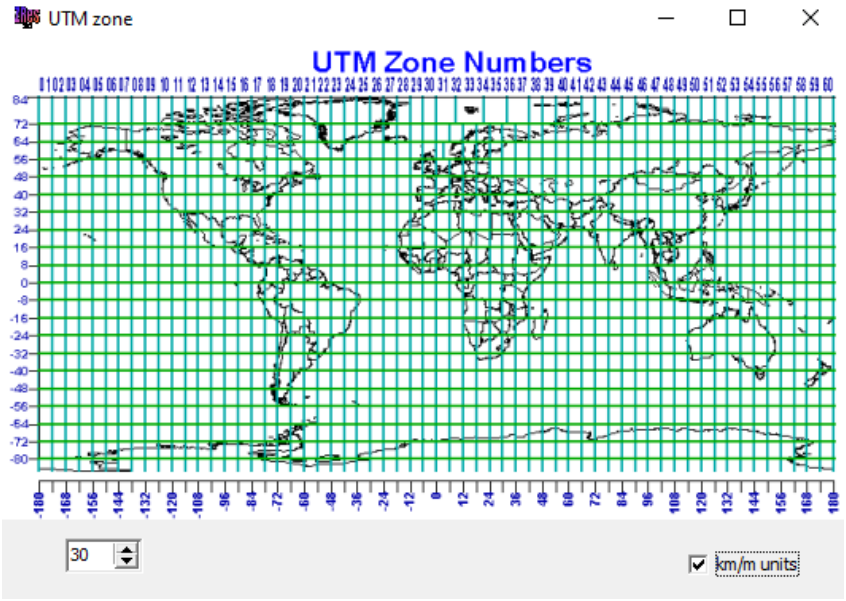
Окно Data units

Окно выводится для форматов, в которых единицы сигнала не записаны (например, TTEM). Выберите единицы сигнала (pV, nV, uV, mV, V) и отметьте, нормированы ли данные на

площадь генератора (**/Tx(m2)**) и на ток (**/A**). Программа приводит данные к мкВ/А, используя площадь петли из параметров станции.

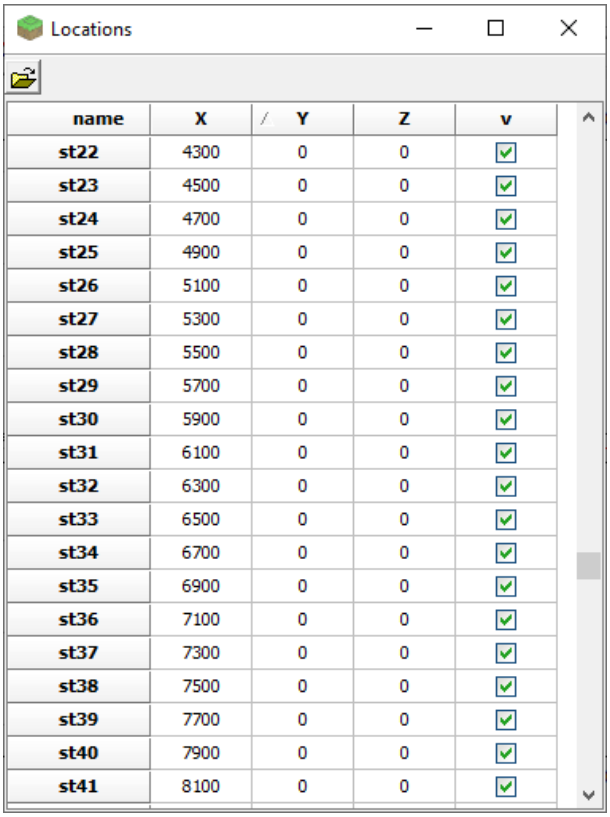
Окно UTM zone

Окно используется при пересчёте географических координат: номер зоны UTM (положительный — северное полушарие, отрицательный — южное), выбор страны из списка или щелчок правой кнопкой по карте мира для выбора зоны в этой точке.



Окно UTM zone

Окно Stations locations



name	X	Y	Z	v
st22	4300	0	0	☑
st23	4500	0	0	☑
st24	4700	0	0	☑
st25	4900	0	0	☑
st26	5100	0	0	☑
st27	5300	0	0	☑
st28	5500	0	0	☑
st29	5700	0	0	☑
st30	5900	0	0	☑
st31	6100	0	0	☑
st32	6300	0	0	☑
st33	6500	0	0	☑
st34	6700	0	0	☑
st35	6900	0	0	☑
st36	7100	0	0	☑
st37	7300	0	0	☑
st38	7500	0	0	☑
st39	7700	0	0	☑
st40	7900	0	0	☑
st41	8100	0	0	☑

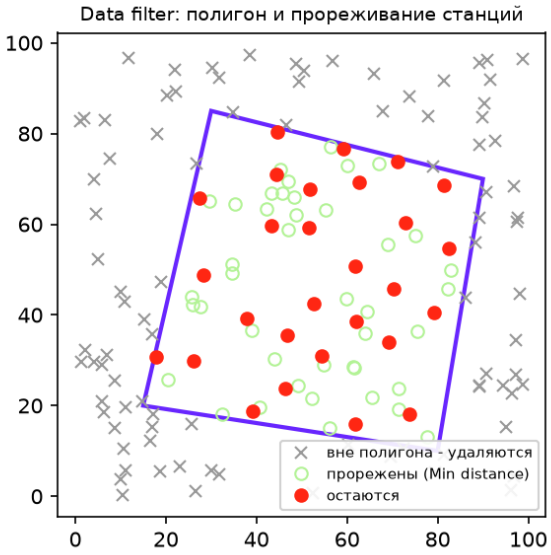
Окно Stations locations

Таблица содержит по строке на станцию: имя, X, Y, Z. Координаты можно ввести вручную, вставить из Excel (**Ctrl+V**) или загрузить из файла.

Элемент	Назначение
	Загрузить координаты станций из текстового файла (формат: имя, X, Y и необязательная Z; см. Приложение A)
LL->XY	Пересчитать долготу (столбец X) и широту (столбец Y) в метры UTM
Правая кнопка по ячейке X или Y	Ввести приращение: начиная со следующей строки, значения столбца заполняются как предыдущее + приращение (удобно для профиля с постоянным шагом)
Ctrl+C / Ctrl+V	Копирование и вставка выделенных ячеек

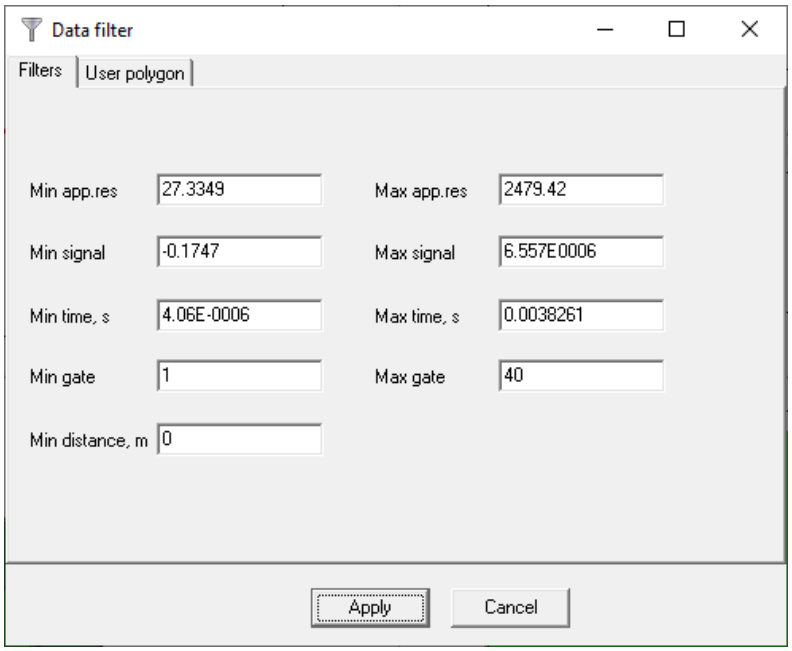
Строки, в которых координаты не определены, выделяются цветом. Станции с одинаковыми координатами будут совмещены на карте; проверьте такие строки перед построением сети.

Окно Data filter



Фильтр данных: полигон и прореживание станций

Окно открывается при загрузке файла, если отмечен пункт **File / Show data filter**. На вкладке **Filters** задаются диапазоны: значения за их пределами удаляются (помечаются как отсутствующие).

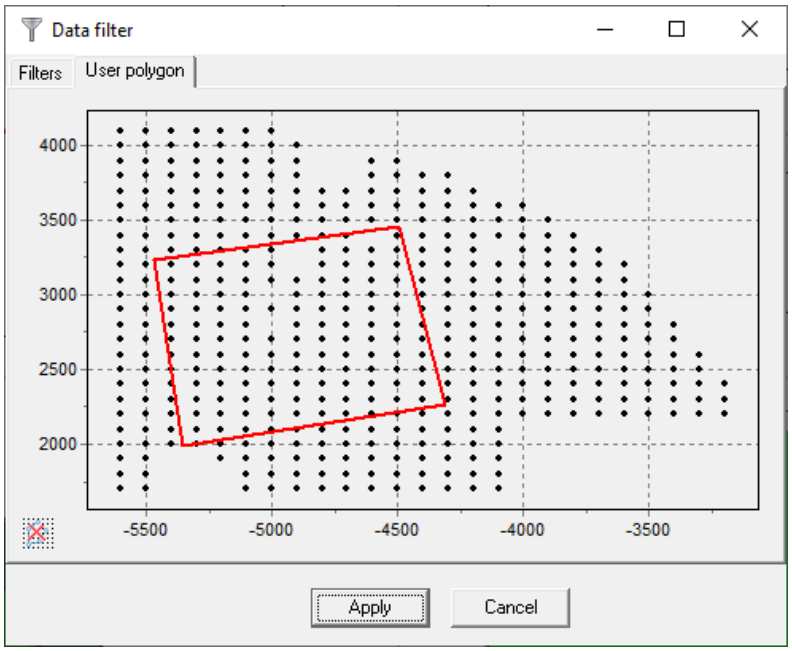


Окно Data filter, вкладка Filters

Поле	Что ограничивает
Min app.res / Max app.res	Кажущееся сопротивление поздней стадии, Ом·м
Min signal / Max signal	Нормированный сигнал, мкВ/А (по модулю)
Min time, s / Max time, s	Диапазон времён, с
Min gate / Max gate	Диапазон номеров окон (каналов)
Min distance, m	Прореживание станций: оставляются станции, расположенные не ближе заданного расстояния друг к другу (0 — без прореживания)

Прореживание выполняется «по дальней точке»: первой берётся станция, наиболее удалённая от центра съёмки, затем — станция, наиболее удалённая от уже выбранных, и так далее, пока расстояние не станет меньше заданного. Поэтому оставшиеся станции распределены по площади максимально равномерно.

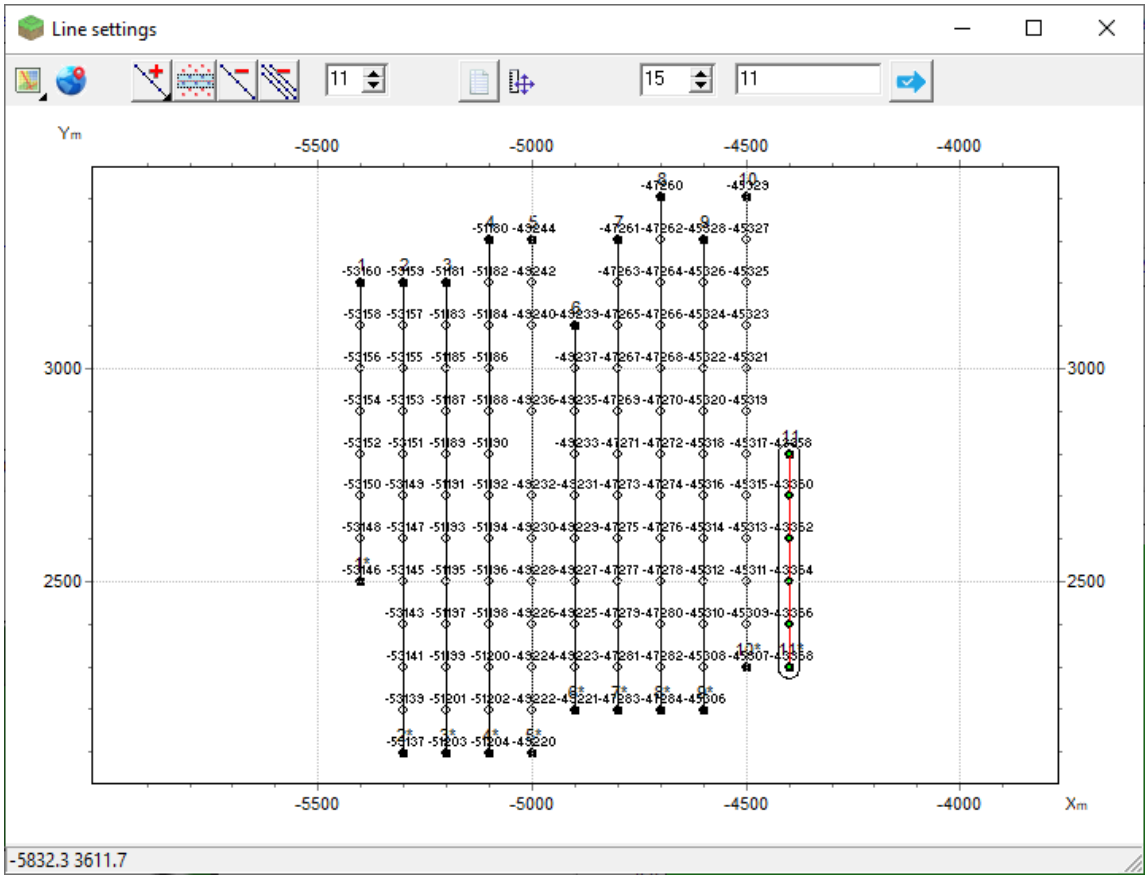
На вкладке **User polygon** на плане станций рисуется полигон: щелчок левой кнопкой добавляет вершину, правой — замыкает полигон. Станции вне полигона удаляются. Кнопка **Remove polygon** удаляет полигон. **Apply** — применить фильтр, **Cancel** — загрузить данные без фильтрации.



Окно Data filter, вкладка User polygon

Окно Line settings

Профили (линии) нужны для построения псевдоразрезов, графиков и для операций вдоль линии (выравнивание Rx-Tx, сохранение данных линии). При открытии файла профили строятся автоматически; окно позволяет их проверить и исправить. Позже окно открывается командой **Options / Set survey lines**.



Окно Line settings

Кнопка	Назначение

Кнопка	Назначение
	Загрузить спутниковую карту как подложку (координаты должны быть в UTM)
Map	Левая кнопка — меню подложки (**Map** — растровая карта, **Topography** — рельеф); правая кнопка — скрыть подложку
Add new line	Нарисовать новую линию: левая кнопка добавляет точку, правая — завершает линию. Правая кнопка по самой кнопке — меню линий
Activate point in selection rectangle	Включить в активную линию станции, попадающие в полосу вокруг линии (ширина полосы — **Width of the selection rectangle, %**)
Remove active line / Remove all lines	Удалить активную линию / все линии
Active line index, Line name	Номер и имя активной линии
Set coordinates in table	Координаты точек линии в таблице
Plot scale	Масштаб 1:1 или по размеру окна
Goto Interpretation mode	Закрыть окно и перейти к построению сети

Меню линий (правая кнопка по кнопке **Add new line**):

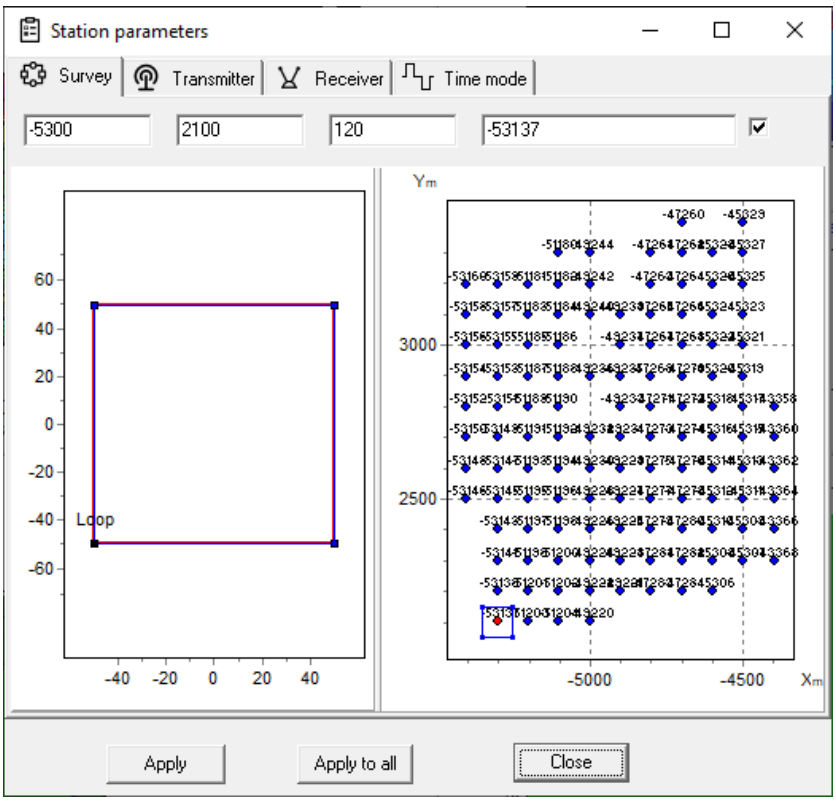
Пункт	Назначение
Set line coordinates	Ввести координаты вершин линии
Cursor to near point	При рисовании «притягивать» вершины к ближайшей станции
Invert line	Изменить направление линии (начало ↔ конец)
Create lines auto	Построить линии автоматически; параметры задаются в окне **Settings**: максимальный угол поворота между соседними отрезками (по умолчанию 30°), допустимый рост среднего отклонения точек от прямой при слиянии фрагментов, %, и способ поиска соседей (**Auto**, предпочтительное направление **SN**, **WE**, **NW**, **NE** или **Parallel lines (auto)**)

Мышь и клавиши в окне:

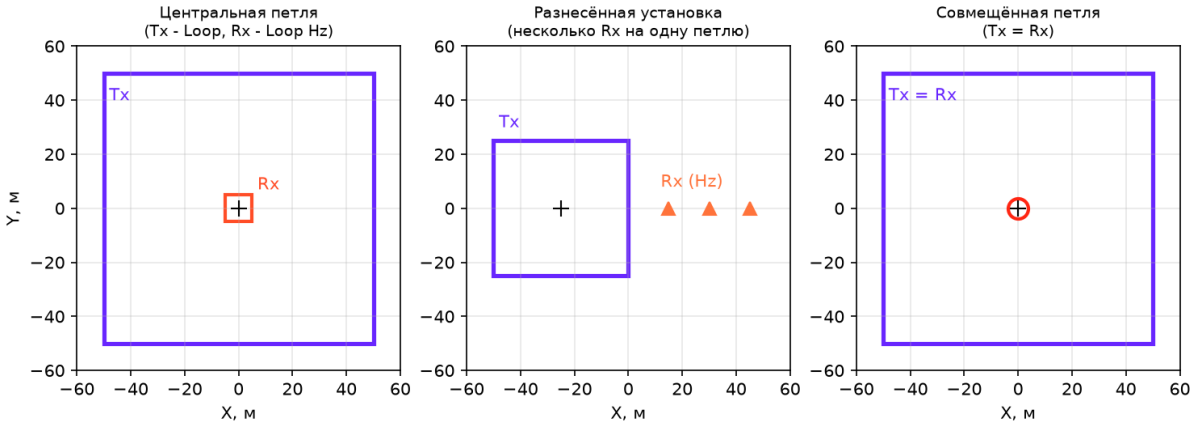
Действие	Результат
Щелчок левой кнопкой по станции	Включить или исключить станцию из активной линии
Щелчок правой кнопкой по станции	Ввести координаты X, Y, Z станции
Ctrl + щелчок по станции	Подсветить приёмники, связанные с той же генераторной петлёй
Удерживать **Alt**	Режим кисти: круг вокруг курсора; левая кнопка (щелчок или протягивание) включает станции в линию, правая — исключает; колесо мыши меняет радиус кисти

Окно Station parameters

Окно открывается кнопкой  и показывает параметры станции, выбранной на карте (или первой станции). Изменения вступают в силу после кнопки **Apply** (текущая станция) или **Apply to all** (изменения текущей вкладки переносятся на все станции с такой же исходной геометрией). **Close** закрывает окно без применения.



Окно Station parameters, вкладка Survey

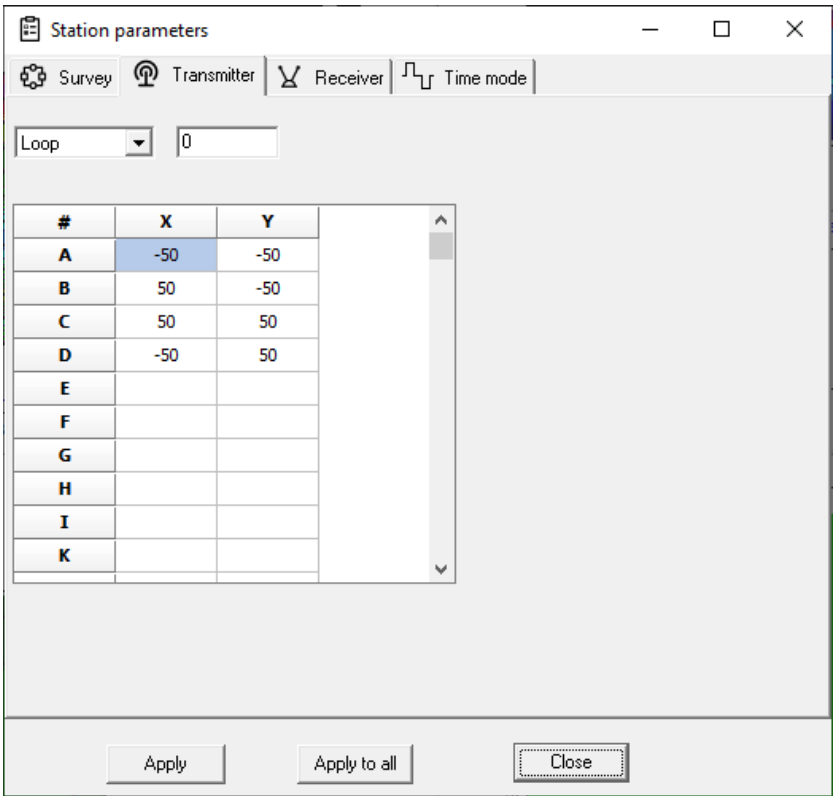


Типичные установки ТЕМ: генераторная петля Tx и приёмник Rx

Вкладка Survey

План станции (генератор, приёмники) и поля **X**, **Y**, **Z** (координаты станции), **Sounding title** (имя). Флажок «локальные координаты» означает, что вершины петель заданы относительно X, Y станции.

Вкладка Transmitter



Окно Station parameters, вкладка Transmitter

Элемент	Назначение
Тип генератора	**VMD** (вертикальный магнитный диполь — малая петля) или **Loop** (петля произвольной формы)
Таблица вершин	Координаты вершин петли (петля замыкается автоматически). Поддерживается **Ctrl+C / Ctrl+V**
Elevation	Высота генератора над поверхностью, м (0 для наземных петель)

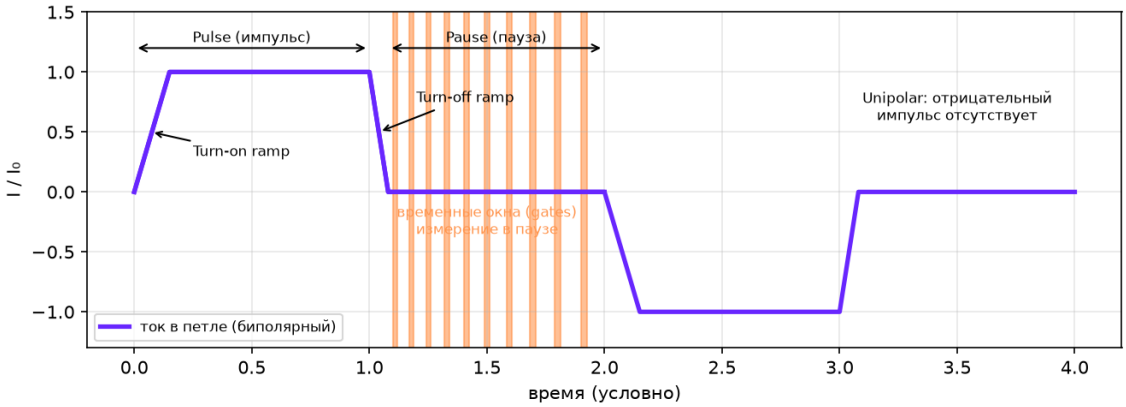
Вкладка Receiver

Элемент	Назначение
Тип приёмника	**Loop Hz** (приёмная петля) или **Hz** (точечный датчик вертикальной компоненты, эффективная площадь задаётся в данных)
Номер приёмника	Если на станции несколько приёмников, выберите активный
Таблица	Вершины приёмной петли или координаты точки
Elevation	Высота приёмника над поверхностью, м
Factor	Множитель расчётного отклика; −1, если знак отклика прибора противоположен
Same center	Все точечные приёмники станции имеют общий центр: перемещение центра одного перемещает все
dF/dt	Включён — измеряется dB/dt (ЭДС); выключен — магнитное поле B

Контекстное меню таблиц (правая кнопка):

Пункт	Назначение
Create square loop	Создать квадратную петлю с заданной стороной (м) вокруг центра
Turn over	Изменить порядок обхода вершин (меняет знак отклика петли)
Get size	Показать площадь петли
Replace with loop	Заменить точечный приёмник Hz квадратной петлёй с центром в точке приёмника
Change sign	Сменить знак наблюдённого сигнала активного приёмника

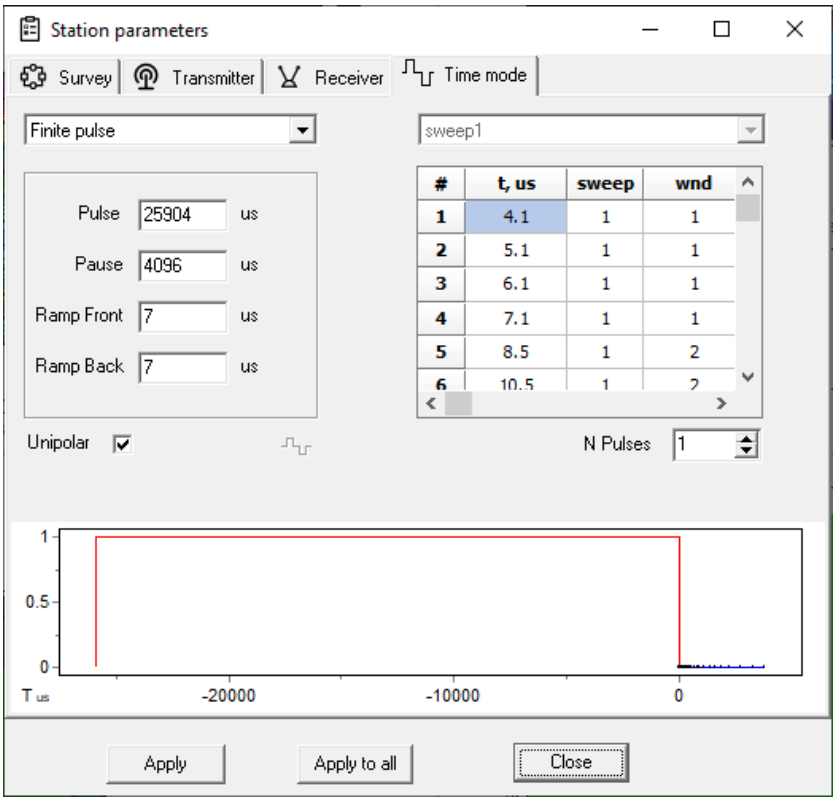
Вкладка Time mode



Форма тока: длительность импульса, паузы и фронтов

Элемент	Назначение
Sweep index	Номер серии (если у прибора несколько диапазонов или частот следования)
Тип импульса	**Step** — ступенька (выключение мгновенно, импульс бесконечно длинный — подходит, если импульс много длиннее паузы и фронты малы); **Finite pulse** — конечный импульс с учётом длительности, паузы и фронтов; **User defined** — произвольная форма тока из таблицы
Pulse length, us	Длительность импульса, мкс. Влияет на поздние времена
Pause length, us	Длительность паузы, мкс
Turn-off ramp, us	Длительность фронта выключения, мкс. Влияет на ранние времена. Отрицательное значение — времена отсчитываются от конца фронта, положительное — от его начала
Turn-on ramp, us	Длительность фронта включения, мкс
Число импульсов	Сколько предыдущих импульсов учитывать (обычно достаточно 1–2)

Элемент	Назначение
Unipolar	Прибор использует однополярные импульсы
Import pulse shape	Открыть окно **Pulse shape**



Окно Station parameters, вкладка Time mode

Окно Pulse shape

Таблица «время — амплитуда» описывает один импульс произвольной формы. Кнопки: **+** — добавить узел, **−** — удалить узел, **x** — вставить промежуточные узлы, загрузить форму из файла, сохранить форму в файл (формат в Приложении А). **Ctrl+C / Ctrl+V** — обмен с Excel.

Порядок работы (workflow): загрузка полевых данных

1. Выберите режим **Options / Data / Loop geometry** (обычно **Auto**) и включите **File / Show data filter**, если нужна отбраковка.
2. Нажмите , выберите тип файла прибора и файлы.
3. Ответьте на вопросы модуля чтения (единицы, нормировка, вид обработки).
4. В **Stations locations** проверьте координаты; при необходимости загрузите их из файла или пересчитайте LL→XY.
5. В **Data filter** отсейте заведомо плохие времена и каналы, при плотной съёмке задайте **Min distance**.
6. В **Line settings** проверьте автоматические профили, при необходимости постройте их заново (**Create lines auto**) и нажмите **Goto Interpretation mode**.
7. В **Mesh constructor** задайте сеть и нажмите **Apply and close**; согласитесь на группировку ячеек для большой съёмки.
8. Проверьте параметры станций (): форму и высоту петель, форму тока, знак сигнала. Сохраните проект (`*.t3d`).

Просмотр и обработка данных

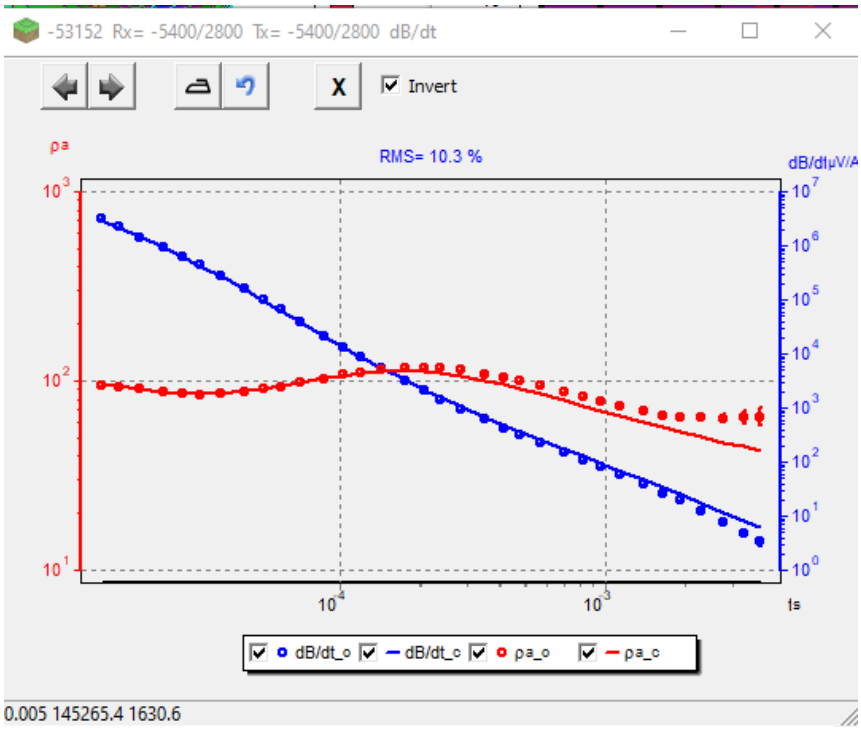
Виды представления данных

Вид данных выбирается в меню **Options / Data**. Настройки отображения (шкалы, палитры, уровни) хранятся отдельно для каждого сочетания вида и типа данных, поэтому при переключении возвращаются последние использованные.

Пункт меню	Что меняет
Pseudosection	Нижние окна показывают псевдоразрезы вдоль активного профиля: по горизонтали — расстояние вдоль профиля, по вертикали — время (логарифмическая шкала)
Graphics plot	Нижние окна показывают графики: каждая кривая — одно время, по горизонтали — положение на профиле. Колесо мыши переключает профиль
Sounding curves	Показать или скрыть окно кривых зондирования выбранного приёмника (то же — кнопка )
Contour map / Point map	Карта данных в выбранном времени: изолинии или цветные точки
Observed data / Calculated data / Data misfit	Что показывает второй псевдоразрез: наблюдённые, рассчитанные данные или невязку
Apparent resistivity / Signal	Отображать кажущееся сопротивление (Ом·м) или нормированный сигнал (мкВ/А)
Error gates	Показывать на графиках погрешности измерений (окна ошибок)
True apparent resistivity	Показывать «истинное» кажущееся сопротивление однородного полупространства вместо асимптотики поздней стадии. Расчёт таблиц занимает некоторое время (ход показывается в строке состояния). Используется только для отображения
Smooth data	Окно сглаживания наблюдённых данных
Loop geometry	Способ чтения координат петель при следующем открытии файла (Auto / Relative to station / Absolute)

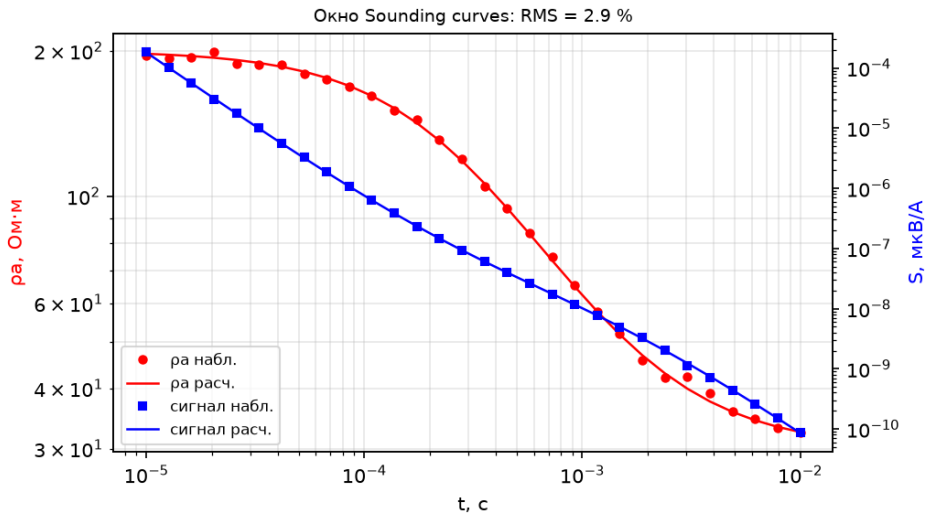
> **Совет.** Кажущееся сопротивление поздней стадии на ранних временах сильно искажено (особенно для малых петель и высокоомных разрезов) и может давать «ложный» проводящий верхний слой. Для оценки качества данных удобнее смотреть сигнал, а для геологического прочтения — истинное ρa.

Окно Sounding curves



Окно Sounding curves

Окно показывает наблюдённую и рассчитанную кривые выбранного приёмника в двойном логарифмическом масштабе и невязку RMS для этого приёмника. Приёмник выбирается щелчком по точке на карте или псевдоразрезе либо клавишами-стрелками в окне.



Кривая зондирования: точки — наблюдённые данные, линия — расчёт

Кнопка / элемент	**Назначение**
◀ ▶	Предыдущая / следующая запись (то же — клавиши ← / →)
⌓	Сгладить кривую: левая кнопка — текущую, правая кнопка — все кривые
↶	Отменить последнее изменение
X (режим удаления)	Курсор принимает вид круга; щелчок левой

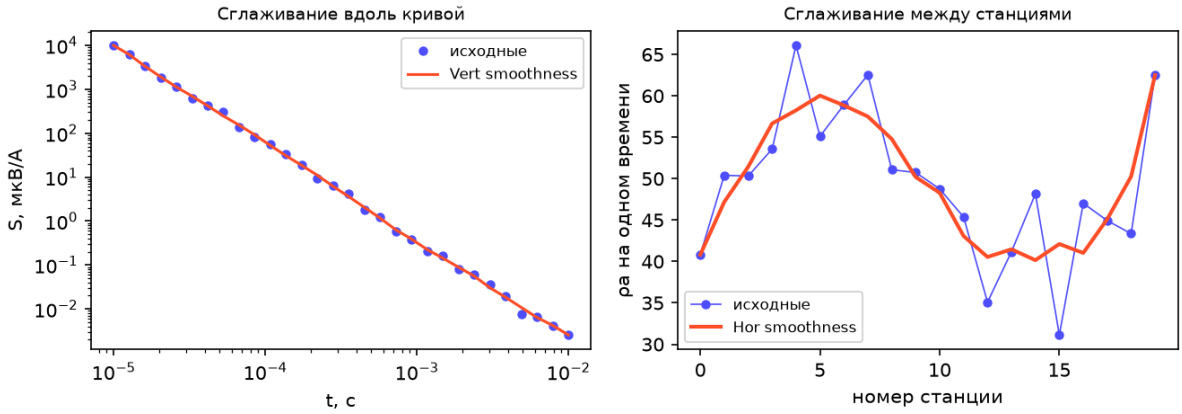
Кнопка / элемент	Назначение
	кнопкой удаляет все точки внутри круга. Колесо мыши меняет радиус круга (4–200 пикселей)
Invert	Если флажок снят, данные станции не входят в невязку инверсии (показываются, но не подбираются); модель под станцией формируется соседями через сглаживание. Если исключены все станции, при запуске выводится сообщение «All stations are excluded from the inversion»
Строка состояния	Время и значение под курсором

Мышь в окне:

Действие	Результат
Перетаскивание точки левой кнопкой	Изменить значение точки
Правая кнопка по точке	Меню точки: **Delete point** — удалить; **Smooth point** — заменить значение сглаженным по соседям; **Origin point** — вернуть исходное значение; **Delete all** — удалить все точки кривой
Shift + правая кнопка	Не показывать меню точки
Колесо мыши (в режиме X)	Радиус круга удаления

Удалённые точки не участвуют в инверсии и в расчёте RMS; на графиках они не показываются. Записи, у которых удалены все точки, можно убрать из проекта командой **Options / Extra / Remove masked records**.

Сглаживание данных



Сглаживание по времени (слева) и между станциями (справа)

Окно **Smoothing settings** открывается командой **Options / Data / Smooth data**.

Элемент	Назначение
Ползунок по времени	Степень сглаживания каждой кривой вдоль оси времени
Флажок ρa	Сглаживать кажущееся сопротивление вместо сигнала (полезно для кривых с большим динамическим диапазоном)
1D / 3D	1D — каждая станция сглаживается отдельно; 3D —

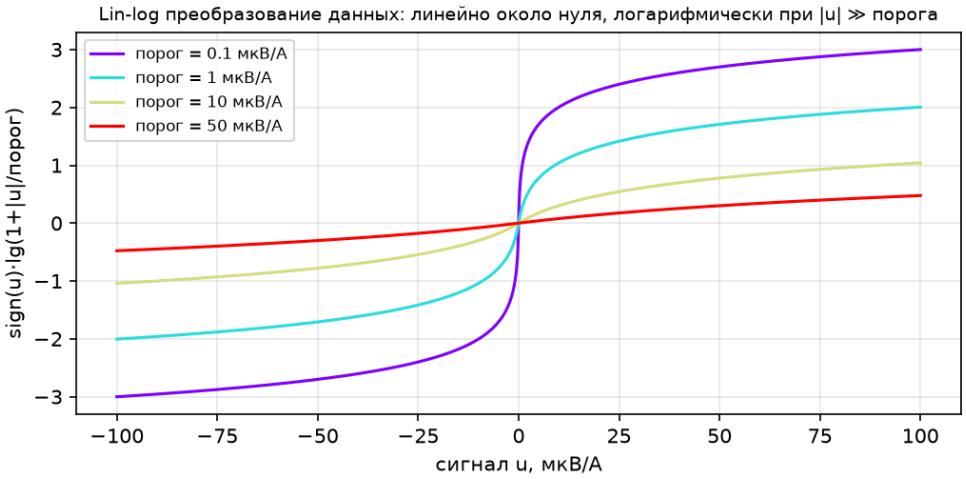
Элемент	Назначение
	дополнительно учитываются соседние станции по координатам
Ползунок между станциями	Степень сглаживания между соседними станциями (0 — выключено)
set positive	Сделать все сглаженные значения сигнала положительными
segments	Сглаживать каждый отрезок времени (серию) отдельно — для приборов с несколькими диапазонами
Preview	Сгладить данные с текущими настройками и показать результат на графиках. Если закрыть окно без **Apply**, исходные данные восстанавливаются
Apply	Сохранить сглаженные данные как наблюдённые и закрыть окно

> **Внимание.** Сглаживание изменяет наблюдённые данные проекта. Если нужно сохранить исходные данные, сохраните проект под другим именем до сглаживания.

Норма данных инверсии (Lin-log threshold)

Сигнал ТЕМ меняется на несколько порядков и может менять знак. Поэтому инверсия сравнивает не сами значения, а их преобразование. Тип нормы задаётся командой **Options / Inversion / Resolution / Data norm** (пункт показывает текущий режим), в окне ввода:

Ввод	Режим	Описание
`*` или `-1`	**linlog_auto**	Lin-log с автоматическим порогом: порог подбирается по распределению данных
`0`	**log**	Логарифм кажущегося сопротивления поздней стадии. Если в данных есть отрицательные или нулевые значения, автоматически используется linlog_auto
число > 0	**linlog_fixed**	Lin-log с заданным порогом, мкВ/А. Рекомендуется значение, близкое к уровню шума



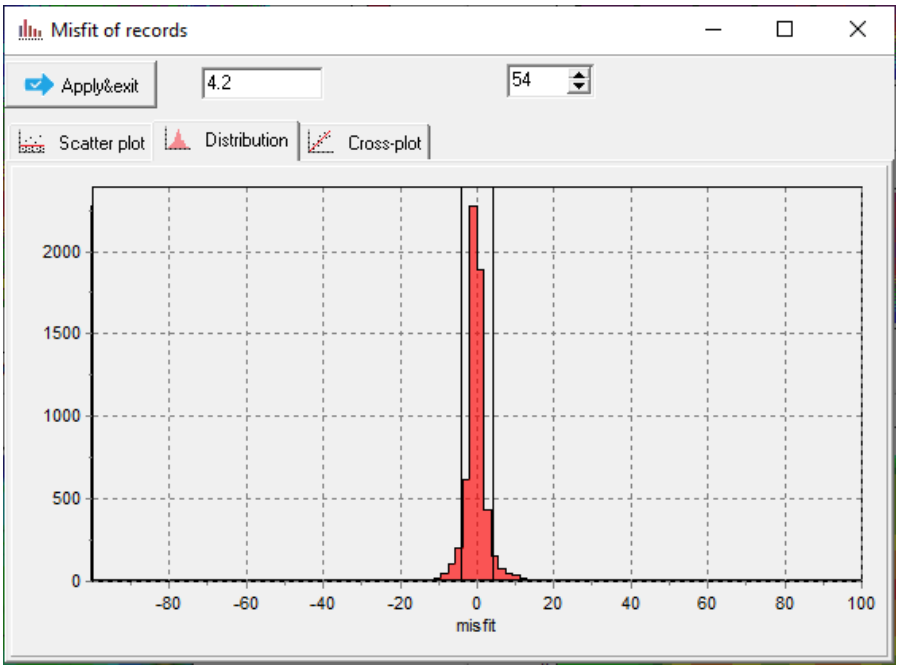
Lin-log преобразование: около нуля — линейная шкала, при больших значениях — логарифмическая

Lin-log преобразование ведёт себя как логарифм для сигналов, много больших порога, и линейно — для сигналов около нуля. Поэтому шумовые значения на поздних временах (близкие к нулю и разного знака) не «раздуваются» логарифмом и не получают чрезмерного веса.

Удаление данных с большой невязкой

Команда **Options / Extra / Remove data with big misfit** доступна после расчёта прямой задачи или инверсии. Окно **Misfit of records** содержит:

- график невязки по времени: каждая точка — одно измерение, цвет — величина сигнала (синий — слабый, красный — сильный);
- график сопоставления наблюдённых и рассчитанных значений;
- гистограмму распределения невязок (число интервалов задаётся полем рядом).



Окно Misfit of records

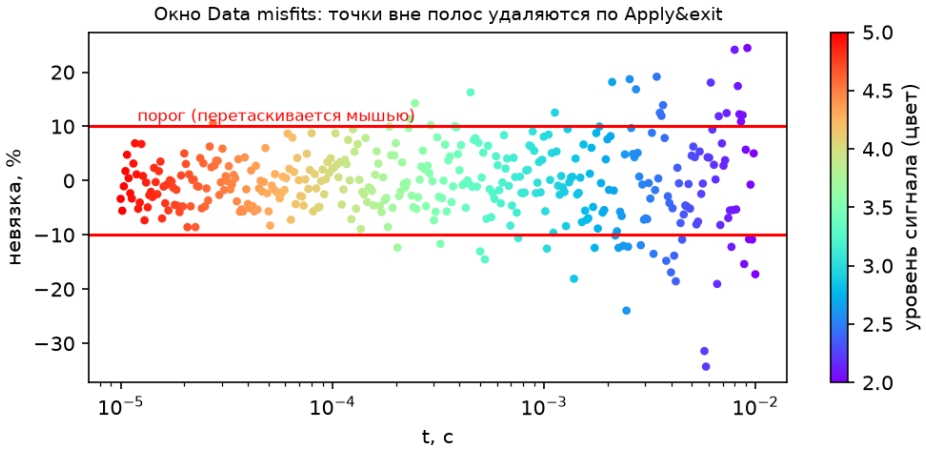
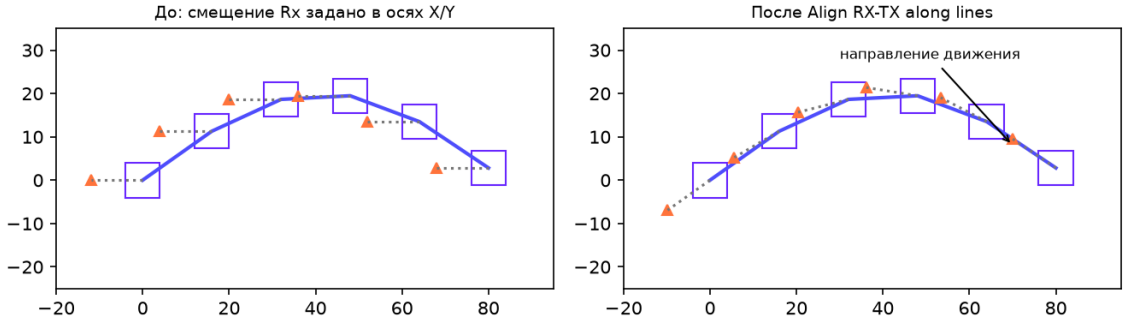


Схема отбраковки: точки вне полосы порога удаляются кнопкой Apply&exit

Начальный порог равен удвоенной текущей RMS. Порог (%) вводится в поле или задаётся перетаскиванием горизонтальных линий на графике. **Apply&exit** удаляет записи с невязкой выше порога и закрывает окно.

Выравнивание Rx-Tx вдоль линий

Команда **Options / Extra / Align RX-TX along lines** предназначена для разнесённых установок (петли или диполи), которые перемещают разные операторы, и для буксируемых систем. Смещение Rx относительно Tx в файле считается заданным в системе прибора (ось X — направление движения) и поворачивается на азимут профиля в каждой станции.



Выравнивание Rx-Tx: смещение поворачивается по направлению профиля

Перед выполнением программа просит подтвердить, что линии заданы по направлению движения. Автоматически построенные линии направлены на восток (для меридиональных линий — на север); если движение было обратным, измените направление линии командой **Invert line** в окне **Line settings**. Без профилей выводится «No lines. Define the lines first.» После выполнения сообщается число выровненных станций и число станций, выровненных ранее (повторно они не поворачиваются).

Прочие операции с данными

Команда	Назначение
Options / Extra / Remove masked records	Удалить приёмники, у которых удалены все точки, и станции без приёмников

Команда	Назначение
Options / Extra / Copy calc to measured	Скопировать рассчитанные данные в наблюдённые (создать синтетический набор данных для тестирования инверсии)
Options / Import/Export / Save calculated data	Сохранить рассчитанные данные в формате tdf: текущей станции, текущей линии или всех данных (тип выбирается в диалоге сохранения)
File / Edit file	Открыть исходный файл данных в Блокноте

Порядок работы (workflow): контроль качества данных

1. Переключитесь на **Signal** и **Pseudosection**; просмотрите все профили (список линий или колесо мыши в режиме графиков).
2. Найдите станции с аномальным поведением (вертикальные полосы, смена знака) и откройте их кривые щелчком по точке.
3. В окне **Sounding curves** удалите выбросы (режим **X** или правая кнопка по точке) и, при необходимости, исключите станцию из инверсии (флажок **Invert**).
4. Проверьте у таких станций параметры установки ( ): площадь, высоту, знак (**Factor**, **Change sign**).
5. При заметном шуме примените **Smooth data** с умеренной степенью; сравните результат кнопкой **Preview**.
6. Выберите норму данных (обычно linlog_auto) и сохраните проект.

Главное меню

В этой главе перечислены все пункты главного меню с кратким описанием. Подробное описание окон, которые открываются из меню, приведено в соответствующих главах (ссылки указаны в таблицах). Пункты, рядом с которыми в меню ставится галочка, являются переключателями.

Меню File

Пункт	Назначение
Open file	Открыть файл данных или проекта (*.t3d). То же — кнопка . Последовательность диалогов при открытии описана в главе «Открытие данных и проектов»
Append data	Добавить станции из ещё одного файла данных к текущему набору. Формат и параметры установки должны быть совместимы с уже загруженными данными; сетка и модель после добавления строятся заново
Show data filter	Переключатель: показывать окно **Data filter** при загрузке файла данных
Save file	Сохранить проект (*.t3d) или экспортировать данные/модель. То же — кнопка 
Edit file	Открыть исходный файл данных в Блокноте
Print preview	Предварительный просмотр и печать текущего разреза модели
Reg file	Диалог файла регистрации лицензии
Registration	Служебная функция регистрации (требуется пароль разработчика)
Recent	Список недавно открытых файлов
Exit	Закрыть программу. Если проект изменён, программа предложит сохранить изменения

Меню Options

Общие пункты

Пункт	Назначение
Project information	Сведения о проекте (название, участок, организация, заказчик, даты, аппаратура, операторы). Сохраняются в проекте
Mesh constructor	Окно построения сети модели (глава «Конструктор сети»)
Program setup	Параметры инверсии и сетки инверсии (глава «Инверсия»). То же — кнопка 

Пункт	Назначение
Set survey lines	Окно **Line settings**: профили съёмки, вдоль которых строятся псевдоразрезы и графики

Подменю Inversion

Пункт	Назначение
Set apriori boundaries	Задать априорные границы — полигоны на горизонтальных узловых плоскостях сети. В Full 3D инверсии вертикальное сглаживание через отмеченную часть плоскости ослабляется в 100 раз. Отмена диалога удаляет все границы; перестроение сети и открытие проекта также их сбрасывают (в проект границы не записываются)
Show progress	Показывать окно **RMS vs iteration** во время инверсии
Optimization / Line search	Подбор сглаживающего параметра на каждой итерации. Обычно ускоряет сходимость по числу итераций, но каждая итерация в 4–6 раз дольше; возможна остановка в локальном минимуме
Optimization / Dec factor	Доступен при выключенном **Line search**: сглаживающий параметр делится на это значение (1–3, по умолчанию 1.1) на каждой итерации
Optimization / Lim based inv	Инверсия с учётом пределов: если пределы ячеек заданы в узком диапазоне, ячейки, вышедшие за пределы, получают меньший вес, и остальные ячейки подбираются лучше
Optimization / Layered term	Дополнительный «слоистый» член функции цели Full 3D инверсии: штраф за слабую корреляцию вертикальных профилей сопротивления соседних колонок ячеек (диалог **Extra layered term**). Настройки сохраняются в проекте
Resolution / none, x 1, x 2, x 4	Нормировка чувствительности: уменьшает влияние ячеек с высокой чувствительностью (у поверхности, около петель) и позволяет сильнее меняться ячейкам с низкой чувствительностью (на глубине). По умолчанию x 1
Resolution / Data norm	Норма данных инверсии: lin-log с автоматическим порогом, логарифм ρa или lin-log с заданным порогом (раздел «Норма данных инверсии»)
Smoothness / Median	Опорная модель сглаживания m0 — медиана текущей модели (по умолчанию). Малый Smoothing factor (0.001–0.1) — лучше подбор, большой (0.1–1) — более гладкая модель. Лучший выбор для Focused
Smoothness / Start model	m0 — стартовая (априорная) модель из редактора, например предыдущий или импортированный результат. Smoothing factor управляет близостью к

Пункт	Назначение
	m0
Smoothness / Previous	m0 — модель предыдущей итерации. С Occam даёт хороший подбор и плавную сходимость; большой Smoothing factor (0.2–1) устойчив, но медленнее
Smoothness / Norm / L0, L1, L2	Норма сглаживающего члена: L0 — компактные объекты с резкими границами; L1 — блоковая модель; L2 — гладкая модель (классический МНК)
Smoothness / Diagonal filter	Учитывать диагональных соседей в операторе сглаживания (для наклонных структур)
Smoothness / Robust	Робастное сглаживание: меньше размывает резкие контрасты и локальные объекты
Smoothness / Stabilizer	Стабилизатор сглаживающего члена (0.01–1, по умолчанию 0.5)

Подменю Data

Описано в главе «Просмотр и обработка данных» (раздел «Виды представления данных»).

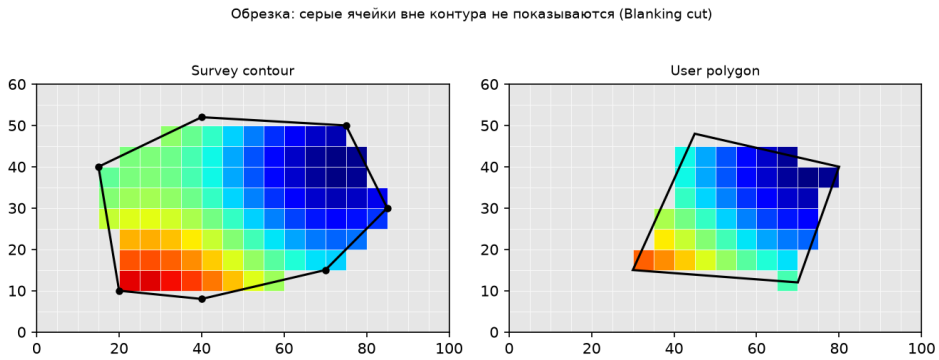
Подменю Model

Пункт	Назначение
Block-section / Smooth section	Показывать разрез модели блоками (ячейками) или сглаженным (интерполированным) изображением
2D mode	Переключатель режима 2D для съёмки по одному профилю (включается вручную). Правка текущего сечения копируется во все параллельные сечения; если сеть построена с типом съёмки **One line**, при применении сети ячейки поперёк профиля объединяются в один параметр инверсии, и модель остаётся однородной поперёк профиля
Plane / XZ, YZ, XY	Направление сечения модели: вертикальное вдоль X (**Alt+1**), вдоль Y (**Alt+2**), горизонтальное (**Alt+3**)
Plane / Autosize	Подгонять оси разреза под размер окна
Model histogram	Гистограммы распределения сопротивлений модели и данных
Colorscale auto	Автоматически обновлять диапазон цветовой шкалы модели после каждой итерации
Copy colorscale	Перенести цветовую шкалу модели на псевдоразрезы и карту данных
Set 1D model	Задать слоистую 1D-модель (значения и пределы по глубине) для всех ячеек

Подменю Cutting

Пункт	Назначение
Survey contour	Обрезать (бланковать) ячейки за пределами контура

Пункт	Назначение
	съёмки
User polygon	Обрезать ячейки вне полигона пользователя (полигон выбирается в диалоге)
Groups cutted off cells	Объединять обрезанные ячейки в 1D-колонки при инверсии (уменьшает число параметров)
Blanking cut	Не рисовать обрезанные ячейки на разрезе



Обрезка модели по контуру съёмки

Подменю Import/Export

Пункт	Назначение
Background 2D / Load background, Remove current	Подложка (bmp, png, sec, sgy) для текущего сечения XZ/YZ; удалить подложку текущего сечения
Background 3D / Load background	Подложка XYZ для 3D-вида
Background 3D / Load satellite map	Спутниковая карта для 3D-вида (тип карты — **Help / Map type**)
Background 3D / Remove background	Удалить 3D-подложку
Save calculated data	Рассчитанные данные в формате tdf: текущая станция, текущая линия или все данные
Build-in mod3d	Импорт модели MOD3D и встраивание её в текущую сеть
Export mod3d	Экспорт модели в MOD3D
Build-in mod2d's	Интерполяция точек выбранных файлов MOD2D во всю 3D-сеть
Export mod2d	Экспорт текущего сечения в MOD2D
Plot MOD2D model	Показать модель MOD2D или LAY на текущем сечении
Create video	Записать AVI-ролик 3D-вида
Save rotations	Сохранить 11 изображений 3D-вида с поворотом через 18°
Save slides	Сохранить все сечения вдоль текущего направления как изображения
Save 3D image	Сохранить 3D-изображение с заданным разрешением

Пункт	Назначение
Output settings	Масштаб и разрешение выводимых изображений
Export to Paraview	3D-сцена в файл VTK для ParaView
Export to Oasis	3D-сцена в 3D DXF для Oasis montaj
Draw to surfer	Горизонтальные срезы модели на заданных глубинах для Surfer
Draw to voxler	Модель в файл данных Voxler (voxout.dat в папке программы)

Подменю Boreholes

Пункт	Назначение
Create/Edit borehole data	Создание и правка скважинных данных (только в сечениях XZ и YZ)
Load borehole data	Загрузить файл каротажа/литологии (crt) или модели mod1d
Remove borehole data	Удалить скважинные данные из проекта
Set column’s width	Ширина колонки скважины, % размера изображения (0.05–5)
Edit positions	Правка координат скважин

Подменю Extra

Пункт	Назначение
Remove data with big misfit	Удалить записи с невязкой выше порога (после расчёта)
Remove masked records	Удалить приёмники с полностью удалёнными точками и станции без приёмников
Copy calc to measured	Рассчитанные данные → наблюдённые (синтетика). Пункт виден, только когда наблюдённые данные не загружены
Align RX-TX along lines	Поворот смещения Rx-Tx по направлению профилей

Меню Buffer

Буфер хранит до четырёх моделей для сравнения результатов инверсии с разными настройками.

Пункт	Назначение
Model 1 … Model 4	Пустая ячейка: сохранить текущую модель. Заполненная ячейка: диалог **Working with buffer** — **OK** заменяет модель в ячейке текущей, **Cancel** загружает модель из ячейки
Open	Показать все модели буфера в одном окне

Меню Help

Пункт	Назначение
About	Версия и сведения о программе
Manual	Открыть руководство (ZondTEM3D_eng.pdf)
Server	Сервер обновлений и новостей: zond-geo.com, zond-geo.co, kaminae.narod.ru
Check for updates	Проверить наличие новой версии
Restart library	Перезапустить расчётную библиотеку. Если прямая задача или инверсия каждый раз останавливается, проверьте настройки антивируса: он может блокировать расчётный модуль
Map type	Тип спутниковой карты: Sat1, Sat2, Sat3, Streets, Topo
Show news	Показывать новости при запуске
Send message to us	Отправить сообщение разработчикам
License info	Сведения о лицензии

Всплывающее меню кнопки инверсии

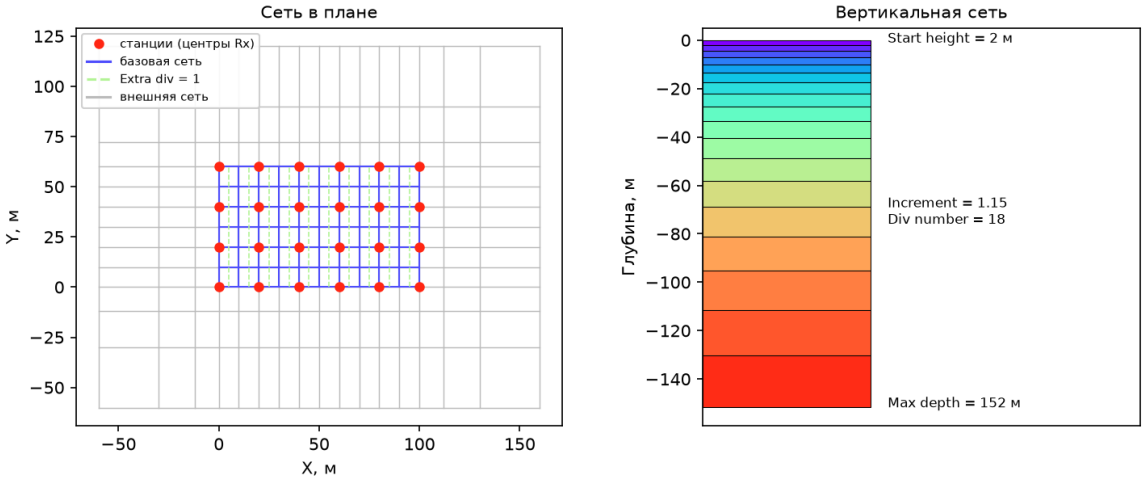
Правая кнопка мыши по кнопке инверсии  открывает меню выбора типа инверсии:

Пункт	Назначение
Pseudo 3D inversion	Быстрая квази-3D инверсия: 1D-инверсия под каждой станцией со сглаживанием между соседями (глава «Инверсия»)
Full 3D inversion	Полная 3D инверсия с расчётом прямой задачи и чувствительностей методом конечных элементов во внешнем 64-битном модуле

Конструктор сети

Назначение

Сеть модели — трёхмерная система ячеек, в которых задаётся удельное сопротивление. Она используется и для прямой задачи (метод конечных элементов), и для инверсии. Окно **Mesh constructor** открывается автоматически после загрузки нового файла данных, а также командой **Options / Mesh constructor**.



Сеть в плане (слева) и вертикальная сеть (справа)

Сеть строится в два этапа:

1. **Сеть в плане (XY).** Узлы базовой сети привязываются к центрам приёмников (станциям). Основные направления сети подбираются по направлению профилей. Между базовыми узлами могут добавляться промежуточные (**Extra div**).
2. **Вертикальная сеть (Z).** Толщина первого слоя (**Start height**) и коэффициент увеличения (**Increment**) подбираются автоматически по диапазону глубин, к которым чувствительны данные; рельеф передаётся на нижележащие слои с затуханием (**Topo coeff**).

При расчёте прямой задачи программа автоматически добавляет к сети модели внешние ячейки (расширение по горизонтали и вниз), необходимые для выполнения граничных условий. Эти ячейки не показываются и не подбираются инверсией.

Автоматический подбор вертикальной сети

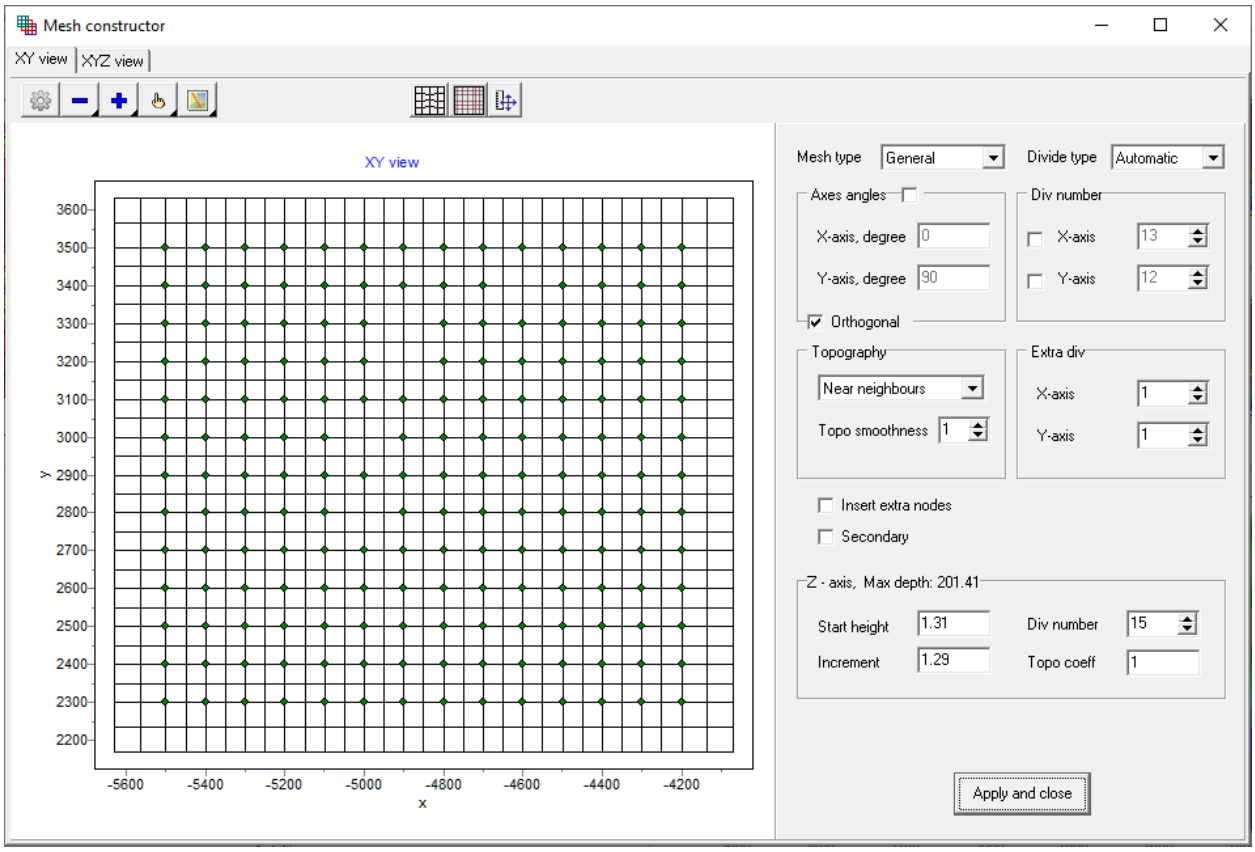
Глубины рассчитываются по схеме программы ZondTEM1D:

- по времени первого и последнего окна и среднему кажущемуся сопротивлению оценивается диапазон глубин, к которым чувствительна установка однородного полупространства;
- толщина первой ячейки ограничивается диапазоном 0.2–10 м, максимальная глубина — 20–2000 м;
- коэффициент увеличения подбирается так, чтобы сумма толщин достигла максимальной глубины; если коэффициент получается больше 1.3, число слоёв

увеличивается (до 100), если глубина достигается с запасом при коэффициенте 1 — уменьшается (не менее 5).

Найденные значения записываются в поля **Start height**, **Increment** и **Div number** и могут быть изменены вручную.

Вкладка XY view



Окно Mesh constructor, вкладка XY view

Панель инструментов

Кнопка	Назначение
	Перестроить сеть с новыми настройками. Для больших съёмок может занять время
	Режим удаления рядов: щелчок по узлу удаляет ряд узлов. Правая кнопка — переключить направление (X / Y)
	Режим добавления рядов: щелчок добавляет ряд узлов. Правая кнопка — переключить направление (X / Y)
	Правка узлов мышью (перетаскивание). Правая кнопка — меню: **Correct mesh** (исправить перехлёсты ячеек) и **Autocorrection** (исправлять автоматически при каждом изменении)
	Левая кнопка — показать/скрыть карту рельефа. Правая кнопка — меню: **Import topography** (загрузить рельеф из файла XYZ), **Remove topography**, **Save topography**, **Satellite topography**

Кнопка	Назначение
	(загрузить рельеф с сервера по координатам UTM)
	Окно **Trapezoidal mesh** — построение сети по линиям, проходящим через станции (для криволинейных профилей). Правая кнопка — удалить трапецеидальную сеть
	Окно **Simple grid maker** — простая регулярная сеть, задаваемая линиями. Правая кнопка — удалить такую сеть
	Масштаб графика: 1:1 или по размеру окна
  и поле угла	Повернуть геометрию съёмки на заданный угол (удобно для съёмок с направлением СЗ–ЮВ) и вернуть поворот

Параметры сети

Элемент	Назначение
Survey type	Тип съёмки: **Regular** — система параллельных профилей; **General** — нерегулярная съёмка (сеть строится по плотности станций); **One line** — один профиль (чтобы модель была однородной поперёк профиля, включите **Options / Model / 2D mode**)
Automatic / Manual	Число узлов XY подбирается автоматически или задаётся вручную
Orthogonal	Основные направления сети перпендикулярны
Axes angles (флажок и поля)	Основные направления сети (0–180° от оси X против часовой стрелки). Подбираются автоматически; при необходимости включите флажок и задайте вручную
Div number (X, Y)	Число делений базовой сети по каждому направлению. Подбирается автоматически; флажок рядом разрешает ручной ввод. В режиме Manual правая кнопка по полю открывает ввод шага по оси
Extra div (X, Y)	Число промежуточных узлов между базовыми. Более густая сеть точнее, но требует больше времени и памяти (рекомендуется 1)
Min / Max	Границы сети по направлениям (режим Manual, флажок включён). **Alt** + щелчок по карте записывает координату курсора в поле, на котором стоит фокус
Insert extra nodes	Добавлять узлы, чтобы выровнять шаг сети
Secondary	Сеть для вторичной схемы: узлы смещаются в центры ячеек базовой сети, станции оказываются внутри ячеек
Topography / smoothing	Число циклов сглаживания рельефа (0 — без сглаживания)
Topography / interpolation	Метод интерполяции рельефа в узлы сети:

Элемент	Назначение
	Triangulation, Krigging, Near neighbours

Вертикальная сеть (Z - axis)

Элемент	Назначение
Start height	Толщина первого (верхнего) слоя, м
Increment	Отношение толщины слоя к толщине вышележащего
Div number	Число слоёв по глубине
Topo coeff	Затухание рельефа с глубиной: 0 — все слои повторяют рельеф поверхности, чем больше значение, тем более плоские глубокие слои

Глубина подошвы сети равна

$$H = h_1 \frac{k^N - 1}{k - 1},$$

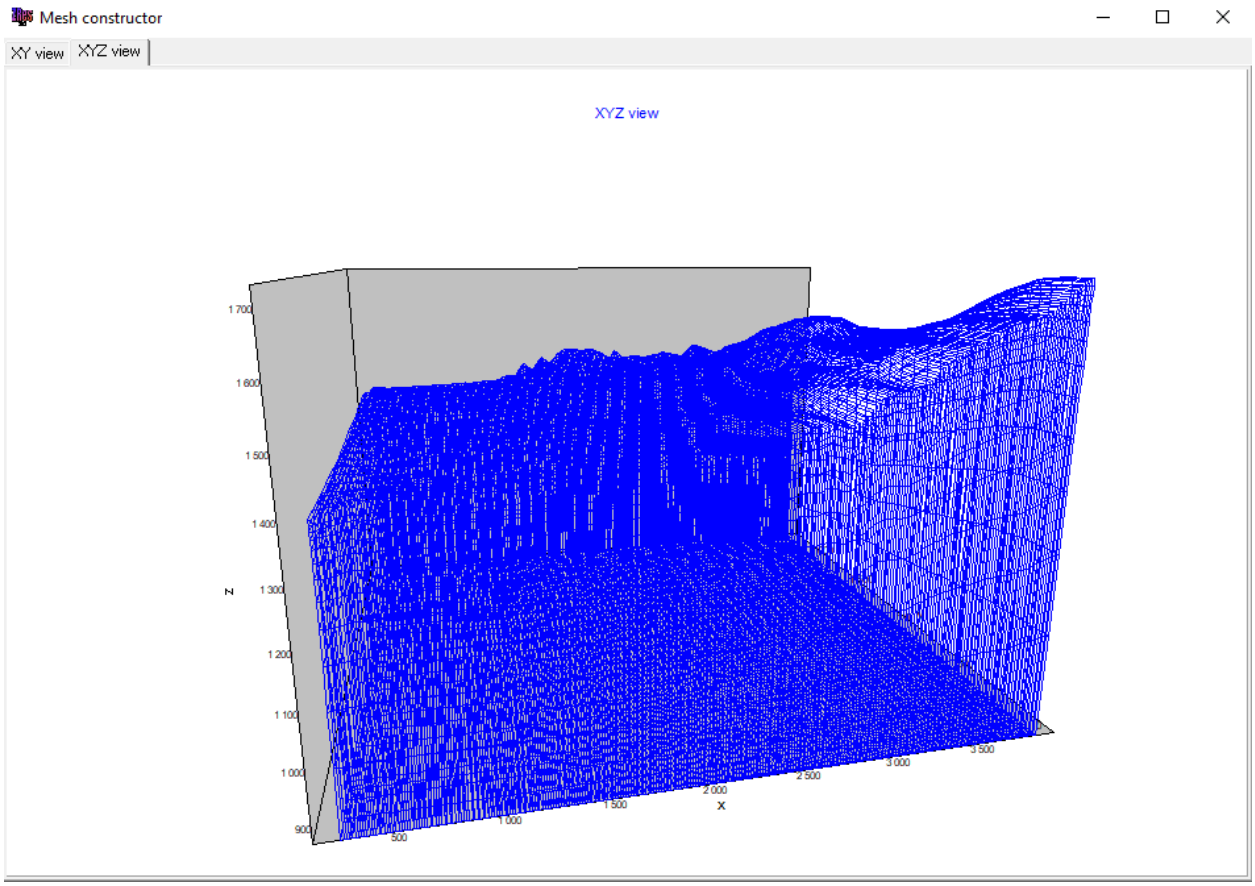
где (h_1) — **Start height**, (k) — **Increment**, (N) — **Div number**.

Мышь в окне XY view

Действие	Результат
Протягивание левой кнопкой вниз-вправо / вверх-влево	Увеличить область / вернуть масштаб (вне режимов правки)
Щелчок по узлу (режимы удаления/добавления)	Удалить / добавить ряд узлов
Правая кнопка (режимы удаления/добавления)	Сменить направление ряда X ↔ Y
Перетаскивание узла (режим правки)	Переместить узел
Alt + щелчок (Manual, флажок Min/Max)	Записать координату в активное поле Min/Max

Вкладка XYZ view

Трёхмерное изображение сети и рельефа. Левая кнопка — вращение, колесо мыши — масштаб.



Окно Mesh constructor, вкладка XYZ view

Окна Trapezoidal mesh и Simple grid maker

Trapezoidal mesh строит сеть по двум семействам линий, проходящих через станции. Каждой станции назначаются индексы линий i1 и i2; ячейки сети образуются четырёхугольниками между соседними линиями.

Кнопка / элемент	**Назначение**
Добавить линию (**Ctrl+A**)	Новая линия текущего направления
Автопоиск линии	Найти оптимальную линию в выбранном направлении; правая кнопка — выбор Vertical / Horizontal. При необходимости повторите
Удалить линию / все линии	Удалить текущую линию / все линии
Смена направления	Переключение между двумя семействами линий
Индекс линии, подписи	Номер текущей линии; подписи у узлов: нет, i1, i2 или обе
Инструмент назначения	Левая кнопка — назначить узлу текущую линию, правая — снять
Добавить/удалить узел	Левая / правая кнопка
Поворот ±1°	Повернуть точки (**Ctrl** + щелчок — на 0.1°); отмена поворота
Построить и проверить	Результат показывается в строке состояния
Использовать сеть	Передать построенную сеть в конструктор

Simple grid maker строит регулярную сеть линиями: автоматический поиск оптимальной сетки (может потребоваться несколько повторов), переключение направлений, режим добавления линий щелчком, изменение угла направления на ±1° (**Ctrl** — 0.1°).

Сообщения при создании сети

После нажатия **Apply and close** для больших сетей с промежуточными узлами (режим Automatic) программа спрашивает: «Would you like to group intermediate cells? this reduce Npar in N times». При ответе **Yes** включается группировка ячеек (**Program setup / Options / Cell grouping**): промежуточные ячейки объединяются с базовыми в один параметр инверсии, что уменьшает число параметров в N раз без изменения сети прямой задачи.

Порядок работы (workflow): построение сети

1. Проверьте тип съёмки (**Regular**, **General** или **One line**).
2. Нажмите  и оцените сеть: станции должны находиться в узлах (или в центрах ячеек при **Secondary**), без сильно вытянутых ячеек.
3. При необходимости поправьте направления, число делений или удалите лишние ряды.
4. Загрузите рельеф (правая кнопка по ) и выберите метод интерполяции.
5. Проверьте вертикальную сеть: подошва должна быть глубже максимальной глубины исследования, первый слой — не толще 1/3 минимальной глубины.
6. Нажмите **Apply and close**; согласитесь на группировку ячеек для больших моделей.

Модель и её редактирование

Ячейки, параметры и ограничения модели

Модель ZondTEM3D — это трёхмерная сеть (см. раздел о построении сети): узлы сети образуют вертикальные «столбы» под каждой точкой плана, а ячейки (блоки) расположены между соседними узлами. Число ячеек по каждой оси на единицу меньше числа узлов. Верхний ряд узлов повторяет рельеф, нижележащие ряды отстоят от него на глубины узловых плоскостей (**z_grid**); с глубиной влияние рельефа постепенно затухает в соответствии с коэффициентом рельефа сети (topoc).

Каждая ячейка хранит:

Величина	**Смысл**
Значение параметра **P**	Удельное сопротивление, Ом·м (диапазон 0.001–1 000 000 Ом·м).
Min, **Max**	Диапазон, в пределах которого параметр ячейки может меняться при инверсии. Пара 0 и 0 означает «ограничений нет», в диалогах она показывается звёздочкой `*`.

Ограничения сохраняются в проекте и в файле MOD3D. Если значение ячейки задаётся вне её диапазона, диапазон автоматически расширяется до нового значения, поэтому ячейка с ограничениями никогда не оказывается «вне» своих пределов.

Модель редактируется по срезам: в редакторе модели показывается один срез (XZ, YZ или XY), и все изменения в редакторе сразу переносятся в соответствующие ячейки трёхмерной модели — и значения, и ограничения. Если включён режим **Options / Model / 2D mode** (предназначен для случая, когда в съёмке одна линия), текущий срез после каждого изменения копируется во все срезы вдоль перпендикулярной оси, то есть модель становится двумерной (вытянутой вдоль этой оси).

> **Внимание.** В режиме **2D mode** во все срезы копируется весь текущий срез целиком, включая ограничения, а не только изменённые ячейки. Ранее заданные в других срезах объекты при этом перезаписываются.

Диалог Start model and constraints

Назначение

Диалог вызывается командой **Options / Model / Set 1D model** и служит для быстрого задания горизонтально-слоистой (одномерной) стартовой модели и диапазонов изменения параметра по глубине. Типичные задачи:

- задать стартовую модель инверсии по результатам 1D-инверсии (например, в ZondTEM1D), каротажа или известного разреза;
- задать для каждого слоя допустимые пределы сопротивления, например запретить инверсии получать в коренных породах сопротивление ниже известного;
- построить фоновую слоистую модель для моделирования, в которую затем в редакторе модели вставляются локальные объекты.

Слоистая модель применяется ко всей сети, включая краевые ячейки.

Что показывается при открытии

При открытии программа анализирует текущую модель по горизонтальным слоям ячеек и строит на графике **Distribution p vs depth** (горизонтальная ось — параметр, вертикальная — глубина `z, m` от поверхности):

- жёлтая полоса — полный диапазон (минимум–максимум) значений текущей модели на каждой глубине;
- синяя полоса — среднее значение слоя ячеек ± среднее абсолютное отклонение от него (в логарифмическом масштабе);
- чёрная ступенчатая линия — задаваемая слоистая модель;
- две линии ограничений — минимальная и максимальная границы параметра.

Начальная модель — однослойная: её значение равно среднему (среднему геометрическому) из средних значений всех слоёв ячеек. Начальный допуск в поле рядом с флажком **Set limites +/-** также вычисляется по разбросу текущей модели: для сопротивления это средний относительный разброс в процентах (не менее 20 %). Так, если текущая модель — однородное полупространство, допуск будет минимальным, а для уже полученного результата инверсии — соответствовать реальной изменчивости модели.

Элементы окна

Элемент	Назначение
График **Distribution p vs depth**	Показывает распределение параметра текущей модели по глубине и задаваемую слоистую модель. Линии модели и ограничений можно перетаскивать мышью (см. ниже).
Таблица слоёв	Столбцы: **#** — номер слоя; **Z** — глубина кровли слоя, м; **H** — мощность слоя, м; **P** — значение параметра; **min**, **max** — границы параметра. Кровля первого слоя всегда равна 0, мощность последнего слоя (полупространства) не задаётся.
Number of layers	Число слоёв, от 1 до 300; начальное значение — 1. При увеличении числа на единицу новый слой вставляется после выделенной в таблице строки (делением слоя пополам), его значение и границы копируются с соседнего слоя.
Set limites +/- (флажок и поле)	Если флажок включён (по умолчанию), новым слоям сразу назначаются границы относительно значения: поле задаётся в процентах (подпись **Set limites +/-, %**), граница вычисляется как $P/(1 + d/100)$ … $P \cdot (1 + d/100)$. Границы не выходят за допустимый диапазон параметра.
Apply	Построить модель и ограничения в ячейках сети и закрыть диалог.

Редактирование таблицы и графика

Значения вводятся в таблицу с проверкой:

- **Z** — глубина кровли должна быть больше кровли вышележащего слоя и меньше кровли нижележащего (с зазором 0.01 м); мощности пересчитываются автоматически;
- **H** — мощность от 0.01 до 10 000 м; глубины кровель пересчитываются;
- **P** — в пределах допустимого диапазона параметра; если новое значение выходит за границы слоя, граница сдвигается до значения;
- **min** — не больше **P**, **max** — не меньше **P**. Ввод нечислового значения (например `*`) в любой из этих столбцов снимает обе границы слоя.

Сочетание **Ctrl+V** в таблице вставляет столбец значений из буфера обмена (например, скопированный из Excel) начиная с текущей ячейки; число строк таблицы при этом не меняется, а значения, не прошедшие проверку, возвращаются к прежним.

На графике линии можно перетаскивать левой кнопкой мыши. Если захватить вертикальный отрезок чёрной линии, меняется значение параметра слоя (в пределах его границ); вертикальные отрезки линий min/max меняют границы (min — не больше значения, max — не меньше). Горизонтальный отрезок чёрной линии перемещает границу между слоями по глубине (в пределах соседних границ). Курсор над линией меняет форму на двустороннюю стрелку, показывая направление перемещения.

Что происходит при нажатии Apply

Слоистая модель переносится на сеть по глубине от поверхности, то есть слои повторяют рельеф. Для каждого горизонтального слоя ячеек берутся три точки по глубине (на 1/4, 1/2 и 3/4 мощности ячейки):

- значение ячейки — среднее значений слоистой модели в этих точках (среднее геометрическое), поэтому ячейка, пересекаемая границей, получает промежуточное значение;
- нижняя граница ячейки — наименьшая, верхняя — наибольшая из границ слоёв в этих точках; если хотя бы в двух точках границы не заданы, ячейка остаётся без ограничений;
- значение ячейки приводится в пределы её границ.

Новые значения и ограничения записываются во все ячейки модели (существующие объекты стираются), диапазон цветовой шкалы расширяется до заданных границ.

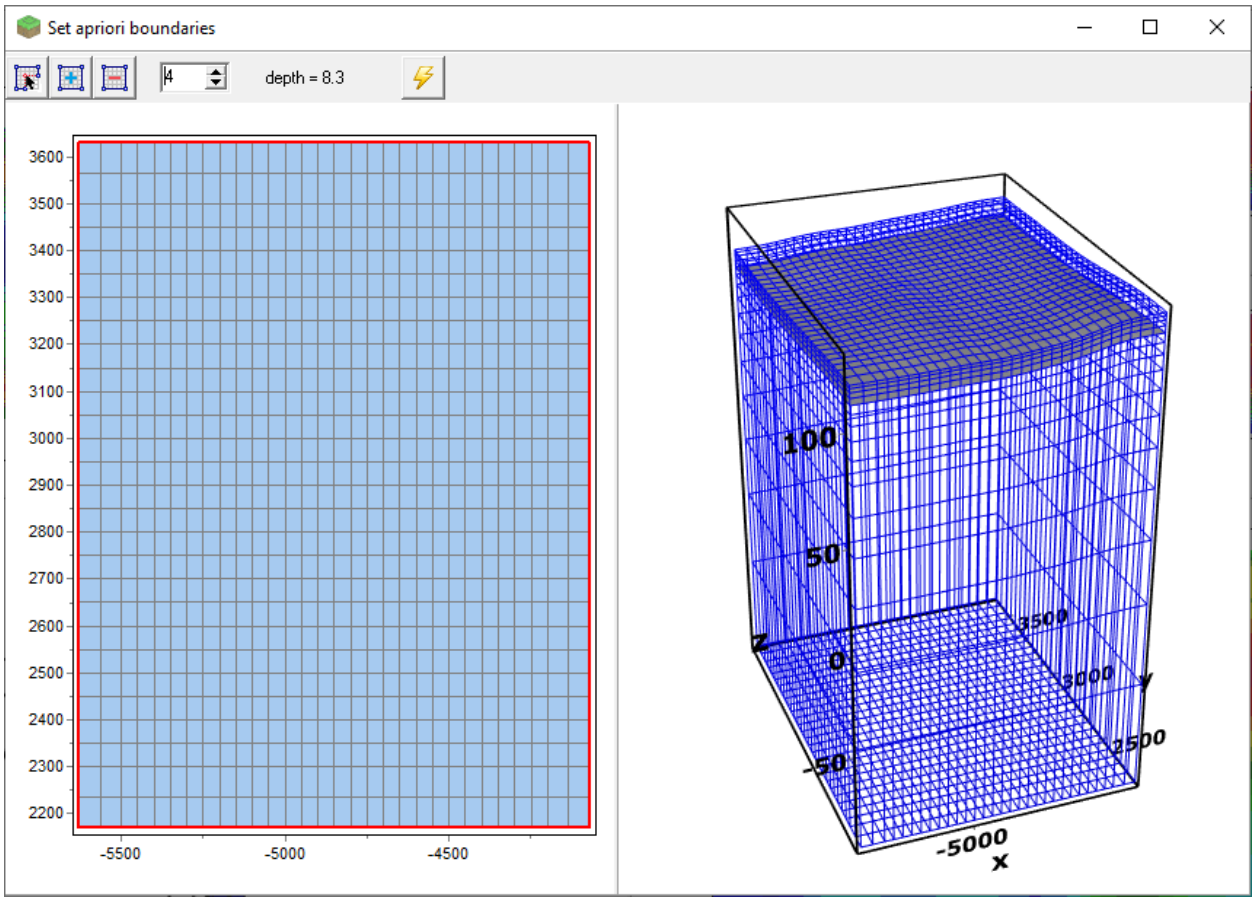
> **Совет.** Чтобы задать ограничения только для части разреза (например, только для коренных пород), оставьте у верхних слоёв `*` в столбцах min/max. Чтобы снять все ограничения, выключите флажок **Set limites +/-** до добавления слоёв или введите `*` в столбцы min/max.

Порядок работы (workflow)

1. Откройте **Options / Model / Set 1D model**. Оцените по полосам графика, как распределён параметр в текущей модели.
2. Задайте допуск в поле **Set limites +/-** (или выключите флажок, если ограничения не нужны).
3. Увеличивайте **Number of layers**, выделяя в таблице строку, под которой нужен новый слой.
4. Введите глубины (**Z**) или мощности (**H**), значения **P** и при необходимости **min**/**max**; уточните положение линий мышью.

5. Нажмите **Apply**. Проверьте модель на срезах и в 3D-окне; при необходимости дополните её локальными объектами в редакторе модели.

Окно Set apriori boundaries



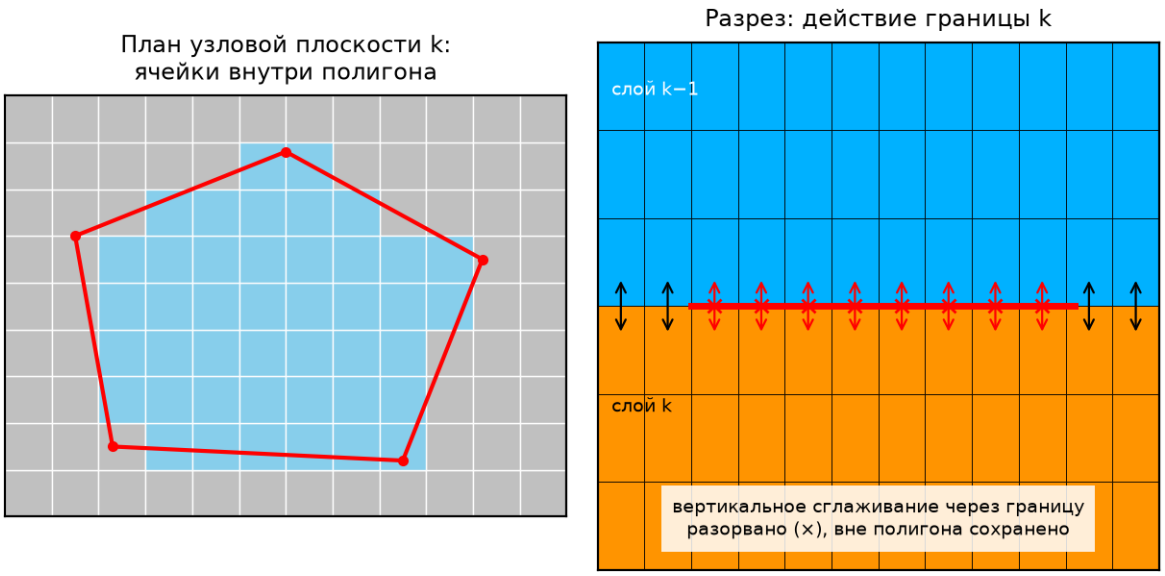
Окно Set apriori boundaries

Назначение

Окно вызывается командой **Options / Inversion / Set apriori boundaries** и задаёт априорные (структурные) границы — поверхности, на которых при инверсии разрывается сглаживание между вышележащими и нижележащими ячейками. Благодаря этому инверсия может построить на границе резкий скачок параметра, а не плавный переход. Типичные применения:

- известная по бурению или сейсморазведке кровля коренных пород или уровень грунтовых вод, совпадающие с одной из горизонтальных плоскостей сети;
- граница, существующая не во всей области, а только на её части (например, под чехлом осадков на участке) — задаётся полигоном.

Граница привязана к узловой плоскости сети с номером k (плоскости нумеруются от поверхности; поверхность и подошва сети границами быть не могут) и потому повторяет геометрию этой плоскости, включая рельеф. Произвольные поверхности, не совпадающие с плоскостями сети, задать нельзя: для этого сеть строится так, чтобы одна из её плоскостей проходила на нужной глубине.



Действие априорной границы: ячейки узловой плоскости внутри полигона (слева) и ослабление вертикального сглаживания через границу (справа)

Как граница используется в инверсии. Границы передаются в расчётный модуль Full 3D инверсии. Плоскость k — это кровля слоя ячеек k (слои считаются от поверхности с нуля), поэтому граница разделяет слои k−1 и k. При построении сглаживающего оператора вес вертикальной связи ячейки (i, j, k) с вышележащей ячейкой (i, j, k−1) умножается на 0,01, если ячейка (i, j) плоскости k отмечена как граница. Так же ослабляются наклонные связи диагонального фильтра (**Diagonal filter**), идущие через плоскость k, если отмечены обе ячейки плоскости — текущая и соседняя по направлению связи. Горизонтальные связи внутри слоя и связи вне полигона не меняются.

- Граница действует только в алгоритмах со сглаживанием (**Occam**, **Smoothness constrained**, **Focused**); в **Marquardt** и **Blocks** сглаживающего оператора нет, и граница ни на что не влияет.
- В **Pseudo 3D** инверсии границы не используются.
- Границы хранятся до перестроения сети, открытия другого проекта или отмены диалога; в файл проекта они не записываются. Перед повторной инверсией после открытия проекта границы нужно задать заново.

Элементы окна

Кнопка / элемент	Назначение
Add user defined polygon	Включить режим рисования полигона на плане: каждый щелчок левой кнопкой добавляет вершину, щелчок правой кнопкой (после не менее чем двух вершин) добавляет последнюю вершину и замыкает полигон. Полигон заменяет прежнюю границу текущей плоскости.
Add whole plane	Создать границу по всей плоскости (полигон по контуру сети).
Remove current boundary	Удалить границу текущей плоскости.
Поле номера границы (счётчик на панели	Номер узловой плоскости, для которой задаётся

Кнопка / элемент	Назначение
инструментов)	граница (от 1 до числа плоскостей − 2). При смене номера показывается граница выбранной плоскости, подпись справа — средняя глубина плоскости (`depth = …`).
Copy boundaries to project and close	Передать границы в проект и закрыть окно.
План (левая часть)	Сеть в плане для выбранной плоскости. Ячейки, входящие в границу, закрашены голубым, остальные — серым. Вне режима рисования план можно увеличивать и сдвигать мышью.
3D-вид (правая часть)	Сеть и границы в объёме; колесо мыши меняет масштаб.

Ячейка считается принадлежащей границе, если внутри полигона оказывается больше половины (не менее 5 из 9) контрольных точек ячейки. Поэтому полигон достаточно рисовать с точностью до ячейки.

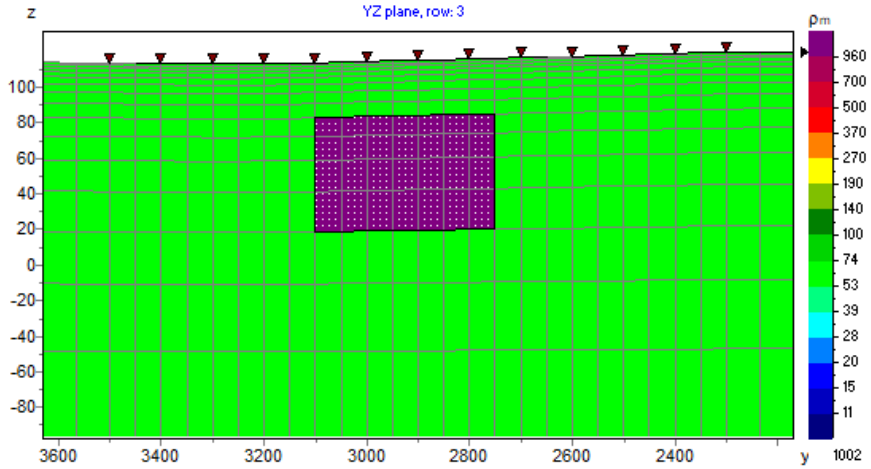
> **Внимание.** Закрытие окна крестиком (без кнопки **Copy boundaries to project and close**) удаляет все априорные границы, в том числе заданные ранее. Границы также сбрасываются при перестроении сети и при открытии проекта.
>
> **Совет.** Априорные границы лучше всего работают с гладкой (L2) инверсией, где именно сглаживание размывает контрасты. Граница должна быть обоснована: неверно заданная граница создаёт в модели ложный скачок.

Порядок работы (workflow)

1. Постройте сеть так, чтобы одна из горизонтальных плоскостей проходила на глубине известной границы.
2. Откройте **Options / Inversion / Set apriori boundaries**.
3. Выберите номер плоскости в поле номера границы на панели инструментов, ориентируясь на подпись `depth = …`.
4. Нажмите **Add whole plane** для сплошной границы или **Add user defined polygon** и обрисуйте область (правый щелчок замыкает полигон).
5. При необходимости повторите для других плоскостей.
6. Нажмите **Copy boundaries to project and close**.
7. Выберите алгоритм со сглаживанием (**Occam**, **Smoothness constrained** или **Focused**) и запустите **Full 3D inversion** (правая кнопка по кнопке инверсии).
8. Проверьте результат на срезах через границу: контраст на плоскости k должен стать резче, вне полигона модель остаётся гладкой.

Редактирование модели

Редактор модели



Редактор модели: срез YZ

Редактирование геоэлектрической среды выполняется в ***редакторе модели*** — нижней правой графической секции главного окна в режиме **Options / Model / Block-section**. Редактор служит для изменения параметров отдельных ячеек и групп ячеек с помощью мыши и клавиатуры. Справа от области модели находится цветовая шкала, связывающая цвет со значением параметра; ниже шкалы показывается текущее значение «кисти» — значение, которое будет присваиваться ячейкам.

Ориентация среза выбирается в меню **Options / Model / Plane** (XZ, YZ, XY) или горячими клавишами:

- **Alt+1** — срез в плоскости XZ;
- **Alt+2** — срез в плоскости YZ;
- **Alt+3** — срез в плоскости XY.

Колесо мыши над редактором переключает срез на соседний (вперёд или назад вдоль перпендикулярной оси), поэтому объект можно быстро «прорисовать» в нескольких соседних срезах.

Работа с ячейками сходна с редактированием растрового изображения в графических редакторах. При перемещении курсора по модели в строке состояния главного окна показываются координаты курсора, номер ячейки (**cellX**, **cellY**), её значение (**Value**) и, если заданы, границы (**Min**, **Max**), а также текущий режим редактора (**Editing**, **Rect selection** и т.д.). Активная ячейка обведена прямоугольником — курсором. Выделенные ячейки отмечаются крапом цвета выделения.

Режимы редактора и контекстное меню ячеек

Щелчок правой кнопкой по области модели открывает меню ячеек:

Пункт	Назначение
Display cell setup	Открыть диалог **Cell setup** для активной ячейки или выделения.
Cell to cursor value	Сделать значение активной ячейки текущим значением кисти (то же — клавиша **Z**).

Пункт	Назначение
Edit mode	Режим рисования: щелчок или протягивание левой кнопкой присваивает ячейкам текущее значение.
Selection / Free-form selection	Выделение произвольной области: протягивание левой кнопкой обводит контур.
Selection / Rectangular selection	Выделение прямоугольником (протягиванием от угла к углу).
Selection / Elleptical selection	Выделение эллипсом, вписанным в протянутый прямоугольник.
Selection / MagicWand	«Волшебная палочка»: щелчок выделяет активную ячейку и связанные с ней соседние ячейки с близкими значениями. Степень близости задаётся параметром **Selection admissibility, %** в диалоге **Model setup**.
Selection / Remove selection	Снять выделение (то же — клавиша **V**).
Clear model	Очистить текущий срез: всем ячейкам среза присваивается значение вмещающего полупространства, ограничения снимаются.

При рисовании (**Edit mode**) действия зависят от клавиш-модификаторов:

- левая кнопка — присвоить ячейке текущее значение;
- **Shift+левая кнопка** — увеличить значение ячейки на 10 %;
- **Shift+правая кнопка** — уменьшить значение ячейки на 10 %.

Если щелчок сделан по выделенной ячейке, операция применяется ко всему выделению сразу: так удобно залить выделенную область одним значением или пропорционально усилить/ослабить контраст объекта.

В режимах выделения удержание **Shift** при протягивании добавляет новую область к уже выделенным ячейкам (без Shift прежнее выделение сбрасывается).

Перемещение и копирование выделения выполняется с нажатой клавишей **Ctrl**: курсор ставится на выделенную ячейку и выделение перетаскивается мышью. **Ctrl+левая кнопка** — перенос: содержимое выделенных ячеек вырезается и вставляется в новое место, а освободившиеся ячейки получают значение вмещающей среды. **Ctrl+правая кнопка** — копирование: исходные ячейки сохраняются. Перемещение выполняется в пределах текущего среза.

Если правая кнопка нажата вместе с **Alt**, контекстное меню не открывается и значения ячеек не изменяются.

Текущее значение кисти задаётся также щелчком левой кнопкой по цветовой шкале (редактор при этом переходит в **Edit mode**) или клавишами ↑/↓ при курсоре над шкалой (умножение/деление на 1.1).

Изменения, сделанные в редакторе, сразу переносятся в трёхмерную модель и учитываются в 3D-окне.

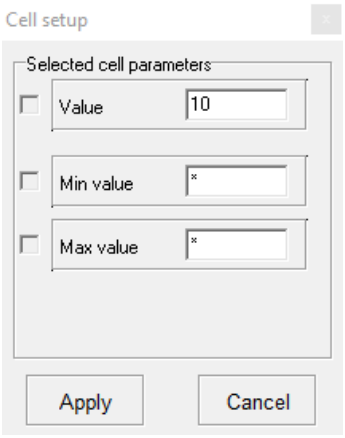
Клавиши редактора

Действие	Сочетание	Где работает

Действие	Сочетание	Где работает
Срез XZ / YZ / XY	**Alt+1** / **Alt+2** / **Alt+3**	главное окно
Соседний срез	колесо мыши	над редактором модели
Перемещение курсора по ячейкам	← → ↑ ↓	курсор над моделью
Значение кисти ×1.1 / ÷1.1	↑ / ↓	курсор над цветовой шкалой
Присвоить активной ячейке (или выделению) значение кисти	**Insert**	редактор модели
Присвоить активной ячейке (или выделению) значение вмещающей среды	**Delete**	редактор модели
Взять значение активной ячейки в кисть	**Z**	редактор модели
«Волшебная палочка» от активной ячейки, с добавлением к выделению	**X**	редактор модели
Снять выделение	**V**	редактор модели
Выделить / снять выделение с активной ячейки	**S**	редактор модели
Присвоить значение кисти	левая кнопка	**Edit mode**
Увеличить / уменьшить значение на 10 %	**Shift+левая** / **Shift+правая** кнопка	**Edit mode**
Добавить область к выделению	**Shift** + протягивание	режимы выделения
Перенести / скопировать выделение	**Ctrl+левая** / **Ctrl+правая** кнопка + протягивание	по выделенной ячейке
Задать значение кисти	левая кнопка	цветовая шкала
Контекстное меню	правая кнопка	модель, шкала, поля вокруг модели
Правая кнопка без меню и без изменения модели	**Alt+правая** кнопка	модель

Диалог Cell setup

Диалог открывается пунктом **Display cell setup** и позволяет ввести точные значения параметра и его границ для активной ячейки или для всего выделения.



Окно Cell setup

Элемент	Назначение
Value	Значение параметра.
Min value, **Max value**	Границы изменения параметра при инверсии. * — границы не заданы.
Флажки справа от полей	Доступны, если активная ячейка выделена: отмечают, какие из величин (значение, нижняя, верхняя граница) применить ко всем выделенным ячейкам. По умолчанию отмечены все.
Apply	Применить и закрыть диалог.
Cancel	Закрыть без изменений.

Особенности ввода:

- если в одном из полей **Min value** / **Max value** стоит * (или нечисловое значение), ограничения ячейки снимаются;
- если **Min value** больше **Max value**, границы не меняются;
- значение, выходящее за границы, автоматически расширяет их;
- значение приводится к допустимому диапазону параметра.

Ограничения особенно полезны при инверсии: например, для известной по бурению толщи можно задать узкий диапазон сопротивления, а для предполагаемого объекта — широкий.

Меню модели и цветовой шкалы

Щелчок правой кнопкой по полям вокруг модели открывает меню отображения:

Пункт	Назначение
Display model mesh	Показывать линии сети.
Display objects border	Показывать границы между ячейками с разными значениями (контуры объектов).
Setup	Открыть диалог **Model setup**.
Display color bar	Показывать цветовую шкалу.
Zoom&&Scroll	Режим увеличения и прокрутки: протягивание левой кнопкой вниз-вправо увеличивает выбранную область, вверх-влево — возвращает исходный масштаб. Пока режим включён, редактирование

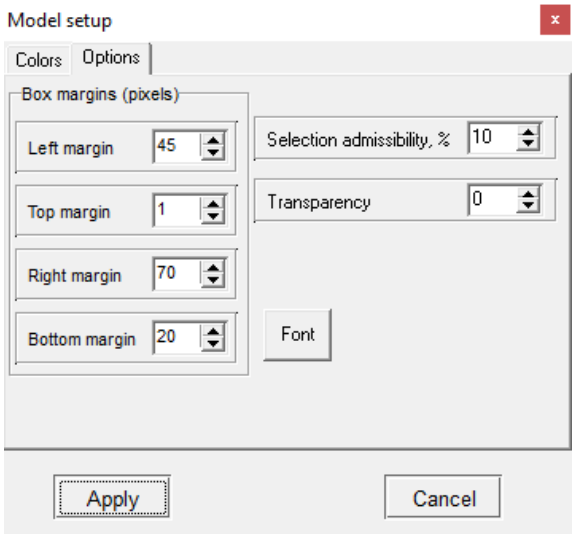
Пункт	Назначение
	ячеек мышью отключено.
Print preview	Предварительный просмотр и печать модели.
X:Y 1:1	Одинаковый масштаб по горизонтальной и вертикальной осям.

Щелчок правой кнопкой по цветовой шкале:

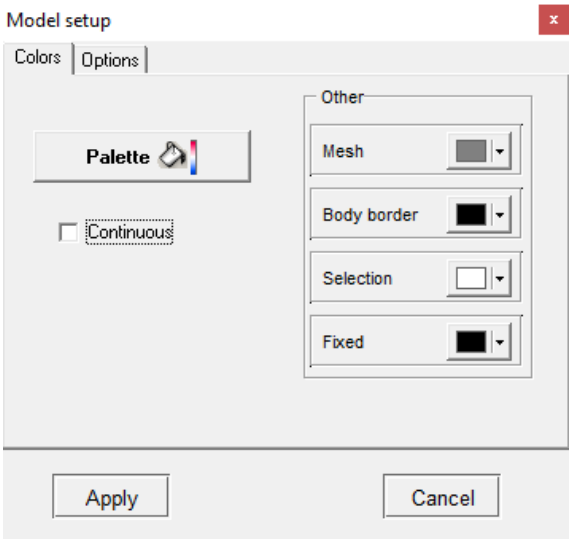
Пункт	Назначение
Set range	Задать минимальное и максимальное значения шкалы.
Automatic	Определить пределы шкалы по минимальному и максимальному значениям параметра модели.
Log scale	Логарифмическая шкала.
Smooth image	Показать модель гладкой интерполированной заливкой. В этом режиме редактирование ячеек отключено.
Set cursor value	Ввести значение кисти с клавиатуры (в пределах шкалы).

Диалог Model setup

Пункт **Setup** меню модели открывает настройки цветов и вида редактора.



Окно Model setup, вкладка Options



Окно Model setup, вкладка Colors

Элемент	Назначение
Вкладка **Colors**	Цвета элементов изображения.
Palette	Открыть настройку палитры цветовой шкалы. В окне палитры строится гистограмма распределения значений текущего среза модели по 50 интервалам шкалы — это помогает выбрать пределы и распределение цветов.
Mesh	Цвет линий сети.
Body border	Цвет границ между контрастными ячейками (контуров объектов).
Selection	Цвет крапа выделения; вариант **Inverted** отображает выделение инверсией цвета ячеек.
Вкладка **Options**	Параметры изображения.
Left margin, **Top margin**, **Right margin**, **Bottom margin**	Поля изображения в пикселях, 0–100, по умолчанию 0. Увеличьте их, если подписи осей или шкалы не помещаются в окне; левое и правое поля применяются и к псевдоразрезам главного окна, чтобы их оси совпадали с моделью.
Selection admissibility, %	Допуск «волшебной палочки», 0–200 %: чем больше, тем сильнее могут отличаться значения ячеек, попадающих в выделение.
Transparency	Прозрачность изображения модели, 0–80 %. Полезна, если под моделью загружена подложка (геологический разрез, изображение).
Font	Шрифт подписей цветовой шкалы.
Apply	Применить настройки: обновить палитру и изображение модели. Окно остаётся открытым.
Cancel	Закрыть диалог.
Default	Вернуть настройки по умолчанию (применяются после **Apply**).

Порядок работы (workflow)

1. Задайте фон — однородный или слоистый (**Options / Model / Set 1D model**).
2. Выберите плоскость среза (**Alt+1/2/3**) и колесом мыши — нужный срез.
3. Выберите значение кисти щелчком по шкале или клавишей **Z** по ячейке с нужным значением.
4. Выделите область (прямоугольник, эллипс, свободная форма, волшебная палочка) и залейте её щелчком левой кнопки по выделению или клавишей **Insert**.
5. Повторите в соседних срезах (колесо мыши) — объект получит объём. Для вытянутых объектов используйте **2D mode**.
6. При необходимости задайте значения и границы точно в **Cell setup**.
7. Проверьте модель в 3D-окне и выполните прямую задачу.

Прямая задача и инверсия

Прямая задача

Кнопка  (**Calculate forward problem**) рассчитывает отклик текущей 3D-модели для всех станций. Расчёт всегда выполняется полным трёхмерным методом конечных элементов во внешнем 64-битном расчётном модуле (zondtem3d.dll), независимо от выбранного типа инверсии.

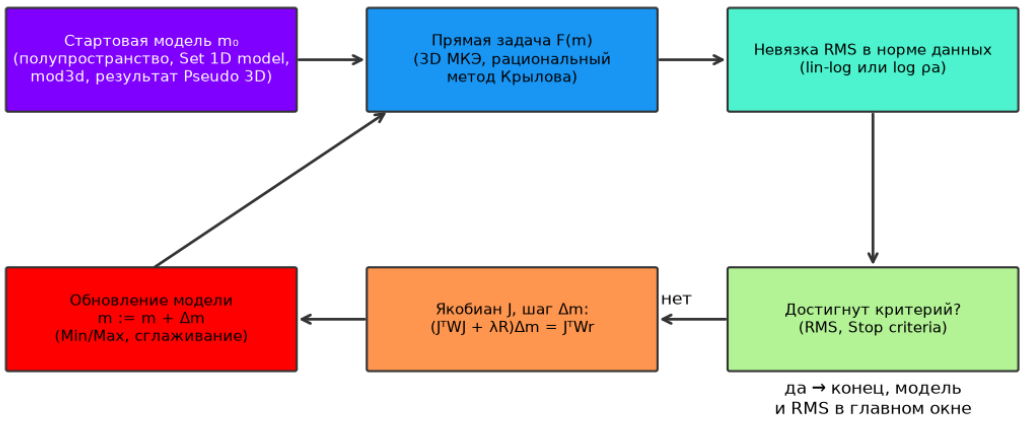
Схема расчёта:

1. Программа записывает модель, сеть, геометрию петель, времена и форму импульса в файл задания (calc64.bi1 в папке программы) и запускает расчётный модуль.
2. Модуль строит конечно-элементную сеть (сеть модели плюс внешние ячейки) и вычисляет поле от каждой генераторной петли. Временная зависимость рассчитывается рациональным методом Крылова: факторизация матрицы выполняется для небольшого набора комплексных сдвигов, после чего отклик во все моменты времени получается без пошагового интегрирования по времени.
3. Результат (файл resp64.bi1) читается главной программой; рассчитанные данные появляются на псевдоразрезах и в окне **Sounding curves**, в строке состояния выводится RMS.

Ход расчёта показывается индикатором в строке состояния; стадии (построение сети, факторизация, решение) — в секции сообщений. Время расчёта зависит главным образом от числа узлов сети и числа генераторных петель.

> **Совет.** Если расчёт каждый раз прерывается без сообщения, выполните **Help / Restart library** и проверьте, не блокирует ли антивирус расчётный модуль.

Типы инверсии



Окно RMS vs iteration обновляется после каждой итерации; остановка - повторное нажатие кнопки инверсии (Esc - для Pseudo 3D)

Схема итерационной инверсии

Тип инверсии выбирается правой кнопкой мыши по кнопке инверсии ; левая кнопка запускает выбранный тип. Во время расчёта кнопка меняет вид на , повторное нажатие

останавливает инверсию. После остановки или завершения программа сообщает в строке состояния продолжительность расчёта («Inversion took …»).

	Pseudo 3D inversion	**Full 3D inversion**
Прямая задача	1D (слоистая среда) под каждой станцией	3D МКЭ
Скорость	Секунды–минуты	Минуты–часы
Учёт 3D-эффектов	Нет (только латеральное сглаживание)	Да
Где выполняется	В главной программе	Во внешнем 64-битном модуле
Остановка	Кнопка инверсии или **Esc**	Кнопка инверсии
Назначение	Быстрая оценка, стартовая модель для Full 3D	Окончательная модель

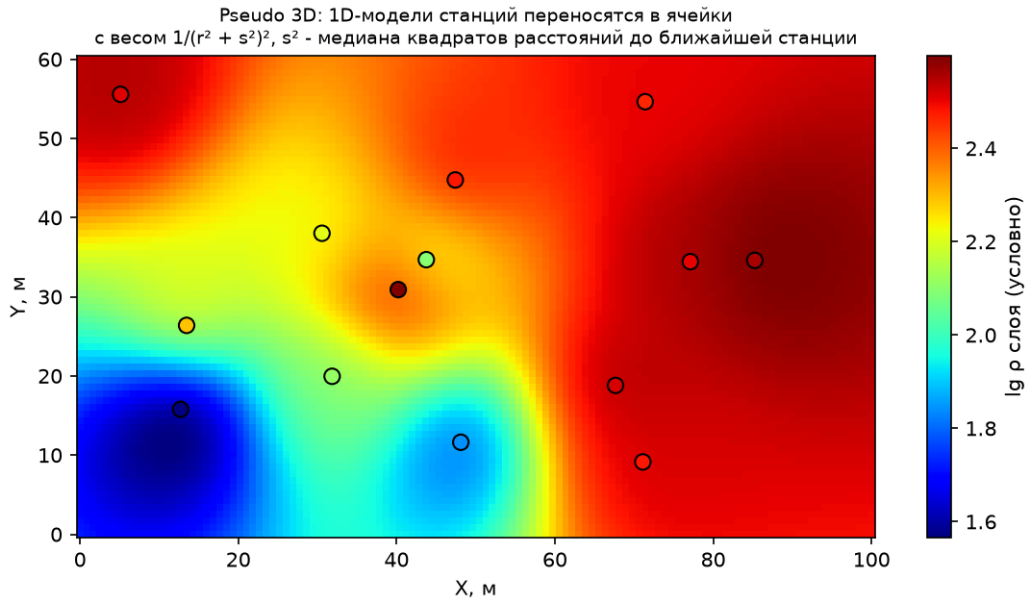
Pseudo 3D

Под каждой станцией строится слоистая модель; мощности слоёв равны средним по сети мощностям горизонтальных слоёв ячеек, последний слой — полупространство. Все 1D-модели подбираются совместно: регуляризация связывает соседние слои одной станции и одинаковые слои соседних станций. Прямая задача — та же, что в программе ZondTEM1D (с учётом формы импульса, конечной петли и времени выключения).

После каждой итерации 1D-модели переносятся в ячейки 3D-сети с весом

$$w = \frac{1}{(r^2 + s^2)^2},$$

где (r) — расстояние от центра ячейки до станции, (s^2) — медиана квадратов расстояний между станциями и их ближайшими соседями. Такое сглаженное интерполирование исключает «лунки» вокруг отдельных станций.



Перенос 1D-моделей станций в 3D-сеть

Pseudo 3D использует основные настройки инверсии: алгоритм, опорную модель сглаживания (Median / Start model / Previous), норму сглаживания, Robust, Stabilizer,

нормировку чувствительности, Line search, параметры фокусировки и норму данных. Станции, исключённые флажком **Invert** в окне **Sounding curves**, не входят в невязку, но их модели формируются за счёт сглаживания с соседями.

Full 3D

Каждая итерация включает 3D прямую задачу и расчёт чувствительностей (якобиана) во внешнем модуле. В модуль передаются все настройки инверсии: алгоритм, опорная модель, нормы, Robust, Stabilizer, нормировка чувствительности, Lim based inv, Diagonal filter, автоматический подбор сглаживающего параметра, число итераций, пределы, Smoothing factor, параметры фокусировки, Smoothness ratio, Line search и Dec factor, группировка ячеек и число поверхностных слоёв, а также слоистый член (**Layered term**) и априорные границы (**Set apriori boundaries**). В Pseudo 3D слоистый член и априорные границы не используются.

> **Совет.** Выполните сначала Pseudo 3D: результат станет стартовой моделью для Full 3D и сократит число дорогих 3D-итераций. Сохраните промежуточный результат в буфер (**Buffer / Model 1**), чтобы затем сравнить модели.

Окно Program setup

Диалог **Program setup** содержит параметры обратной задачи (вкладки **Inversion** и **Options**). Он открывается кнопкой на панели инструментов или пунктом меню **Options / Program setup**. Диалог немодальный: при открытом окне можно работать с моделью, а при настройке группировки ячеек инверсионная сеть сразу рисуется поверх среза модели.

Кнопка **Apply** проверяет и сохраняет введённые значения, заново загружает их в форму и закрывает диалог. Значения вне допустимого диапазона или нечисловые не принимаются — сохраняется прежнее значение. Кнопка **Cancel** (или закрытие окна крестиком) закрывает диалог без сохранения введённых значений; изменения в таблице группировки ячеек и флажки, влияющие на отображение сети, применяются сразу.

Значения по умолчанию для нового проекта приведены в таблицах ниже.

Вкладка Inversion

Элемент	Назначение	По умолчанию / диапазон
Inversion	Алгоритм решения обратной задачи: Smoothness constrained, Occam, Marquardt, Blocks, Focused	Occam
Smoothing factor (флажок)	Автоматический подбор начального значения сглаживающего параметра при запуске инверсии. Найденное значение записывается в поле **Smoothing factor**, после чего флажок снимается	выключен
Smoothing factor (список)	Сглаживающий (демпфирующий) параметр μ первой итерации. В списке: 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2; можно ввести любое значение	0.05; 0.0001–500
Focusing parameters / Threshold	Порог контрастности e для	0.01; 1e-10–5000

Элемент	Назначение	По умолчанию / диапазон
	алгоритма Focused (и для пункта **Options / Inversion / Robust**)	
Focusing parameters / Sharpness	Параметр компактности объектов для Focused	0.1; 0–1
Stop criteria / Iterations (флажок и поле)	Остановить инверсию после заданного числа итераций. Поле доступно при включённом флажке	включено, 10; 1–150
Robust weighting scheme	Робастное перевзвешивание данных: измерения с аномально большой невязкой получают меньший вес	включено

Группа **Focusing parameters** доступна только при выборе алгоритма Focused или при включённом пункте **Options / Inversion / Robust**.

Алгоритмы инверсии

Occam — инверсия методом наименьших квадратов со сглаживающим оператором и минимизацией шероховатости самой модели [Constable, 1987]. Результат — наиболее гладкое распределение параметров, совместимое с данными.

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

Здесь C — оператор первых разностей между соседними ячейками (по горизонтали и вертикали с весами **Smoothness ratio**). Слагаемое в правой части штрафует не поправку, а саму модель, поэтому модель не может накапливать ложные неоднородности от итерации к итерации. **Occam выбран в качестве алгоритма по умолчанию и рекомендуется для начальной инверсии большинства данных**: он устойчив, слабо зависит от стартовой модели и даёт минимум артефактов. Степень гладкости результата растёт с увеличением **Smoothing factor**; слишком большие значения приводят к росту невязки.

Smoothness constrained — метод наименьших квадратов со сглаживающим оператором, применённым к поправке:

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

На каждой итерации сглаживается приращение, а не модель целиком, поэтому алгоритм не минимизирует контрастность модели и позволяет достигать меньших значений невязки, чем Occam. Результат — гладкое, но более контрастное распределение. Алгоритм полезен, когда Occam даёт слишком размытую модель, а данные качественные.

Marquardt — классический метод наименьших квадратов с демпфирующим параметром (Ridge regression) [Marquardt, 1963]:

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

Ограничивается только величина поправки, связи между соседними ячейками нет. При малом числе параметров алгоритм даёт контрастную модель, но при большом числе ячеек результат может быть неустойчивым, а невязка — расти (расходимость). Marquardt лучше применять как уточняющий шаг (несколько итераций для снижения невязки) после Occam или Smoothness constrained.

Blocks — подбор параметров отдельных областей модели. Все ячейки с одинаковым значением параметра объединяются в один блок, и подбирается одно значение на блок (система уравнений та же, что для Marquardt). Число параметров резко сокращается, поэтому алгоритм хорошо подходит для уточнения сопротивлений известных объектов. Блоки подготавливают заранее: либо вручную в редакторе модели (областям присваиваются разные значения), либо с помощью растрирования/сглаживания модели после инверсии (лучше всего Focused). При открытом диалоге **Program setup** границы блоков выделяются на срезе модели.

Focused — метод наименьших квадратов со сглаживающим оператором и фокусировкой контрастности [Portniaguine, 2000]. Результат — кусочно-гладкая модель: области с почти постоянным сопротивлением и резкими границами между ними.

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

Матрица R содержит веса сглаживания для каждой пары соседних ячеек. Вес зависит от контраста r_i между ячейками и порога **Threshold** e:

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

Если контраст много меньше порога, вес близок к 1 и ячейки сглаживаются, как в Occam; если контраст много больше порога, вес стремится к 0 — считается, что между ячейками проходит граница, и сглаживание через неё не действует. При выборе Focused опорная модель регуляризации автоматически переключается на медианную (**Options / Inversion / Smoothness / Median**).

Алгоритм	**Регуляризация**	**Результат**	**Когда применять**
Occam	$\mu C^T C$ к модели	Наиболее гладкая устойчивая модель	Начальная инверсия, шумные данные, первый просмотр
Smoothness constrained	$\mu C^T C$ к поправке	Гладкая, более контрастная, меньшая невязка	Качественные данные, уточнение после Occam
Marquardt	μI	Контрастная, может быть неустойчивой	Короткое уточнение невязки, малое число параметров
Blocks	μI, параметр = блок	Значения в заданных областях	Проверка гипотез, уточнение известных объектов
Focused	$\mu C^T R C$ с порогом	Кусочно-гладкая, резкие границы	Контрастные объекты (пустоты, рудные тела, коренные породы)

> **Совет.** Начинайте с Occam и параметров по умолчанию. Если модель слишком размыта, а невязка заметно выше уровня шума, уменьшите Smoothing factor или перейдите к Smoothness constrained. Если ожидаются контрастные объекты с резкими границами, используйте Focused как следующий шаг, сравнивая результат с Occam.

Smoothing factor

Smoothing factor — значение сглаживающего (демпфирующего) параметра μ на первой итерации. Он задаёт соотношение между минимизацией невязки данных и «невязки» модели (шероховатости или величины поправки) и участвует во всех алгоритмах: в Occam, Smoothness constrained и Focused — как вес сглаживания, в Marquardt и Blocks — как демпфирующий параметр. Если оптимизация **Line search** (**Options / Inversion / Optimization**) выключена, значение уменьшается на каждой следующей итерации: **Dec factor** задаёт, во сколько раз уменьшается сглаживающий параметр. При включённой оптимизации **Line search** программа на каждой итерации ищет значение, минимизирующее невязку (для Occam — с учётом слагаемого шероховатости модели); такой режим часто ускоряет сходимость, но требует в несколько раз больше времени и может приводить к «застреванию» в локальном минимуме.

Рекомендации по выбору:

- 0.05 — оптимальное начальное значение для большинства данных;
- 0.01–0.02 — для качественных данных, когда требуется меньшая невязка;
- 0.1–0.5 и более — для зашумлённых данных или если нужна более гладкая и устойчивая модель;
- 0.005 и меньше — только для очень качественных данных; возможны неустойчивость и ложные детали.

Флажок рядом со списком включает автоматический подбор начального значения перед первой итерацией. Подбор не гарантирует лучшего выбора, но обеспечивает устойчивую сходимость; обычно он даёт несколько завышенное значение (в пределах 0.001–0.5). После расчёта найденное значение остаётся в поле, а флажок снимается — повторная инверсия начнётся уже с него.

Robust weighting scheme

При включённой опции на каждой итерации веса измерений пересчитываются в зависимости от их невязки: измерения, резко выпадающие из общего тренда, получают меньший вес и слабее влияют на модель. Такая схема эффективно подавляет отдельные выбросы, связанные с систематическими ошибками (помехи, ошибка в геометрии петель, неверная площадь приёмника). Опцию рекомендуется держать включённой почти всегда. Если брака в данных столько же, сколько качественных измерений, схема не поможет — данные нужно сначала отбраковать (окно контроля качества). Для очень качественных данных опцию можно выключить.

Stop criteria

Iterations — при включённом флажке инверсия останавливается после заданного числа итераций (по умолчанию 10, максимум 150). Кроме того, расчёт можно прекратить повторным нажатием кнопки инверсии (для Pseudo 3D — также клавишей **Esc**). Для больших 3D моделей разумно сначала выполнить 3–5 итераций, оценить результат и при необходимости продолжить: повторный запуск начинается с текущей модели.

Focusing parameters

Threshold — порог контрастности соседних ячеек e, начиная с которого их параметры не усредняются (считается, что между ними граница). Значение подбирается эмпирически:

- 0.1–1 — для моделей с высококонтрастными границами;
- 0.01–0.1 — для умеренных контрастов;
- очень малые значения разрушают оператор регуляризации и могут привести к расходимости или образованию множества мелких «блоков» — в этом случае значение следует увеличить;
- очень большие значения устраняют эффект фокусировки, результат приближается к Occam.

Для алгоритма Focused порог обычно должен быть примерно в 10 раз больше, чем подходящее значение для пункта **Robust** главного меню.

Sharpness — второй параметр фокусирующей инверсии, управляющий компактностью (объёмом) аномалеобразующих объектов, в пределах 0–1. При больших значениях (0.3–1) объекты стремятся быть меньше по объёму и компактнее, при малых — распределение остаётся ближе к кусочно-гладкому. Значение подбирается эмпирически.

Вкладка Options

Элемент	Назначение	По умолчанию / диапазон
Model / Min resistivity	Нижний предел сопротивления при инверсии: меньшие значения обрезаются. В списке 0.01, 0.1, 1, 10	0.1 Ом·м
Model / Max resistivity	Верхний предел сопротивления. В списке 100, 1000, 10000	10000 Ом·м
Model / Smoothness ratio	Отношение степени сглаживания по горизонтали и по вертикали. Значок рядом со списком показывает форму «эллипса сглаживания»	0.5; 0.1–10
Model / Number of surface layers	Число верхних слоёв ячеек (0–3), в которых сглаживание ослаблено	0
Cell grouping (флажок)	Включить группировку ячеек и показать таблицу инверсионной сети	выключен
Таблица **Layer / X / Y / Z**	Параметры группировки ячеек по слоям	1 / 1 / 1 / номер слоя

Min / Max. Пределы ограничивают диапазон, в котором программа может менять параметр. Они защищают от нефизичных значений (например, сопротивлений в миллионы Ом·м в зонах низкой чувствительности). При обычной инверсии значения за пределами просто обрезаются, и инверсия может постоянно «упираться» в предел, что замедляет сходимость. Если диапазон известен достаточно точно, рекомендуется включить **Options / Inversion / Optimization / Lim based inv** — вариант инверсии, учитывающий пределы при расчёте поправки. Индивидуальные пределы для отдельных ячеек задаются в редакторе модели (априорная информация).

Smoothness ratio. Значения меньше 1 усиливают горизонтальное сглаживание по сравнению с вертикальным и подходят для горизонтально-слоистых сред; значения больше 1 — для

сред с сильной латеральной изменчивостью (вертикальные контакты, дайки). При отсутствии информации о геологии используйте 1. Типичные значения — 0.2–1.

> **Примечание.** Pseudo 3D инверсия в текущей версии использует собственное фиксированное отношение 0.5 и значение **Smoothness ratio** не учитывает; для Full 3D значение передаётся в расчётный модуль.

Number of surface layers. Если приповерхностная часть разреза очень неоднородна и контрастна (насыпные грунты, бетон, коммуникации), оператор сглаживания «протягивает» эти неоднородности в нижележащую часть модели. Значение n задаёт число верхних слоёв ячеек, в которых сглаживание ослаблено: параметры этих ячеек слабее связаны с соседними, и приповерхностные неоднородности меньше влияют на остальную модель.

Cell grouping — группировка ячеек

Группировка действует для Full 3D инверсии. Число параметров 3D инверсии равно числу ячеек модели и для больших площадных съёмок может составлять сотни тысяч. Объём памяти и время расчёта якобиана и решения системы растут с числом параметров. Группировка ячеек объединяет соседние ячейки в один параметр инверсии; сеть прямой задачи при этом не меняется, поэтому точность расчёта поля сохраняется. Объединение глубоких ячеек естественно: разрешающая способность метода падает с глубиной, и мелкие глубокие ячейки инверсия всё равно надёжно не разрешает. В идеале число подбираемых параметров должно быть сопоставимо с числом данных.

Таблица содержит по строке на каждый слой модели:

Столбец	Смысл
Layer	Номер слоя модели (сверху вниз), не редактируется
X	Число ячеек по оси X, объединяемых в одну ячейку инверсии (1–19)
Y	Число ячеек по оси Y, объединяемых в одну ячейку инверсии (1–19)
Z	Номер слоя инверсионной сети. Слои с одинаковым номером Z объединяются по вертикали в один параметр. Для первого слоя всегда 1; для каждого следующего — либо тот же номер, что у предыдущего (объединение с ним), либо на 1 больше

Правила, которые программа соблюдает автоматически:

- при объединении слоёв по Z значения X и Y для всех слоёв группы устанавливаются одинаковыми — по изменённой строке;
- изменение Z в строке переносит нумерацию на все нижележащие слои;
- крайние ряды ячеек модели (первый и последний столбцы по X и по Y) в группы не объединяются — они остаются отдельными параметрами, остальные ячейки слоя разбиваются на группы заданной ширины, последняя группа может быть уже;
- щелчок правой кнопкой мыши по ячейке столбца X или Y открывает окно ввода значения, которое применяется к этому слою и ко всем нижележащим;

- после каждого изменения инверсионная сеть перерисовывается поверх среза модели, а в строке состояния главного окна выводится число записей данных, число параметров и оценка требуемой памяти.

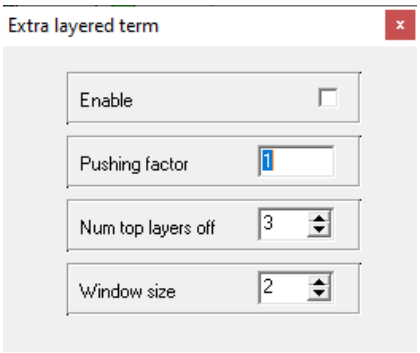
> **Совет.** Типичная схема для большой площадной съёмки: верхние 3–5 слоёв без группировки, глубже — по 2 ячейки по X и Y, в нижней трети модели — по 3–4 ячейки и объединение пар слоёв по Z. Верхние слои не объединяйте по Z: первый слой должен быть достаточно тонким, чтобы аппроксимировать приповерхностную часть разреза.

При построении сети с промежуточными узлами программа предлагает сразу объединить промежуточные ячейки («Would you like to group intermediate cells?»): при согласии флажок **Cell grouping** включается, а в таблице задаются соответствующие X и Y.

Диалог Extra layered term

Назначение

Диалог вызывается командой **Options / Inversion / Optimization / Layered term** и включает в функцию цели Full 3D инверсии дополнительный «слоистый» член. Он подталкивает модель к горизонтально-слоистому строению: вертикальные профили сопротивления соседних колонок ячеек становятся похожими друг на друга. Опция полезна, если геология заведомо слоистая, а обычная инверсия даёт «пятнистую» модель с ложными локальными аномалиями. Если в разрезе ожидаются локальные объекты, вес слоистого члена следует держать небольшим.

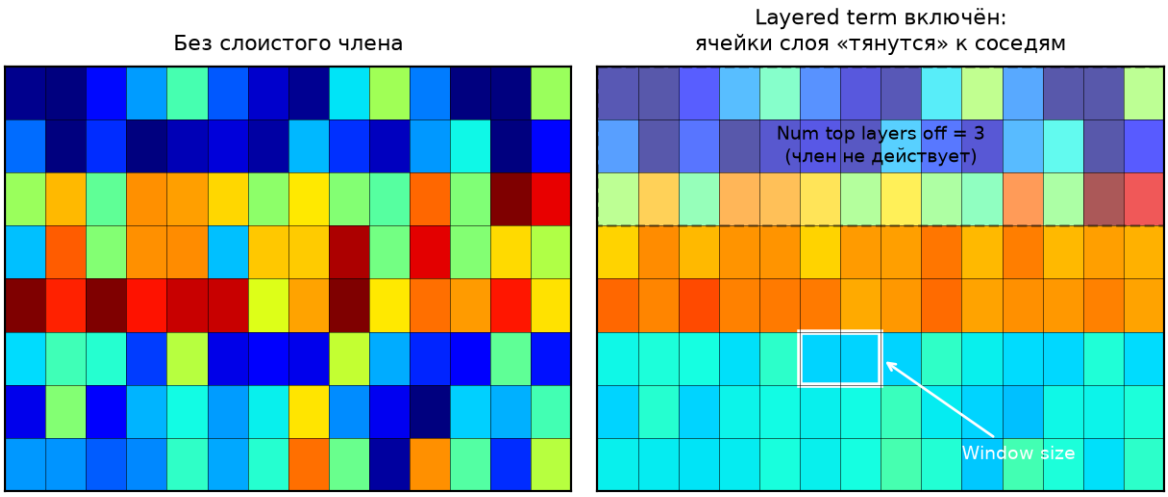


Окно Extra layered term

Элемент	Назначение	По умолчанию
Enable	Включить слоистый член. Состояние отображается галочкой у пункта меню **Layered term**.	выключен
Pushing factor	Вес слоистого члена *w*; принимаются значения от 0 до 1000. Чем больше, тем сильнее модель выравнивается по горизонтали.	1
Num top layers off	Число верхних слоёв ячеек, на которые слоистый член не действует (0–5). Приповерхностная часть обычно наиболее неоднородна, поэтому её исключают.	3

Элемент	Назначение	По умолчанию
Window size	Окно N (в ячейках): каждая колонка сравнивается с колонками, сдвинутыми на 0…N ячеек по X и на 0…N ячеек по Y (кроме самой себя).	2

Настройки сохраняются в проекте и передаются в расчётный модуль при каждом запуске Full 3D инверсии. В Pseudo 3D слоистый член не используется.



Действие слоистого члена (условно): без него (слева) и с ним (справа)

Как работает слоистый член

Для каждой пары колонок ячеек (i, j) и $(i + d_x, j + d_y)$, $d_x, d_y = 0 \dots N$, $(d_x, d_y) \neq (0,0)$, по слоям k от **Num top layers off** до подошвы сети вычисляется

$$g = 1 - \frac{\sum_k (m_{1k} - \bar{m})(m_{2k} - \bar{m})}{\sqrt{\sum_k (m_{1k} - \bar{m})^2 \sum_k (m_{2k} - \bar{m})^2}},$$

где m_{1k}, m_{2k} — параметры инверсии (нормированные значения сопротивления, те же, что в остальных членах функции цели) ячеек слоя k двух колонок, $\bar{m}$ — полусумма среднего по первой колонке и среднего по всей модели. Величина g равна нулю, когда профили двух колонок изменяются с глубиной одинаково, и растёт при их расхождении. В функцию цели добавляется $w \sum g^2 / L$ (L — число пар), а в систему уравнений каждой итерации — линеаризованный член: к матрице добавляется $w\, D^T D$, к правой части — $-w\, D^T g$, где D — производные g по параметрам модели (вычисляются аналитически на каждой итерации). Ячейки с фиксированным значением (не входящие в параметры инверсии) в сравнение не включаются.

> **Совет.** Начинайте с небольшого **Pushing factor** (1) и увеличивайте его, только если модель остаётся «пятнистой»; контролируйте невязку — при слишком большом весе она растёт. Большое окно (**Window size** 4–5) сильнее выравнивает модель, но увеличивает время каждой итерации.

Окно RMS vs iteration

Окно **RMS vs iteration** показывает ход инверсии: по горизонтальной оси — номер итерации, по вертикальной — невязка (%). Окно открывается автоматически в правом верхнем углу главного окна после первой итерации, если включён пункт **Options / Inversion / Show progress**, и остаётся поверх других окон; размер окна можно менять. График очищается при каждом новом запуске инверсии. Выключение **Show progress** закрывает окно.

По графику удобно оценивать сходимость:

- быстрое падение невязки на первых 2–4 итерациях и выход на «полку» — нормальная сходимость; дальнейшие итерации мало что дают;
- медленное монотонное снижение — можно продолжить инверсию или уменьшить Smoothing factor;
- рост невязки или колебания — признак неустойчивости: увеличьте Smoothing factor, включите Robust weighting scheme, проверьте данные на выбросы, для Focused увеличьте Threshold;
- полка на высоком уровне (больше 10 %) — вероятны систематические ошибки в данных или геометрии, неверный рельеф, недостаточная сеть.

Оценка невязки результатов инверсии

Экспресс-оценку качества результата даёт относительная невязка **RMS, %**, которая выводится в строке состояния главного окна и на графике **RMS vs iteration**. Она рассчитывается по всем измерениям, для которых есть рассчитанные значения.

Как правило, при удовлетворительном качестве данных невязка не должна превышать 5 %; для качественных данных обычно достигается 1–3 %. Слишком малая невязка (меньше уровня шума) — признак «подгонки шума»: модель может содержать ложные детали. В этом случае увеличьте Smoothing factor.

Невязку по каждому измерению можно оценить на плане изолиний или псевдоразрезе, выбрав **Options / Data / Data misfit**. Скопления больших невязок в одной области указывают на проблемы с конкретными станциями, геометрией петель или недостаточно подробной моделью в этом месте; одиночные большие невязки — на выбросы.

Априорная информация

Априорная информация — это всё, что известно о разрезе помимо самих измерений: геологические разрезы и карты, сейсмические профили, данные бурения и каротажа, модели предыдущих интерпретаций. В программе такая информация используется двумя способами:

- как графическая подложка — помогает сопоставить полученную модель с известной геологией, но на инверсию не влияет;
- как числовая информация — модели и скважинные данные, которые встраиваются в стартовую модель или накладываются на разрезы для контроля.

Все команды для работы с априорной информацией находятся в меню **Options** главного окна: подменю **Import/Export** (подложки и встраивание моделей) и **Boreholes** (скважинные данные).

Графические подложки

Подложка — растровое изображение, привязанное к координатам модели и отображаемое под ней (или совместно с ней). Типичные примеры — скан геологического разреза, сейсмический временной разрез, топографическая карта или космоснимок. Программа поддерживает два вида подложек: 2D — для вертикальных срезов, и 3D — для объёмного окна.

Подложка 2D

Подложка 2D привязывается к конкретному вертикальному срезу. Для каждого среза (направление XZ или YZ и номер среза) может быть загружено своё изображение; при переходе к другому срезу программа показывает его подложку, если она задана. Для горизонтальных срезов (XY) подложка 2D не загружается — команда в этом случае не выполняет никаких действий.

Как загрузить:

1. Выбрать нужный вертикальный срез модели.
2. Выбрать **Options / Import/Export / Background 2D / Load background**.
3. Указать файл изображения (*.bmp, *.png), сейсмический файл (*.sgy) или текстовый файл привязки (*.sec).
4. Для растровых файлов откроется диалог задания координат: координаты левого верхнего и правого нижнего углов изображения (X1, Z1, X2, Z2) в единицах модели. Опция **Insert topography** позволяет изогнуть изображение по рельефу поверхности модели — используется для разрезов, построенных от линии рельефа.

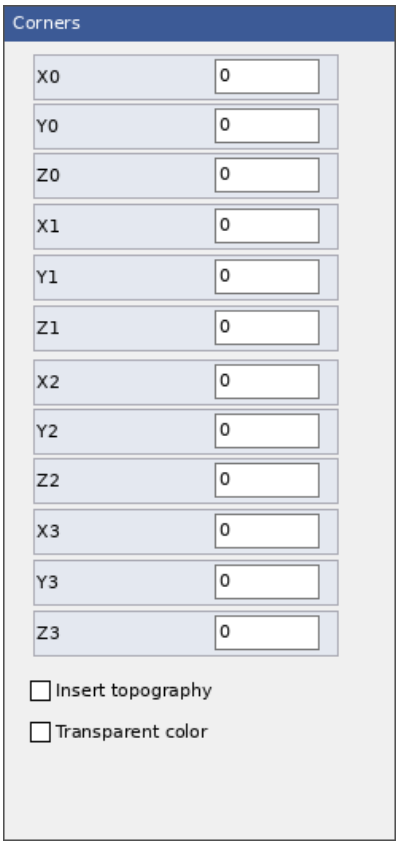
Команда **Options / Import/Export / Background 2D / Remove current** удаляет подложку текущего среза; подложки остальных срезов сохраняются.

Файл *.sec удобен, если одну и ту же подложку приходится загружать многократно: в нём один раз записываются путь к изображению и координаты его углов, и диалог задания координат не нужен. Формат описан в приложении «Форматы файлов».

> **Совет.** Если координаты углов подложки известны в километрах, в файле *.sec достаточно добавить слово km — значения будут автоматически умножены на 1000.

Подложка 3D и спутниковая карта

Подложка 3D — одно изображение, которое размещается в пространстве объёмного окна. Используется, например, чтобы показать геологическую карту на поверхности модели или вертикальный разрез, пересекающий модель.



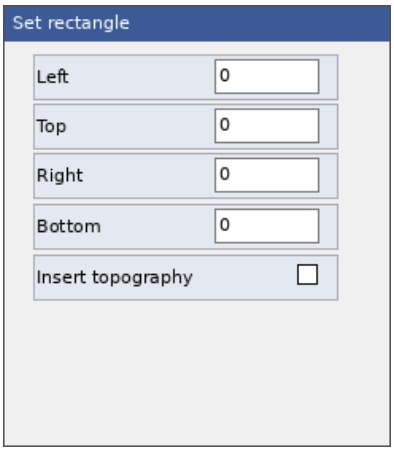
Окно Corners

- **Options / Import/Export / Background 3D / Load background** — загружает изображение и открывает диалог, в котором задаются пространственные координаты четырёх углов изображения (X, Y, Z каждого угла). По умолчанию подставляются координаты текущего среза.
- **Load satellite map** — загружает космоснимок или карту в географической привязке; программа запрашивает зону UTM и помещает изображение на верхнюю горизонтальную плоскость модели.
- **Remove background** — удаляет подложку 3D.

Видимость подложки в объёмном окне переключается пунктом **Show / Background** меню 3D-вида (правая кнопка в 3D-окне).

Встраивание моделей

Встраивание позволяет перенести в текущую модель распределение параметра из другого источника: из результатов предыдущей 3D-инверсии, из набора 2D-разрезов или из произвольного облака точек (например, данных каротажа или сейсмотомографии, пересчитанных в удельное сопротивление). Встроенная модель затем служит стартовой для инверсии или используется для сравнения.



Окно Set rectangle

Options / Import/Export / Build-in mod3d открывает файл, тип которого выбирается фильтром диалога:

Фильтр	Что происходит
MOD3D model	Значения из файла модели интерполируются в текущую сетку; сетка проекта не меняется
MOD3D mesh&mod	Сетка и модель проекта полностью заменяются сеткой и моделью из файла
XYZV	Значения текущего параметра интерполируются из облака точек X, Y, Z, V

Интерполяция выполняется по 12 ближайшим точкам с весами, обратно пропорциональными расстоянию; для параметров с логарифмической шкалой (например, сопротивления) усредняются логарифмы. Значения перезаписываются во всех ячейках модели, поэтому при необходимости сохранить текущую модель её стоит предварительно поместить в буфер (меню **Buffer**).

Build-in mod2d's встраивает одну или несколько двумерных моделей (файлы *.mod из программ двумерной интерпретации). Можно выбрать сразу несколько файлов; точки всех разрезов объединяются в общее облако и интерполируются во всю 3D-сетку модели тем же способом.

> **Внимание.** Для файла XYZV нужно не менее шести точек. Строки, в которых меньше четырёх чисел, пропускаются, поэтому файл может содержать строки заголовков и комментариев.

Скважинные данные

Скважинные данные — литологические колонки и каротажные кривые — являются наиболее точной априорной информацией. В программе они отображаются на вертикальных срезах модели и в объёмном окне, что позволяет проверить, насколько границы модели соответствуют границам, вскрытым бурением.

Команды подменю **Options / Boreholes**:

Пункт	Назначение
Create/Edit borehole data	Открывает окно редактора скважин
Load borehole data	Загружает скважины из файла *.crt или одномерные

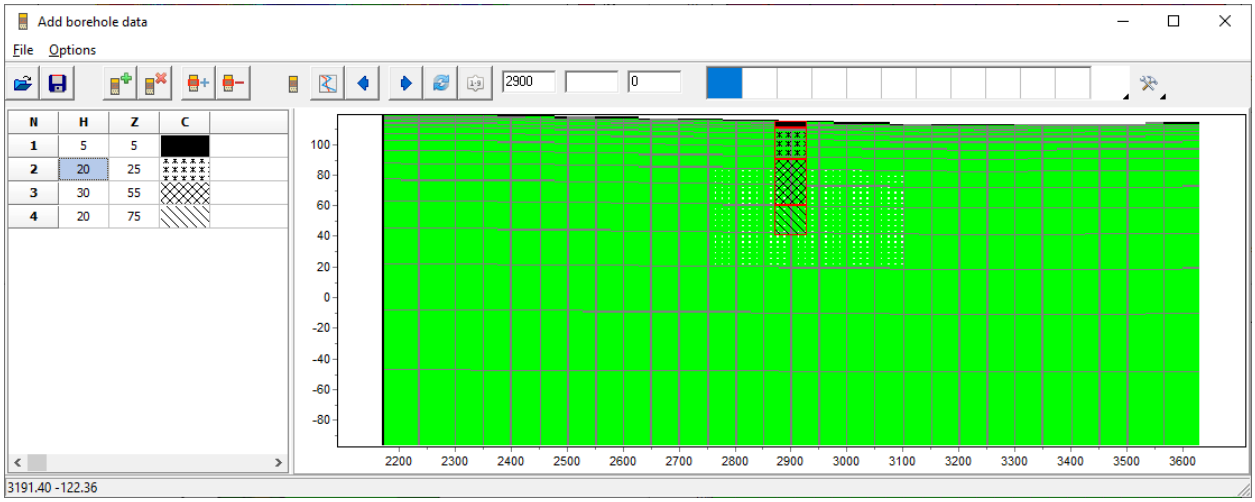
Пункт	Назначение
	модели из файла *.mod1d
Remove borehole data	Удаляет все скважинные данные из проекта
Set column’s width	Ширина колонок на разрезе в процентах от размера изображения (от 0.05 до 5)
Edit positions	Таблица с названиями и координатами X, Y всех скважин для ручной правки

Как скважины привязываются к модели

Каждая скважина имеет координаты устья X, Y, абсолютную отметку устья и угол наклона. На вертикальном срезе показываются скважины, расположенные ближе всего к плоскости среза; положение вдоль среза пересчитывается из координат устья. На горизонтальных срезах (XY) колонки не показываются. Наклонная скважина рисуется в плоскости среза под заданным углом. Ширина колонки задаётся пунктом **Set column’s width** и не связана с реальным диаметром.

Окно редактора скважин

Окно открывается пунктом **Options / Boreholes / Create/Edit borehole data**. В левой части — таблица слоёв текущей скважины, в правой — графическое окно со всеми скважинами, сверху — панель инструментов.



Окно Borehole editor

Кнопки панели инструментов:

Кнопка	Название	Действие
	Open	Открыть файл скважин *.crt или графическую подложку *.sec (тип выбирается фильтром диалога)
	Save	Сохранить скважины в файл *.crt или изображения скважин в файлы *.bmp (по файлу на скважину)
	Add new borehole	Создать новую скважину

Кнопка	Название	Действие
	Remove borehole	Удалить текущую скважину (последнюю оставшуюся удалить нельзя)
	Add layer	Добавить слой после выделенной строки
	Delete layer	Удалить выделенный слой
	Lithological column mode	Режим литологической колонки
	Logging mode	Режим каротажной кривой (загрузка данных каротажа)
—	Previous	Перейти к предыдущей скважине
—	Next	Перейти к следующей скважине
	Repaint	Перерисовать графическое окно после правки таблицы
	Sort by coordinates	Упорядочить скважины по горизонтальной координате
	Options	Меню: Load default palette, Save default palette, Set borehole width

Поля панели инструментов:

Поле	Назначение
X	Горизонтальная координата скважины вдоль среза
Title	Подпись (название) скважины
Angle	Угол наклона скважины, градусы

Кнопка выбора цвета фона на панели меняет цвет графического окна редактора.

Меню окна: **File** (Open project, Save project, Exit) и **Options** (Add borehole, Remove borehole, Add layer, Remove layer, Prev, Next, Refresh image, Sort boreholes, Remove background, Show background) дублируют кнопки панели. Подложка (*.sec), открытая в редакторе, позволяет оцифровывать скважины прямо по отсканированному разрезу.

Таблица слоёв

Столбец	Содержимое
N	Номер слоя
H	Мощность слоя
Z	Глубина подошвы слоя
C	Цвет и штриховка слоя
четвёртый столбец	Текстовая подпись слоя (название породы); заголовок столбца редактируется

Мощности и глубины вводятся в единицах осей разреза. Столбцы H и Z связаны: при изменении мощности пересчитываются глубины нижележащих слоёв, и наоборот. Глубина подошвы должна лежать между глубинами соседних слоёв.

Чтобы быстро ввести колонку из таблицы Excel, достаточно создать нужное число слоёв, скопировать столбец мощностей и вставить его в столбец H сочетанием Ctrl+V. Значения вставляются только в существующие строки.

Цвет и штриховка слоя:

- повторный щелчок левой кнопкой по ячейке C выделенной строки открывает редактор штриховки и цвета;
- щелчок правой кнопкой по ячейке C открывает меню обмена: **Exchange P&C** (применить штриховку и цвет текущего слоя), **Exchange P** (только штриховку), **Exchange C** (только цвет) ко всем слоям той же литологии во всех скважинах; одинаковыми считаются слои с той же штриховкой (для **P**) или с той же штриховкой и цветом (для **C** и **P&C**);
- щелчок правой кнопкой по слою в графическом окне также открывает редактор штриховки.

Палитра литологии

Под таблицей расположена палитра из 11 ячеек — набор часто используемых сочетаний «цвет + штриховка». Щелчок левой кнопкой по ячейке применяет её к текущему слою, щелчок правой кнопкой запоминает в ячейке цвет и штриховку текущего слоя. При каждом запуске палитра сбрасывается, поэтому настроенную палитру сохраняют командой **Options / Save default palette** (кнопка) и загружают командой **Load default palette**.

Создание литологической колонки

1. Нажать (Add new borehole).
2. Указать горизонтальную координату, подпись и угол наклона в полях панели.
3. Кнопкой создать нужное число слоёв. Новый слой вставляется после выделенной строки с нулевой мощностью и цветом выделенного слоя.
4. Ввести мощности (H) или глубины подошв (Z), назначить цвет и штриховку.
5. Нажать — скважина появится в графическом окне.
6. Сохранить скважины кнопкой в файл *.crt.

Загрузка каротажных данных

Каротажная кривая — зависимость измеренной величины (например, кажущегося сопротивления или естественной гамма-активности) от глубины. На разрезе кривая рисуется в полосе шириной колонки рядом с осью скважины.

Как загрузить:

1. Создать скважину (Add new borehole) или выбрать существующую.
2. Нажать (Logging mode) и выбрать файл.
3. Для текстового файла *.txt или *.dat используются строки, содержащие не менее двух чисел: первое — глубина, второе — значение. Требуется не менее четырёх таких строк.
4. Для файла *.las открывается окно выбора столбцов (см. ниже).
5. В окне **Settings** задать параметры отображения кривой.

Окно Settings (параметры каротажа)

Элемент	Назначение
To logarithm	Отображать логарифм значений (для сопротивлений и других величин, меняющихся на порядки)
Type of norming	Способ нормировки кривой в полосе колонки: common limits — общие пределы для всех кривых с тем же индексом данных; common limits/med — общие пределы после вычитания медианы каждой кривой; med — вычитание медианы
Data index	Индекс типа данных (0–5). Кривые с одинаковым индексом нормируются совместно; разные индексы позволяют показывать, например, сопротивление и гамма-каротаж независимо
Color	Цвет кривой
Title	Название кривой
Depth units	Единицы глубины в файле: m, km, ft
Close	Применить и закрыть окно

Нормировка нужна потому, что ширина колонки на разрезе мала и фиксирована: кривая растягивается на всю ширину полосы. При общей нормировке амплитуды кривых разных скважин сопоставимы между собой; вычитание медианы позволяет сравнивать форму кривых, когда их уровни сильно различаются.

> **Внимание.** Если включена опция To logarithm, значения кривой должны быть положительными.

Окно выбора столбцов LAS-файла

Файл LAS содержит несколько кривых в столбцах. После открытия программа заменяет пустые значения (NULL) и показывает таблицу данных.

Элемент	Назначение
Строка 1 таблицы	Тип столбца: par1, par2, par3 (загружаемые кривые) или Z (глубина)
Строка 2 таблицы	Единицы: lin или log для параметров; m, km или ft для глубины
Start	Отметить выделенную строку как первую строку данных
End	Отметить выделенную строку как последнюю строку данных
OK	Загрузить выбранные столбцы

Каждый выбранный параметр загружается как отдельная кривая в той же точке (название кривой составляется из имени скважины и типа данных). Глубины берутся по модулю, поэтому знак глубины в файле значения не имеет.

Загрузка одномерных моделей

Пункт **Options / Boreholes / Load borehole data** с фильтром *.mod1d загружает результаты одномерной интерпретации (например, из ZondTEM1D) как колонки, раскрашенные по

значению параметра. Каждый блок файла — одна точка с координатами и набором слоёв. Такие колонки удобно сравнивать с 3D-моделью: слои рисуются цветом той же шкалы, что и модель. Слои таких колонок не редактируются, кнопки режимов для них недоступны. Формат описан в приложении «Форматы файлов».

Скважины в объёмном окне

В объёмном окне скважины показываются вертикальными (или наклонными) колонками в точках устьев. Видимость скважин переключается пунктом **Show / Boreholes** меню 3D-вида.

Мышь и клавиши в редакторе скважин

Действие	Сочетание	Где
Вставить столбец мощностей из буфера обмена	Ctrl+V	Столбец H таблицы
Открыть редактор штриховки и цвета	Повторный левый щелчок по выделенной строке	Столбец C таблицы
Меню Exchange P&C / P / C	Правый щелчок	Столбец C таблицы
Выбрать скважину и слой	Левый щелчок	Графическое окно
Редактор штриховки слоя	Правый щелчок по слою	Графическое окно
Применить ячейку палитры к слою	Левый щелчок	Палитра
Запомнить слой в ячейке палитры	Правый щелчок	Палитра

Результаты интерпретации

Результат инверсии — трёхмерное распределение параметров (удельного сопротивления) в ячейках сетки. Программа показывает модель одновременно в двух видах: на плоском срезе (окно разреза) и в объёмном окне. Плоский срез удобен для детального анализа и сравнения со скважинами, объёмное окно — для понимания формы аномалий в пространстве.

Срез модели

Окно разреза показывает один срез модели — вертикальный (XZ или YZ) либо горизонтальный (XY). Направление среза выбирается в меню **Options / Model / Plane** (**Alt+1/2/3**), номер — кнопками  ; вращение колеса мыши над разрезом переключает на предыдущий или следующий срез того же направления.

Пункт меню **Options / Model / Block-section** / **Smooth section** переключает вид среза: в блочном режиме каждая ячейка закрашивается одним цветом, в сглаженном — цвет интерполируется между узлами.

Объёмное окно

Объёмное окно показывает модель в трёхмерной перспективе. Управление мышью:

Действие	Сочетание	Где
Приблизить/отдалить	Колесо мыши	Объёмное окно
Повернуть модель	Перемещение с нажатой левой кнопкой	Объёмное окно
Сдвинуть изображение	Перемещение с нажатой средней кнопкой	Объёмное окно
Открыть окно 3D settings	Правый щелчок	Объёмное окно
Переключить срез	Колесо мыши	Окно разреза

Меню 3D-вида

Кнопка  на панели инструментов открывает меню объёмного окна:

Пункт	Назначение
3D view settings	Открыть окно 3D settings
Print preview	Предварительный просмотр и печать изображения
Plane cut	Выбор направления плоскости среза: XZ, YZ, XY
Model / Halfspace value	Задать значение однородного полупространства или вертикальный градиент (минимум и максимум) и заполнить им модель
Model / Clear model	Очистить модель (вернуть стартовое значение)
Model / Clear limits	Снять ограничения значений параметра в ячейках
Model / MinMax auto	Автоматически установить пределы цветовой шкалы

Пункт	Назначение
Model / Smooth/raster	Сглаживание или растеризация модели (см. ниже)
Axises settings	Настройка осей X, Y, Z
Show	Показ элементов: Cutting plane (плоскость текущего среза), Survey points (станции и петли), Boreholes (скважины), Background (подложка 3D)
Synchronous cut	Срез в окне разреза следует за положением секущей плоскости в окне 3D settings
X:Y:Z=1:1:1	Одинаковый масштаб по всем осям

> **Внимание.** Команда Halfspace value заменяет текущую модель полупространством или градиентом. Если модель нужна, её следует предварительно поместить в буфер или сохранить.

Кнопка  вставки скопированного (кнопкой ) среза в модель: левый щелчок вставляет срез, правый щелчок открывает меню выбора области вставки — **Current** (только текущий срез), **Current&+** (от текущего до последнего), **Current&-** (от первого до текущего). Это позволяет, например, задать в стартовой модели выдержанный по простиранию слой, нарисовав его на одном срезе.

Окно 3D settings

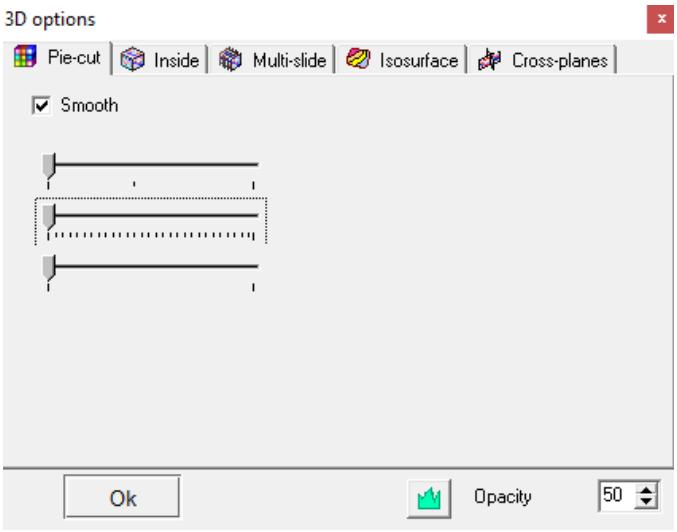
Окно открывается правым щелчком по объёмному окну или пунктом **3D view settings**. Вкладки окна задают режим визуализации — способ, которым объём превращается в изображение. Выбор вкладки сразу перерисовывает объёмное окно.

Общие элементы окна:

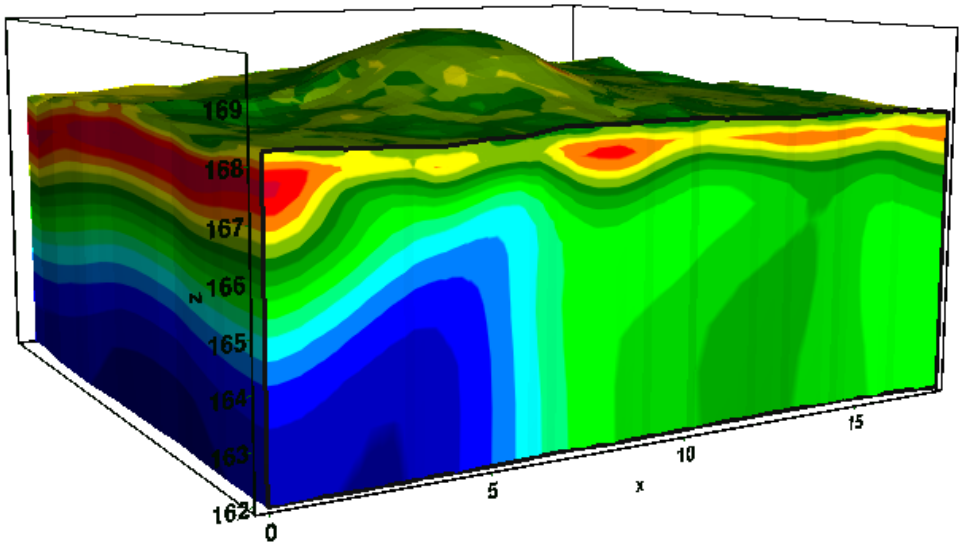
Элемент	Назначение
Opacity	Непрозрачность модели, 0–100 % (по умолчанию 50); задаёт одинаковую непрозрачность для всех значений параметра
Opacity vs parameter	Окно настройки непрозрачности в зависимости от значения параметра
Smooth	Тип изображения: выключено — каждая ячейка своего цвета; включено — цвет интерполируется между узлами. Флажки Smooth на разных вкладках связаны
Ok	Сохранить настройки и закрыть окно

Pie-cut

Модель показывается сплошным блоком, из которого вырезан угловой сектор. Три ползунка задают положение секущих плоскостей по X, Y и Z; вырезается часть модели между углом модели и плоскостями. Режим удобен для обзора внутренней структуры с одновременным показом граней модели.



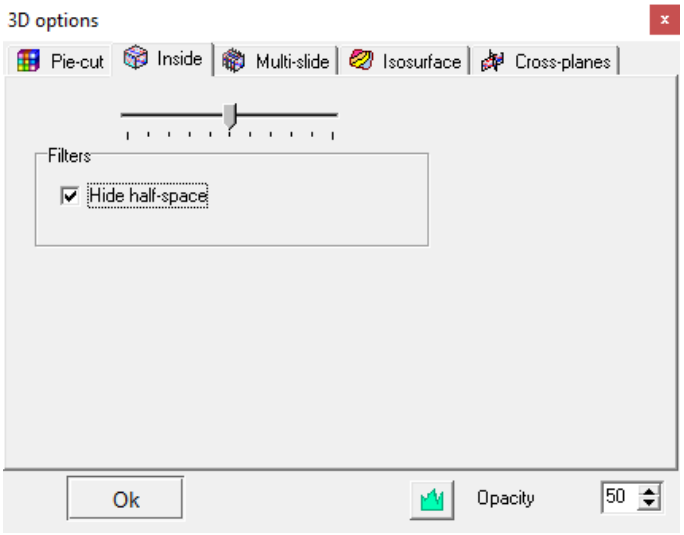
Окно 3D settings, вкладка Pie-cut



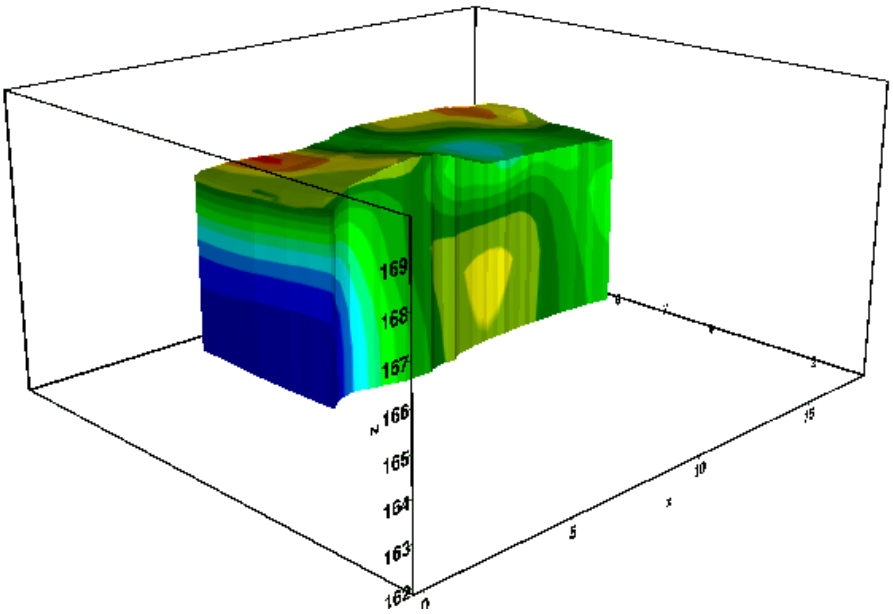
Пример вида Pie-cut

Inside

Модель показывается набором отдельных кубиков в центрах ячеек. Ползунок задаёт размер кубика в процентах от размера ячейки — уменьшение размера делает модель «прозрачной» и позволяет увидеть внутренние аномалии. Фильтры:



Окно 3D settings, вкладка Inside

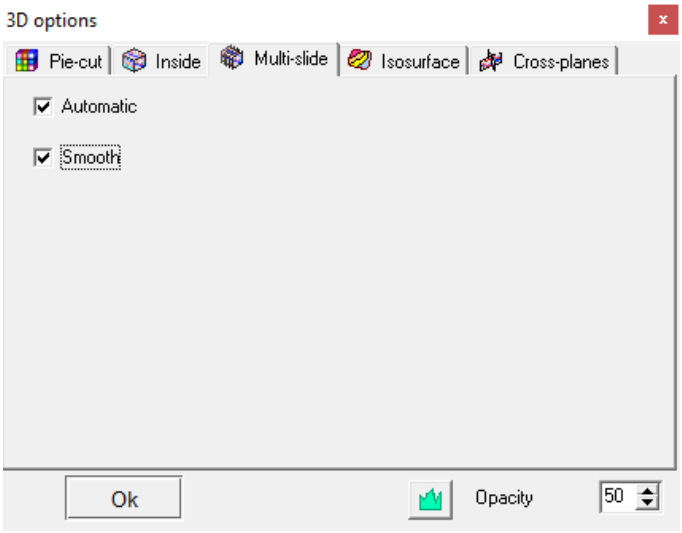


Пример вида Inside

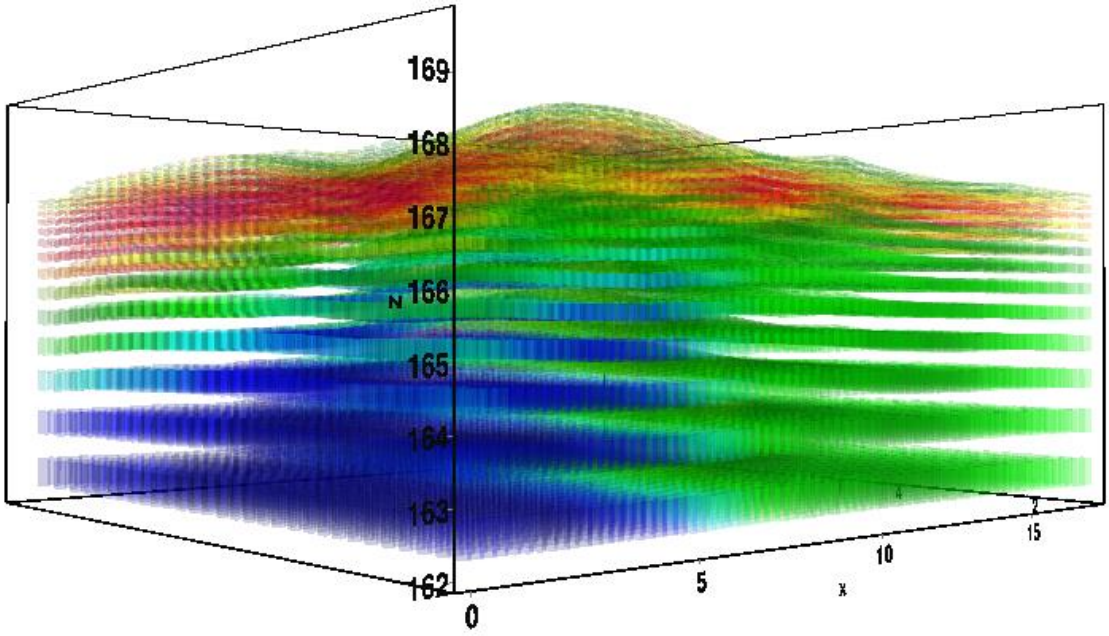
Элемент	Назначение
Hide half-space	Не показывать ячейки, значение которых совпадает с фоновым (включено по умолчанию)
Cutted by planes	Показывать только ячейки, не отсечённые плоскостями среза

Multi-slide

Модель показывается набором параллельных полупрозрачных срезов. Флажок **Automatic** выбирает направление срезов в зависимости от угла обзора, так что изображение остаётся читаемым при вращении. Режим близок к объёмному рендерингу и хорошо показывает форму аномалий в сочетании с настройкой Opacity vs parameter.



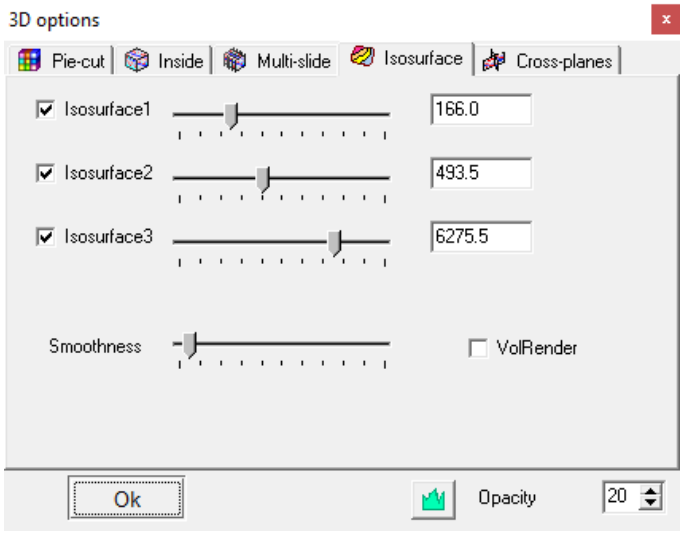
Окно 3D settings, вкладка Multi-slide



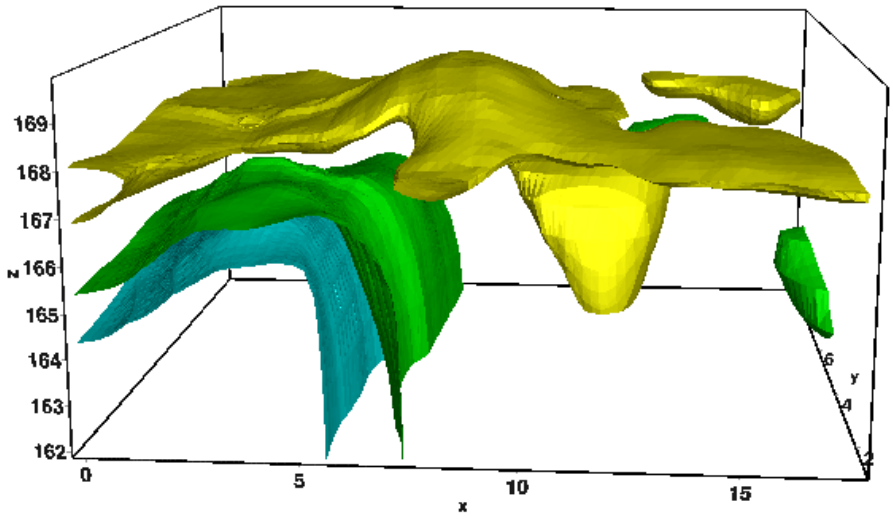
Пример вида Multi-slide

Isosurface

Строятся изоповерхности — поверхности равного значения параметра. Одновременно можно показать до трёх изоповерхностей.



Окно 3D settings, вкладка Isosurface



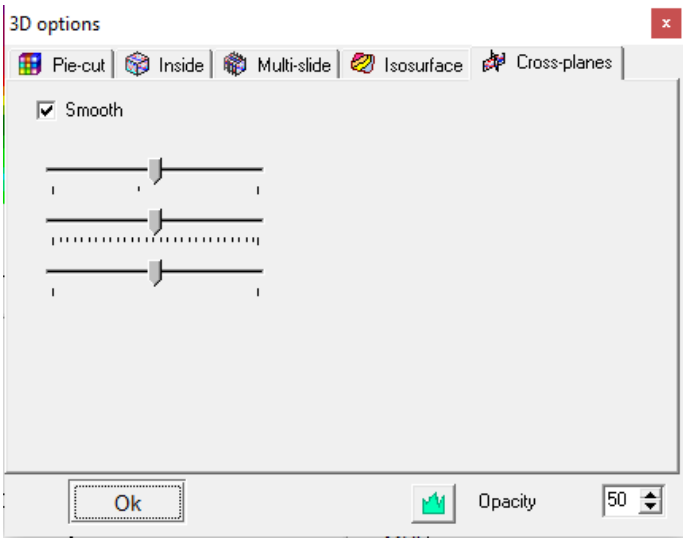
Пример изоповерхностей

Элемент	Назначение
Isosurface1, Isosurface2, Isosurface3	Включение изоповерхности
Ползунки	Положение уровня в процентах от диапазона цветовой шкалы (для логарифмических параметров — в логарифмическом масштабе)
Поля значений	Значение уровня в единицах параметра; ползунок и поле связаны
Smoothness	Степень сглаживания поверхности
VolRender	Дополнительно показать модель полупрозрачным «туманом»

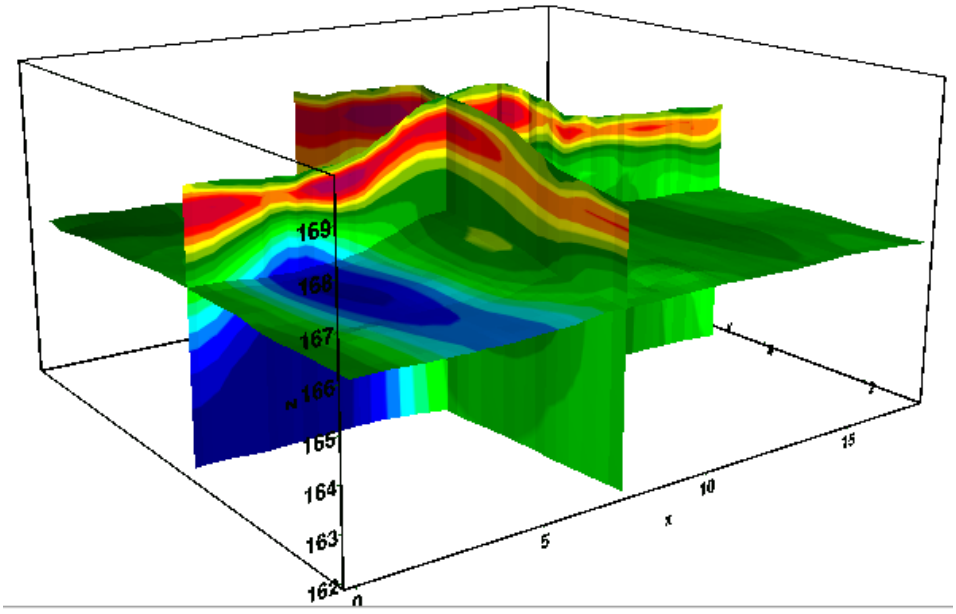
Изоповерхности — наиболее наглядный способ показать контур проводящего или высокоомного тела. Значение уровня выбирается так, чтобы оно разделяло аномалию и вмещающую среду.

Cross-planes

Показываются три взаимно перпендикулярных среза (XZ, YZ, XY), положение которых задаётся тремя ползунками. Если включена опция **Synchronous cut**, срез в окне разреза следует за ползунком текущего направления.



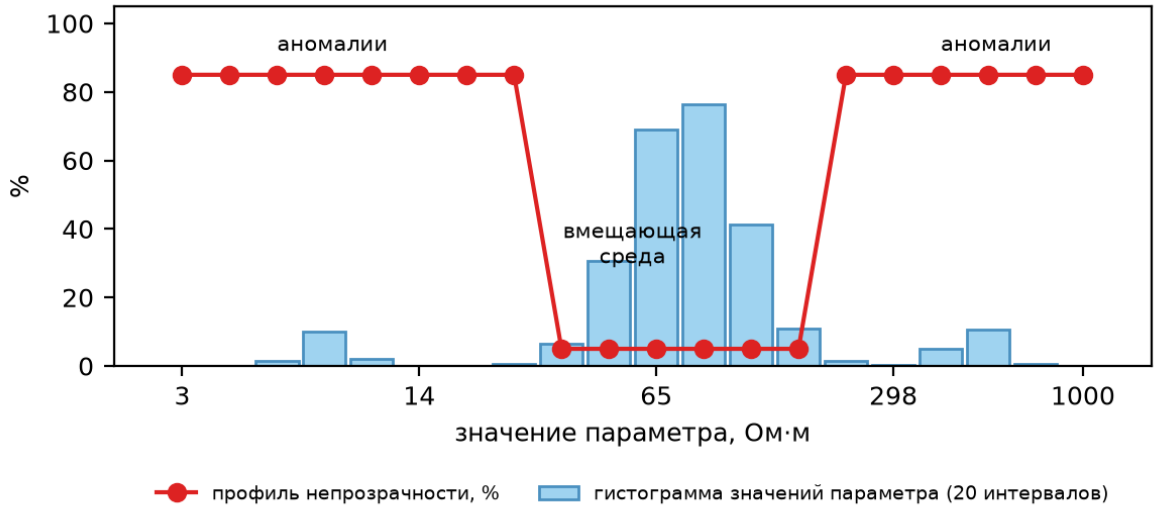
Окно 3D settings, вкладка Cross-planes



Пример вида Cross-planes

Непрозрачность в зависимости от параметра

Окно **Opacity vs parameter** (кнопка в окне 3D settings) позволяет сделать часть значений параметра прозрачной. Например, чтобы увидеть проводящие тела в высокоомной толще, высоким сопротивлениям задают нулевую непрозрачность, а низким — максимальную.



Гистограмма параметра и профиль непрозрачности

В окне показаны гистограмма значений текущего параметра (20 интервалов по диапазону цветовой шкалы) с цветовой шкалой и красная линия профиля непрозрачности из 20 точек. Значения непрозрачности — от 0 до 100. Профиль задаётся отдельно для каждого параметра.

Действие	Сочетание	Где
Изменить непрозрачность в точке	Перетаскивание точки левой кнопкой	Окно Opacity vs parameter
Установить то же значение для всех точек слева (при перетаскивании точки в левой половине) или справа (в правой половине)	Ctrl + перетаскивание	Окно Opacity vs parameter
Установить уровень для всех точек	Правый щелчок	Окно Opacity vs parameter

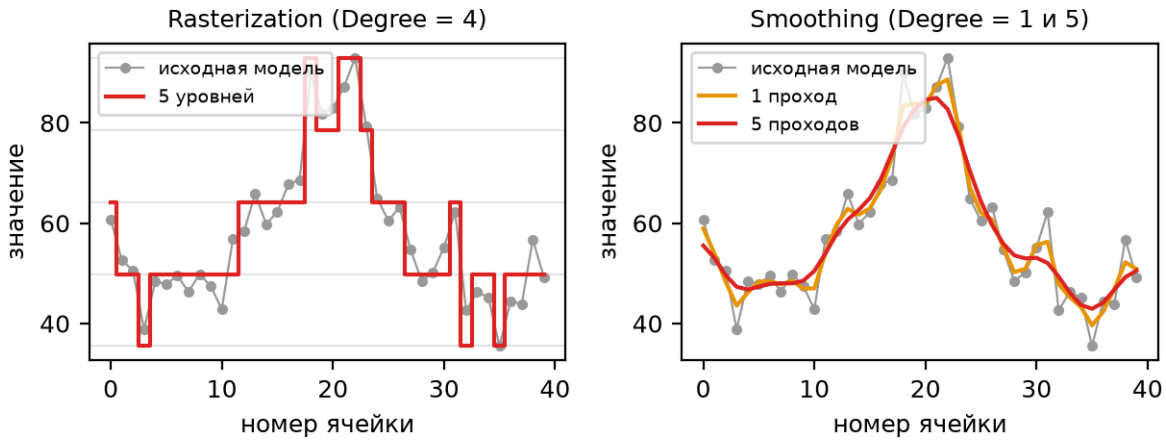
Модель в объёмном окне перерисовывается после отпускания кнопки мыши. Поле Opacity в окне 3D settings сбрасывает весь профиль к одному значению.

Сглаживание и растеризация модели

Окно **Smooth/raster model** (пункт **Model / Smooth/raster** меню 3D-вида) преобразует текущую модель:



Окно Smooth/raster model



Растеризация и сглаживание на примере среза

- **Rasterization** — приводит значения к конечному набору уровней (модель становится «блоковой»). Это полезно для подготовки стартовой модели к инверсии с блоковой параметризацией и для наглядного выделения нескольких геологических классов;
- **Smoothing** — сглаживает модель, убирая мелкие артефакты инверсии.

Элемент	Назначение
Operation	Rasterization или Smoothing
Degree	Для Rasterization — число интервалов (уровней на один больше); для Smoothing — число проходов сглаживания. От 1 до 20, по умолчанию 5
Apply	Сохранить результат и закрыть окно

При растеризации диапазон значений делится на Degree равных интервалов $\Delta = (max - min)/Degree$ (для логарифмических параметров — в логарифмах), и значение каждой ячейки заменяется ближайшим уровнем. При сглаживании за один проход значение ячейки заменяется взвешенным средним: ячейка с весом 3 и шесть её соседей с весом 1:

$$v' = \frac{3v_0 + \sum_{k=1}^{6} v_k}{9},$$

для логарифмических параметров используется среднее геометрическое.

Результат пересчитывается из исходной модели при каждом изменении параметров и сразу показывается в окнах. Закрытие окна без **Apply** возвращает исходную модель. Преобразуется только текущий параметр; ограничения значений в ячейках при этом не учитываются.

Обрезка модели

Обрезка (бланкирование) скрывает части модели, не обеспеченные данными, — края сетки за пределами площади съёмки. Эти ячейки остаются в модели, но не показываются на разрезах и в объёмном окне и не записываются в файлы экспорта XYZV/XYZ. Команды находятся в меню **Options / Cutting**:

Пункт	Назначение
Survey contour	Обрезка по контуру станций съёмки
User polygon	Обрезка по контуру в плане, заданному пользователем

Пункт	Назначение
Groups cutted off cells	Объединять обрезанные ячейки с ближайшими необрезанными при инверсии
Blanking cut	Включить или выключить показ обрезки

Обрезка по контуру данных

Survey contour строит границу обрезки по внешнему контуру станций: ячейки за пределами площади съёмки скрываются. Это наиболее естественный способ показать только ту часть модели, которая обеспечена данными.

Обрезка по полигону

User polygon открывает окно **Set contour of cutting**, в котором на плане со станциями задаётся контур. После применения контура обрезка включается автоматически. Ячейка сохраняется, если более четырёх из девяти контрольных точек ячейки (углы, середины сторон и центр) попадают внутрь контура; обрезка действует на всех глубинах.

Кнопка	Назначение
Add user defined polygon	нарисовать контур мышью
Create polygon automatically	построить контур по внешней границе станций
Remove polygon	удалить контур
Apply polygon	применить контур и закрыть окно

Действие	Сочетание	Где
Добавить вершину контура	Левый щелчок	Окно Set contour of cutting, режим рисования
Замкнуть контур	Правый щелчок (не менее двух вершин)	Окно Set contour of cutting, режим рисования

Во время рисования контура масштабирование графика отключено.

Объединение обрезанных ячеек

Если включено **Groups cutted off cells**, каждая обрезанная ячейка при инверсии получает параметр ближайшей необрезанной ячейки того же слоя. Число независимых неизвестных уменьшается, что ускоряет инверсию и делает края модели более устойчивыми.

Несколько моделей в проекте

Буфер моделей позволяет держать в проекте до четырёх моделей одновременно — например, результаты инверсий с разными параметрами сглаживания или модель до и после встраивания априорной информации — и быстро переключаться между ними.

Меню **Buffer** содержит ячейки **Model 1**–**Model 4**:

- щелчок по пустой ячейке помещает в неё текущую модель;
- щелчок по заполненной ячейке открывает диалог **Working with buffer** с кнопками **To buffer** (записать текущую модель в ячейку вместо прежней) и **From buffer** (заменить текущую модель моделью из ячейки).

В ячейке хранятся значения модели и ограничения. Извлечь модель можно только в сеть того же размера.

Пункт **Open** меню буфера показывает окно **Sections from buffer** — текущий срез всех сохранённых моделей в общей цветовой шкале для визуального сравнения.

Сохранение результатов

Результаты сохраняются командой **File / Save file** или кнопкой . Тип файла выбирается фильтром диалога:

Фильтр	Что сохраняется
Project file	Проект: данные, сетка, модель, настройки (*.t3d)
Project with calculated	Проект вместе с рассчитанными данными (*.t3d); при открытии такого проекта рассчитанные данные и RMS сразу доступны
Data table [*.txt]	Таблица наблюдённых и рассчитанных данных по всем приёмникам и временам (формат — в приложении)
XYZV [*.dat]	Вся модель в узлах сетки: X, Y, Z и значения параметров
XYZ [*.dat]	Текущий срез в узлах: две координаты и значения

Форматы XYZV и XYZ предназначены для построения карт и объёмных изображений в других программах (Surfer, Voxler, Oasis montaj, ParaView и т. п.). Значения записываются в узлах сетки: для каждого узла берётся среднее по восьми окружающим ячейкам (для среза — по четырём), для логарифмических параметров — среднее геометрическое. Ячейки, скрытые обрезкой, при включённом **Blanking cut** не записываются. Столбцы описаны в приложении «Форматы файлов».

Другие команды экспорта (Export mod3d, Export mod2d, Export to Paraview/Oasis, Draw to voxler, изображения и видео) находятся в меню **Options / Import/Export** и перечислены в главе «Главное меню».

Построение срезов в Surfer

Команда **Options / Import/Export / Draw to surfer** строит в программе Surfer карты горизонтальных срезов модели на заданных глубинах. Перед построением открывается окно **Set depths**.

Элемент	Назначение
X grid number	Число узлов грида по X (10–10000, по умолчанию 100)
Y grid number	Число узлов грида по Y (10–10000, по умолчанию 100)
XY slice number	Число срезов (1–6, по умолчанию 3); при изменении таблица глубин заполняется равномерно по глубине модели
Таблица # slice / Depth	Номера срезов и их глубины; глубины можно

Элемент	Назначение
	отредактировать
3D	Включено — срезы размещаются друг под другом в аксонометрии; выключено — отдельными картами на одном листе
From surface	Глубина отсчитывается от поверхности рельефа; выключено — абсолютные отметки
Build	Построить

Глубины за пределами модели игнорируются. Таблица заполняется заново при каждом открытии окна.

> **Частый вопрос.** Почему при повторном построении изменились ранее построенные карты? Промежуточный грид записывается во временный файл, который перезаписывается при каждом построении. Готовые карты следует сохранять в Surfer под своими именами.

Порядок работы (workflow)

1. До инверсии загрузить подложки: **Background 2D** на ключевые срезы (геологические разрезы, сейсмика), **Background 3D** или **Load satellite map** для карты участка.
2. Создать или загрузить скважины: литологические колонки в редакторе скважин, каротаж из *.txt, *.dat или *.las, одномерные модели из *.mod1d. Сохранить скважины в *.crt.
3. При наличии предыдущих результатов встроить их в стартовую модель (**Build-in mod3d**, **Build-in mod2d's**). Исходную модель предварительно поместить в буфер.
4. Задать обрезку: **Survey contour** или **User polygon**, включить **Blanking cut**. Для ускорения инверсии включить **Groups cutted off cells**.
5. Выполнить инверсию; варианты результатов сохранять в буфер (**Model 1–4**) и сравнивать в окне **Sections from buffer**.
6. Проанализировать модель на срезах (с колонками скважин) и в объёмном окне, подбирая режим в окне **3D settings** и непрозрачность в окне **Opacity vs parameter**.
7. При необходимости сгладить или растеризовать модель (**Smooth/raster**).
8. Сохранить проект (*.t3d) и экспортировать модель в XYZV или срезы в XYZ; построить карты срезов в Surfer (**Draw to surfer**).

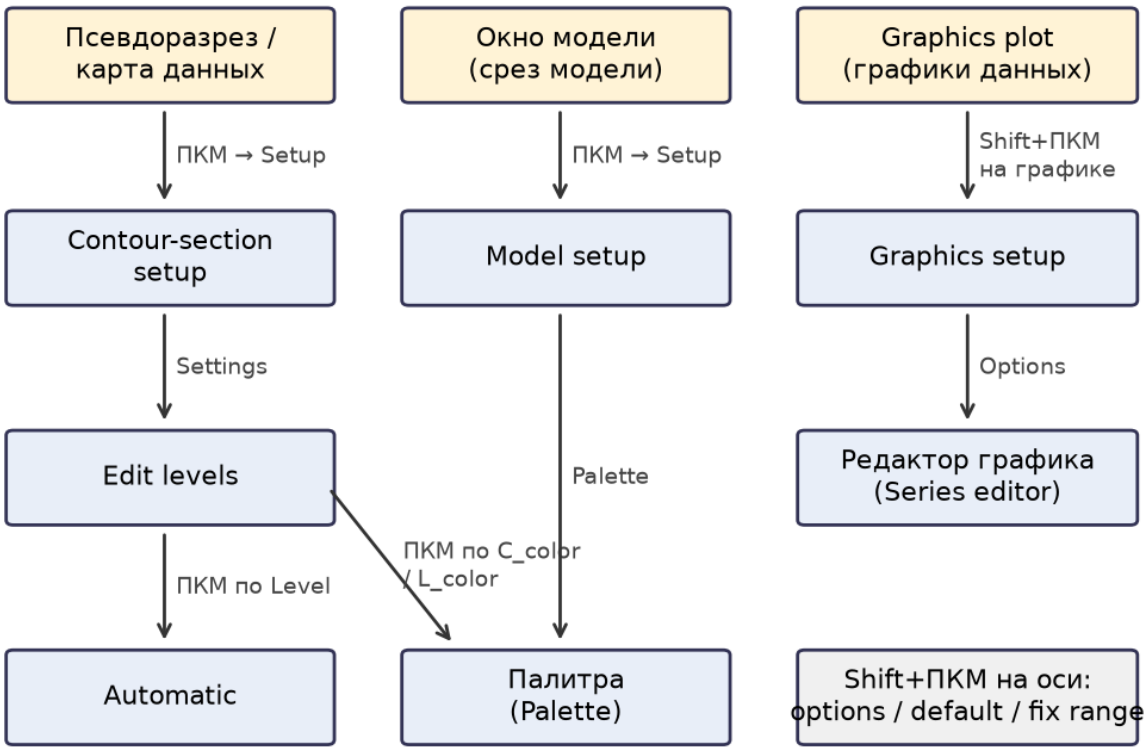
Мышь и клавиши этой главы

Действие	Сочетание	Где
Приблизить/отдалить	Колесо мыши	Объёмное окно
Повернуть модель	Левая кнопка + перемещение	Объёмное окно
Сдвинуть изображение	Средняя кнопка + перемещение	Объёмное окно
Открыть окно 3D settings	Правый щелчок	Объёмное окно
Предыдущий/следующий срез	Колесо мыши	Окно разреза
Вставить скопированный срез	Левый щелчок	Кнопка вставки среза
Выбрать область вставки среза	Правый щелчок	Кнопка вставки среза
Изменить непрозрачность в точке	Перетаскивание точки	Opacity vs parameter

Действие	Сочетание	Где
Задать значение для всех точек слева/справа	Ctrl + перетаскивание	Opacity vs parameter
Задать уровень для всех точек	Правый щелчок	Opacity vs parameter
Добавить вершину контура	Левый щелчок	Set contour of cutting
Замкнуть контур	Правый щелчок	Set contour of cutting
Вставить мощности	Ctrl+V	Редактор скважин, столбец H
Редактор штриховки и цвета	Повторный левый щелчок	Редактор скважин, столбец C
Меню Exchange P&C / P / C	Правый щелчок	Редактор скважин, столбец C
Редактор штриховки слоя	Правый щелчок по слою	Редактор скважин, графическое окно
Применить / запомнить ячейку палитры	Левый / правый щелчок	Редактор скважин, палитра

Настройка графических параметров

Все графические объекты ZondTEM3D — псевдоразрезы и карты данных, графики кривых, срезы модели, оси, палитры — настраиваются набором общих диалогов. Они не меняют данные и модель, а влияют только на то, как результат выглядит на экране, при печати и в сохраняемых рисунках. Настройки цвета и уровней сохраняются вместе с проектом, поэтому один раз подобранное оформление переносится на все последующие сеансы работы с этим проектом.



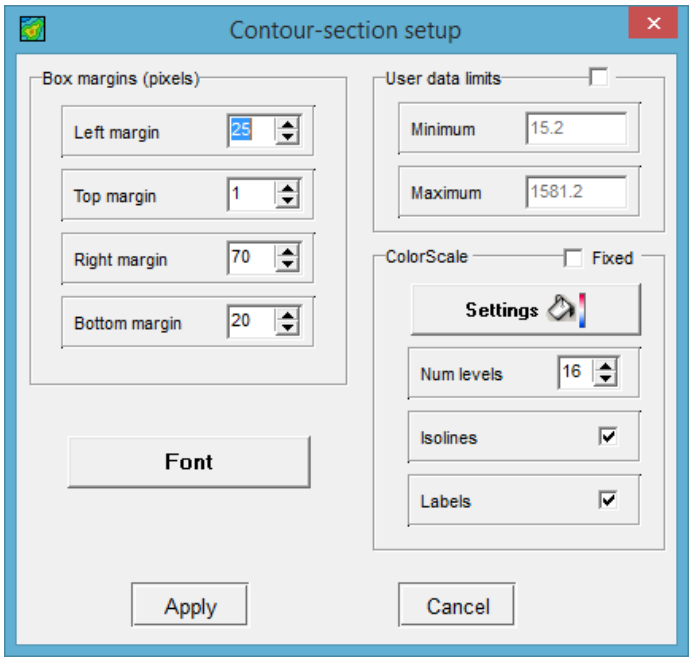
Связь окон настройки графики и способы их вызова

Диалоги связаны между собой: окно настройки объекта открывает окно уровней, из окна уровней открывается палитра и т. д. | Объект | Как открыть настройку | Окно | |:—|:—|:—| | Псевдоразрез, карта изолиний данных | Щелчок правой кнопкой мыши на поле объекта вне области построения → **Setup** | Contour-section setup | | Срез модели (окно модели) | Правая кнопка мыши → **Setup** | Model setup | | Графики кривых в режиме **Options / Data / Graphics plot** | Shift + правая кнопка мыши на любой кривой | Graphics setup | | Отдельная кривая (линия, точки, подписи) | Кнопка **Options** в окне Graphics setup | Редактор графика | | Ось любого объекта | Shift + правая кнопка мыши на оси → **options** | Редактор осей | | Печать | **File / Print preview** или **Print preview** в контекстном меню объекта | Print preview | | Видео вращения 3D-модели | **Options / Import/Export / Create video** | Record video |

> **Совет.** Цветовая шкала объёмной 3D-модели берётся из палитры среза модели. Чтобы изменить цвета 3D-изображения, настройте палитру в окне Model setup одного из срезов модели — 3D-вид перерисуется с той же шкалой.

Диалог настройки параметров контурной карты и псевдоразреза

Диалог **Contour-section setup** управляет внешним видом объектов, построенных изолиниями и цветной заливкой: псевдоразрезов, карт кажущегося сопротивления или сигнала для выбранного времени, карт данных. Он нужен, когда автоматически подобранные пределы шкалы неудачны (например, несколько аномальных значений «растягивают» шкалу), когда надо сравнить несколько объектов в одинаковой шкале или подготовить рисунок для отчёта.



Окно Contour-section setup

Диалог открывается пунктом **Setup** контекстного меню объекта. Контекстное меню вызывается щелчком правой кнопки мыши на поле объекта вне области построения (на полях, у осей или цветовой шкалы).

Элемент	Назначение	Диапазон / по умолчанию
Box margins (pixels): **Left/Top/Right/Bottom margin**	Отступы области построения от краёв окна, пикселей. Отступы освобождают место под подписи осей и цветовую шкалу	0–100
Num levels	Число уровней (сечений) цветовой шкалы и изолиний	2–100
Isolines	Показать или скрыть линии изолиний поверх цветной заливки	—
Labels	Подписывать значения на изолиниях. Доступен, когда включён **Isolines**; для объектов, где подписи невозможны, не показывается	—
Settings	Открыть окно **Edit levels** для ручного задания уровней, цветов заливки и изолиний	—
Fixed	Зафиксировать настройки	—

Элемент	Назначение	Диапазон / по умолчанию
	цветовой шкалы: при обновлении данных уровни и цвета не пересчитываются	
User data limits: флажок	Использовать заданные пользователем минимум и максимум шкалы вместо найденных по данным	Выключен
Minimum, **Maximum**	Минимальное и максимальное значение шкалы (изолиний). Активны при включённом флажке	—
Font	Шрифт подписей цветовой шкалы	—
Apply	Применить параметры и перерисовать объект; окно остаётся открытым	—
Cancel	Закрыть окно. Изменения, уже применённые кнопкой **Apply** или сделанные в окне **Edit levels**, сохраняются	—

Как это работает. При нажатии **Apply** программа заново строит треугольную сетку по точкам данных, по значениям **Num levels**, **Minimum**/**Maximum** формирует уровни и перерисовывает заливку. Если данные отображаются в логарифмическом масштабе, уровни распределяются равномерно по логарифму значения. Пределы вводятся в единицах отображения (например, Ом·м).

При нажатии **Settings** программа включает режим пользовательских пределов и флажок **Fixed**: уровни, заданные вручную, не должны сбрасываться при следующем пересчёте. Если в окне **Edit levels** уровни были изменены, после его закрытия включается флажок **User data limits**, а поля **Minimum** и **Maximum** заполняются первым и последним уровнем.

> **Частый вопрос.** «Почему два псевдоразреза (или карты для разных времён) окрашены по-разному при близких значениях?» Каждый объект по умолчанию подбирает шкалу по своим данным. Для сопоставления задайте одинаковые **Minimum**, **Maximum** и **Num levels** во всех объектах и включите **Fixed**, либо сохраните уровни в файл .lvl в окне **Edit levels** и загрузите этот файл в каждый объект.

Окно Edit levels

Окно **Edit levels** открывается кнопкой **Settings** и позволяет задать каждый уровень и его цвета вручную. Это нужно, например, чтобы выделить узкий интервал значений, привести шкалу к стандарту организации или подогнать шкалу к шкале другой программы (Surfer).

Окно содержит таблицу и панель с кнопками загрузки и сохранения уровней.

Столбец	Содержание	Действия мышью
#	Номер уровня	—
C_color	Цвет заливки интервала. Цвета заливки задаются для интервалов между уровнями, поэтому их на	Правая кнопка в ячейке — выбрать цвет соответствующего интервала (щёлкнуть в верхней

Столбец	Содержание	Действия мышью
	один больше, чем уровней; в ячейке верхняя половина относится к интервалу выше уровня по таблице, нижняя — ниже	или нижней половине ячейки)
L_color	Цвет изолинии уровня	Правая кнопка в ячейке — выбрать цвет изолинии
Level	Значение уровня в единицах отображения	Выбрать ячейку и ввести значение с клавиатуры
L_visible	Показывать ли изолинию этого уровня	Щелчок по флажку

Щелчки по заголовкам столбцов выполняют групповые операции:

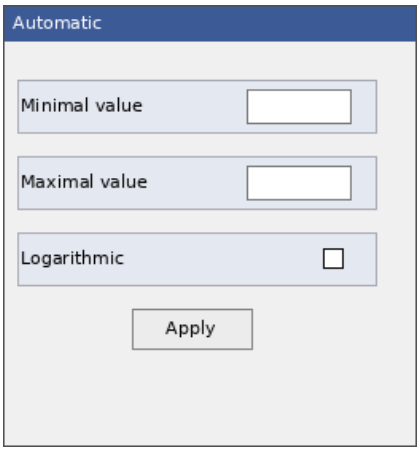
Заголовок	Действие	Результат
C_color	Правая кнопка	Открыть палитру заливки; после закрытия палитры цвета всех интервалов пересчитываются по ней
L_color	Правая кнопка	Открыть палитру изолиний; цвета всех изолиний пересчитываются
Level	Правая кнопка	Открыть диалог **Automatic** для автоматической расстановки уровней
L_visible	Левая кнопка	Показать все изолинии
L_visible	Правая кнопка	Скрыть все изолинии

Кнопки панели: **Load levels from file** — загрузить уровни из файла .lvl (формат Surfer LVL2) или .clr; **Save levels to file** — сохранить уровни, цвета заливки и изолиний в файл .lvl. Формат файлов описан в приложении «Форматы файлов».

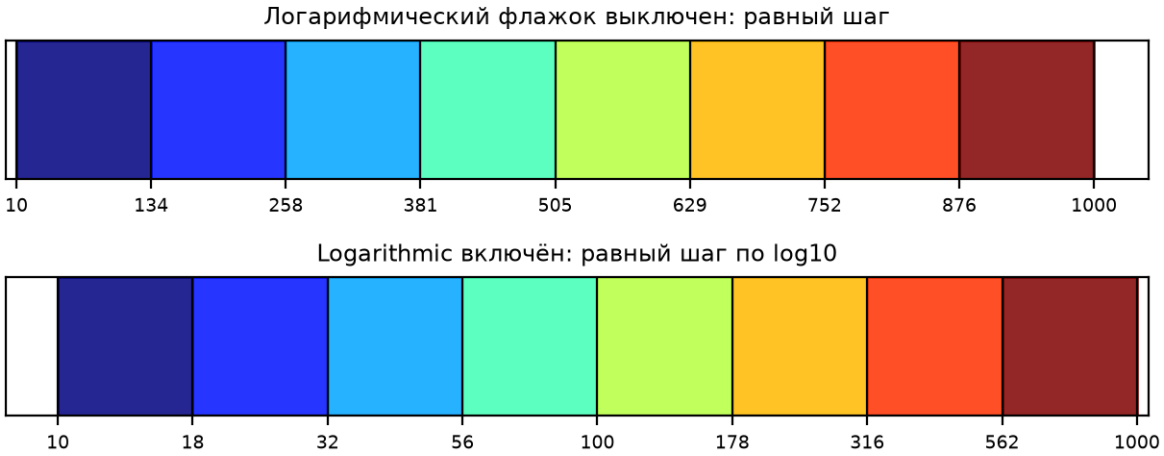
При открытии палитры из окна **Edit levels** над палитрой выводится гистограмма значений данных — по ней удобно ставить бегунки палитры там, где сосредоточена основная часть значений.

Диалог Automatic настройки сечений изолиний

Диалог **Automatic** открывается щелчком правой кнопки мыши по заголовку столбца **Level** в окне **Edit levels**. Он равномерно расставляет заданное число уровней между минимумом и максимумом — это быстрее, чем вводить каждый уровень.



Окно Automatic



Расстановка 9 уровней от 10 до 1000 Ом·м с равным и логарифмическим шагом

Элемент	Назначение	По умолчанию
Minimal value	Значение первого уровня	Текущий первый уровень
Maximal value	Значение последнего уровня	Текущий последний уровень
Logarithmic	Если включено — равный шаг по логарифму значения; если выключено — равный арифметический шаг	Выключено
Apply	Рассчитать уровни и закрыть диалог	—

Число уровней не меняется: оно задаётся полем **Num levels** окна Contour-section setup. Уровни рассчитываются так:

$$L_i = L_{\min} + (L_{\max} - L_{\min})\frac{i}{N-1} \quad \text{или} \quad L_i = exp\left(\ln L_{\min} + (lnL_{\max} - lnL_{\min})\frac{i}{N-1}\right),$$

$i = 0 \ldots N-1$. После расчёта каждое значение округляется до «круглого» числа: до порядка меньшей из двух величин — самого значения и шага до соседнего уровня. Если уровень оказывается между отрицательным и положительным соседями, ему присваивается ноль — это удобно для знакопеременных параметров (например, сигнала, меняющего знак).

Уровни не меняются, если минимум не меньше максимума, если значение введено с ошибкой, а также если включён **Logarithmic**, а минимум не положителен.

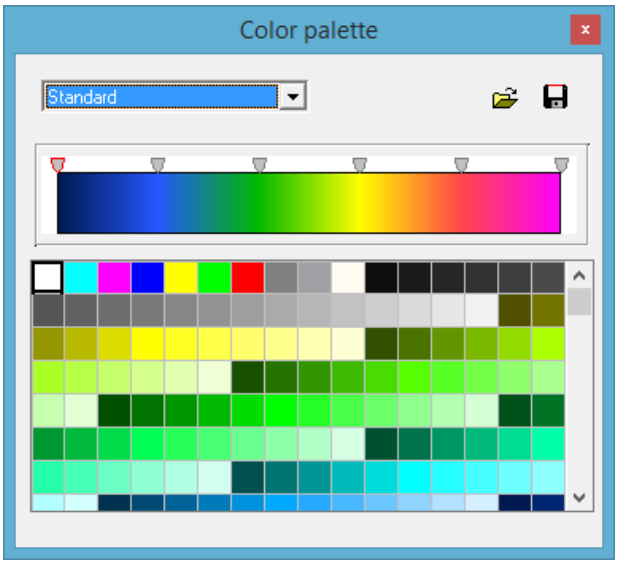
> **Совет.** Для удельного сопротивления, которое меняется на порядки, почти всегда используйте **Logarithmic**: при равном арифметическом шаге почти все значения попадут в один-два нижних интервала.

Порядок работы (workflow): единая шкала для нескольких объектов

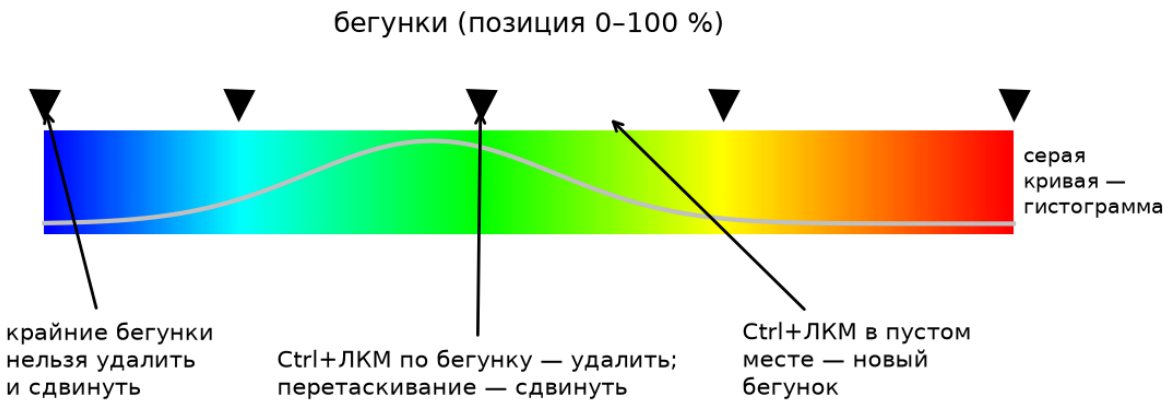
1. Откройте **Setup** в контекстном меню первого псевдоразреза или карты.
2. Задайте **Num levels** (обычно 12–20) и нажмите **Settings**.
3. В окне **Edit levels** щёлкните правой кнопкой по заголовку **Level**, введите минимум и максимум, включите **Logarithmic**, нажмите **Apply**.
4. При необходимости щёлкните правой кнопкой по заголовку **C_color** и выберите или отредактируйте палитру; так же для **L_color**.
5. Сохраните уровни кнопкой **Save levels to file** (.lvl) и закройте окно.
6. В окне Contour-section setup проверьте, что включены **User data limits** и **Fixed**, нажмите **Apply**.
7. В остальных объектах откройте **Setup → Settings** и загрузите сохранённый файл .lvl.

Диалог настройки палитры

Окно **Palette** задаёт цветовую шкалу: заливки псевдоразрезов и карт, изолиний, срезов модели и, через срезы, 3D-модели. Оно открывается кнопкой **Palette** в окне Model setup или щелчком правой кнопки мыши по заголовкам **C_color**/**L_color** в окне **Edit levels**.



Окно Color palette



Работа с бегунками палитры

Палитра состоит из бегунков — опорных цветов, расставленных на шкале от 0 до 100 %. Между бегунками цвет интерполируется линейно по компонентам RGB (в непрерывном режиме) или палитра делится на ступени (в ступенчатом режиме).

Элемент	Назначение
Список готовых палитр	**Rainbow** (синий → зелёный → жёлтый → красный), **Inverse rainbow** (красный → жёлтый → зелёный → синий), **Gray scale** (белый → чёрный), **R-W-B** (красный → белый → синий), **B-W-R** (синий → белый → красный), **Standard** (тёмно-синий → синий → зелёный → жёлтый → красный → пурпурный), **Res2dinv** (тёмно-синий → синий → голубой → салатовый → зелёный → жёлтый → красный → фиолетовый), **WinGlink** (красный → жёлтый → салатовый → голубой → синий → фиолетовый). Цвета перечислены от минимальных значений к максимальным
Шкала с бегунками	Текущая палитра; над ней — бегунки опорных цветов
Серая кривая на шкале	Гистограмма распределения значений объекта (если для объекта она доступна). Показывает, в каком интервале палитры сосредоточена основная часть значений
Таблица цветов	Щелчок по цвету назначает его выбранному бегунку
Continuous	Включено — плавная (интерполированная) палитра; выключено — ступенчатая
N step	Число ступеней ступенчатой палитры, 4–50 (по умолчанию 4). Поле показывается только в ступенчатом режиме
Load	Загрузить палитру из файла .csf или .clr
Save	Сохранить палитру в файл .csf

Действия с бегунками (мышью нужно попасть в зону бегунков над шкалой):

Действие	Как выполнить

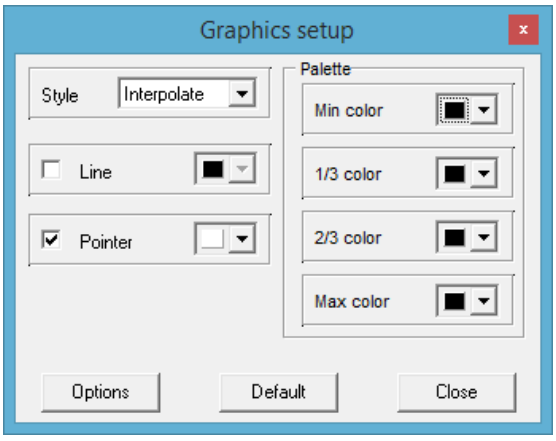
Действие	Как выполнить
Выбрать бегунок	Щелчок левой кнопкой по бегунку
Переместить бегунок	Нажать левую кнопку на внутреннем бегунке и перетащить; бегунок не может перейти за соседние
Добавить бегунок	Ctrl + щелчок левой кнопкой в пустом месте; цвет нового бегунка интерполируется по соседям
Удалить бегунок	Ctrl + щелчок левой кнопкой по внутреннему бегунку, либо выбрать бегунок и нажать Delete
Изменить цвет	Выбрать бегунок и щёлкнуть по цвету в таблице

Крайние бегунки (0 и 100 %) нельзя удалить и сдвинуть, но их цвет можно менять.

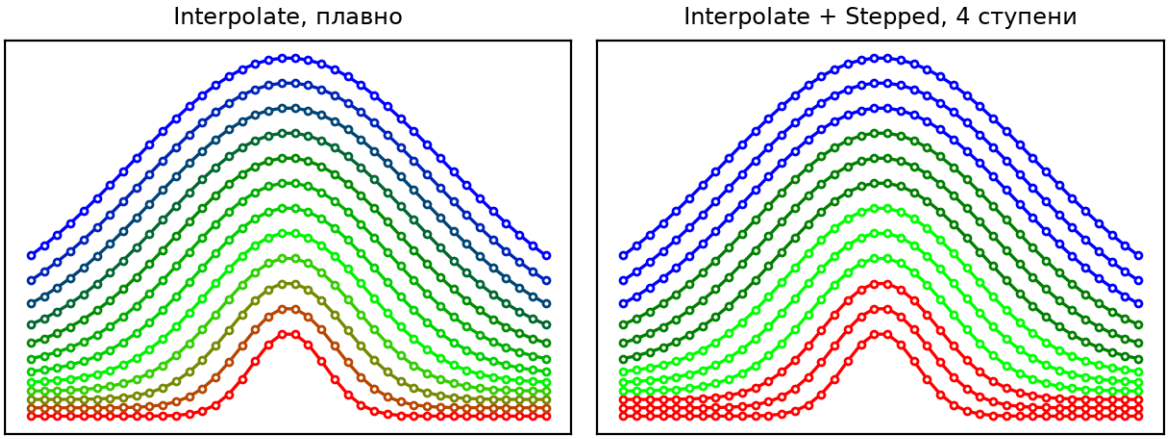
> **Совет.** Если гистограмма показывает, что почти все значения лежат в узком интервале, сдвиньте внутренние бегунки ближе к этому интервалу — контраст в нём заметно возрастёт без изменения пределов шкалы.

Редактор набора графиков

В режиме **Options / Data / Graphics plot** данные показываются набором кривых (по одной на каждое время), наблюдённые и рассчитанные отдельно. Окно **Graphics setup** определяет, как раскрашивается весь набор кривых сразу. Оно открывается щелчком правой кнопки мыши с нажатой клавишей Shift на любой кривой; для наблюдённых и рассчитанных кривых настройки независимы — открывается окно того набора, на кривой которого был сделан щелчок.



Окно Graphics setup



Интерполированная и ступенчатая раскраска набора кривых

Элемент	Назначение	По умолчанию
Style	Способ раскраски набора: **Interpolate** — цвета интерполируются по номеру кривой между цветами **Min color**, **1/3 color**, **2/3 color**, **Max color**; **Constant** — все кривые одного цвета; **Random** — каждая кривая получает случайный цвет	Interpolate
Palette: **Min color**, **1/3 color**, **2/3 color**, **Max color**	Опорные цвета интерполированной палитры для первой, трети, двух третей и последней кривой набора. В режиме **Constant** вместо них показывается одна кнопка цвета	Красный, салатовый, зелёный, синий
Line	Флажок включён — все соединительные линии рисуются цветом, выбранным рядом; выключен — цветом из палитры набора	Выключен
Pointer	Флажок включён — заливка всех точек (маркеров) выбранным цветом; выключен — цветом из палитры	Включён, белый
Stepped	Ступенчатая раскраска: соседние кривые объединяются в группы одного цвета. Доступен только для **Interpolate**	Выключен
Numb steps	Число ступеней (групп цвета), 2–20	4
Options	Открыть редактор графика для первой кривой набора; выбранный стиль линии и точек затем применяется ко всем кривым набора	—

Элемент	Назначение	По умолчанию
Default	Вернуть цвета и стиль кривых к исходным	—
Close	Применить и закрыть окно	—

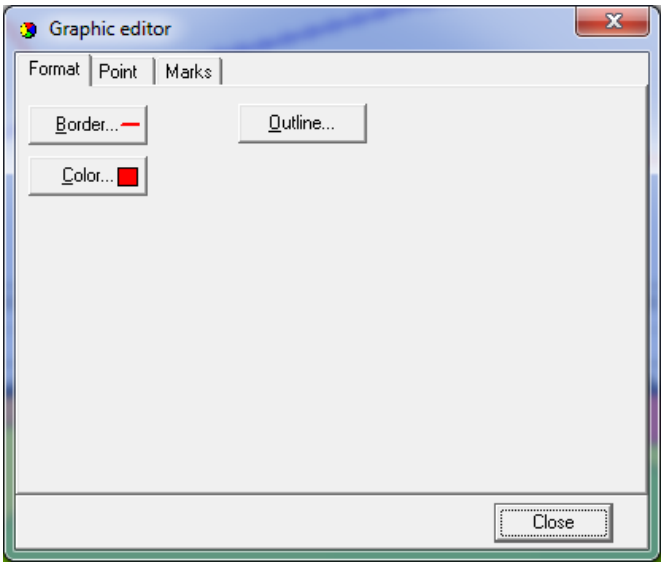
Все изменения применяются сразу, без отдельной кнопки подтверждения.

> **Совет.** Для сравнения наблюдённых и рассчитанных кривых удобно задать наблюдённым **Style = Interpolate** с маркерами без линий, а рассчитанным — **Constant** (например, чёрный) с линией без маркеров. Тогда расхождение подбора видно сразу.

Щелчок левой кнопкой мыши по кривой временно оставляет на экране только её (и соответствующую ей рассчитанную или наблюдённую кривую) и подсвечивает выбранную точку; после отпускания кнопки показываются все кривые.

Редактор графика

Редактор графика (Series editor) настраивает внешний вид отдельной кривой: тип и цвет линии, форму и размер точек, подписи. Он открывается кнопкой **Options** в окне Graphics setup; сделанные настройки затем распространяются на весь набор кривых.



Окно редактора графика

Вкладка **Format** — соединительные линии:

Элемент	Назначение
Border	Тип, толщина и цвет соединительной линии
Color	Цвет графика
Outline	Обводка соединительной линии

Вкладка **Point** — указатели (маркеры точек):

Элемент	Назначение
Visible	Показать или скрыть указатели
Error gates	Показать или скрыть доверительный интервал (погрешность) значений
Style	Форма указателя (круг, квадрат, треугольник и т. д.)

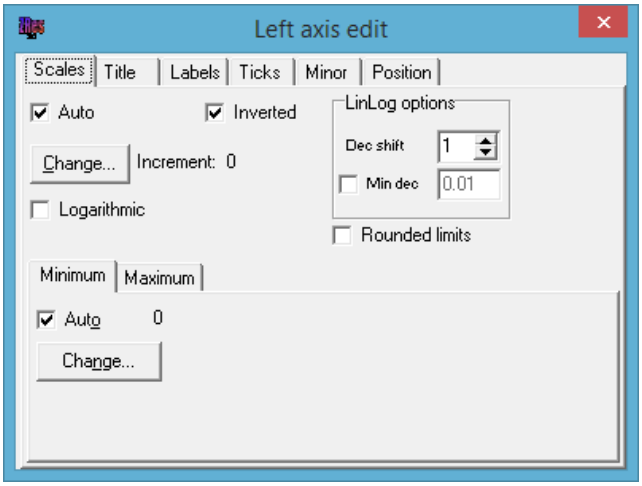
Элемент	Назначение
Width, **Height**	Ширина и высота указателя в пикселях экрана
Pattern	Заливка указателя
Border	Линия обводки указателя

Вкладка **Marks** — подписи к точкам:

Вкладка / элемент	Назначение
Style: **Visible**	Показать или скрыть подписи
Style: **Draw every**	Рисовать каждую вторую, третью и т. д. подпись
Style: **Angle**	Угол поворота текста подписей
Style: **Clipped**	Не рисовать подписи, выходящие за область графика
Arrows: **Border**, **Length**, **Distance**	Линия стрелки от подписи к точке, длина стрелки и расстояние от её конца до точки
Format: **Color**, **Frame**, **Round Frame**, **Transparent**	Фон рамки подписи, линия рамки, закруглённые углы, прозрачность рамки
Text: **Font**, **Outline**	Шрифт подписей и обводка букв

Редактор осей

Координатные оси есть у большинства объектов программы. Редактор осей позволяет задать пределы, логарифмический масштаб, шаг меток, подписи и заголовок оси — например, чтобы зафиксировать одинаковые пределы глубины на нескольких срезах или включить логарифмическую ось кажущегося сопротивления на графиках.



Окно редактора оси (пример для левой оси)

Щелчок правой кнопкой мыши с нажатой клавишей Shift на оси открывает меню из трёх пунктов: **options** — открыть диалог редактора оси; **default** — вернуть параметры оси к значениям по умолчанию; **fix range** — зафиксировать текущие пределы оси (они перестанут пересчитываться при обновлении объекта).

Вкладка **Scales** — масштаб оси:

Элемент	Назначение
Auto	Пределы оси определяются автоматически; при

Элемент	Назначение
	выключенном флажке задаются в областях **Minimum** и **Maximum**
Inverted	Обратное направление оси (например, глубина вниз)
Increment change	Шаг главных меток оси
Logarithmic	Логарифмический масштаб. Для знакопеременных данных дополнительно используются опции **Lin Log options**
Lin Log options: **Dec Shift**	Линейно-логарифмическая ось для данных, содержащих ноль или значения разных знаков: отступ в логарифмических декадах от наибольшего по модулю предела до нуля. Ближайшая к нулю декада строится в линейном масштабе, остальные — в логарифмическом
Lin Log options: **Min dec**	Задать и зафиксировать значение минимальной (преднулевой) декады
Rounded limits	Округлять пределы оси
Minimum, **Maximum**: **Auto**, **Change**	Каждый предел — автоматически или вручную кнопкой **Change**

Вкладка **Title** — заголовок оси: на вкладке **Style** — текст (**Title**), угол (**Angle**), отступ (**Size**, 0 — автоматически), видимость (**Visible**); на вкладке **Text** — шрифт (**Font**) и обводка букв (**Outline**).

Вкладка **Labels** — подписи меток: **Visible**, **Offset** (отступ, 0 — автоматически), **Angle**, **Min separation%** (минимальное расстояние между подписями в процентах), шрифт и обводка на вкладке **Text**.

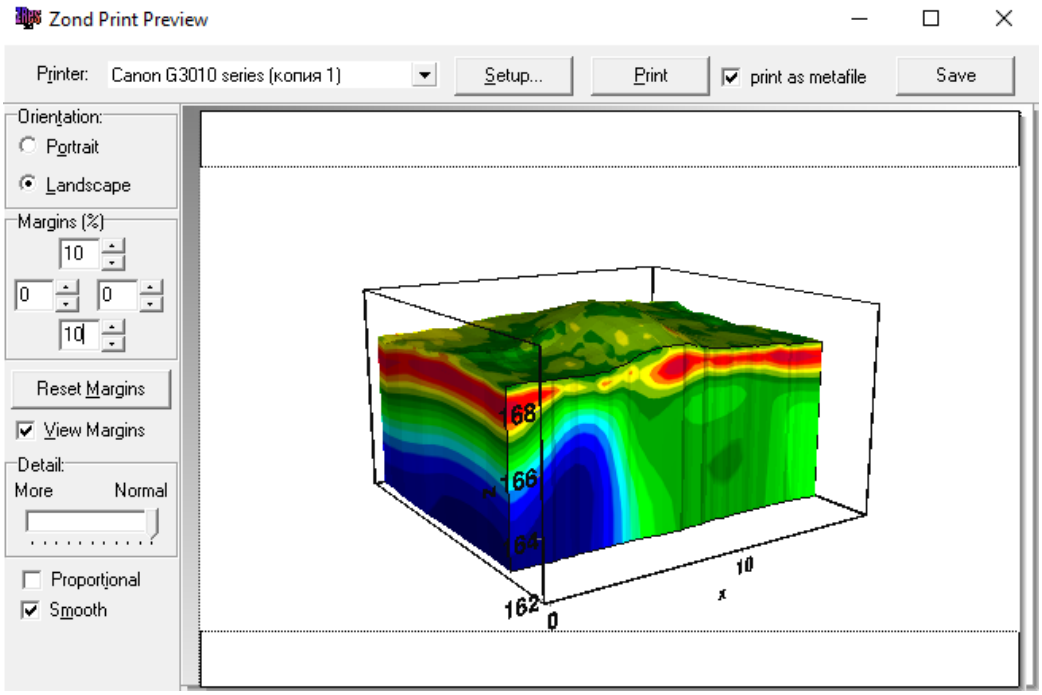
Вкладка **Ticks** — главные метки: **Axis** (линия оси), **Grid** (линии сетки), **Ticks** и **Inner** (внешние и внутренние метки, длина задаётся полем **Len**), **At labels only** (рисовать метки только там, где есть подпись).

Вкладка **Minor** — промежуточные метки: **Grid**, **Ticks** (длина — **Length**), **Count** — число промежуточных меток между главными.

Вкладка **Position** — положение оси: **Position%** (смещение оси относительно стандартного положения в процентах или пикселях, в зависимости от **Units**), **Start%** и **End%** (смещение начала и конца оси в процентах размера графика).

Диалог предварительного просмотра печати

Предварительный просмотр позволяет разместить объекты на листе, выбрать принтер и формат бумаги, распечатать изображение или сохранить его в файл.



Окно Print preview

Команда **File / Print preview** выводит на лист вместе окно данных и окно модели (с 3D-изображением, если оно показано). Пункт **Print preview** в контекстном меню отдельного объекта выводит на печать только этот объект.

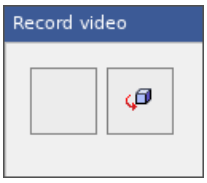
Объект перемещается по листу левой кнопкой мыши. Кнопки панели окна:

Кнопка	**Назначение**
Printer	Выбрать принтер из списка настроенных в системе
Setup	Настройка печати: размер и ориентация бумаги, свойства принтера, число страниц на листе
Print	Отправить изображение на печать
Vector	Отправить на печать или сохранить изображение в векторном виде
Save	Сохранить изображение в формате BMP или PNG

> **Совет.** Для отчёта удобнее сохранять изображение в векторном формате: его можно масштабировать без потери качества и отредактировать подписи в графическом редакторе.

Диалог Record video

Диалог записывает видеоролик вращения 3D-модели — для презентаций и отчётов. Он открывается командой **Options / Import/Export / Create video**.



Окно Record video

Кнопка	**Назначение**
Левая кнопка (**Start/Stop recording**)	Начать запись; повторное нажатие останавливает

Кнопка	Назначение
	запись, сохраняет файл и закрывает диалог
Start/Stop rotation	Включить или остановить вращение 3D-модели

Сразу после открытия диалога 3D-модель начинает вращаться. Записывается изображение окна 3D-вида; ролик сохраняется в файл **Movie.avi** в папке программы. Для записи в системе должен быть установлен видеокодек Xvid.

> **Внимание.** Каждая новая запись перезаписывает файл Movie.avi, поэтому готовый ролик сразу переименуйте или перенесите. Во время записи не перекрывайте окно 3D-вида другими окнами.

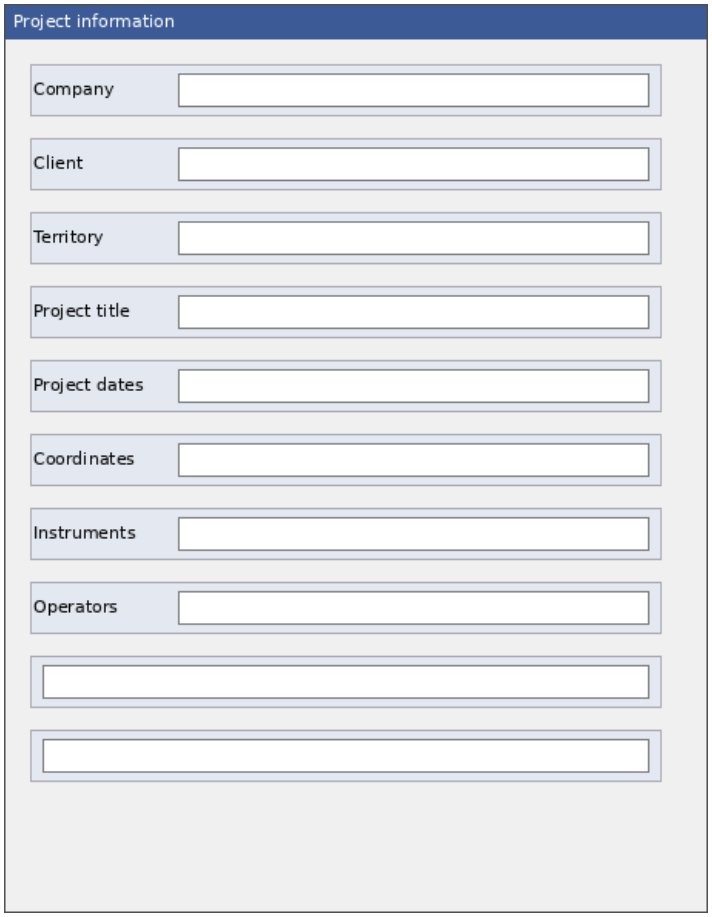
Порядок работы (workflow): запись ролика

1. Настройте 3D-изображение модели: палитру (через срез модели), отсечения, ракурс и масштаб.
2. Выберите **Options / Import/Export / Create video** — модель начнёт вращаться.
3. При необходимости остановите вращение кнопкой **Start/Stop rotation**, выберите стартовый ракурс и снова включите вращение.
4. Нажмите **Start/Stop recording** — начнётся запись.
5. После одного-двух полных оборотов нажмите **Start/Stop recording** ещё раз; диалог закроется.
6. Переименуйте файл Movie.avi в папке программы.

Вспомогательные окна

Окно Project information

Окно **Project information** (команда **Options / Project information**) хранит сведения о работе: заказчик, участок, даты, приборы, исполнители. Сведения сохраняются в файле проекта и нужны для документирования: открыв проект через год, можно сразу понять, откуда данные и кто их получил.



Окно Project information

Поле	Назначение
Company	Организация-исполнитель
Client	Заказчик
Territory	Территория, участок работ
Project title	Название проекта
Project dates	Даты проведения работ
Coordinates	Координаты или система координат участка
Instruments	Использованная аппаратура
Operators	Операторы, исполнители
Два нижних поля	Свободные поля для произвольных сведений; щелчок правой кнопкой мыши открывает меню автоматического заполнения

Пункты меню свободных полей:

Пункт	Что подставляется
Geography info	Название местности, найденное по координатам центра приёмников (используется зона UTM проекта)
Survey info	Сводка по съёмке, например: «TEM survey, 12 sources (12 loops), 240 receivers, 5 lines, 30 times, 7150/7200 records, dB/dt» — число источников (из них петель), приёмников, профилей, времён, число используемых/всех отсчётов и тип данных (B, dB/dt)

При открытии окна в поля загружаются сохранённые сведения; при закрытии введённые значения записываются в проект (сохраняются на диск при сохранении проекта).

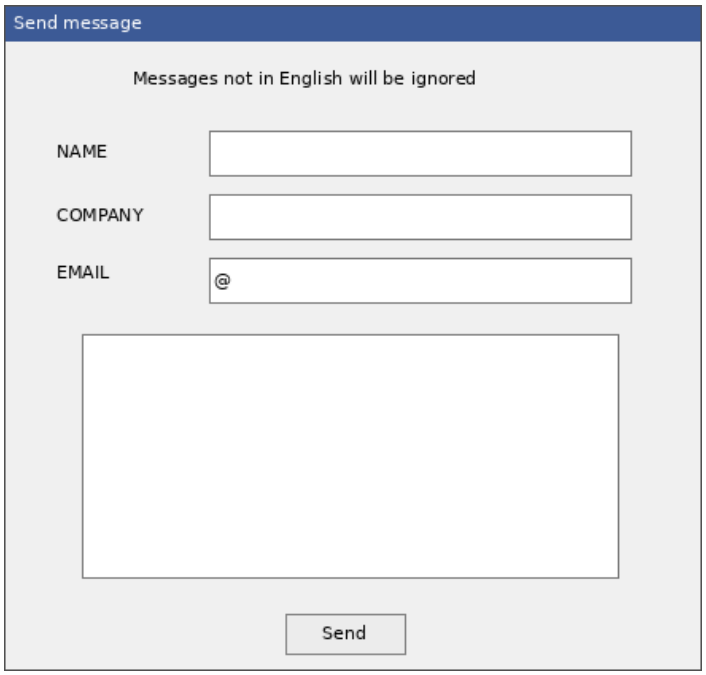
Окно Help info

Окно **Help info** показывает краткую справку по пункту главного меню. Чтобы открыть его, щёлкните правой кнопкой мыши по интересующему пункту раскрытого главного меню. В окне выводится текст подсказки этого пункта; окно располагается поверх остальных окон и обновляется при щелчке правой кнопкой по следующему пункту меню.

Элемент	Назначение
Поле справочного текста	Описание выбранного пункта главного меню

Окно Send message

Окно **Send message** (команда **Help / Send message to us**) отправляет сообщение разработчикам прямо из программы — вопрос, сообщение об ошибке или предложение.



Окно Send message

Элемент	Назначение
NAME	Имя отправителя

Элемент	Назначение
COMPANY	Организация
EMAIL	Адрес электронной почты для ответа (начальное значение — «@»)
Messages not in English will be ignored	Напоминание: сообщения принимаются только на английском языке
Поле сообщения	Текст сообщения
Send	Закрыть окно и отправить сообщение

После закрытия окна имя, организация и адрес запоминаются (в файле настроек рядом с исполняемым файлом программы, с расширением .in) и подставляются при следующем открытии. Сообщение отправляется, если адрес содержит символы «@» и «.»: передаются имя файла программы, заполненные поля и непустые строки сообщения. Если адрес не прошёл проверку, выводится сообщение «No email!».

> **Совет.** Описывая ошибку, укажите версию программы, последовательность действий и приложите (отдельным письмом) файл проекта или данных — так ответ будет быстрее и точнее.

Клавиши и мышь в окнах настройки графики

Действие	Сочетание	Где работает
Контекстное меню объекта	Правая кнопка мыши вне области построения	Псевдоразрез, карта, графики данных
Открыть Graphics setup	Shift + правая кнопка мыши на кривой	Режим Graphics plot
Показать только одну кривую	Левая кнопка мыши на кривой (удерживать)	Режим Graphics plot
Меню оси (options / default / fix range)	Shift + правая кнопка мыши на оси	Все объекты с осями
Цвет интервала заливки / изолинии	Правая кнопка мыши в ячейке C_color / L_color	Edit levels
Палитра заливки / изолиний	Правая кнопка мыши на заголовке C_color / L_color	Edit levels
Диалог Automatic	Правая кнопка мыши на заголовке Level	Edit levels
Включить / выключить все изолинии	Левая / правая кнопка мыши на заголовке L_visible	Edit levels
Добавить бегунок	Ctrl + левая кнопка мыши в пустом месте	Palette
Удалить бегунок	Ctrl + левая кнопка мыши на бегунке; Delete для выбранного	Palette
Переместить бегунок	Перетаскивание левой кнопкой	Palette
Перемещение объекта по листу	Перетаскивание левой кнопкой	Print preview
Справка по пункту меню	Правая кнопка мыши на пункте главного меню	Главное меню (окно Help info)

Действие	Сочетание	Где работает
Автозаполнение свободного поля	Правая кнопка мыши в поле	Project information

Типовые сценарии работы

В этой главе собраны короткие пошаговые сценарии. Каждый шаг ссылается на окно или пункт меню, подробно описанный в предыдущих главах. Сценарии не обязательны к буквальному выполнению: это проверенная последовательность действий, которая помогает не пропустить важные шаги.



Общая схема обработки и инверсии в ZondTEM3D

Полный цикл: от полевых данных до 3D-модели

1. **Откройте данные.** Кнопка 📂 или **File / Open file**. В списке типов файлов выберите формат вашего прибора. Если файлов несколько (по профилям или по петлям), выберите их все сразу — они объединятся в один набор.
2. **Ответьте на диалоги модуля чтения** (вид обработки, Curve selector, Amira, Geonics, Data units, UTM zone — зависит от формата, см. главу «Открытие данных и проектов»).
3. **Проверьте координаты.** Если в файле нет координат, откроется окно **Stations locations**: загрузите файл координат или вставьте их из Excel. Если координаты в градусах, нажмите **LL->XY**.
4. **Отфильтруйте данные** в окне **Data filter** (если включено **File / Show data filter**): отбросьте заведомо неинформативные ранние и поздние времена, слишком слабый сигнал, станции вне участка (User polygon).
5. **Задайте профили** в окне **Line settings**. Профили определяют псевдоразрезы и список линий на панели быстрого доступа; для площадной съёмки удобно автоматическое разбиение.

6. **Постройте сеть** в окне **Mesh constructor**. Для начала достаточно автоматической сети (кнопка автоподбора вертикальной сети и шаг по XY, близкий к расстоянию между станциями). Нажмите **Apply**.
7. **Проверьте качество данных** (сценарий ниже) и удалите выбросы.
8. **Задайте стартовую модель.** По умолчанию модель однородна. Если известен слоистый разрез (1D-инверсия в ZondTEM1D, скважина), задайте его через **Options / Model / Set 1D model**; там же задаются пределы сопротивления по глубине.
9. **Выполните Pseudo 3D инверсию.** Правой кнопкой по кнопке инверсии  выберите **Pseudo 3D inversion**, затем нажмите кнопку левой кнопкой. Расчёт занимает секунды–минуты.
10. **Оцените результат:** невязка в строке состояния, псевдоразрезы наблюдённых и рассчитанных данных, план невязки (**Options / Data / Data misfit**), кривые отдельных станций в окне **Sounding curves**.
11. **Выполните Full 3D инверсию.** Выберите **Full 3D inversion** в том же всплывающем меню и запустите. Инверсия начнётся с текущей модели, то есть с результата Pseudo 3D. При необходимости уменьшите число итераций в **Program setup** для первого пробного запуска.
12. **Повторите анализ невязки.** Если отдельные станции систематически не подбираются, проверьте их геометрию (окно **Station parameters**), удалите выбросы командой **Options / Extra / Remove data with big misfit** и продолжите инверсию.
13. **Сохраните проект** (**File / Save file**, тип Project file, *.t3d) и, при необходимости, проект с рассчитанными данными.
14. **Экспортируйте результат: Export mod3d**, **Export to Paraview**, **Draw to surfer**, изображения разрезов и 3D-вида (глава «Визуализация и сохранение результатов»).

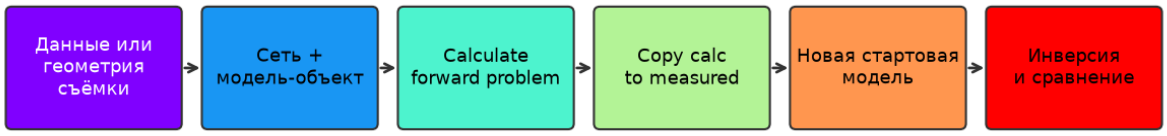
> **Совет.** Сохраняйте промежуточные модели в буфер (**Buffer / Model 1…4**) перед каждым существенным изменением параметров. Это позволяет быстро сравнить варианты инверсии и вернуться к лучшему.

Контроль качества данных

1. Откройте окно **Sounding curves** кнопкой .
2. Пролистайте станции стрелками или кнопками окна. Обращайте внимание на смену знака, «ступеньки», резкие выбросы на отдельных временах, участки, где сигнал опускается до уровня шума.
3. Удалите явно ошибочные точки: правая кнопка по точке — **Delete point**, либо режим **X** (круг удаления, радиус меняется колесом мыши). Ошибочное удаление отменяется кнопкой .
4. Если станция целиком неинформативна, снимите у неё флаг **Invert** — она останется на графиках, но не будет участвовать в инверсии.
5. Посмотрите план и псевдоразрезы на разных временах: одиночная станция, резко отличающаяся от соседей, — кандидат на удаление или на проверку геометрии.
6. При сильном шуме на поздних временах примените сглаживание (**Options / Data / Smooth data**) или ограничьте диапазон времени.

7. Настройте норму данных (**Options / Inversion / Resolution / Data norm**): порог, ниже которого сигнал считается шумом, уменьшает влияние поздних времён с малой амплитудой.

Моделирование и проверка разрешающей способности (синтетический тест)



Синтетический тест

Синтетический тест отвечает на вопросы: «увидит ли съёмка с такой геометрией объект на такой глубине?» и «насколько надёжно инверсия восстанавливает известную модель?».

1. Откройте реальный файл данных (или файл с нужной геометрией петель и приёмников) и постройте сеть.
2. Задайте фоновую слоистую модель (**Set 1D model**) и вставьте в редакторе модели локальный объект (проводник или изолятор) нужных размеров.
3. Рассчитайте прямую задачу кнопкой .
4. Если наблюдённых данных нет, выполните **Options / Extra / Copy calc to measured** — рассчитанный отклик станет «наблюдённым». Пункт доступен только тогда, когда в проекте нет реальных наблюдений; если файл содержит полевые данные, сохраните рассчитанные данные (**Save calculated data**, формат TDF) и откройте этот файл как данные.
5. При желании добавьте шум, отредактировав сохранённый файл TDF во внешней программе.
6. Сохраните модель-объект в буфер (**Buffer / Model 1**), чтобы позже сравнить с результатом.
7. Задайте однородную или слоистую стартовую модель без объекта и выполните инверсию (Pseudo 3D, затем Full 3D).
8. Сравните результат с исходной моделью (окно **Buffer / Open**): положение, глубину, контрастность и размеры объекта.

Съёмка по одному профилю (режим 2D)

1. Откройте данные; в окне **Line settings** оставьте одну линию.
2. Включите **Options / Model / 2D mode** (режим включается вручную).
3. В окне **Mesh constructor** выберите тип съёмки **One line** и постройте сеть. При включённом 2D mode ячейки поперёк профиля объединяются в один параметр инверсии, поэтому модель остаётся однородной поперёк профиля; правка в редакторе применяется ко всем параллельным сечениям.

4. Выполните инверсию так же, как в полном цикле. Помните, что объекты сбоку от профиля будут спроецированы в разрез: режим 2D применим, если структуры вытянуты поперёк профиля.

Площадная съёмка с несколькими профилями

1. Загрузите все файлы съёмки сразу либо добавляйте их по одному командой **File / Append data**.
2. В окне **Line settings** создайте профили: автоматически (по направлению и шагу) или вручную, указывая точки профиля мышью. Станции, не попавшие ни на один профиль, отображаются только на плане.
3. Если приёмник смещён относительно центра петли, а смещения в файле заданы в локальной системе профиля, выполните **Options / Extra / Align RX-TX along lines**.
4. Постройте сеть с шагом по XY, примерно равным шагу станций; вне участка сеть автоматически разрежается.
5. Начните с Pseudo 3D: она быстро даст общую картину по всей площади и стартовую модель для Full 3D.
6. Для Full 3D при большом числе петель сначала проверьте время расчёта одной прямой задачи; при необходимости разредите данные (Data filter) или увеличьте шаг сети вне участка.
7. Анализируйте результат на плане (горизонтальные срезы **Plane / XY**), разрезах по профилям и в объёмном окне (изоповерхности, Multi-slide).

Использование априорной информации

1. Загрузите подложку (геологический разрез, сейсмику) на срез модели: **Background 2D / Load background**, и привяжите её.
2. Загрузите скважинные данные (**Boreholes / Load borehole data**) — они будут показаны на разрезах и в 3D.
3. Задайте известные значения сопротивления: через **Set 1D model** (слои с пределами), встраиванием моделей (**Build-in mod3d**, **Build-in mod2d's**) или вручную в редакторе модели.
4. Для надёжно известных ячеек задайте узкие пределы Min/Max (диалог **Cell setup** или **Set 1D model**), чтобы инверсия не уводила их от известных значений.
5. Если положение границы известно (кровля коренных пород, уровень грунтовых вод), постройте сеть с узловой плоскостью на этой глубине и задайте границу в окне **Options / Inversion / Set apriori boundaries**. Границы не записываются в проект — задавайте их после открытия проекта перед каждой инверсией.
6. Для заведомо слоистого разреза включите **Options / Inversion / Optimization / Layered term** (начните с **Pushing factor** = 1).
7. Выполните **Full 3D inversion** (границы и слоистый член используются только в ней) и сравните результат с априорными данными.

Приложение А. Форматы файлов

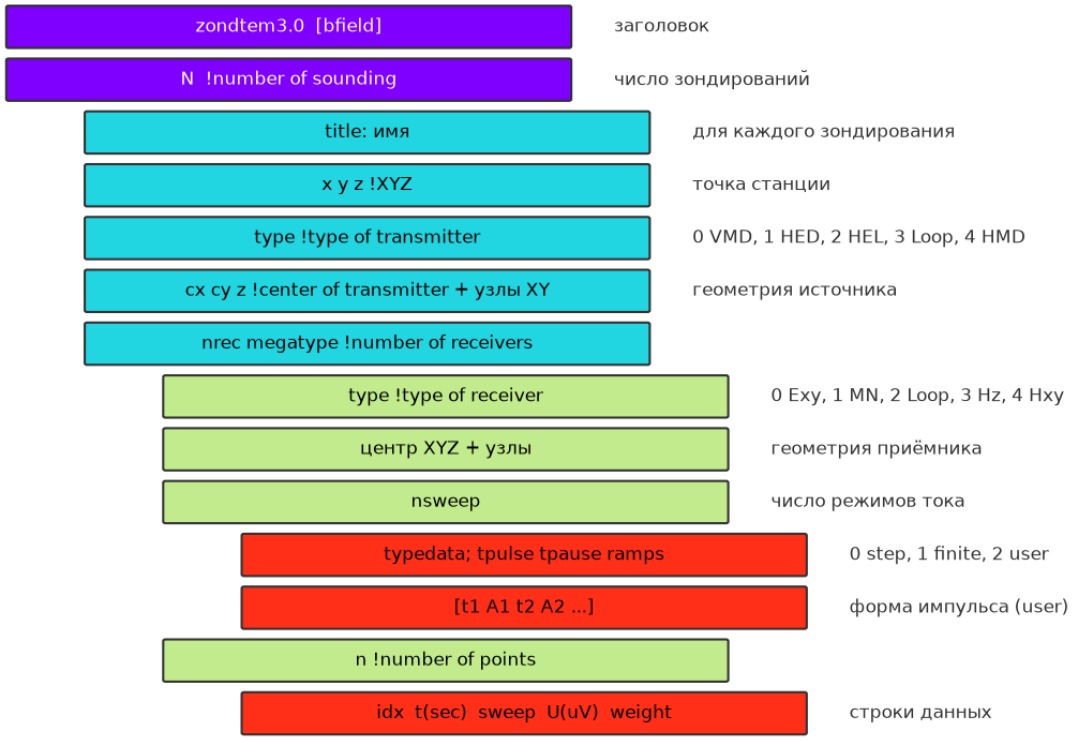
В приложении описаны текстовые файлы, которые программа читает и записывает. Для каждого формата указано, какой командой он создаётся или читается, приведена таблица столбцов и короткий пример. Общие правила для всех текстовых файлов:

- разделители — пробелы или табуляция (если не оговорено иное);
- десятичный разделитель — точка;
- координаты и глубины — в метрах, время — в секундах, сопротивление — в Ом·м;
- строки, в которых меньше чисел, чем требуется, обычно пропускаются (это позволяет оставлять в файле заголовки).

Данные TEM

Формат TDF (zondtem3.0)

Собственный текстовый формат данных программ ZondTEM. Описывает для каждого зондирования генератор (петля, линия или диполь), один или несколько приёмников, режимы тока и наблюдённые значения. Файл создаётся командой **Options / Import/Export / Save calculated data** (рассчитанные данные) и читается командой **File / Open file** с типом **ZondTEM1D field data** (расширения `*.tdf`, `*.usf`, `*.avg`). Тот же формат используется программой ZondTEM1D. Все строки допускают комментарий после знака `!` — он игнорируется при чтении и служит подсказкой при ручной правке.



Структура файла TDF: вложенность блоков

Порядок строк:

Строка	Содержание	Пояснение

Строка	Содержание	Пояснение
1	`zondtem3.0` или `zondtem3.0 bfield`	Сигнатура. Слово `bfield` означает, что в файле записано поле B, без него — производная dB/dt
2	`N`	Число зондирований (станций)
Для каждого зондирования:		
3	`title: <имя>`	Имя станции
4	`X Y Z`	Координаты точки станции X, Y и её высотная координата
5	`type`	Тип генератора: 0 — VMD (вертикальный магнитный диполь), 1 — HED (горизонтальный электрический диполь), 2 — HEL (заземлённая линия), 3 — Loop (петля), 4 — HMD (горизонтальный магнитный диполь)
6	`cx cy z`	Центр генератора X, Y и его высота
7	`x1 y1 x2 y2 …`	Для петли и линии — координаты вершин в плане; для диполей — центр X, Y и направляющие косинусы
8	`nrec megatype`	Число приёмников и тип группы приёмников (см. ниже)
Для каждого приёмника:		
9	`type`	Тип приёмника: 0 — Exy (электрический диполь), 1 — MN (приёмная линия), 2 — Loop (приёмная петля), 3 — Hz (вертикальный магнитный диполь / индукционный датчик), 4 — Hxy (горизонтальный магнитный диполь). ZondTEM3D использует только типы 2 и 3 (Z-компонента); приёмники других типов при чтении пропускаются
10	`cx cy z`	Центр приёмника X, Y и его высота
11	`x1 y1 …`	Вершины приёмной петли/линии или центр и направляющие косинусы диполя
12	`nsweep`	Число режимов тока (свипов)
13	`typedata`	Форма импульса режима: 0 — ступенька, 1 — конечный

Строка	Содержание	Пояснение
		импульс, 2 — пользовательская
14	`tpulse tpause ramp_front ramp_back`	Длительность импульса, паузы, переднего и заднего фронтов, с
15	`t1 A1 t2 A2 …`	Только при `typedata = 2`: узлы формы импульса (время, с; относительная амплитуда)
16	`n`	Число отсчётов
17	`# t(sec) sweep U(uV) weight`	Строка заголовка (пропускается)
18…	`i t sweep U weight`	Номер отсчёта, время, с; номер режима тока; значение; вес

Значение **U** записывается в мкВ/А (сигнал, нормированный на ток генератора); для файлов `bfield` — значение поля В, нормированное на ток. Вес 1 — обычное измерение, меньшие значения уменьшают вклад отсчёта в невязку.

Параметр `megatype` определяет, для каких приёмников записываются режимы тока и отсчёты: при `megatype` = 0 — для каждого приёмника; при 1, 2, 5, 6 — только для первого (остальные используют те же времена); при 3 — для двух первых. Приёмники, для которых блок не записан, описываются только строками 9–11.

Пример: одна станция, петля 100×100 м, приёмник — индукционный датчик в центре, один режим тока:

```
zondtem3.0
1 !number of sounding
title: ST001
500 1200 0 !XYZ coordinates
3 !type of transmitter/Loop
500 1200 0 !center of transmitter, XYZ
450 1150 550 1150 550 1250 450 1250  !XY nodes of loop
1 0 !number of receivers
3 !type of receiver/Hz dipole
500 1200 0 !center of receiver, XYZ
500 1200  !XY nodes
1 !number of sweep
1 !sweep1 Pulse 0 - step, 1 - finite, 2 - user
0.01 0.01 1E-5 5E-6 !tpulse, tpause, ramp front, ramp back (sec)
3 !number of points
#  t(sec) sweep  U(uV) weight
1 1E-5 1  1520.4  1
2 1E-4 1  48.71  1
3 1E-3 1  0.932  1
```

Таблица данных (Data table, *.txt)

Создаётся командой **File / Save file**, тип **Data table [*.txt]**. Записываются все приёмники и времена проекта — по строке на отсчёт. Разделитель — табуляция; отсутствующее значение обозначается `*`. Файл удобен для построения графиков и карт во внешних программах (Excel, Surfer, Python).

№	Столбец	Единицы	Смысл
1	Rx	—	Имя приёмника (станции)
2	X	м	Координата X центра приёмника

№	Столбец	Единицы	Смысл
3	Y	м	Координата Y центра приёмника
4	H	м	Высота приёмника над поверхностью
5	Z	м	Абсолютная отметка приёмника (рельеф + H)
6	Tx	—	Номер генератора (с 1)
7	Line	—	Имя профиля или -, если приёмник не принадлежит профилю
8	Pos	м	Координата вдоль профиля
9	Time_s	с	Время отсчёта
10	dBdt	—	1 — данные dB/dt, 0 — поле B
11	Obs_uV/A	мкВ/А	Наблюдённый сигнал (* — удалённая точка)
12	Calc_uV/A	мкВ/А	Рассчитанный сигнал (* — расчёта нет)
13	RoaObs	Ом·м	Кажущееся сопротивление по наблюдённым данным
14	RoaCalc	Ом·м	Кажущееся сопротивление по рассчитанным данным
15	Weight	—	Вес отсчёта

```
Rx      X       Y       H    Z       Tx   Line   Pos     Time_s    dBdt   Obs_uV/A   Calc_uV/A   Ro
aObs   RoaCalc   Weight
ST001   500      1200    0    152.3   1    L1     0       1E-05     1      1520.4     1498.2      85
.3     86.1      1
ST001   500      1200    0    152.3   1    L1     0       0.0001    1      48.71      50.02       92
.6     91.4      1
```

Файл координат станций

Читается кнопкой 📂 окна **Stations locations**. Одна станция в строке: имя станции и координаты.

№	Столбец	Единицы	Смысл
1	Name	—	Имя станции (регистр букв не учитывается)
2	X	м (или градусы)	Координата X (долгота)
3	Y	м (или градусы)	Координата Y (широта)
4	Z	м	Отметка рельефа (необязательный столбец)

Строка сопоставляется со станцией сначала по первому слову (имени). Если первое слово не совпадает ни с одним именем, ищется строка, в которой имя станции встречается как

отдельное слово. Станции, отсутствующие в файле, сохраняют прежние координаты. Если координаты заданы в градусах, после загрузки нажмите **LL->XY**.

```
ST001  500.0  1200.0  152.3
ST002  550.0  1200.0  152.9
ST003  600.0  1200.0
```

Файл формы импульса

Записывается и читается кнопками окна **Pulse shape**. Первая строка — число узлов, далее по строке на узел.

Строка	Столбец 1	Столбец 2
1	N — число узлов	—
2 … N+1	Время, с (отрицательное или 0; момент 0 — конец выключения тока)	Относительная амплитуда тока (от −1.1 до 1.1; 1 — установившийся ток)

В таблице окна **Pulse shape** время показывается в микросекундах, а в файле хранится в секундах. Нужно не менее трёх узлов.

```
4
-0.0100100 0
-0.0100000 1
-0.0000100 1
0 0
```

Проект (*.t3d)

Двоичный файл проекта: данные со всей геометрией и режимами тока, удалённые точки и веса, сеть, модель с пределами, параметры инверсии и отображения, профили, подложки, скважины, буфер моделей. Тип **Project with calculated** дополнительно сохраняет рассчитанные данные, поэтому после открытия не нужно заново решать прямую задачу. Файл проекта читается только программой ZondTEM3D; для обмена используйте TDF, MOD3D и таблицы данных.

Сеть и рельеф

Файл рельефа

Читается командой **Import topography** и записывается командой **Save topography** меню, которое открывается правой кнопкой мыши по кнопке рельефа  окна **Mesh constructor**. Одна точка в строке; используются первые три числа строки. Строки, в которых меньше трёх чисел (например, заголовок), пропускаются, как и точки с повторяющимися X, Y.

№	Столбец	Единицы	Смысл
1	X	м	Координата X точки
2	Y	м	Координата Y точки
3	Z	м	Абсолютная отметка рельефа (положительная вверх)

```
1000.0  2000.0  152.3
1010.0  2000.0  152.9
1020.0  2000.0  153.4
```

При сохранении записываются те же три столбца. Если внешний рельеф загружен, сохраняются его точки, иначе — точки данных с известной отметкой.

Модели: mod3d, mod2d, XYZV, срезы XYZ

MOD3D (Export mod3d / Build-in mod3d)

Текстовый файл с сетью модели, значениями параметров и пределами ячеек. Используется для переноса модели между проектами и программами ZOND.

- Создаётся командой **Options / Import/Export / Export mod3d**.
- Читается командой **Options / Import/Export / Build-in mod3d**. Фильтр **MOD3D model files** переносит значения текущего параметра в существующую сеть: ячейка в ячейку при совпадении размеров сетей, иначе интерполяцией. Фильтр **MOD3D mesh&mod files** заменяет сеть проекта сетью из файла (вокруг неё строится стандартное расширение) и переносит значения параметров.

Файл состоит из разделов. Ключевое слово стоит в начале строки, данные — в той же строке после двоеточия или в следующих строках.

Раздел	Данные	Смысл
`software: <имя>`	в строке	Программа, создавшая файл (справочно)
`units: m`	в строке	Единицы координат. При чтении любое значение, отличное от `m`, считается километрами: координаты умножаются на 1000
`topoc: <c>`	в строке	Коэффициент рельефа сети c (см. формулу ниже); обычно от 0 до 1
`xyt_grid: Nx Ny Nz`	в строке; затем Nx строк	Число узлов сети по X, Y и по вертикали. В строке i записаны Ny троек `X Y Z` верхних узлов (поверхность) для j = 1…Ny
`z_grid:`	следующая строка	Nz глубин узловых плоскостей от поверхности, м; первая равна 0
`paramnumb: n`	в строке	Число параметров; ZondTEM3D записывает 1 (сопротивление)
`paramname i : <имя>`	в строке	Имя параметра i: `rho` — сопротивление (файлы других программ ZOND могут содержать также `eta` — поляризуемость)
`islog i : yes/no`	в строке	Логарифмический масштаб параметра
`paramvalues i :`	(Nx−1)·(Ny−1) строк по Nz−1 чисел	Значения параметра в ячейках
`parammin i :`	та же раскладка	Нижние пределы ячеек
`parammax i :`	та же раскладка	Верхние пределы ячеек; пара 0 и 0 — ограничений нет

Раскладка значений. Ячеек на одну меньше, чем узлов, по каждой оси. Строки блоков `paramvalues`, `parammin`, `parammax` идут по номеру ячейки по X (внешний цикл) и по номеру

ячейки по Y (внутренний цикл). В каждой строке записан вертикальный столбец ячеек сверху вниз. Сопротивление задаётся в Ом·м.

При встраивании (**Build-in mod3d**) читаются только значения параметров (`paramvalues`); пределы `parammin` и `parammax` не читаются. Переносится параметр `rho`; если его в файле нет, модель не меняется.

Положение узла k под точкой поверхности (i, j) восстанавливается по глубине узловой плоскости z_k и коэффициенту рельефа c:

$$Z_{ijk} = \min\left(Z_{ij}^{top} + z_k\left(1 + \frac{Z_{\max}^{top} - Z_{ij}^{top}}{z_N}\,c\right),\ Z_{\max}^{top} + z_k\right),$$

где Z_{ij}^{top} — вертикальная координата поверхности из `xyt_grid` (в системе модели программы), $Z_{\max}^{top}$ — её наибольшее значение в файле, z_k — значения `z_grid`, z_N — последнее из них. При $c = 0$ слои сети повторяют рельеф, при $c = 1$ подошва сети горизонтальна.

Пример: сеть из 3×3 узлов в плане и 4 узлов по вертикали, то есть 2×2×3 ячейки. Числа сокращены.

```
software: ZondTEM3D.
units: m
topoc:  5.0E-0001
xyt_grid: 3 3 4
 0.0  0.0  0.0  0.0  10.0  0.0  0.0  20.0  0.0
 10.0  0.0  0.0  10.0  10.0  -0.5  10.0  20.0  -1.0
 20.0  0.0  0.0  20.0  10.0  -1.0  20.0  20.0  -2.0
z_grid:
0.000 2.000 5.000 10.000
paramnumb: 1
paramname 1 : rho
islog 1 : yes
paramvalues 1 :
 100.0  100.0  300.0
 100.0  20.0  300.0
 100.0  100.0  300.0
 100.0  100.0  300.0
parammin 1 :
 0  0  100.0
 0  0  100.0
 0  0  100.0
 0  0  100.0
parammax 1 :
 0  0  1000.0
 0  0  1000.0
 0  0  1000.0
 0  0  1000.0
```

Вторая строка блока `paramvalues` относится к ячейкам с номером 1 по X и 2 по Y. Её вторая по глубине ячейка имеет сопротивление 20 Ом·м (проводящий объект). Для нижнего слоя ячеек записан диапазон 100–1000 Ом·м, у остальных ячеек ограничений нет.

MOD2D (Export mod2d / Build-in mod2d's)

Текстовый файл двумерной модели по линии разреза. Совместим с программами двумерной интерпретации ZOND (например, ZondRes2D).

- Создаётся командой **Options / Import/Export / Export mod2d** для текущего вертикального среза (XZ или YZ). Для горизонтального среза файл не создаётся.

- Читается командой **Options / Import/Export / Build-in mod2d's**: можно выбрать один или несколько файлов. Значения всех файлов интерполируются во всю 3D-сетку текущей модели. Для каждого файла открывается окно **Set rectangle** с координатами концов линии (**Left**, **Top**, **Right**, **Bottom**; по умолчанию из строки `geocoord`) и флажками **Insert topography** и **Use all points**.
- Просматривается командой **Options / Import/Export / Plot MOD2D model** в отдельном окне, без изменения модели проекта.

Раздел	**Данные**	**Смысл**
`software: <имя>`	в строке	Программа, создавшая файл
`units: m`	в строке	Единицы координат; значение, отличное от `m`, при чтении считается километрами
`geocoord: x1 y1 x2 y2`	в строке	Координаты начала и конца линии разреза в плане, м. Ключ `gcoord` тоже читается. Если строки нет, линия считается лежащей вдоль X от первого до последнего узла `x_grid` при Y = 0
`topoc: <c>`	в строке	Коэффициент рельефа сети, как в MOD3D
`x_grid:`	следующая строка	Nx координат узлов вдоль линии, м
`z_grid:`	следующая строка	Nz глубин узлов от поверхности, м; первая равна 0
`topo_grid:`	следующая строка	Nx значений рельефа в узлах `x_grid`. При записи — относительно минимального значения рельефа среза
`topo_shift: <h>`	в строке	Сдвиг рельефа. При записи — минимальное значение рельефа среза
`paramnumb: n`	в строке	Число параметров
`paramname i : <имя>`	в строке	Имя параметра (`rho`)
`islog i : yes/no`	в строке	Логарифмический масштаб
`minmaxCS i : <min> <max>`	в строке	Пределы цветовой шкалы среза
`paramvalues i :`	Nx−1 строк по Nz−1 чисел	Значения в ячейках: строка — ячейка вдоль линии, в строке — значения по глубине сверху вниз
`parammin i :`, `parammax i :`	та же раскладка	Нижние и верхние пределы ячеек

Особенности встраивания (**Build-in mod2d's**):

- используется параметр `rho`; пределы ячеек не читаются;
- положение каждого узла в плане вычисляется вдоль линии `geocoord` пропорционально его координате в `x_grid`;

- значение в узле — среднее по четырём примыкающим ячейкам разреза (для логарифмического параметра — среднее логарифмов);
- с флажком **Insert topography** рельеф линии берётся из рельефа текущей 3D-модели. Без него используются `topo_grid` и `topo_shift` из файла;
- без флажка **Use all points** узлы, попадающие в плане за пределы 3D-модели, пропускаются.

```
software: ZondTEM3D.
units: m
geocoord: 0 50 200 50
topoc: 0
x_grid:
0 50 100 150 200
z_grid:
0 3 7 12
topo_grid:
2.1 1.5 0.8 0 0.4
topo_shift: 0
paramnumb: 1
paramname 1 : rho
islog 1 : yes
minmaxCS 1 : 10 1000
paramvalues 1 :
85.2 120.0 300.5
90.1 115.3 280.4
88.0 110.2 290.0
86.5 118.7 305.1
parammin 1 :
0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0
parammax 1 :
0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0
```

Модель XYZV

Значения модели в точках пространства. Используется в двух направлениях.

Запись: **File / Save file**, тип **XYZV [*.dat]**. Значения записываются в узлах сети модели; значение в узле — среднее по примыкающим ячейкам (до восьми). Первая строка — заголовок, начинающийся с `#`; столбцы разделены табуляцией, числа записываются в экспоненциальной форме.

№	Столбец	Единицы	Смысл
1	X	м	Координата X узла
2	Y	м	Координата Y узла
3	Z	м	Вертикальная координата узла в системе модели программы
4	rho	Ом·м	Удельное сопротивление (в единицах отображения)
5	log_rho	—	Десятичный логарифм rho (только при

№	Столбец	Единицы	Смысл
			логарифмическом масштабе параметра)

```
#X  Y   Z   rho log_rho
 0.0E+0000   0.0E+0000   1.0E+0002   1.523E+0002     2.18269E+0000
 5.0E+0000   0.0E+0000   1.0E+0002   1.489E+0002     2.17290E+0000
```

Чтение: **Options / Import/Export / Build-in mod3d**, фильтр **XYZV model files**. Каждая строка — точка модели.

№	Столбец	Смысл
1	X	Координата X, м
2	Y	Координата Y, м
3	Z	Вертикальная координата в системе модели программы
4	V	Удельное сопротивление, Ом·м
5…	—	Не используются

Строки, в которых меньше четырёх чисел (заголовки, комментарии), пропускаются. Нужно больше пяти точек. Значение каждой ячейки текущей сети вычисляется по 12 ближайшим точкам файла методом обратных расстояний; для параметра в логарифмическом масштабе усредняются логарифмы.

```
X Y Z RHO
0.0   0.0   1.0   120.0
10.0  0.0   1.0   115.0
0.0   10.0  1.0   130.0
10.0  10.0  6.0   25.0
```

Срез модели XYZ

Создаётся командой **File / Save file**, тип **XYZ [*.dat]**. Записывается текущий срез, показанный в окне модели, в узлах сетки среза. Значение в узле — среднее по четырём примыкающим ячейкам среза. Разделитель — табуляция.

Ориентация среза	Столбец 1	Столбец 2	Далее
Вертикальный вдоль X (XZ)	X	Z	Значения параметров
Вертикальный вдоль Y (YZ)	Y	Z	Значения параметров
Горизонтальный (XY)	X	Y	Значения параметров

Заголовок начинается с `#`: `#X Z`, `#Y Z` или `#X Y`, затем имена параметров, как в XYZV (`rho`, `log_rho`). Z записывается в системе модели программы.

```
#X  Z   rho log_rho
 0.0E+0000   1.0E+0002   1.523E+0002     2.18269E+0000
 5.0E+0000   1.0E+0002   1.489E+0002     2.17290E+0000
```

Скважины

Скважинные данные (.crt)

Файл со всеми скважинными данными проекта: литологическими колонками и каротажными кривыми с параметрами отображения. Создаётся и редактируется в окне **Options / Boreholes / Create/Edit borehole data**, загружается в этом окне или командой **Options / Boreholes / Load borehole data**.

Каротажные данные (.txt, .dat)

Загружаются в редакторе скважин. Каждая строка содержит глубину и значение.

№	Столбец	Смысл
1	Глубина	Глубина точки (единицы задаются в окне **Settings** редактора)
2	Значение	Значение каротажного параметра

Строки, содержащие меньше двух чисел, пропускаются; нужно не меньше четырёх строк данных.

```
Depth  Rho
0.5    120.4
1.0    118.2
1.5    95.7
2.0    60.1
```

Каротажные данные (.las)

Стандартный формат LAS. Столбцы глубины и кривых выбираются в окне выбора столбцов; пустые значения (NULL) исключаются.

Одномерные модели (.mod1d)

Одномерные модели программ ZOND (например, результаты 1D-инверсии в ZondTEM1D или интерпретации ВЭЗ). Загружаются командой **Options / Boreholes / Load borehole data**; каждая модель показывается как псевдоскважина.

Ключевое слово	Смысл
`units`	Если в строке до первой модели есть `km`, координаты считаются в километрах
`sounding_number`	Начало описания моделей
`title`	Начало блока очередной модели (текст после ключа не используется)
`…_xyz X Y [Z]`	Координаты точки модели в плане; третье число не используется
`par_rho` (`par_ro`)	Удельные сопротивления слоёв, Ом·м
`par_eta` (`par_etha`)	Поляризуемости слоёв
`par_vs`, `par_vp`	Скорости поперечных и продольных волн
`par_grav`, `par_mag`	Плотности и магнитные свойства слоёв
`par_thick`	Мощности слоёв, м (на одно число меньше, чем значений параметра)

Строки, содержащие слово `range`, пропускаются. Если в файле есть несколько параметров, программа предлагает выбрать, какой из них показывать. Нижний слой рисуется до глубины, на 10 % большей глубины последней границы.

```
units: m
sounding_number: 2
title: VES12
VES12_xyz 1250 3400 145
par_rho 120 35 800
par_thick 2.5 10
title: VES13
```

```
VES13_xyz 1300 3400 147
par_rho 110 40 750
par_thick 3 12
```

Палитра литологии (.txt)

Текстовый файл с 11 записями «штриховка цвет» (brush color), по одной на ячейку палитры редактора скважин. Записывается и читается в окне **Create/Edit borehole data**.

Палитры и уровни .clr

Файл уровней LVL (.lvl)

Файл уровней в формате LVL2 программы Golden Software Surfer. Записывается кнопкой **Save levels to file** и читается кнопкой **Load levels from file** окна **Edit levels**. Первая строка — сигнатура `LVL2`, вторая — заголовок полей, начинающийся с апострофа. Далее по одной строке на уровень; поля разделяются пробелами, значение в кавычках с пробелами считается одним полем.

№	Поле	Запись	Чтение
1	Level	Значение уровня в единицах отображения	Значение уровня
2	Flags	1 для первого уровня, 0 для остальных	Не используется
3	LColor	Цвет изолинии `"Rr Gg Bb"`	Цвет изолинии; поле ищется по заголовку `LColor`, иначе третье поле
4	LStyle	`"Solid"` — изолиния видна, `"Invisible"` — скрыта	Видимость изолинии: скрыта при значении `Invisible`
5	LWidth	0	Не используется
6	FFGColor	Цвет заливки `"Rr Gg Bb"`	Цвет заливки; поле ищется по заголовку `FGColor`, иначе шестое поле
7–11	FBGColor, FPattern, FMode и др.	`"Black" "Solid" 1 1 1`	Не используются

Цвет может быть записан как `"R255 G0 B0"` или именем цвета Surfer (например, `"Black"`). Цвет заливки интервала выше последнего уровня принимается равным цвету последнего уровня.

```
LVL2
'Level Flags LColor LStyle LWidth FFGColor FBGColor FPattern FMode
 10 1 "R0 G0 B0" "Solid" 0 "R0 G0 B255" "Black" "Solid" 1 1 1
 31.6 0 "R0 G0 B0" "Solid" 0 "R0 G255 B255" "Black" "Solid" 1 1 1
 100 0 "R0 G0 B0" "Invisible" 0 "R0 G255 B0" "Black" "Solid" 1 1 1
 316 0 "R0 G0 B0" "Solid" 0 "R255 G255 B0" "Black" "Solid" 1 1 1
 1000 0 "R0 G0 B0" "Solid" 0 "R255 G0 B0" "Black" "Solid" 1 1 1
```

Файл уровней .clr (окно Edit levels)

Читается кнопкой **Load levels from file** окна **Edit levels**. Учитываются строки, в которых не меньше четырёх чисел.

№	Столбец	Смысл
1	Level	Значение уровня
2	R	Красная составляющая цвета заливки, 0–255
3	G	Зелёная составляющая, 0–255
4	B	Синяя составляющая, 0–255

Первое число строки — именно значение уровня, а не положение в процентах, как в файлах цветов Surfer. Изолинии всех уровней получают чёрный цвет и становятся видимыми.

```
10   0   0 255
100  0 255   0
1000 255 0   0
```

Файл палитры .csf

Записывается и читается окном палитры (кнопки загрузки и сохранения палитры). Первая строка — число бегунков N, далее по строке на бегунок.

Строка	Столбец 1	Столбец 2
1	N — число бегунков	—
2 … N+1	Код цвета $R + 256\,G + 65536\,B$	Позиция бегунка на шкале, % (0–100)

Пример палитры «синий — голубой — зелёный — жёлтый — красный»:

```
5
16711680 0
16776960 25
65280 50
65535 75
255 100
```

Файл палитры .clr (окно палитры)

Читается кнопкой загрузки палитры. Учитываются строки, в которых не меньше четырёх чисел; второе, третье и четвёртое числа — составляющие R, G, B цвета бегунка. Первое число строки здесь не используется: бегунки расставляются по шкале равномерно в порядке строк. Такой вид имеют, например, файлы цветовых шкал Surfer.

```
ColorMap 1 1
0    0   0 255
50   0 255   0
100 255  0   0
```

Экспорт: Paraview, Oasis, Surfer/Voxler, XYZ, KML

VTK для Paraview (Export to Paraview)

Создаётся командой **Options / Import/Export / Export to Paraview**. Записывается текущая 3D-сцена: срезы, объёмные блоки, изоповерхности, обрезка, прозрачность. Формат — ASCII VTK, `DATASET UNSTRUCTURED_GRID`.

Блок	Содержание
`POINTS`	Координаты вершин: X, Y и отметка Z
`CELLS`, `CELL_TYPES`	Полигоны и отрезки сцены
`CELL_DATA`	Скалярное поле `scene_group` — номер группы

Блок	Содержание
	объектов сцены
POINT_DATA	Поле display_rgba (COLOR_SCALARS, 4 компоненты — цвет и прозрачность, как в ZondTEM3D) и поле model_value (значение параметра в единицах отображения)

Рядом записывается скрипт <имя>_view.py для Paraview. Скрипт включает раскраску по display_rgba без сопоставления со шкалой, чтобы цвета совпадали с ZondTEM3D. Для работы с числовыми значениями выберите в Paraview раскраску по полю model_value.

DXF для Oasis montaj (Export to Oasis)

Создаётся командой **Options / Import/Export / Export to Oasis**. DXF версии AutoCAD 2004 (AC1018), единицы — метры, координаты — X, Y и абсолютная отметка.

Элемент	Содержание
3DFACE	Поверхности; цвет — индекс ACI и истинный цвет RGB палитры ZondTEM3D
POLYLINE	3D-линии
POINT	Станции (слой ELECTRODES)
Слои	MODEL (срезы), MODEL_BLOCKS (объёмные блоки), GRID, ELECTRODES (станции), CUT, BACKGROUND, ISO_n, BOREHOLE_n

Файлы для Surfer (Draw to surfer)

Команда **Options / Import/Export / Draw to surfer** строит в Surfer карты горизонтальных срезов модели. Промежуточные файлы данных и гриды (*.dat, *.grd) и скрипт записываются в папку программы и предназначены только для этой команды.

voxout.dat и bla.dat (Draw to voxler)

Команда **Options / Import/Export / Draw to voxler** записывает в папку программы файл значений voxout.dat, файл маски bla.dat и скрипт voxout.bas, а затем запускает скрипт через Voxler Scripter.

voxout.dat — текстовый файл с разделителем-табуляцией: строка заголовка, затем по строке на узел сети.

№	Столбец	Смысл
1, 2	X, Y	Координаты узла, м
3	Z	Вертикальная координата узла (так же, как в файле XYZV)
4	rho или log_rho	Значение параметра в узле — среднее по восьми примыкающим ячейкам. Для логарифмического параметра записывается десятичный логарифм, а столбец называется log_<имя>

`bla.dat` — маска обрезки с заголовком `#X Y Z B`. В ней перечислены точки обрезанной области (узлы и центры ячеек): X, Y, Z и признак 1. Используется для отсечения в Voxler.

```
#X  Y   Z   log_rho
 0.0E+0000   0.0E+0000   1.0E+0002   2.18E+0000
 5.0E+0000   0.0E+0000   1.0E+0002   2.17E+0000
```

Файл XYZ объекта (Save XYZ file)

Пункт **Save XYZ file** контекстного меню псевдоразреза или карты сохраняет точки объекта в текстовый файл `*.dat`. Первая строка — заголовок `X Y Z` (или `X Y Z LOG10(Z)` при логарифмическом масштабе), далее по строке на точку. Файл удобно использовать для построения карт в Surfer и других программах.

№	Столбец	Смысл
1	X	Горизонтальная координата точки
2	Y	Вертикальная координата (псевдоглубина) или вторая координата карты; при обращённой вертикальной оси записывается со знаком минус
3	Z	Значение параметра в единицах отображения
4	LOG10(Z)	Десятичный логарифм значения (только при логарифмическом масштабе)

```
X Y Z LOG10(Z)
0.5 -0.75 120.4 2.0806
1.5 -0.75 98.1 1.9917
2.5 -1.50 143.2 2.1559
```

KML для Google Earth (Export to kml file)

Команда **Export to kml file** контекстного меню карты записывает два файла с одним именем: изображение подложки (`*.png`) и файл `*.kml`. Пункт появляется вместе с **Copy BG from model**; координаты станций должны быть заданы в UTM. Файл KML содержит наложение (`GroundOverlay`) изображения на рельеф (`clampToGround`). В разделе `LatLonBox` записываются северная, южная, восточная и западная границы изображения в градусах. Они пересчитываются из координат UTM углов модели в зоне, выбранной для спутниковой карты.

```
<GroundOverlay>
  <name>Overlay on terrain</name>
  <Icon><href>map.png</href></Icon>
  <altitudeMode>clampToGround</altitudeMode>
  <LatLonBox>
    <north>55.75812345</north> <south>55.75012345</south>
    <east>37.62112345</east> <west>37.60812345</west>
  </LatLonBox>
</GroundOverlay>
```

Прочие служебные файлы

Файл привязки подложки (.sec)

Текстовый файл из двух строк, который связывает растровое изображение с координатами. Читается при загрузке подложки:

- карты в редакторе профилей и на плане (тип файла `*.sec` в диалоге открытия подложки **Map**);
- вертикальных срезов (**Options / Import/Export / Background 2D / Load background**).

Строка	Содержание
1	Путь к файлу изображения. Если файл не найден по указанному пути, он ищется в папке файла `.sec`
2	Четыре числа — координаты левого верхнего и правого нижнего углов изображения: `x1 y1 x2 y2` для карты (X, Y в плане) или `X1 Z1 X2 Z2` для вертикального среза (расстояние и вертикальная координата)

Для подложки вертикального среза слово `km` во второй строке означает, что значения заданы в километрах: они умножаются на 1000.

Подложка карты:

```
C:\Survey\site_map.bmp
5400100 6123500 5400600 6123000
```

Подложка вертикального среза:

```
geol_profile1.png
0 0 450 -120
```

Приложение Б. Сочетания клавиш и действия мышью

В приложении собраны все сочетания клавиш и действия мышью ZondTEM3D, сгруппированные по окнам. Обозначения: ЛКМ, ПКМ, СКМ — левая, правая и средняя кнопка мыши; «перетаскивание» — перемещение мыши с нажатой кнопкой. Пунктам меню назначены только сочетания Alt+1, Alt+2, Alt+3; остальные команды вызываются через меню, панели и мышь. Во всех диалогах ввода значений Enter подтверждает ввод, Esc отменяет его (сохраняется прежнее значение).

Главное окно и графические зоны

Сочетание	Где действует	Действие
ПКМ по пункту меню	Главное меню	Показать подсказку к пункту в окне Help info (окно остаётся поверх остальных)
Alt+1 / Alt+2 / Alt+3	Главное окно (Options / Model / Plane)	Срез модели в направлении XZ / YZ / XY
ЛКМ по кнопке предыдущего / следующего среза	Панель быстрого доступа	Перейти к соседнему 2D-срезу в текущем направлении
ЛКМ по кнопке Copy 2D section model	Панель быстрого доступа	Скопировать текущий срез (все параметры и пределы) в буфер
ЛКМ по кнопке Paste 2D model section	Панель быстрого доступа	Вставить срез из буфера в текущий срез или группу срезов
ПКМ по кнопке Paste 2D model section	Панель быстрого доступа	Меню режима вставки: Current, Current&+, Current&-
ЛКМ по кнопке инверсии	Панель быстрого доступа	Запустить выбранный тип инверсии; повторная ЛКМ во время расчёта — остановить инверсию
ПКМ по кнопке инверсии	Панель быстрого доступа	Выбрать тип инверсии: Pseudo 3D inversion / Full 3D inversion
ПКМ по списку времён	Панель быстрого доступа	Задать число соседних времён (0–5), показываемых на карте вместе с выбранным
ЛКМ по кнопке Sounding curves	Панель быстрого доступа	Показать / скрыть окно кривых зондирования
Esc	Главное окно	Остановить Pseudo 3D-инверсию и другие внутренние расчёты (Full 3D останавливается кнопкой инверсии)
ЛКМ по точке данных	Карта данных, псевдоразрезы	Выбрать приёмник: он подсвечивается на карте и в 3D, окно Sounding curves показывает его кривые

Сочетание	Где действует	Действие
Колесо мыши	Псевдоразрез в режиме Graphics plot	Предыдущий / следующий профиль
Перетаскивание разделителя ЛКМ	Границы между зонами главного окна	Изменить размеры зон

Редактор модели и срезов

Сочетание	Где действует	Действие
Колесо мыши	Срез модели (после щелчка по нему)	Следующий / предыдущий срез
← / →	Главное окно, редактор среза	Переместить активную ячейку влево / вправо
↑ / ↓	Курсор над срезом модели	Переместить активную ячейку вверх / вниз
↑ / ↓	Курсор над цветовой шкалой среза	Увеличить / уменьшить текущее значение (кисть) в 1,1 раза
Insert	Редактор среза	Присвоить активной ячейке (или выделению, если ячейка выделена) текущее значение
Delete	Редактор среза	Присвоить активной ячейке (или выделению) значение вмещающего полупространства
Z	Редактор среза	Взять значение активной ячейки как текущее
X	Редактор среза	Волшебная палочка от активной ячейки: добавить к выделению связную область близких значений
V	Редактор среза	Снять выделение
S	Редактор среза	Выделить / снять выделение активной ячейки
ЛКМ, щелчок или перетаскивание	Срез, режим Editing	Присвоить ячейкам текущее значение; щелчок по выделенной ячейке — всему выделению
Shift+ЛКМ / Shift+ПКМ	Срез, режим Editing	Увеличить / уменьшить значение ячейки на заданный процент (по умолчанию 10 %); по выделенной ячейке — всего выделения
ЛКМ, перетаскивание	Срез, режимы выделения (произвольная область, прямоугольник, эллипс)	Новое выделение
Shift+ЛКМ, перетаскивание	Срез, режимы выделения	Добавить область к имеющемуся выделению
ЛКМ	Срез, режим MagicWand	Выделить связную область ячеек

Сочетание	Где действует	Действие
		с близкими значениями
Ctrl+ЛКМ, перетаскивание выделенной ячейки	Срез	Перенести выделение (на прежнем месте — вмещающее полупространство)
Ctrl+ПКМ, перетаскивание выделенной ячейки	Срез	Скопировать выделение в новое место
Alt+ПКМ, перетаскивание	Срез	Контекстное меню не открывается, значения не меняются; в режимах выделения продолжает последнее выделение от прежней начальной точки (у произвольной области добавляются точки контура, прямоугольник и эллипс перестраиваются от прежнего угла). После отпускания восстанавливается прежний режим
ЛКМ по цветовой шкале	Срез	Выбрать текущее значение и перейти в режим Editing
ПКМ по ячейке	Срез	Контекстное меню ячейки (свойства ячейки, режимы редактирования и выделения)
ПКМ по осям / по цветовой шкале	Срез	Контекстное меню изображения / цветовой шкалы
Перетаскивание ЛКМ вправо-вниз / влево-вверх	Срез, режим Zoom&Scroll	Увеличить область / вернуть масштаб
Ctrl+V	Start model and constraints, таблица слоёв	Вставить столбец значений из буфера обмена
Перетаскивание линии ЛКМ	Start model and constraints, график	Изменить значение, границу или глубину слоя
ЛКМ / ПКМ	Set apriori boundaries, режим Add user defined polygon	Добавить вершину / замкнуть многоугольник
Колесо мыши	Set apriori boundaries, 3D-вид	Масштаб

Окно Sounding curves

Сочетание	Где действует	Действие
← / →	Окно Sounding curves	Предыдущий / следующий приёмник
Перетаскивание точки ЛКМ	График кривой	Изменить значение точки
ПКМ по точке	График кривой	Меню точки: Delete point, Smooth point, Origin point, Delete all
Shift+ПКМ	График кривой	Не открывать меню точки

Сочетание	Где действует	Действие
ЛКМ / ПКМ по кнопке сглаживания	Панель окна	Сгладить текущую кривую / все кривые
ЛКМ в режиме X	График кривой	Удалить все точки внутри круга
Колесо мыши в режиме X	График кривой	Радиус круга удаления (4–200 пикселей)
Перетаскивание красной линии ЛКМ	Data misfits (Remove data with big misfit)	Изменить порог невязки

Mesh constructor и Trapezoidal mesh

Сочетание	Где действует	Действие
ЛКМ по графику	Mesh constructor, режим Remove XY row mode / Add XY row mode	Удалить / добавить ряд узлов
ПКМ по графику или по кнопке режима	Mesh constructor, режимы удаления / добавления рядов	Переключить направление ряда (X / Y)
Нажать ЛКМ на узле, отпустить в новом месте	Mesh constructor, режим Edit mesh nodes by mouse	Переместить узел
ПКМ по кнопке правки узлов	Mesh constructor	Меню Correct mesh / Autocorrection
ЛКМ / ПКМ по кнопке Topography	Mesh constructor	Показать или скрыть карту рельефа / меню Import, Remove, Save, Satellite topography
ПКМ по кнопке Set trapezoidal mesh / Set simple mesh	Mesh constructor	Сбросить трапецеидальную / простую сеть
ПКМ по полю Div number	Mesh constructor (флажок включён)	Задать шаг сети
Alt+ЛКМ по графику	Mesh constructor, Divide type = Manual, Axes ranges включён, курсор в поле min или max	Взять координату границы с графика
ЛКМ / колесо / ПКМ, перетаскивание	Mesh constructor, XYZ view	Вращение / масштаб / перемещение
Shift+ПКМ по оси	Mesh constructor, XYZ view	Настройка оси
Ctrl+A	Trapezoidal mesh	Новая линия (Add new line)
ЛКМ / ПКМ, щелчок или протяжка	Trapezoidal mesh, кисть и полоса	Назначить станции линии / снять назначение
Колесо мыши	Trapezoidal mesh	Изменить радиус кисти / ширину полосы
Alt+колесо / Ctrl+колесо	Trapezoidal mesh, Simple grid maker	Растянуть или сжать вертикальную / горизонтальную ось
ЛКМ / ПКМ	Trapezoidal mesh, режим Add/remove node	Добавить / удалить точку
Ctrl+ЛКМ по кнопке поворота	Trapezoidal mesh, Simple grid	Поворот на 0,1° вместо 1°

Сочетание	Где действует	Действие
	maker	
ПКМ по кнопке автопоиска	Trapezoidal mesh	Меню направления поиска
ЛКМ / ПКМ по линии	Simple grid maker, Add remove node	Добавить / удалить линию
Протяжка ЛКМ / ПКМ	Simple grid maker, Add fence mode	Вставить N линий / удалить линии в интервале
Колесо мыши во время протяжки	Simple grid maker, Add fence mode	Изменить число вставляемых линий

Профили, станции и фильтр данных

Сочетание	Где действует	Действие
ЛКМ / ПКМ	Line settings, режим добавления линии	Добавить вершину / последняя вершина, завершить линию
ЛКМ по станции	Line settings	Включить или исключить станцию из активной линии
Ctrl+ЛКМ по станции	Line settings	Подсветить приёмники, связанные с той же генераторной петлёй
ПКМ по станции	Line settings	Изменить X, Y, Z станции
Удерживать Alt	Line settings	Режим кисти
Alt+ЛКМ (щелчок или протяжка) / Alt+ПКМ	Line settings, режим кисти	Включить / исключить станции кистью
Колесо мыши	Line settings, режим кисти	Радиус кисти
ЛКМ / ПКМ по кнопке Map	Line settings	Меню подложки (Map / Topography) / скрыть подложку
ПКМ по кнопке добавления линии	Line settings	Меню Set line coordinates, Cursor to near point, Invert line, Create lines auto
ПКМ на карте зон	UTM zone	Номер зоны (ниже экватора — отрицательный)
Ctrl+C / Ctrl+V	Stations locations	Копировать ячейки / вставить из буфера обмена
ПКМ по ячейке X или Y	Stations locations	Ввести приращение и заполнить столбец с постоянным шагом
Ctrl+C / Ctrl+V	Pulse shape	Обмен таблицей формы импульса с Excel
ЛКМ / ПКМ	Data filter, вкладка User polygon	Добавить вершину / последняя вершина, замкнуть многоугольник

Псевдоразрезы и карты

Сочетание	Где действует	Действие

Сочетание	Где действует	Действие
Перетаскивание ЛКМ вправо-вниз / влево-вверх	План, псевдоразрезы, план графиков	Увеличить участок / вернуть исходный масштаб
Перетаскивание ПКМ	План, псевдоразрезы, план графиков	Сдвинуть изображение
ПКМ вне поля данных (по осям, полям)	Псевдоразрез, карта, план графиков	Контекстное меню изображения (Setup, Print preview, Save picture и др.)
Shift+ПКМ по оси	Все графики с осями	Меню оси: Options, Default, Fix range
Shift+ПКМ по точке	Псевдоразрез	Диалог настройки точек (редактор графика)
Колесо мыши	Карта точек (Point map)	Размер точек (2–20)
ЛКМ по точке кривой (удерживать)	Режим графиков (Graphics plot)	Оставить только эту кривую (наблюдённую и рассчитанную) и отметить точку; при отпускании видны все кривые
Shift+ПКМ по кривой	Режим графиков	Окно Graphics setup (группа наблюдённых или рассчитанных кривых)
Shift+ЛКМ по графику в легенде	План графиков	Оставить один график (повторно — вернуть остальные)
Колесо мыши над легендой	План графиков	Прокрутить группу выделенных кривых

Окна плана и псевдоразрезов получают фокус при наведении курсора, поэтому колесо мыши действует в них сразу.

Объёмное окно 3D

Сочетание	Где действует	Действие
Перетаскивание ЛКМ	Объёмная модель	Вращение
Перетаскивание СКМ	Объёмная модель	Сдвиг изображения (отсчитывается от точки нажатия: каждое новое перетаскивание начинается от несдвинутого положения)
Колесо мыши	Объёмная модель	Масштаб 1–300 %, шаг 2
ПКМ	Объёмная модель	Открыть окно 3D settings
Перетаскивание точки ЛКМ	Opacity vs parameter	Изменить непрозрачность в точке
Ctrl+перетаскивание точки	Opacity vs parameter	Задать то же значение всем точкам слева / справа
ПКМ	Opacity vs parameter	Задать уровень для всех точек
ЛКМ / ПКМ	Set contour of cutting	Добавить вершину / замкнуть контур

Окна графики и печати

Сочетание	Где действует	Действие
ПКМ по верхней / нижней половине ячейки C_color	Edit levels	Цвет интервала заливки выше / ниже уровня
ПКМ по ячейке L_color	Edit levels	Цвет изолинии
ПКМ по заголовку C_color / L_color	Edit levels	Палитра заливки / изолиний
ПКМ по заголовку Level	Edit levels	Диалог Automatic (равномерные уровни по минимуму и максимуму)
ЛКМ / ПКМ по заголовку L_visible	Edit levels	Включить / выключить все изолинии
Выбрать ячейку Level и ввести число	Edit levels	Задать значение уровня
ЛКМ по бегунку / перетаскивание ЛКМ	Palette	Выбрать / переместить бегунок
Ctrl+ЛКМ в пустом месте над шкалой	Palette	Добавить бегунок
Ctrl+ЛКМ по бегунку; Delete	Palette	Удалить бегунок (Delete — выбранный)
Перетаскивание объекта ЛКМ	Print preview	Переместить объект по листу
Перетаскивание вертикальных линий ЛКМ	Model histogram	Задать пределы цветовой шкалы

Прочие окна

Сочетание	Где действует	Действие
ПКМ в поле	Project information, два нижних поля	Вставить Geography info / Survey info
Перетаскивание границ ЛКМ	Buffer / Open	Изменить размеры областей
ПКМ по ячейке столбца X или Y	Program setup, Options, таблица Cell grouping	Задать ширину группы для слоя и всех нижележащих
Ctrl+V	Редактор скважин, столбец H	Вставить мощности слоёв
Повторная ЛКМ / ПКМ по ячейке столбца C	Редактор скважин	Редактор штриховки и цвета / меню Exchange P&C, P, C
ПКМ по слою	Редактор скважин, графическое окно	Редактор штриховки слоя
ЛКМ / ПКМ по ячейке палитры	Редактор скважин	Применить / запомнить ячейку палитры

Приложение B. Файлы и модули программы

Файлы в папке программы

Файл	Назначение
`ZondTEM3D.exe`	Основная программа: интерфейс, данные, сеть, модель, Pseudo 3D-инверсия, визуализация
`zondtem3d.dll`	64-битный расчётный модуль: прямая 3D-задача методом конечных элементов (рациональные крыловские аппроксимации) и Full 3D-инверсия. Несмотря на расширение .dll, это отдельный исполняемый 64-битный процесс, который главная программа запускает при старте и держит в фоне (виден в диспетчере задач). Если файл отсутствует, при запуске выводится сообщение «zondtem3d.dll not found», и прямая задача и Full 3D недоступны
`ZondTEM3D.in`	Файл настроек программы (размеры окон, последние файлы, параметры отображения). При его удалении программа запускается с настройками по умолчанию
`ZondTEM3D_eng.pdf`	Руководство, открываемое командой **Help / Manual**

Временные файлы обмена

Главная программа и расчётный модуль обмениваются данными через временные файлы в папке программы. Поэтому папка программы должна быть доступна для записи. Файлы создаются и удаляются автоматически; удалять их вручную во время расчёта нельзя.

Файл	Назначение
`calc64.bi1` → `calc64.bin`	Задание на расчёт: сеть, модель, геометрия станций, времена, данные и параметры инверсии. Сначала записывается под именем `calc64.bi1`, затем переименовывается — это сигнал модулю начинать расчёт
`resp64.bi1` → `resp64.bin`	Результат: рассчитанные данные, модель текущей итерации, невязка. Читается главной программой после каждой итерации
`stop.tmp`	Сигнал остановки расчёта для модуля; создаётся командой **Help / Restart library**, если процесс модуля не удалось завершить сразу. Остановка Full 3D кнопкой инверсии завершает процесс модуля и запускает его заново
`term.bin`	Служебный файл синхронизации при запуске расчётного модуля
`voxout.dat`, `bla.dat`, `voxout.bas`, `box.dat`, `tmp.bas`, `*.grd`	Промежуточные файлы экспорта в Voxler и Surfer (Приложение A)



Обмен данными между главной программой и расчётным модулем

Если расчётный модуль «завис» (например, после аварийного завершения), выполните **Help / Restart library**: программа остановит модуль и удалит временные файлы.

Модули и окна программы

В таблице перечислены все окна программы, их назначение и способ вызова. Подробное описание — в указанных главах.

Окно	Назначение	Как открыть	Глава
ZondTEM3D (главное окно)	Карта данных, псевдоразрезы, 3D-вид, редактор модели	—	Главное окно
Curve selector, **Amira**, **Geonics survey**, **Data units**, **UTM zone**	Уточнение параметров формата при чтении файла: выбор кривых, единицы, геометрия, зона UTM	Автоматически при открытии файлов некоторых приборов	Открытие данных
Stations locations	Ввод и загрузка координат станций	Автоматически, если координаты в файле отсутствуют	Открытие данных
Data filter	Отбор данных по времени, сигналу, кажущемуся сопротивлению и полигону	При открытии (если включено **File / Show data filter**)	Открытие данных
Line settings и **Settings** (автопостроение)	Профили съёмки	**Options / Set survey lines**	Открытие данных
Station parameters, **Pulse shape**	Геометрия генератора и приёмника, режимы и форма тока станции	Кнопка на панели быстрого доступа	Открытие данных
Sounding curves	Кривые зондирования приёмника, правка точек, флаг Invert	Кнопка на панели быстрого доступа	Просмотр и обработка данных
Smoothing settings	Сглаживание данных по времени и между станциями	**Options / Data / Smooth data**	Просмотр и обработка данных

Окно	Назначение	Как открыть	Глава
Data misfits	Удаление данных с большой невязкой	**Options / Extra / Remove data with big misfit**	Просмотр и обработка данных
Mesh constructor, **Trapezoidal mesh**, **Simple grid maker**	Построение сети модели	Автоматически после загрузки данных; **Options / Mesh constructor**	Конструктор сети
Start model and constraints	Слоистая стартовая модель и пределы по глубине	**Options / Model / Set 1D model**	Модель
Cell setup	Значение и пределы ячейки или выделения	Меню редактора модели	Модель
Set apriori boundaries	Полигоны априорных границ	**Options / Inversion / Set apriori boundaries**	Модель
Program setup	Параметры инверсии, группировка ячеек	Кнопка на панели быстрого доступа	Прямая задача и инверсия
Extra layered term	Параметры «слоистого» члена	**Options / Inversion / Optimization / Layered term**	Прямая задача и инверсия
RMS vs iteration	Ход инверсии	**Options / Inversion / Show progress**	Прямая задача и инверсия
Set rectangle	Положение линии встраиваемой модели MOD2D	**Build-in mod2d's**	Априорная информация
Corners	Координаты углов 3D-подложки	Меню 3D-вида	Априорная информация
Add borehole data, **Locations**	Скважинные данные и их координаты	**Options / Boreholes**	Априорная информация
3D settings, **Opacity vs parameter value**, **Smooth/raster model**, **Set contour of cutting**	Настройка 3D-вида, прозрачность, сглаживание и обрезка модели	Правая кнопка в 3D-виде; меню **Options / Cutting**	Визуализация и сохранение
Sections from buffer	Сравнение моделей буфера	**Buffer / Open**	Визуализация и сохранение
Record video	Запись ролика 3D-вида	**Options / Import/Export / Create video**	Визуализация и сохранение
Model setup, **Contour-section setup**, **Graphics setup**, **Edit levels**, **Automatic**, **Color palette**, **Picture settings**	Настройка изображений, шкал, уровней и палитр	Контекстные меню изображений	Настройка графики
Histogram	Гистограмма значений модели	**Options / Model / Model histogram**	Настройка графики
Project information, **Help info**, **Send message**	Сведения о проекте, справка по меню, сообщение	Меню **Options** и **Help**; правая кнопка по пункту	Вспомогательные окна

Окно	Назначение	Как открыть	Глава
	разработчикам	меню	