

GEM

Руководство пользователя

Аннотация

GEM – это программа, предназначенная для одномерной интерпретации данных вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) с использованием горизонтально-слоистой модели. Полезный инструмент для геофизиков-исследователей и студентов, позволяющий получать геоэлектрическую модель по данным одного зондирования или построить разрез по нескольким измерениям ВЭЗ, выполненным на профиле.

Работа начинается с того, что пользователь загружает синтетические или реальные полевые данные ВЭЗ. По этим данным с помощью программы будут построены кривые кажущегося удельного сопротивления, на основе которых можно задать стартовую модель для решения прямой, а затем и обратной задачи с использованием эффективных алгоритмов нелинейной минимизации. Удобный интерфейс позволяет пользователю подобрать лучшее из множества эквивалентных решений.

Настоящий документ представляет собой руководство пользователя (далее Руководство) программного обеспечения GEM. Руководство предназначено для студентов, обучающихся по курсу «Электроразведка».

Содержание

1.	Аннотация	.....
2.	Используемые термины	.....
3.	Формат данных	.....
	a. Как открыть файл EXP	.....
	b. Как открыть файл MOD	.....
4.	Экран приветствия	.....
5.	Создание разреза	.....
	a. Ввод данных	.....
	i. Комментарии	.....
6.	Меню	.....
	a. Вкладка файл	.....
	b. Вкладка редактировать	.....
	c. Вкладка вид	.....
	i. Восстановить первоначальный вид	.....
	ii. Кривые ВЭЗ - легенда	.....
	iii. Подписи к графикам	.....
	iv. Разрез в отдельном окне	.....
	d. Для пользователей MacOS	.....
7.	Что изображается на графиках?	.....
	a. Графики псевдо-разреза	.....
	b. Графики кривых ВЭЗ	.....
	i. Редактирование модели	.....
	c. Цветовая шкала	.....
	i. Поменять цветовую палитру	.....

Используемые термины

Геоэлектрическая модель среды - модель взаимного расположения геологических слоев, различающихся по мощности и удельному электрическому сопротивлению относительно друг друга.

Априорная информация – дополнительные данные, источником которых обычно являются бурение скважин (литологические характеристики горных пород, мощности слоев, данные каротажа), геологические разрезы, данные других геофизических методов и пр.

Питающие заземления A, B – электроды, через которые в землю поступает ток от источника постоянного тока ($+ I_{ab}$ и $- I_{ab}$).

Измерительные, или приёмные, заземления M, N – электроды, между которыми измеряется разность потенциалов U_{MN} .

Кажущееся (удельное) электрическое сопротивление (размерность - Ом·м):

где K – коэффициент, зависящий от геометрических размеров установки, U_{MN} – разность потенциалов, I_{AB} – величина тока в линии AB , ρ_k является нормированным электрическим полем, параметром визуализации

ВЭЗ - Вертикальное электрическое зондирование.

Разнос $AB/2$ - это половина расстояния между питающими электродами.

Кривая кажущегося удельного сопротивления - график зависимости ρ_k (Ом·м) от $AB/2$ (м).

Экспериментальная кривая ВЭЗ – кривая, построенная по полевым данным

Теоретическая кривая ВЭЗ - решение прямой задачи от построенной модели.

Прямая задача ВЭЗ – вычисление электрического поля от известной геоэлектрической модели разреза и заданных источников.

Обратная задача ВЭЗ – получение геоэлектрической модели по измеренному электрическому полю. Математически сложная задача, характеризуется неустойчивостью решения.

Отклонение - разница значений между экспериментальными и теоретически рассчитанными данными.

Перекрытие – точки с идентичным разносом питающих электродов $AB/2$, но различными значениями разносов измерительных электродов $MN/2$. В точках перекрытия значения ρ_k могут различаться.

Формат данных

Поддерживается импорт файлов, предназначенных для программы SONET (EXP, STT, MOD).

- *EXP-файл* - файл с расширением .EXP, предназначенный для программы SONET. В файле содержится имя соответствующего STT-файла и полевые данные
- *STT-файл* - файл с расширением .STT, предназначенный для программы SONET. В файле содержится информация об установке, а именно разносы
- *MOD-файл* - файл с расширением .MOD, предназначенный для программы SONET. В файле содержится информация о геоэлектрической модели

Основной формат файлов программы - JSON. В нем хранится информация о разрезе, если пикет один, то рассматривается как частный случай разреза и хранится в этом же формате. Иногда имеет двойное расширение ***.section.json**. **Открытие и сохранение разреза происходит в этом формате.**

Также в формате JSON может храниться отдельно взятый пикет, если его экспортировать. В таком случае файл может иметь двойное расширение ***.point.json** и может быть импортирован через меню.

Как открыть файл EXP

Открытие файла экспериментальных данных для создания разреза или просмотра.

1. После запуска программы выберите вариант “Открыть EXP-файл”
2. Найдите папку с файлами этого расширения и выберите нужный
3. Файл успешно загрузился в программу и его данные отобразились в секции кривых ВЭЗ

Возможные проблемы:

- При отсутствии файла с расширением EXP закройте окно выбора файла
- При открытии файла с неправильным расширением или данными несоответствующего формата произойдет ошибка
- При открытии файла с ошибочными данными произойдет неполное отображение файла с отбрасыванием ошибочных участков. В этом случае пользователь получит предупреждение, однако сможет продолжать работу в программе.
- При открытии пустого файла произойдет ошибка

Как открыть файл MOD

Открытие файла данных модели для создания разреза, просмотра модели или ее редактирования

1. На панели инструментов выполните: “Файл” → “Импорт” → “Пикет” → “MOD”
ИЛИ
2. Во вкладке “Модель” в разделе таблиц нажмите “Импорт”
3. Найдите папку с файлами расширения MOD и выберите нужный
4. Файл успешно загрузился в программу и его данные отобразились в секции кривых ВЭЗ

Возможные проблемы:

- При отсутствии файла с расширением MOD закройте окно выбора файла
- При открытии файла с неправильным расширением или данными несоответствующего формата произойдет ошибка
- При открытии файла с ошибочными данными произойдет неполное отображение файла с отбрасыванием ошибочных участков. В этом случае пользователь получит предупреждение, однако сможет продолжить работу в программе.
- При открытии пустого файла пользователь получит предупреждение, однако сможет продолжить работу в программе.

Экран приветствия

При запуске программного средства мы видим экран приветствия(рис.1).



(рис.1 Экран приветствия)

Нам предлагаются следующие опции:

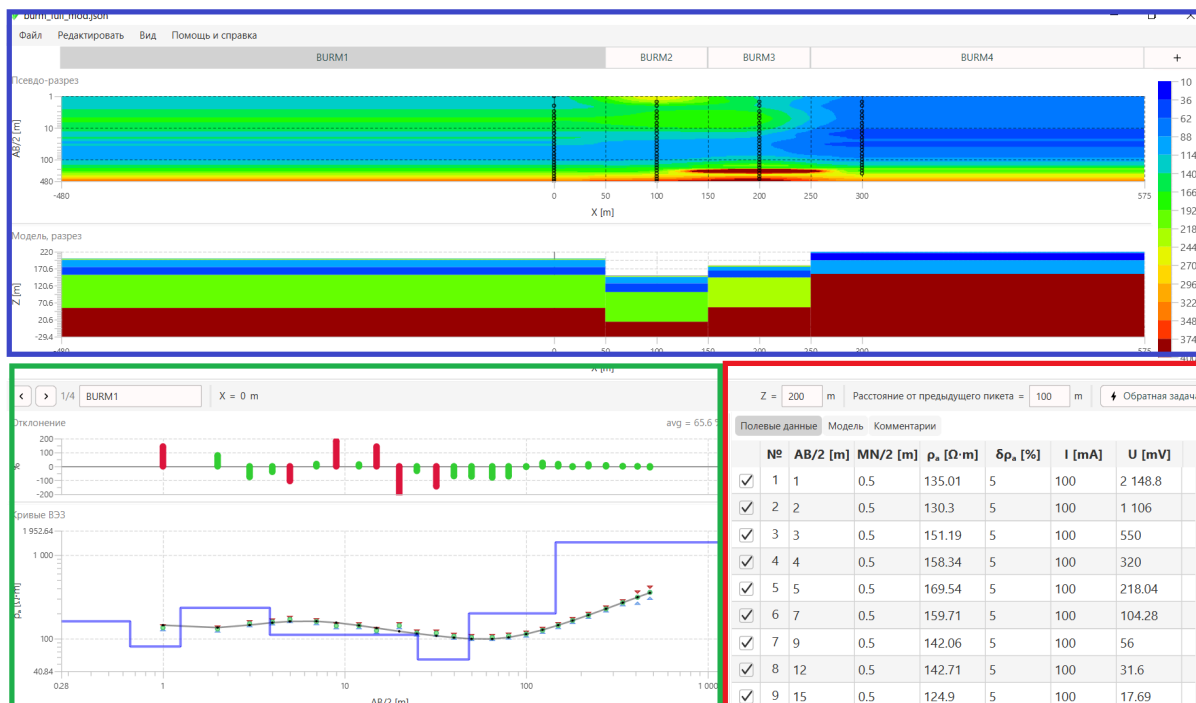
- Создать новый пикет
- Открыть имеющийся разрез
- Открыть [EXP-файл](#)

Также можно просто перетащить файлы в окно программы.

Если у вас есть недавно открытые файлы, они появятся в списке “Недавно открытые файлы” справа.

Создание разреза

После выбора опции создания нового разреза мы видим главный экран программы(рис.2)



(рис.2 Главный экран)

Главный экран можно условно разделить на три основных части:

- **красным** отмечено окно ввода полевых данных и данных модели
- **синим** графики псевдо-разреза
- **зеленым** графики кривых ВЭЗ

Ввод данных

В правом нижнем углу есть вкладки с *полевыми данными* и *данными модели*(рис.3)

№	AB/2 [m]	MN/2 [m]	ρ_a [$\Omega \cdot m$]	$\delta\rho_a$ [%]	I [mA]	U [mV]
---	----------	----------	-------------------------------	--------------------	--------	--------

Вставить из буфера обмена ?

Импорт
(*EXP)

(рис.3 Окно ввода полевых данных)

Экспериментальные данные состоят из:

- **AB/2** - расстояния между питающими электродами
- **MN/2** - расстояния между принимающими электродами
- ρ_a - значений поляризации в точках измерения
- $\delta\rho_a$ - погрешности измерения поляризации в точках
- **I** - значение тока в точке
- **U** - значение напряжения в точке

По умолчанию погрешность устанавливается 5%.

Чтобы внести полевые данные в программу можно использовать два способа:

- **Вставить из буфера обмена** - скопировать данные из **Excel** или подобного ПО

Посмотреть порядок колонок и их количество можно кликнув по знаку “?”.

- Импортировать файл в формате [.EXP](#)

Данные в таблице можно менять щелкнув ими левой кнопкой мыши. А также выделить несколько или все с помощью клавиш **ctrl+click**, **shift+click** или **ctrl+A** соответственно.

Щелкнув правой кнопкой мыши на табличные данные можно производить с ними определенные действия из появившегося **меню**(рис.4)

	№	AB/2 [m]	MN/2 [m]	ρ_a [$\Omega \cdot m$]	$\delta\rho_a$ [%]	I [mA]	U [mV]
<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	0.5	135.01	5	100	2 148.8
<input checked="" type="checkbox"/>	2	2	0.5			100	1 106
<input checked="" type="checkbox"/>	3	3	0.5			100	550
<input checked="" type="checkbox"/>	4	4	0.5			100	320
<input checked="" type="checkbox"/>	5	5	0.5			100	218.04
<input checked="" type="checkbox"/>	6	7	0.5	159.71	5	100	104.28
<input checked="" type="checkbox"/>	7	9	0.5	142.06	5	100	56
<input checked="" type="checkbox"/>	8	12	0.5	142.71	5	100	31.6
<input checked="" type="checkbox"/>	9	15	0.5	124.9	5	100	17.69

- Удалить
- Копировать в буфер обмена
- Рассчитать ρ_a
- Установить погрешность
- Рассчитать погрешность

(рис.4 меню табличных данных)

Например:

- Удалить данные из таблицы
- Копировать данные из талицы в буфер обмена
- Рассчитать ρ_a - кажущееся сопротивление значений поляризации в точках измерения
- Установить погрешность измерений для одних или нескольких данных, выделив их в таблице с помощью команд ctrl+click, shift+click либо ctrl+A, а также введя соответствующие данные в появившемся окне(рис .5)

Confirmation

Введите значение погрешности [%]

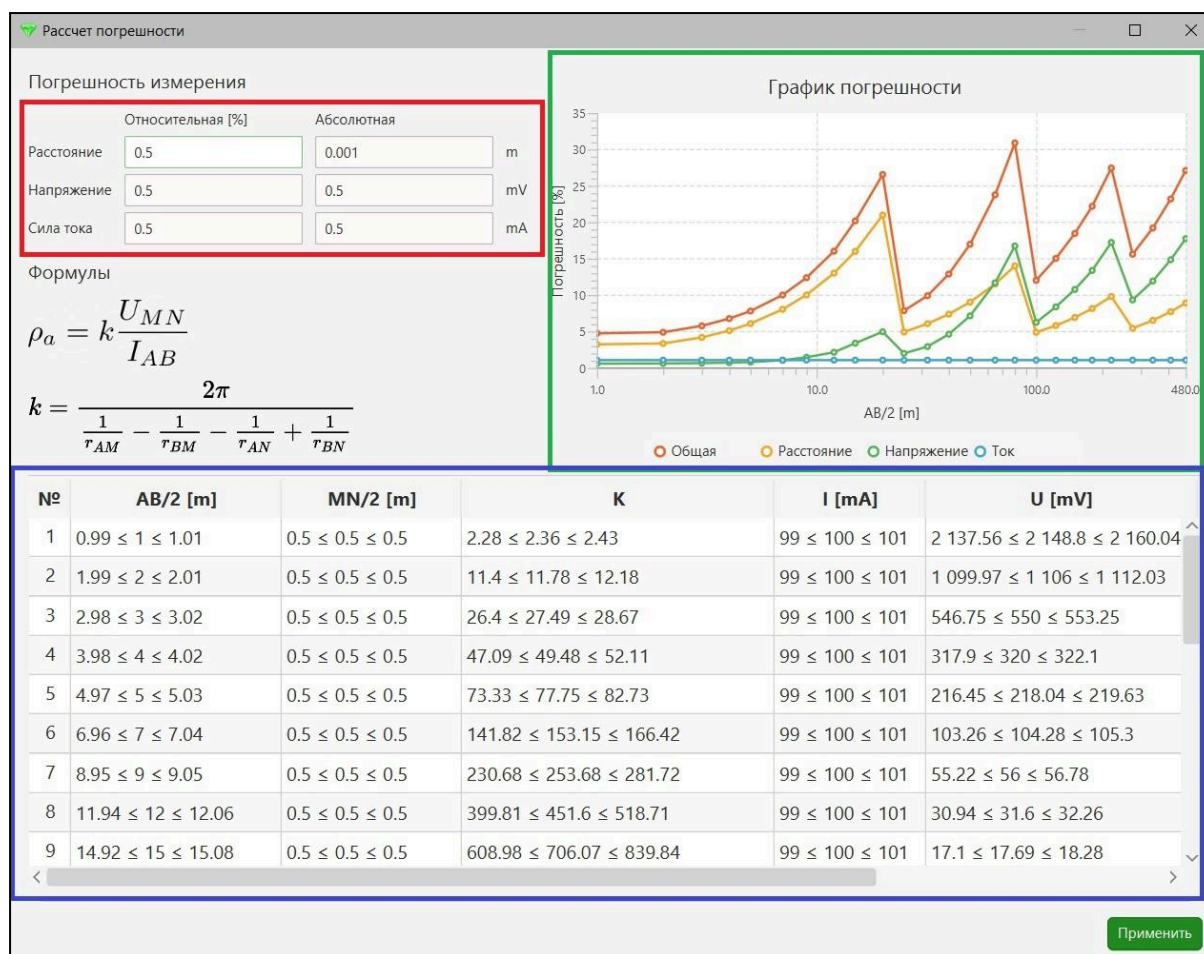
$\delta\rho_a =$

OK

Cancel

(рис.5 Окно ввода данных для установления значения погрешности)

- Рассчитать погрешность измерений, введя соответствующие данные в появившемся окне(рис.6)



(рис.6 Окно ввода данных для расчета погрешности)

В окне расчета погрешности мы видим:

- **красным** - окно ввода данных
- **зеленым** - график погрешности
- **синим** - таблицу полевых данных
- а также формулы, по которым рассчитываются ρ_a и k

Щелкнув левой кнопкой мыши на вкладку **Модель** можно внести данные, касающиеся модели в таблицу(рис.7).

(рис.7 Окно ввода модельных данных)

Данные модели состоят из:

- **H** - Мощность
- **ρ** - Сопротивление
- **Z** - Глубина

Чтобы внести модельные данные в программу можно:

- **Вставить из буфера обмена** - скопировать данные из **Excel** или подобного ПО
- Импортировать файл в формате [.MOD](#)

Также есть возможность импортировать пикет в формате *.point.json через меню сверху.

Выбрав данные модели и щелкнув правой кнопкой мыши по ним выделив одно или несколько ячеек с данными клавишами ctrl+click, shift+click либо ctrl+A соответственно, можно производить с ними определенные действия из появившегося меню.

- **синим** цветом показано меню для одной ячейки с данными.
- **красным** цветом показано меню для двух и более ячеек.

Полевые данные Модель Комментарии				
№	H [m]	ρ [$\Omega \cdot m$]	Z [m]	
1	0.66			<div>Удалить</div> <div>Копировать в буфер обмена</div> <div>Разделить</div> <div>Зафиксировать сопротивление</div> <div>Зафиксировать мощность</div>
2	0.59			
3	2.63			
4	21.44			
5	23.1			
6	96.8	200	54.78	
7	NaN	1 414.69	NaN	

(рис.8 Меню данных модели версия 1)

Полевые данные Модель Комментарии				
№	H [m]	ρ [$\Omega \cdot m$]	Z [m]	
1	0.59	80.53	199.41	<div>Удалить</div> <div>Копировать в буфер обмена</div> <div>Разделить</div> <div>Объединить</div> <div>Зафиксировать сопротивление</div> <div>Разблокировать сопротивление</div> <div>Зафиксировать мощность</div> <div>Разблокировать мощность</div>
2	2.63	233.44	196.78	
3	21.44			
4	23.1			
5	96.8			
6	NaN			

(рис.9 Меню данных модели версия 2)

Меню данных версия 1 описание опций:

- Удалить данные из таблицы
- Копировать данные в буфер обмена
- Разделить данные
- Зафиксировать сопротивление(рис.10) и/или мощность(рис.11)-ячейки остаются неизменными я

№	H [m]	ρ [$\Omega \cdot m$]	Z [m]
1	0.02	161.05	199.98

(рис.10)

№	H [m]	ρ [$\Omega \cdot m$]	Z [m]
1	0.59	80.53	199.41

(рис.11)

Данные, введенные в таблицы можно редактировать в течении работы над программой. Достаточно нажать на них курсором и изменить значения на клавиатуре.

Меню данных версия 2 описание опций:

- Удалить данные из таблицы
- Копировать данные в буфер обмена
- Разделить данные
- Объединить данные в одну ячейку(рис.12) Действие можно отменить нажав кнопку ctrl-z.

№	H [m]	ρ [$\Omega \cdot m$]	Z [m]	
1	NaN	187.48	NaN	

(рис.12 результат объединения данных в одну ячейку)

- Зафиксировать сопротивление - ячейки сопротивления остаются неизменными(рис. 13)

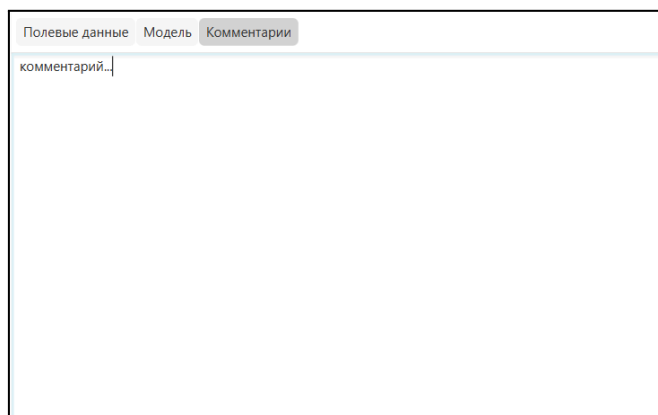
№	H [m]	ρ [$\Omega \cdot m$]	Z [m]
1	0.59	80.53	199.41
2	2.63	233.44	196.78
3	21.44	111	175.34
4	23.1	56.37	152.24
5	96.8	200	55.44
6	NaN	1 414.69	NaN

(рис. 13 Результат фиксации сопротивление)

- Разблокировать сопротивление - возвращает состояние зафиксированных ячеек
- Зафиксировать мощность - аналогично опции “Зафиксировать сопротивление”
- Разблокировать мощность - аналогично опции “Разблокировать сопротивление”

Комментарии

Нажав на вкладку “Комментарии” можно указать априорную информацию, условия измерения или любую другую информацию связанную с пикетом. Если вы студент, вы также можете записать сюда вопрос преподавателю.(рис. 14)

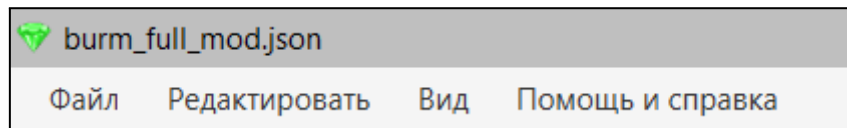


The image shows a software interface with three tabs: "Полевые данные", "Модель", and "Комментарии". The "Комментарии" tab is selected and highlighted. Below the tabs is a large text input area with the placeholder text "комментарий_".

(рис.14 Вкладка комментарии)

Меню

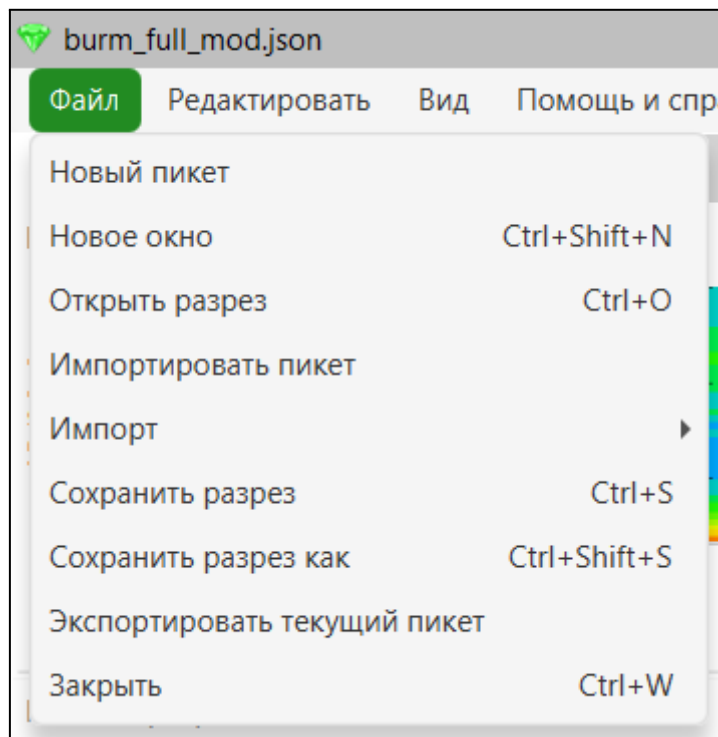
В левом верхнем углу есть меню(рис. 15)



(рис.15 Меню в левом верхнем углу Главного экрана)

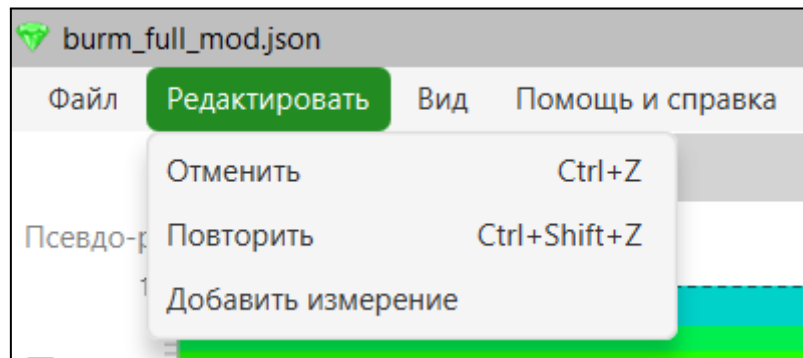
Вкладка файл

С помощью вкладки Файл(рис. 16) можно импортировать, экспортировать, сохранять, а также создавать пикеты, не выходя из главного экрана программы, нажав на соответствующие кнопки либо используя горячие клавиши



(рис.16 Вкладка Файл)

Вкладка редактировать



(рис.17 Вкладка редактировать)

Используя вкладку **Редактировать** (рис. 17) можно:

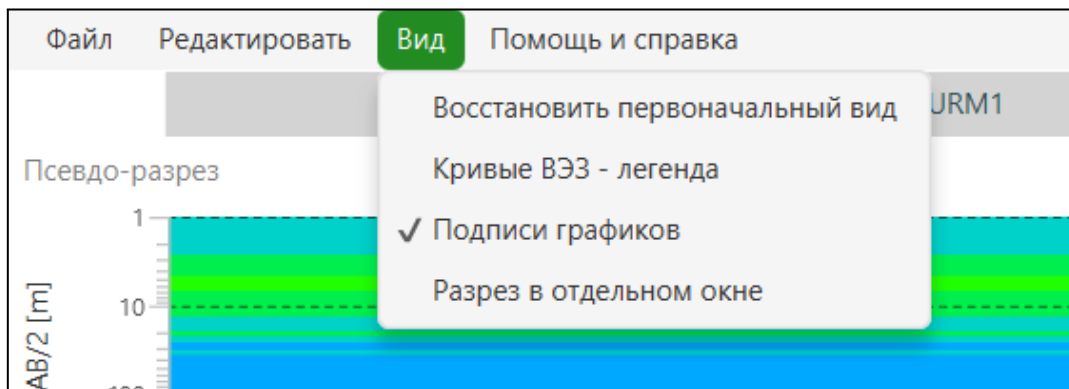
- отменить предыдущее действие
- повторить предыдущее действие
- добавить измерение - полевые данные(рис. 18)

A screenshot of a dialog box titled 'Добавить измерен...' with a close button (X). It contains a text input field at the top. Below it are five labeled input fields: 'MN/2 [m]', ' ρ_s [$\Omega \cdot m$]', ' $\delta \rho_s$ [%]', 'I [mA]', and 'U [mV]'. At the bottom is a button labeled '+ Добавить измерение'.

(рис.18 Окно “Добавить измерение”)

Чтобы добавить измерения нужно ввести их в появившемся окошке и нажать клавишу Добавить измерение(рис. 18).

Вкладка вид



(рис. 19 Вкладка вид)

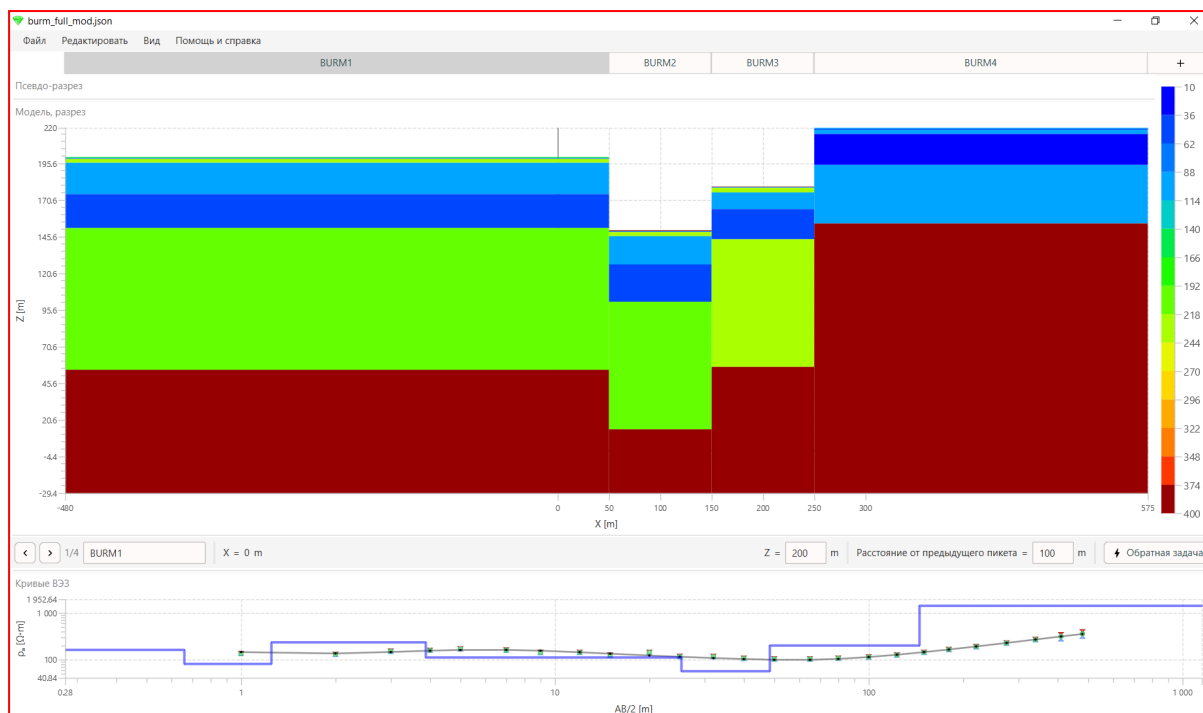
Опции вкладки Вид

- [Восстановить первоначальный вид](#)
- [Кривые ВЭЗ - легенда](#)
- Подписи графиков
 - Опция Подписи графиков покажет либо скроет подписи к графикам
- [Разрез в отдельном окне](#)

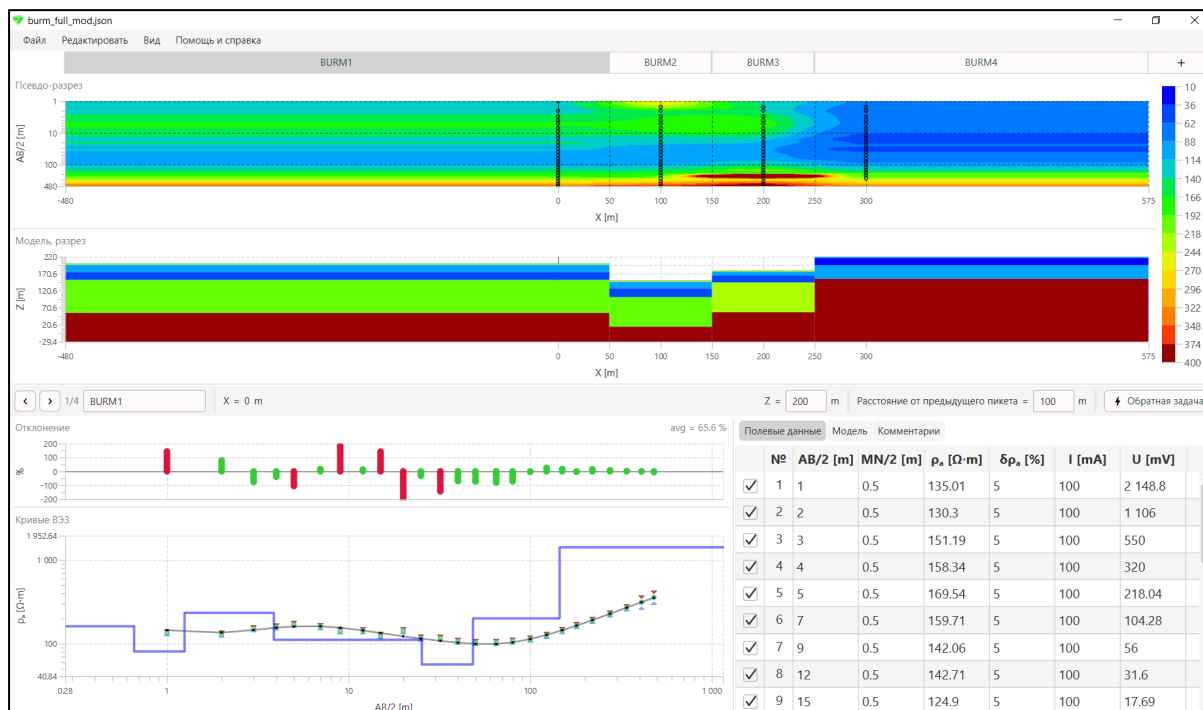
Восстановить первоначальный вид

Если вы по ошибке привели ваш интерфейс в некомфортное для вас состояние, это можно исправить с помощью кнопки Восстановить первоначальный вид.

Ниже представлен пример некомфортного состояния(рис. 20), а также интерфейс после нажатия клавиши восстановить первоначальный вид(рис. 21).

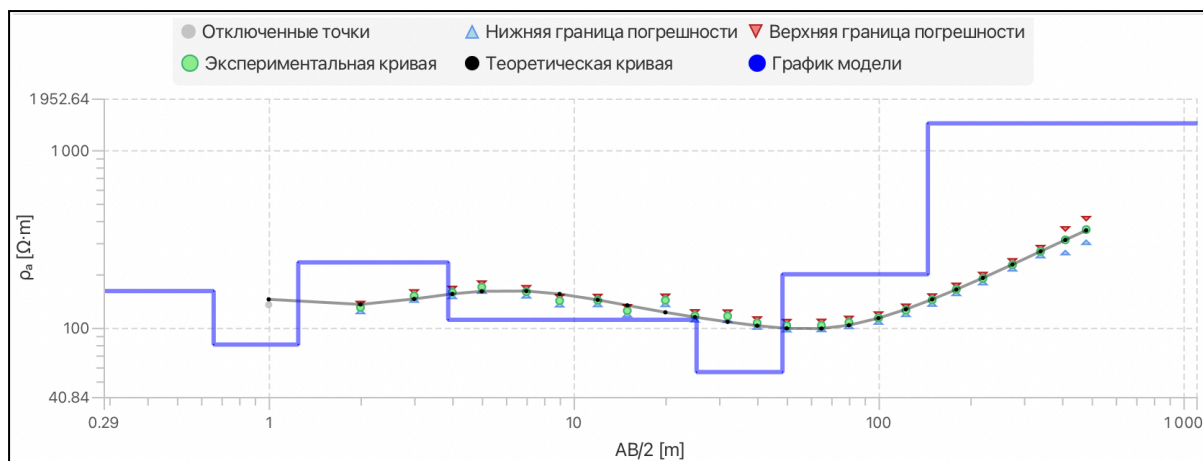


(рис.20 Пример некомфортного состояния Главного экрана)



(рис.21 Интерфейс после нажатия кнопки “Восстановить первоначальный вид”)

Кривые ВЭЗ - легенда

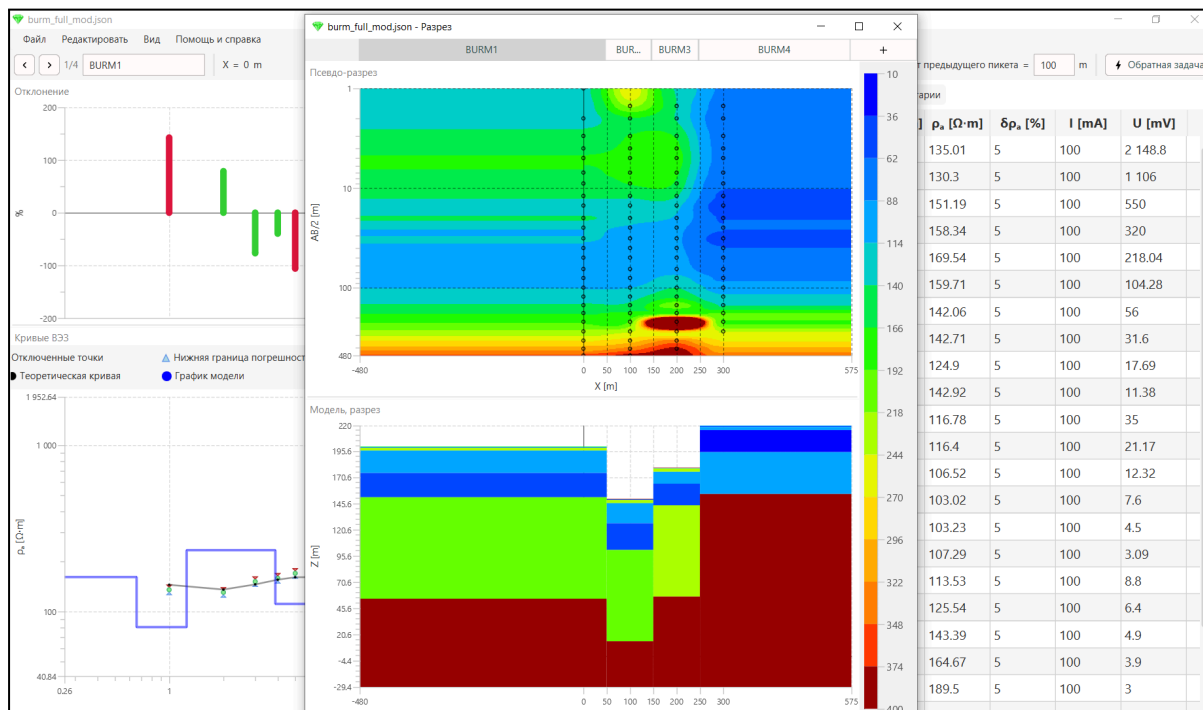


(рис.22 График ВЭЗ с легендой)

С помощью кнопки **Кривые ВЭЗ - легенда** можно скрыть/показать легенду графика ВЭЗ(рис. 22) Подробнее о Графике кривых ВЭЗ в разделе [Графики кривых ВЭЗ](#).

Разрез в отдельном окне

Откроет отдельное окно для разреза(рис. 23)



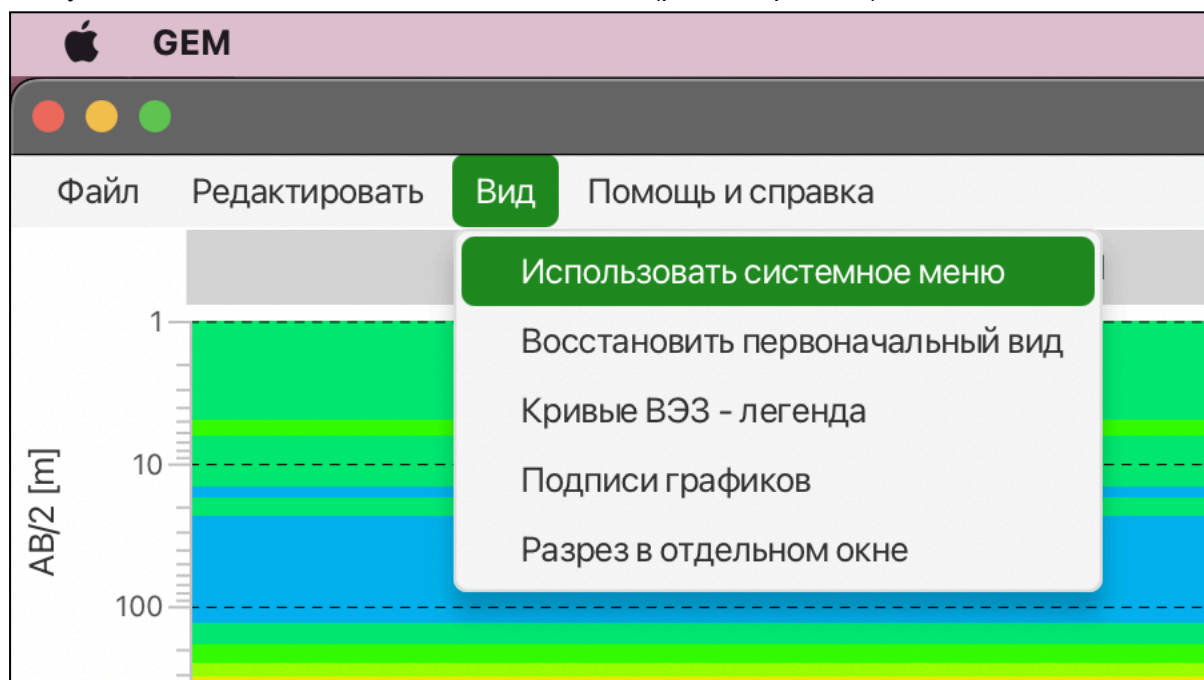
(рис.23 Разрез в отдельном окне)

Данная опция предназначена для работы в программе на нескольких мониторах.

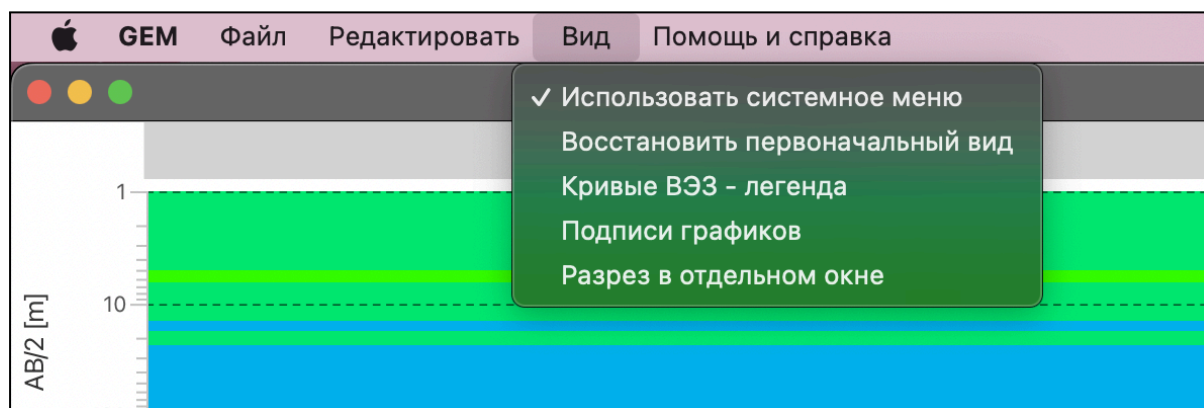
Вернуть обратно можно закрыв окно Разрез.

Для пользователей MacOS

доступна опция Использовать системное меню(рис. 24, рис. 25)



(рис.24 Использовать системное меню)



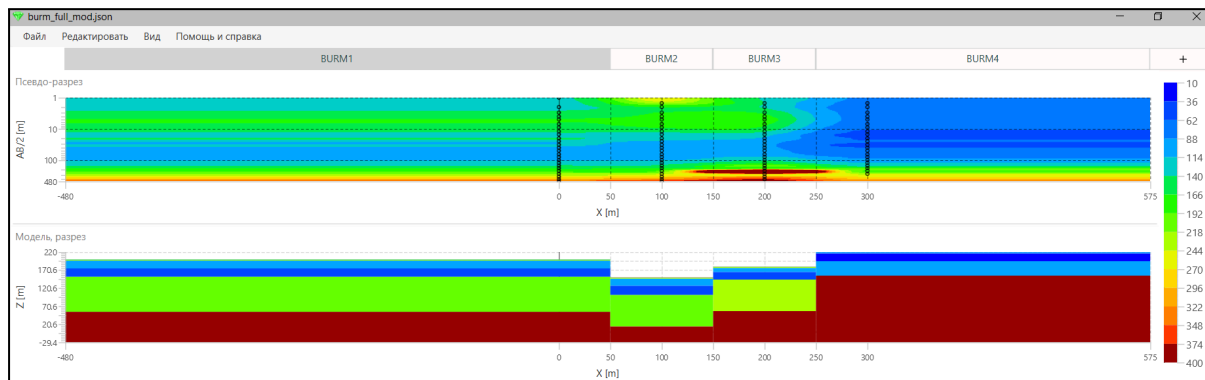
(рис. 25 Результат работы с системным меню)

Что изображается на графиках?

Графики псевдо-разреза

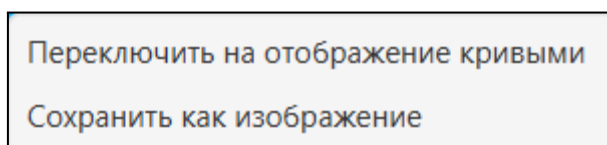
Всего на главном экране отображается 4 области с графиками:

- В верхней части окна(рис. 26) изображены два разреза – разрез кажущегося сопротивления(Псевдо-разрез) и геоэлектрический разрез по результатам интерпретации



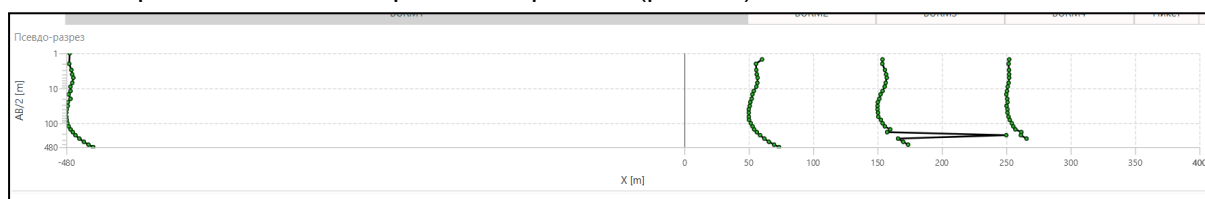
(рис.26 Разрезы)

Щелкнув правой кнопкой мыши по графику Псевдо-разреза можно выбрать действия в появившемся меню(рис.27)



(рис.27 Меню Псевдо-разреза)

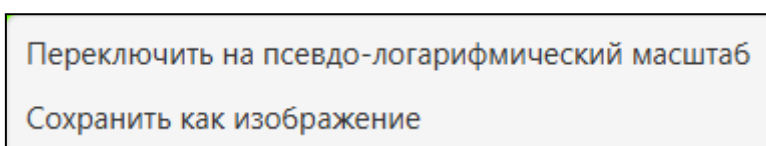
- Переключить на отображение кривыми(рис. 28)



(рис.28 График Псевдо-разреза отображенный кривыми)

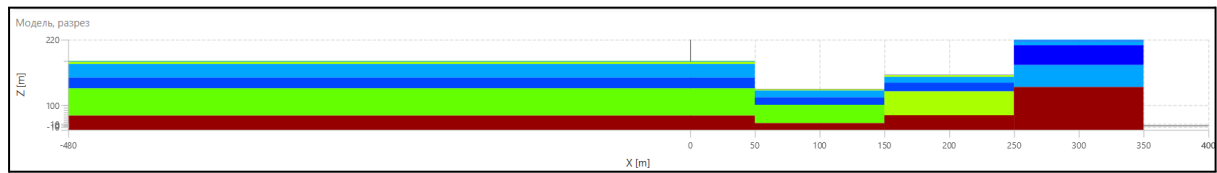
- Сохранить Псевдо-разрез как изображение на компьютере

Щелкнув правой кнопкой мыши по графику геоэлектрический разрез по результатам интерпретации можно выбрать действия в появившемся окне(рис.29)



(рис.29 Меню графика геоэлектрического разреза)

- Переключить на псевдо-логарифмический масштаб(обратное действие будет переключить на линейный масштаб)(рис. 30)



(рис.30 График геоэлектрического разреза в псевдо-логарифмическом масштабе)

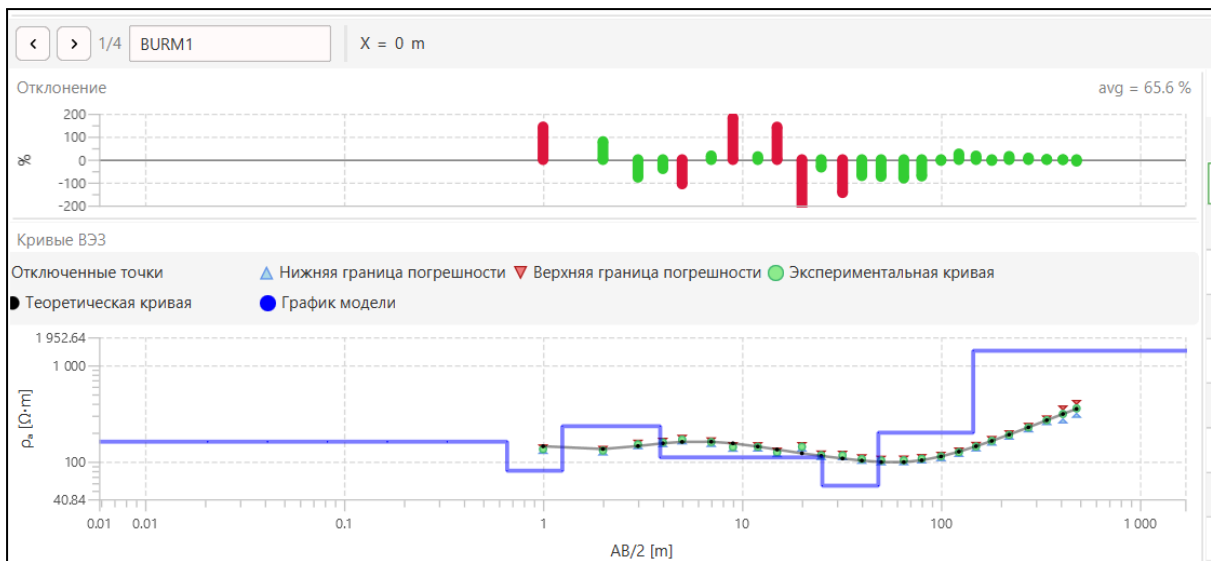
- Сохранить график геоэлектрического разреза как изображение на компьютере

Графики кривых ВЭЗ

Окно кривой ВЭЗ - это графическое представление данных в виде кривой, отражающей зависимость значения ρ_k от $AB/2$. При изменении данных в *таблице модели* изменяется *кривая слоев* и наоборот - при изменении ступеней *кривой слоев* по вертикали и горизонтали изменяются данные в *таблице модели* и *кривая модели ВЭЗ*. В окне есть возможность переходить между пикетами разреза. Каждый из них представляет собой некоторую часть *разреза почвы*. Имеет дополнительный подраздел с графиком отклонения пользовательской модели от экспериментальных данных.

В левой нижней части окна для выделенного пикета(рис. 31) отображаются:

- График отклонений теоретической кривой от экспериментальной(сверху)
 - >100% красным цветом
 - <100% зеленым цветом
- График кривых ВЭЗ(снизу)
 - текущая модель – **синим** цветом;
 - экспериментальная (полевая) кривая ВЭЗ – **зеленым** цветом;
 - теоретическая кривая, рассчитанная от модели – **черным** цветом;
 - нижняя и верхняя границы погрешности **голубым** и **красным** треугольниками соответственно



(рис.31 Графики кривых ВЭЗ)

Редактирование модели:

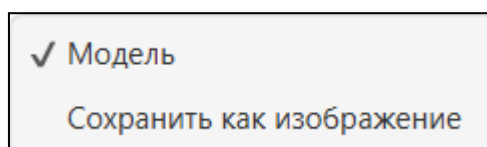
График кривых ВЭЗ является интерактивным то есть можно графически редактировать модель передвигая ее курсором.

- В секции кривых ВЭЗ зажмите мышку над линией кривой слоев и сдвиньте в нужную сторону

ИЛИ

- Во вкладке “Модель” выполните одно или несколько действий:
 - A. нажмите на нужную ячейку и впишите новое значение
 - B. выберите слой и нажмите удалить выбранное
 - C. выберите несколько слоев подряд с зажатой клавишей SHIFT и нажмите удалить выбранное
 - D. выберите несколько произвольных слоев с зажатой клавишей CTRL и нажмите удалить выбранное
 - E. впишите параметры нового слоя в поля под таблицей и нажмите “Добавить слой”

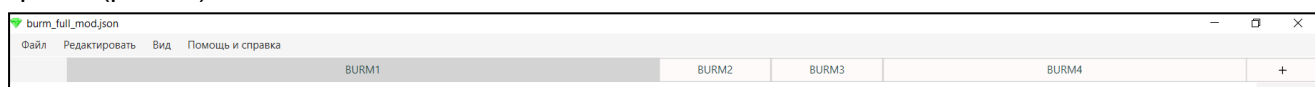
Щелкнув правой кнопкой мыши по графику кривых ВЭЗ можно показать и скрыть график текущей модели и сохранить график как изображение на компьютере(рис.32)



(рис.32 Меню графика кривых ВЭЗ)

Переключаться на данные и график других пикетов можно нажав на названия пикетов вверху главного экрана(рис.33)

Чтобы добавить данные нового пикета можно нажать на знак +, который находится правее(рис.33)

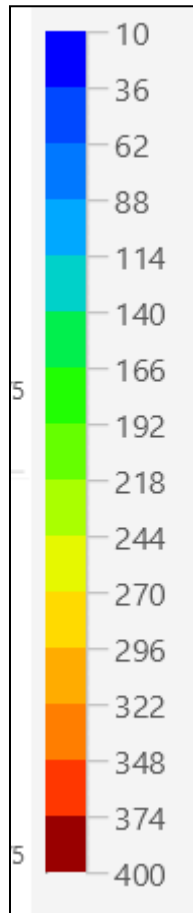


(рис.33 Названия пикетов)

Цветовая шкала

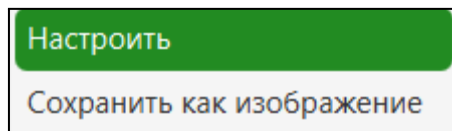
С помощью шкалы в правом верхнем углу главного экрана можно менять отображение моделей(рис. 34)

Цветовая шкала является общей и для разреза и для псевдо-разреза и делится на цветовые сектора.

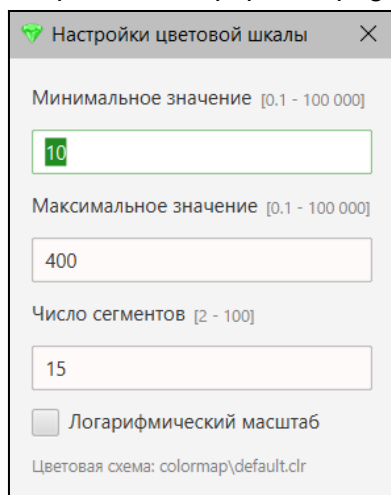


(рис.34 Цветовая шкала)

Щелкнув правой кнопкой мыши можно выбрать действия из появившегося меню:

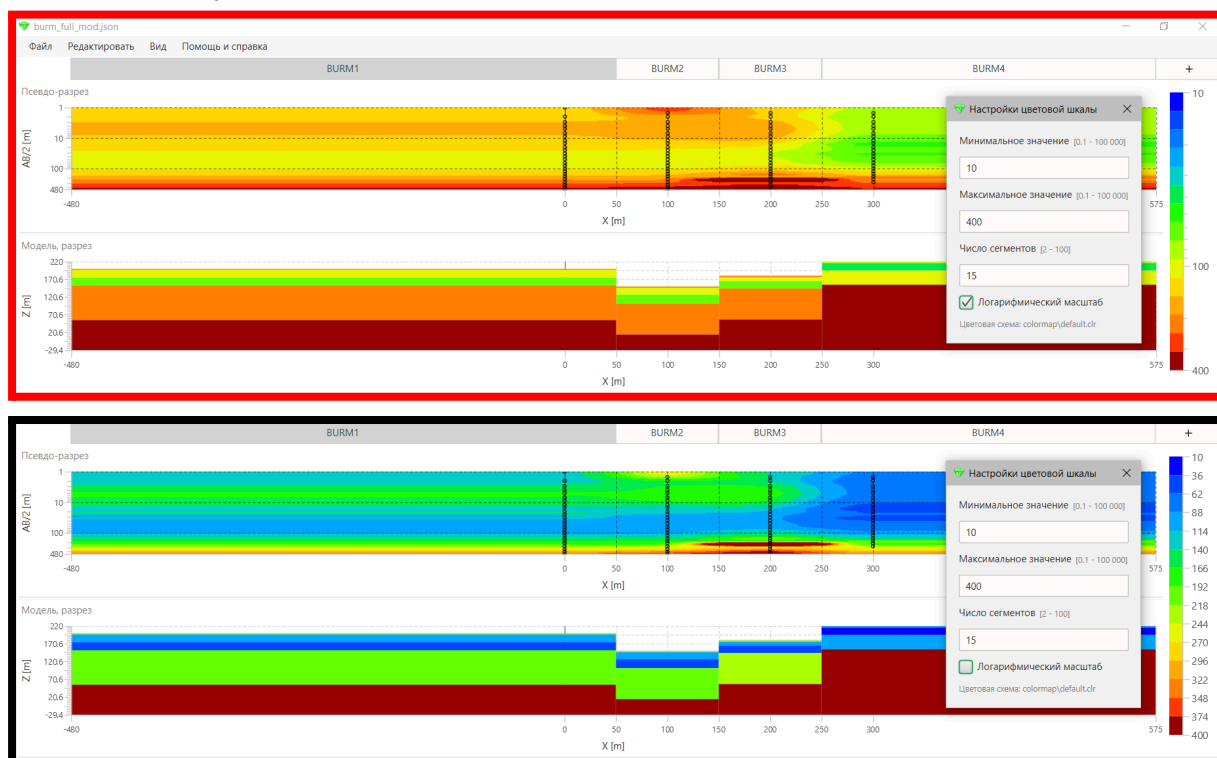


- Настроить - цветовую шкалу можно настроить в появившемся окне(рис. 35)
 - Обозначить минимальное значение(от 0.1 до 100 000)
 - Обозначить Максимальное значение(от 0.1 до 100 000)
 - Задать число сегментов на которые будет делиться шкала(от 2 до 100)
 - Выбрать логарифмический масштаб
- Сохранить шкалу как изображение в формате png.










(рис.35 Окно настройки цветовой шкалы)

Ниже изображены графики псевдо-разреза в логарифмическом масштабе - **красным** и в масштабе по умолчанию - **черным**.



Поменять цветовую палитру

В папку colormap можно положить файл с названием default.clr предназначений для сервера и палитра везде будет использовать другую цветовую палитру(рис.36)

GEM				
Имя	Дата изменения	Тип	Размер	
 colormap	19.10.2022 19:07	Папка с файлами		
 jre	19.10.2022 19:07	Папка с файлами		
 libs	19.10.2022 19:07	Папка с файлами		
 GEM.exe	28.09.2022 20:21	Приложение	2 290 КБ	
 gem.ico	28.09.2022 20:13	Файл "ФотоГалер...	125 КБ	
 MathVES.dll	28.09.2022 20:13	Расширение при...	191 КБ	
 MathVES_JNI.dll	28.09.2022 20:13	Расширение при...	107 КБ	

(рис.36 Папка с файлами программы GEM)

Спецификация формата файла:

[CLR Color Spectrum File Format](#)