

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

«СОЮЗНЕФТЕГАЗСЕРВИС»
(ООО НПО «СНГС»)

Программа «MLGeomechanics»

Руководство пользователя

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ОБЩИЙ ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРОГРАММЫ	4
ОСНОВНОЕ МЕНЮ ПРОГРАММЫ.....	4
НАЧАЛО РАБОТЫ С ПРОГРАММОЙ (ЗАГРУЗКА ДАННЫХ).....	5
ЗАГРУЗКА ДАННЫХ КАРОТАЖА.....	5
ЗАГРУЗКА/СОХРАНЕНИЕ ПРОЕКТА	8
ЗАГРУЗКА ИНФОРМАЦИИ О ЛИТОЛОГИИ	8
РАБОТА С ДАННЫМИ.....	10
ПРОСМОТР СПИСКА ЗАГРУЖЕННЫХ ДАННЫХ	10
РЕДАКТИРОВАНИЕ СВОЙСТВ КРИВОЙ.....	14
ПРОСМОТР ДАННЫХ	16
ТАБЛИЦА.....	16
ПЛАНШЕТ.....	16
РЕДАКТИРОВАНИЕ ОТОБРАЖЕНИЯ ГРАФИКА.....	18
ЭКСПОРТ ДАННЫХ.....	20
ОБЪЕДИНЕНИЕ (СЛИЯНИЕ) ДАННЫХ.....	21
ВЫБОР РАБОЧЕГО ИНТЕРВАЛА.....	23
МОДУЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ММС ММС (MLMPM)	23
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	23
ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ МОДУЛЯ MLMPM.....	24
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ	24
РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.....	27
МОДУЛЬ РАСЧЁТА ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ (MLPOREPRESSURE).....	28
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	28
ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ МОДУЛЯ MLPOREPRESSURE	28
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ	28
РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.....	29
МОДУЛЬ РАСЧЁТА НАПРЯЖЕНИЙ (MLSTRESS).....	30
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	30
ВХОДНЫЕ ДАННЫЙ МОДУЛЯ MLSTRESS	30
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ	30
РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.....	33
МОДУЛЬ РАСЧЁТА КОРИДОРА ДОПУСТИМОЙ ПЛОТНОСТИ (MLSTABILITY).....	34
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	34
ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ МОДУЛЯ MLSTABILITY	34
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ	34
РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.....	38
МОДУЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ КРОСС-ПЛОТОВ (MLCROSSPIOT)	39
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	39
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ.....	39
МОДУЛЬ ПОСТРОЕНИЕ ИНКЛИНОМЕТРИИ (MLINCLINOMETRY).....	40
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	40
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ	40

ВВЕДЕНИЕ

Программа предназначена для решения следующих прикладных задач:

- Расчет механических свойств горных пород (1Д ММС) по стволу скважины;
- Расчет градиента порового давления (P_{pg});
- Расчет констант напряженного состояния: вертикальное напряжение (S_v), минимальное гор. напряжение (S_h), максимальное гор. напряжение (S_H);
- Определение градиента обрушения пород ($MW_{Breakout}$);
- Определение градиента поглощения буровой промывочной жидкости ($MW_{FluidLoss}$);
- Определение градиента гидроразрыва ($MW_{Fracture}$);
- Определение чувствительности стенки скважин при изменении плотности бурового раствора, зенитного угла и магнитного азимута;
- Определение оптимального профиля скважины, при котором минимизируются риски обрушения, поглощения и гидроразрыва;
- Оптимизация конструкции скважины по результатам геомеханического моделирования (оптимальные глубины спуска обсадных колонн);
- Оптимизация режимно-технологических параметров бурения по результатам геомеханического моделирования.

ОБЩИЙ ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРОГРАММЫ

Программа логически разделена на две части:

- Первая часть – это самостоятельное программное обеспечение (ПО), которое включает главное окно с функциональностью по загрузке, хранению, базовой предобработке и экспорту геомеханических данных по скважине, а также другой функционал.
- Вторая часть – это подключаемые самостоятельные модули, отвечающие за выполнение конкретных задач. Работоспособность каждого отдельного модуля не зависит от работы другого, однако в качестве исходных данных в один модуль могут поступать выходные данные с другого модуля, что осуществляется за счёт того, что все результаты расчётов сохраняются в едином пространстве памяти основной программы. Стартовый набор подключаемых модулей меняется в зависимости от потребностей пользователя.

ОСНОВНОЕ МЕНЮ ПРОГРАММЫ

Запуск программы осуществляется через исполняемый файл, ярлык которого создаётся во время установки программы MLGeomechanics на рабочем столе, либо через ранее сохранённый файл-проекта (файл с расширением .MLGproj). Во-втором случае осуществляется загрузка всех данных, которые сохранены в файл-проекте.

Главное окно ПО MLGeomechanics поделено на несколько функциональных областей (Рисунок 1):

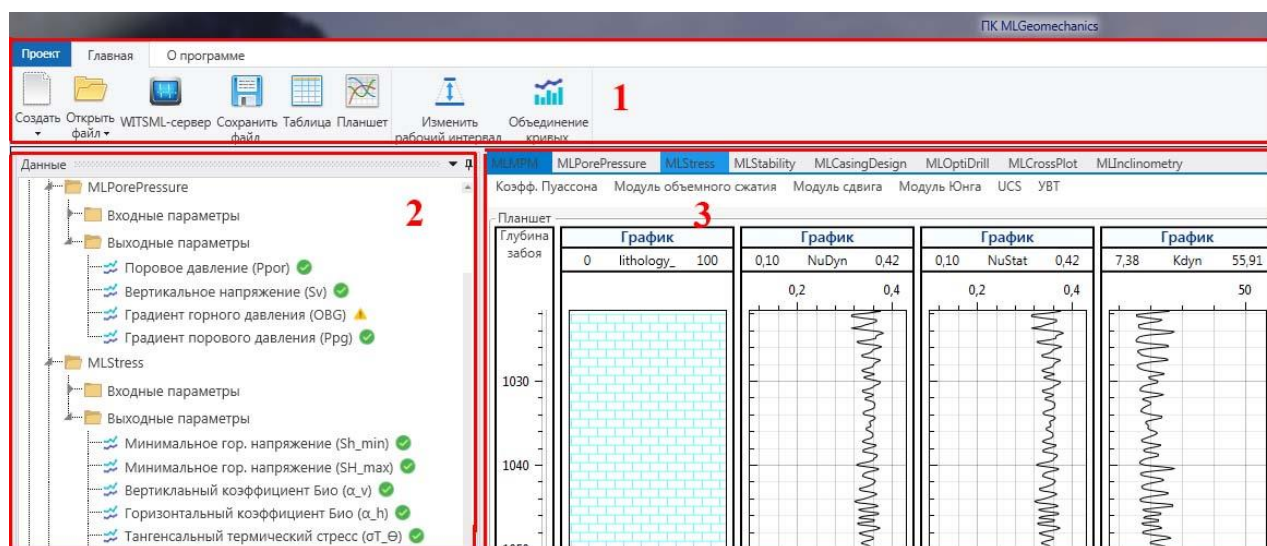


Рисунок 1 Функциональные области главного окна ПО MLGeomechanics

1. Элементы управления – загрузка, экспорт, отображение данных, загрузка/сохранение проекта и т.д.;
2. Список всех параметров, к которым осуществляется доступ в ПО (основные кривые, дополнительные кривые, литология, точечные измерения);
3. Рабочая область программы (каждая вкладка – окно работы модуля).

НАЧАЛО РАБОТЫ С ПРОГРАММОЙ (ЗАГРУЗКА ДАННЫХ)

ЗАГРУЗКА ДАННЫХ КАРОТАЖА

Загрузку данных в ПО MLGeomechanics возможно осуществлять несколькими способами:

1. Через основное выпадающее меню «Открыть файл» → «Открыть новый файл» (**Рисунок 2**);
2. Через кнопку быстрого доступа на панели инструментов «Открыть файл» → «Загрузить данные» (**Рисунок 3**).

ПО MLGeomechanics поддерживает следующие форматы данных:

1. Log ASCII Standard (LAS) (.las);
2. DEP (.dep);
3. Excel (.xls, .xlsx);
4. Тестовый формат (.txt);
5. Данные с WITSML-сервера, загрузка которых осуществляется через отдельную кнопку на панели инструментов (**Рисунок 4**).

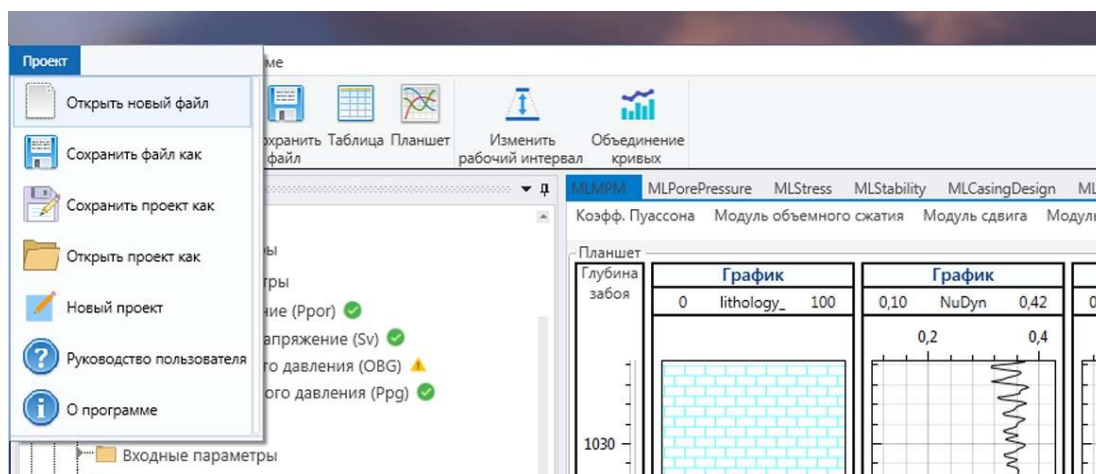


Рисунок 2 Загрузка данных через основное выпадающее меню

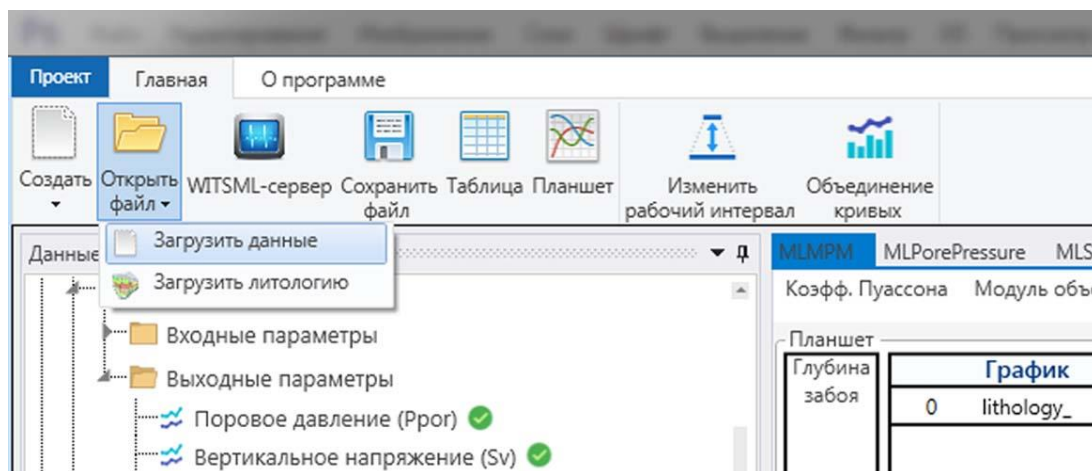


Рисунок 3 Загрузка данных через панель инструментов программы

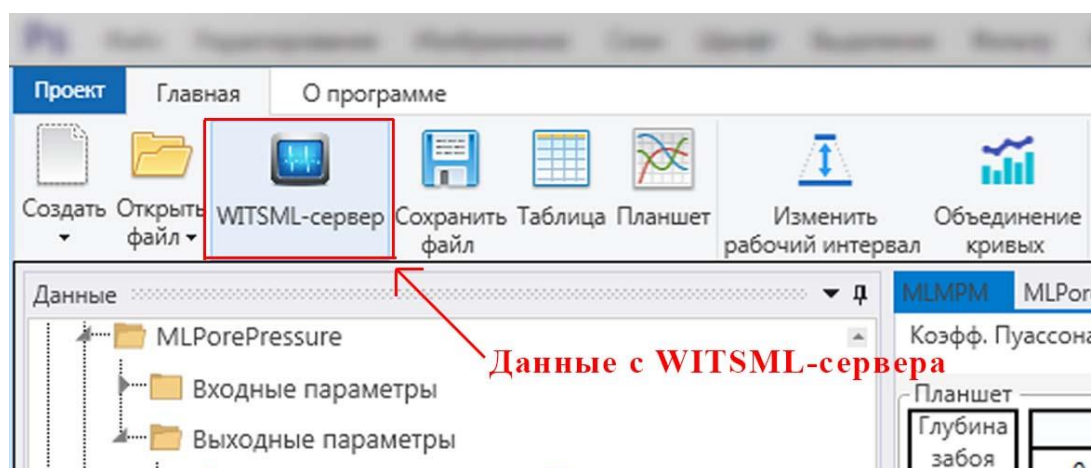


Рисунок 4 Загрузка данных с WITSML-сервера

При загрузке данных из различных источников открывается функциональное окно (Рисунок 5), которое включает следующие рабочие области:

1. Окно служебной информации о файле. В данном окне отображается вся доступная информация из источника данных, описывающая формат данных, кривые, наименование источника данных, единицы измерения и т.д.;
2. Окно доступных интервалов данных. Указывает интервалы (по глубине) всех доступных или интервалы пропущенных данных.
3. Окно сопоставления программных переменных с данным из выбранного источника. При сопоставлении необходимо указать единицы измерения и цвет отображения кривой на графике. Если данные не сопоставлены, то строка таблицы подсвечивается красным цветом, в противном случае зелёным.
4. Окно предварительного просмотра загружаемой кривой в табличном и графическом видах. Таблица и график связаны между собой: клик левой клавишей мыши по графику – отображает соответствующее значение в таблице; клик правой клавишей мыши – отображает информационное окно графика с указанием глубины и значения кривой в точке клика.

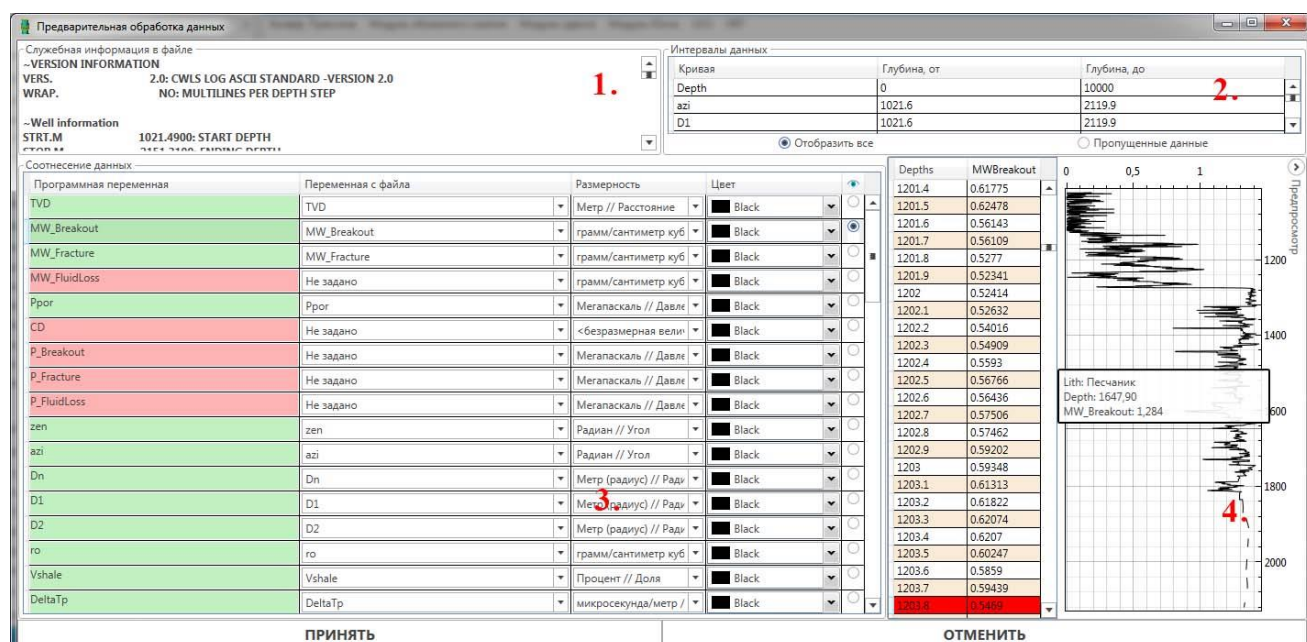


Рисунок 5 Окно анализа добавляемых данных

В случае, если ранее уже были загружены данные в память программы и при добавлении новых данных с таким же наименованием, тогда пользователю необходимо выбрать

следующие дальнейшие действия (**Рисунок 6**):

1. Загрузить кривую в список дополнительных кривых - к имени итоговой кривой добавляется префикс _NEW;
2. Заменить значения новыми данными с вымещением старых данных в список дополнительных кривых – к имени вымещаемой кривой добавляется префикс _OLD;
3. Заменить значения новыми данными с безвозвратным удалением текущих значений из памяти программы.

Окно позволяет применить выбранные действия ко всем последующим аналогичным конфликтам.

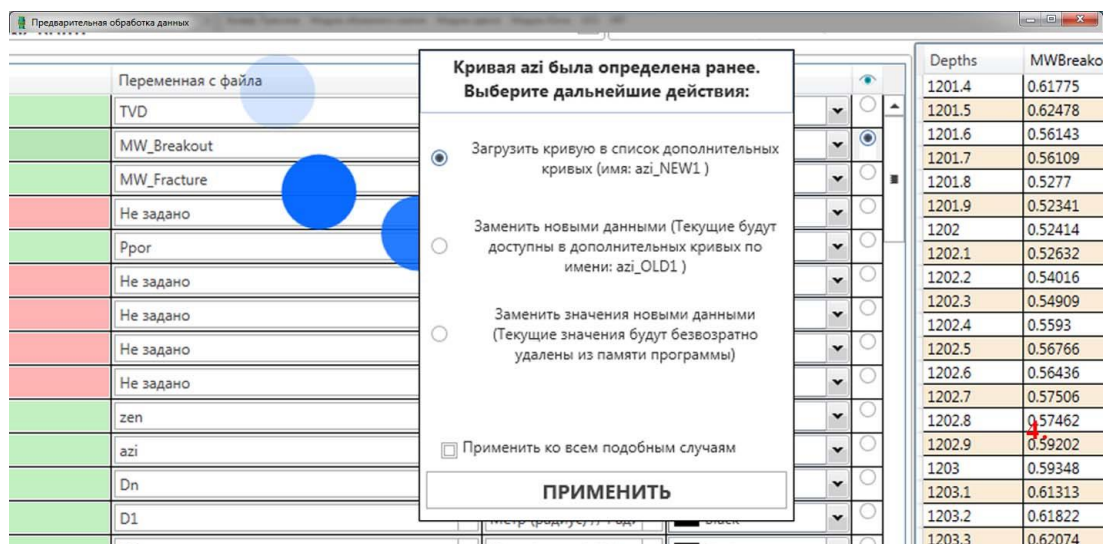


Рисунок 6 Окно выбора действий пользователя в конфликтных ситуациях при добавлении новых данных в ПО

В случае, если в файле есть кривые, которые не были сопоставлены ни одной программной кривой, открывается окно (**Рисунок 7**), где пользователь может выбрать какие из них загрузить в ПО. Эти кривые помещаются в список дополнительных кривых. В дальнейшем работа с ними осуществляется в том же формате, что и с основными. При загрузке этих данных в ПО необходимо придерживаться следующих правил:

1. Наименование кривых не должно содержать никаких специальных символов, пробелы желательно заменить на технические пробелы «_» (лучше оставлять то наименование, которое предлагает ПО);
2. Описание кривой должно содержать краткую информацию о кривой, чтобы в дальнейшем пользователь легко мог идентифицировать кривую;
3. Необходимо указать размерность кривой. В дальнейшем через окно свойств кривой возможно редактирование размерности, либо перевод из одной размерности в другую;
4. Поддерживается функционал по назначению кривой цвета отображения её в ПО.

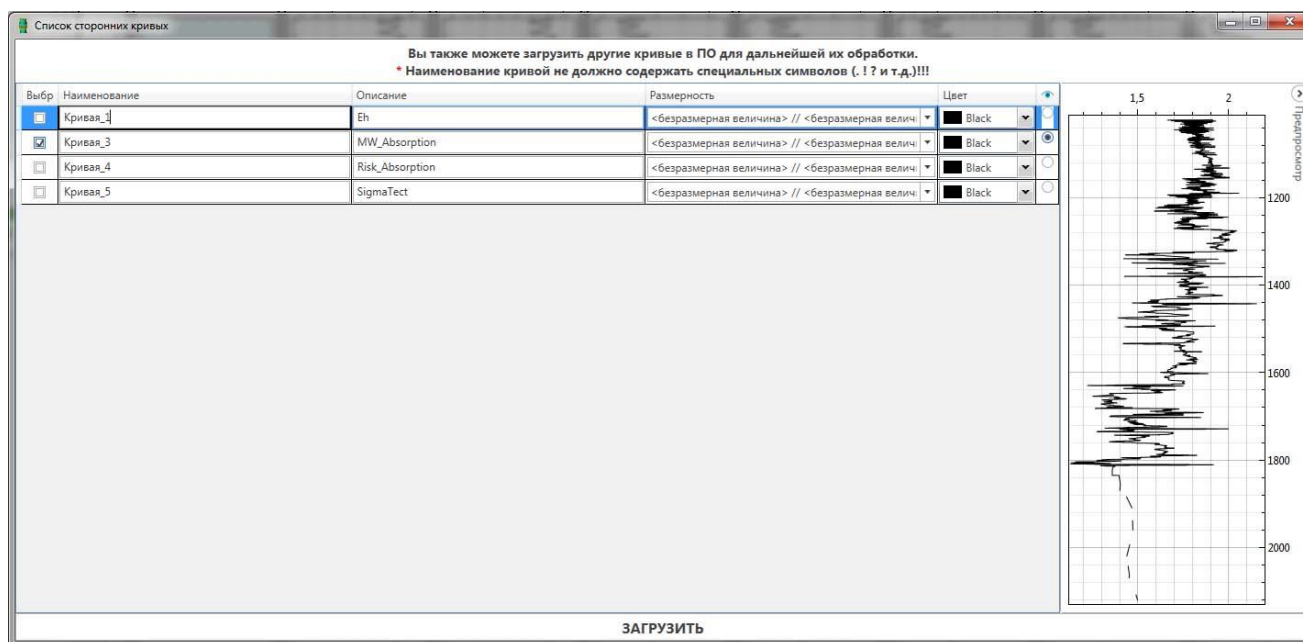


Рисунок 7 Загрузка дополнительных кривых в память ПО

ЗАГРУЗКА/СОХРАНЕНИЕ ПРОЕКТА

ПО MLGeomechanics поддерживает загрузку ранее сохраненного проекта, представленного в виде файл-проекта (расширение «.Gproj») (Рисунок 8), в котором может храниться информация о ранее загруженных/рассчитанных значениях кривых, литологии, введенных пользователем точечных измерений и т.д..

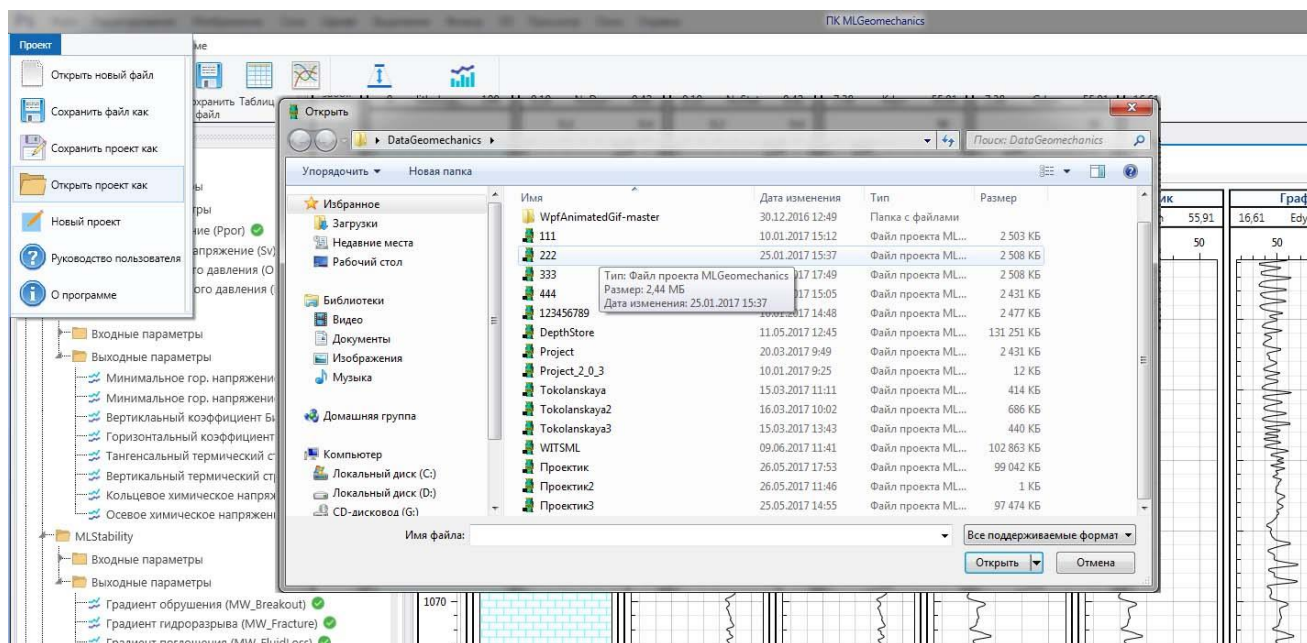


Рисунок 8 Сохранение/ загрузка проекта

ЗАГРУЗКА ИНФОРМАЦИИ О ЛИТОЛОГИИ

Информация о литотипе для указанных глубин загружается через пункт меню «Загрузить литологию» (Рисунок 9). Поддерживаются данные в формате .lith. Добавленная литология

доступна через список параметров ПО.

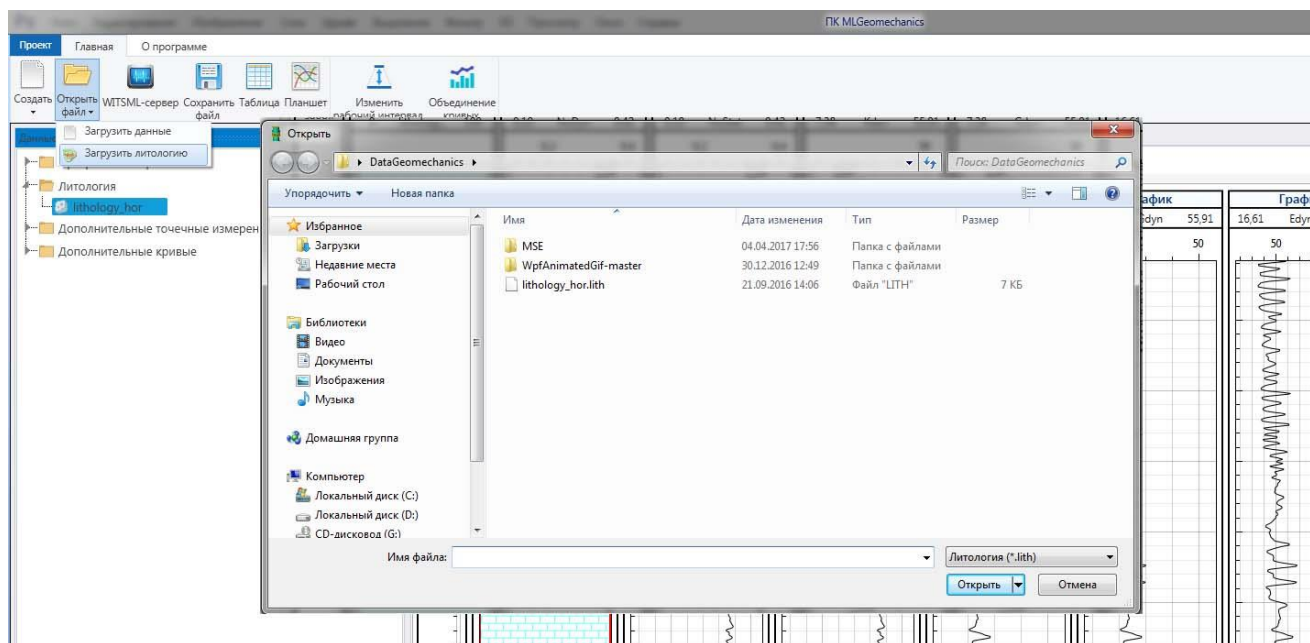


Рисунок 9 Добавление данных о литотипе

Также в ПО MLGeomechanics разработана возможность добавлять информацию о литотипах с WITSML-сервера (Рисунок 10).

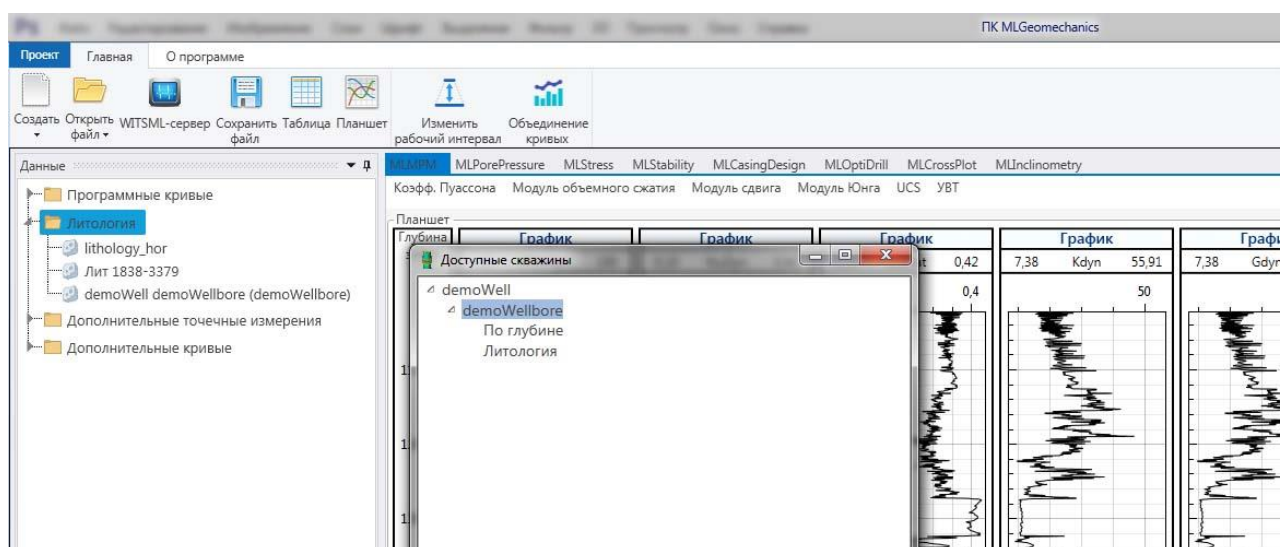


Рисунок 10 загрузка литологии с WITSML-сервера

В ПО MLGeomechanics поддерживается возможность создания и редактирования (Рисунок 11) литологии. В окне «Создать/Редактировать» реализован функционал добавления («Добавить интервал»), который позволяет добавить новый интервал с указанием значений кровли, подошвы и литотипа и удаления («Удалить интервал») ранее добавленных интервалов. Область «Наименование литологии» активна при создании новой литологии, и не активна при редактировании существующей. Окно редактирования доступно через контекстное меню графика литологии (Рисунок 12), представляет собой таблицу с пятью столбцами:

- 1-й столбец – Значение кровли пласта;
- 2-й столбец – Значение подошвы пласта;

- 3-й столбец – Описание литотипа;
- 4-й столбец – Графическое изображение литотипа;
- 5-й столбец – Индекс литотипа.

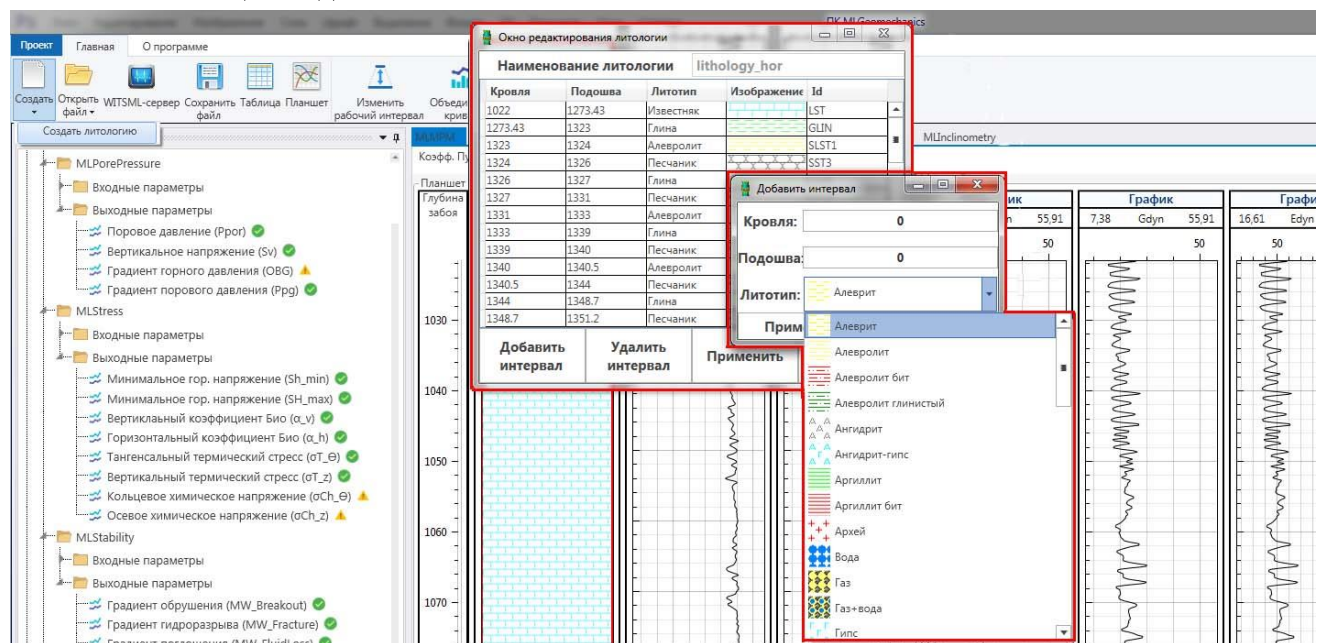


Рисунок 11 Создать / редактировать литологию

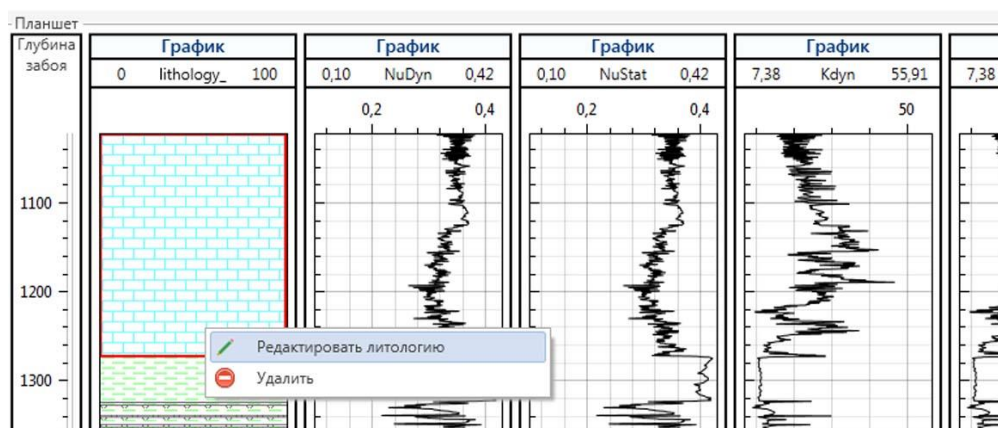


Рисунок 12 Вызов окна редактирования литологии

РАБОТА С ДАННЫМИ

ПРОСМОТР СПИСКА ЗАГРУЖЕННЫХ ДАННЫХ

Список доступных программе данных представлен по умолчанию в левой части главного окна (Рисунок 13), где вся информация сгруппирована по свойствам и источникам, что позволяет более удобно ориентироваться в большом объеме данных. Данный программный элемент возможно перемещать и разместить как удобно пользователю.

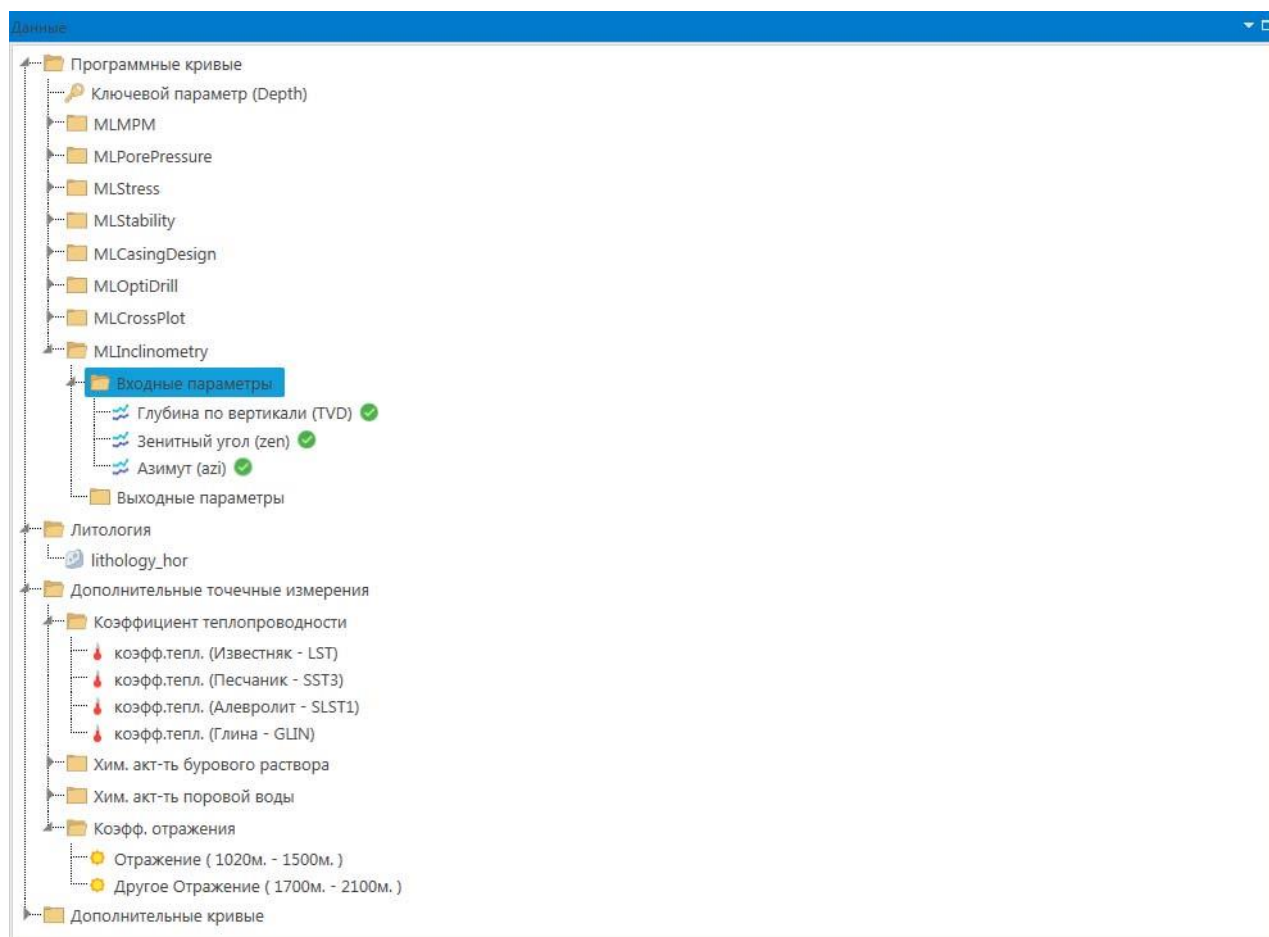


Рисунок 13 Список доступных ПО данных

Каждый пункт данного меню предоставляет определённый функционал, доступный через контекстное меню:

1. Программные кривые (*Рисунок 14*). Все данные разбиты по модулям, входным и выходным параметрам. Наименование кривой включает краткое описание и в скобках сокращенное обозначение, под которым данная переменная хранится в ПО и как к ней можно обращаться при различных расчётах через функционал ПО, если того требует алгоритм. Справа от наименования располагается индикатор наличия данных. Если параметру в программе не поставлена в соответствие кривая из файла, или она заполнена пустыми значениями (по умолчанию это «не число» - NaN), либо значения параметра не заданы иным образом, то напротив него показывается желтый восклицательный знак. Для проведения расчётов требуется задать значения для параметра. Контекстно меню включает пункты:
 - а. Свойства – предлагает функционал по настройке кривых – размерность, конвертация одних единиц измерения в другие, источник данных и т.д.;
 - б. Удалить значения кривой. Когда данные загружены в программу, то существует возможность сброса значений кривой по всей глубине.

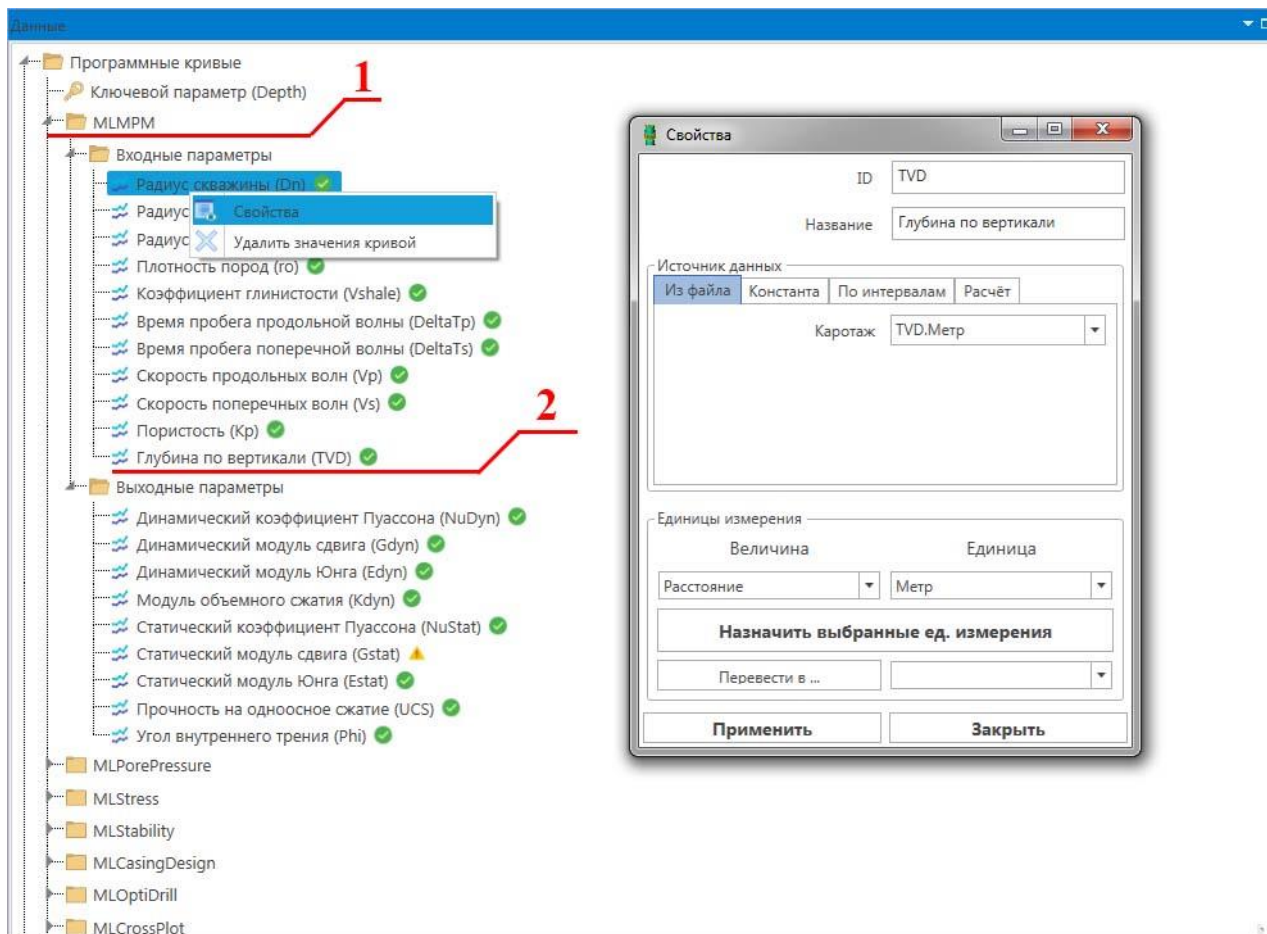


Рисунок 14 Настройки программных кривых

2. Литология (**Рисунок 15**). Контекстное меню включает пункты:
 - а. Редактировать – вызывает окно редактирования литологии;
 - б. Удалить – удаляет выбранную литологию с памяти ПО.

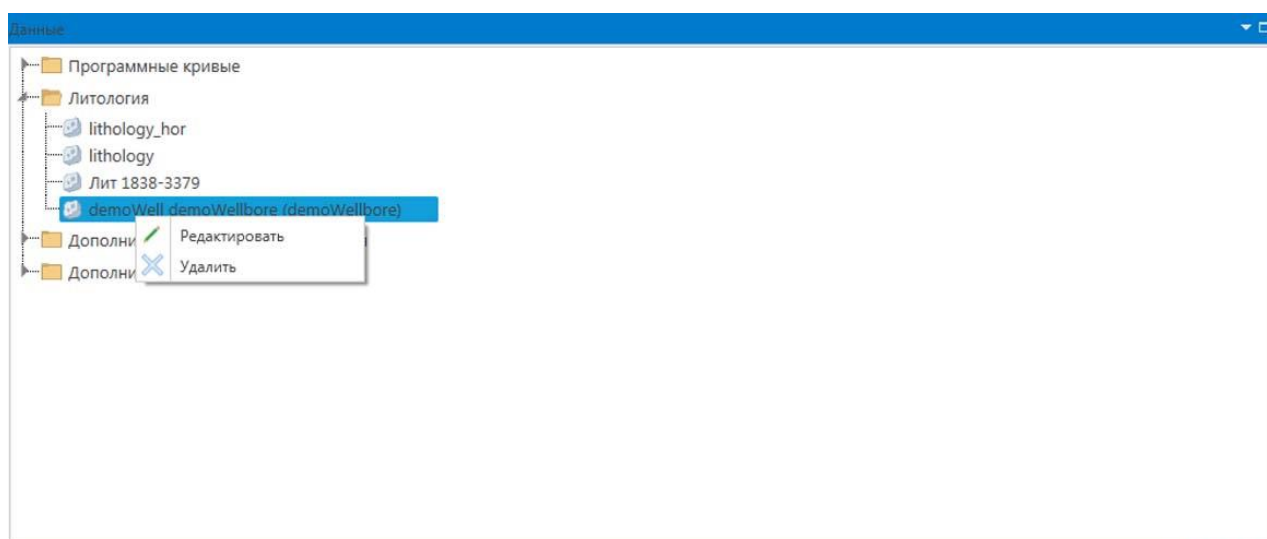


Рисунок 15 Настройка литологии

3. Дополните точечные измерения (**Рисунок 16**). Сюда помещаются все точечные измерения, которые пользователь вводит в модулях (например, химическое напряжение MLStress – см. пункт MLStress).

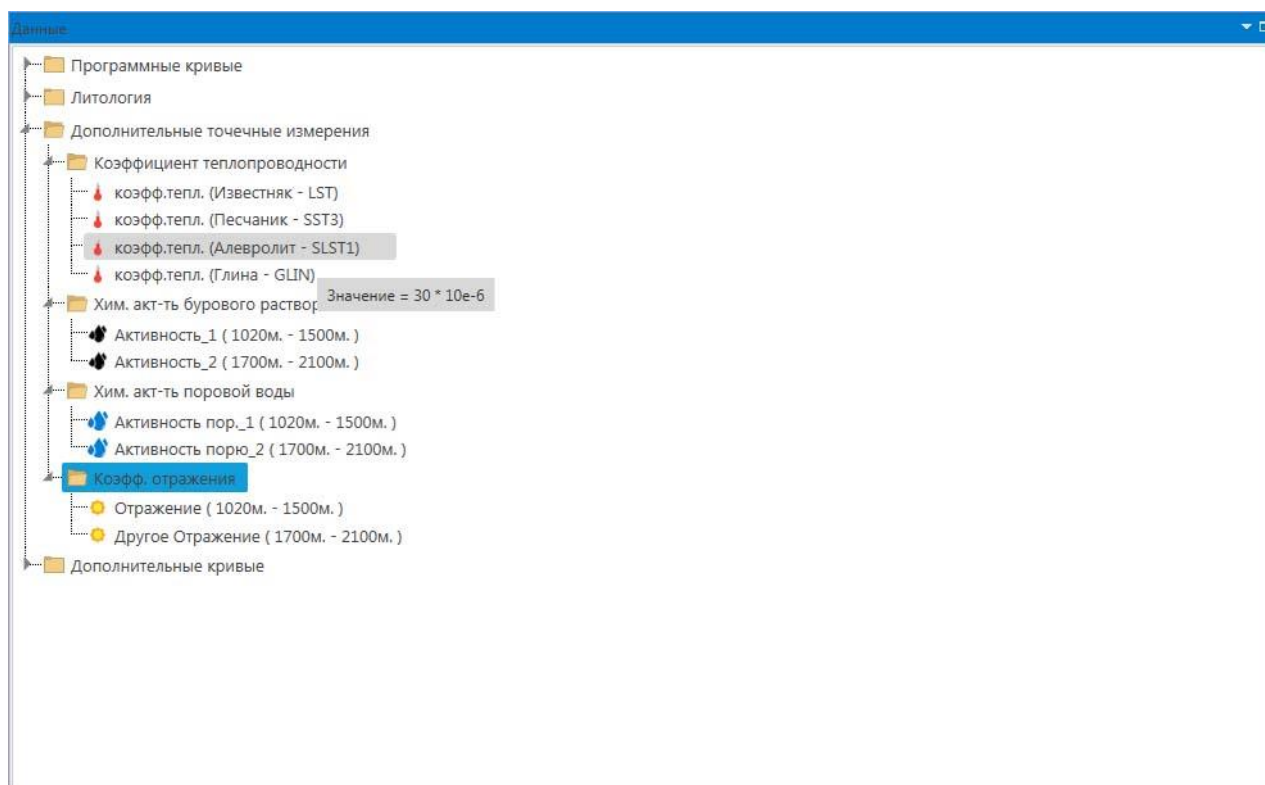


Рисунок 16 Настройка дополнительных точечных измерений

4. Дополнительные кривые (**Рисунок 17**). Через контекстное меню доступно:
 - а. Свойства кривых. Идентично аналогичному пункту программных кривых;
 - б. Назначить программной кривой. Заменяет значения программной кривой значениями выбранной дополнительной кривой.
 - с. Удалить кривые. Безвозвратно удаляет выбранную кривую из памяти программы.

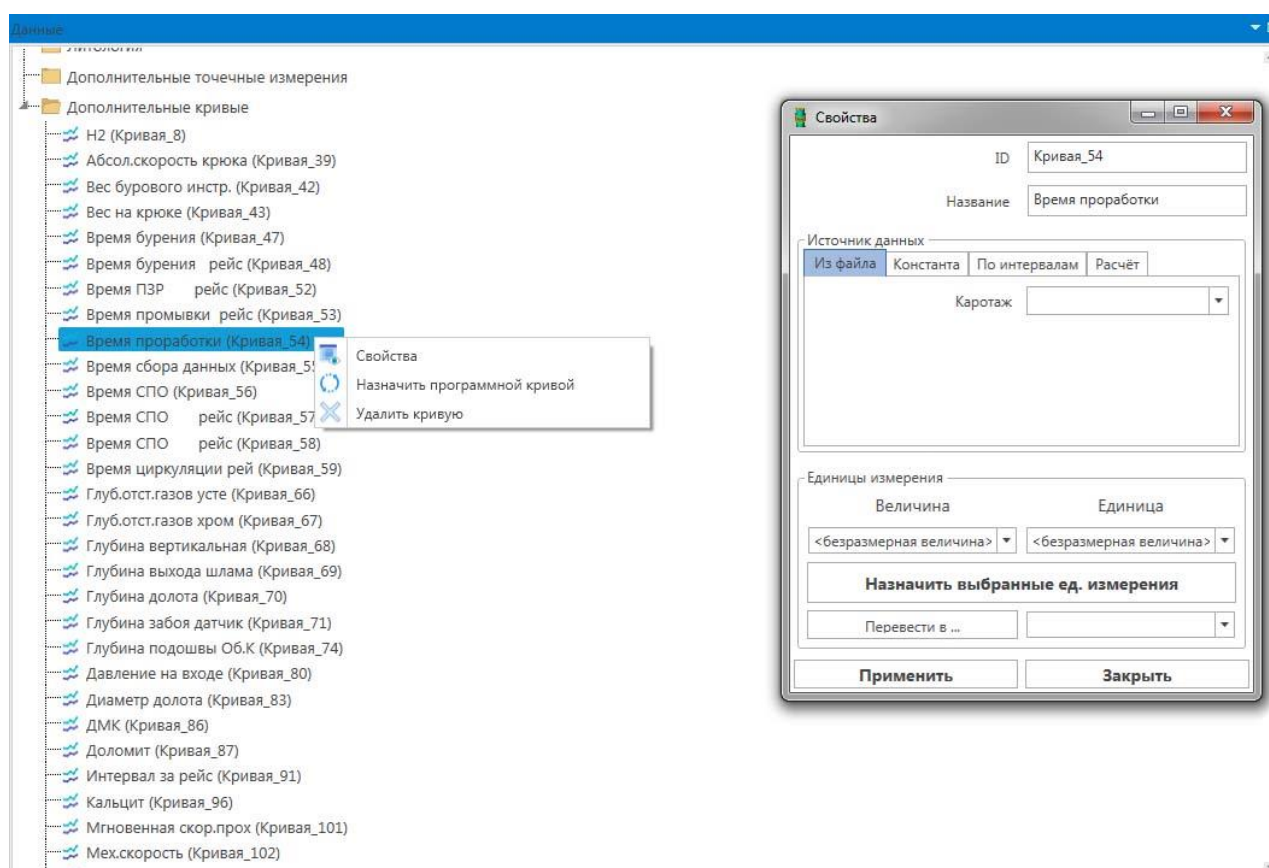


Рисунок 17 Настройка дополнительных кривых

РЕДАКТИРОВАНИЕ СВОЙСТВ КРИВОЙ

Чтобы открыть окно редактирования параметров/значений кривой (**Рисунок 18**), необходимо вызвать окно настройки двойным нажатием левой клавиши мыши по выбранной кривой в окне просмотра данных, либо вызвав соответствующий пункт контекстного меню.

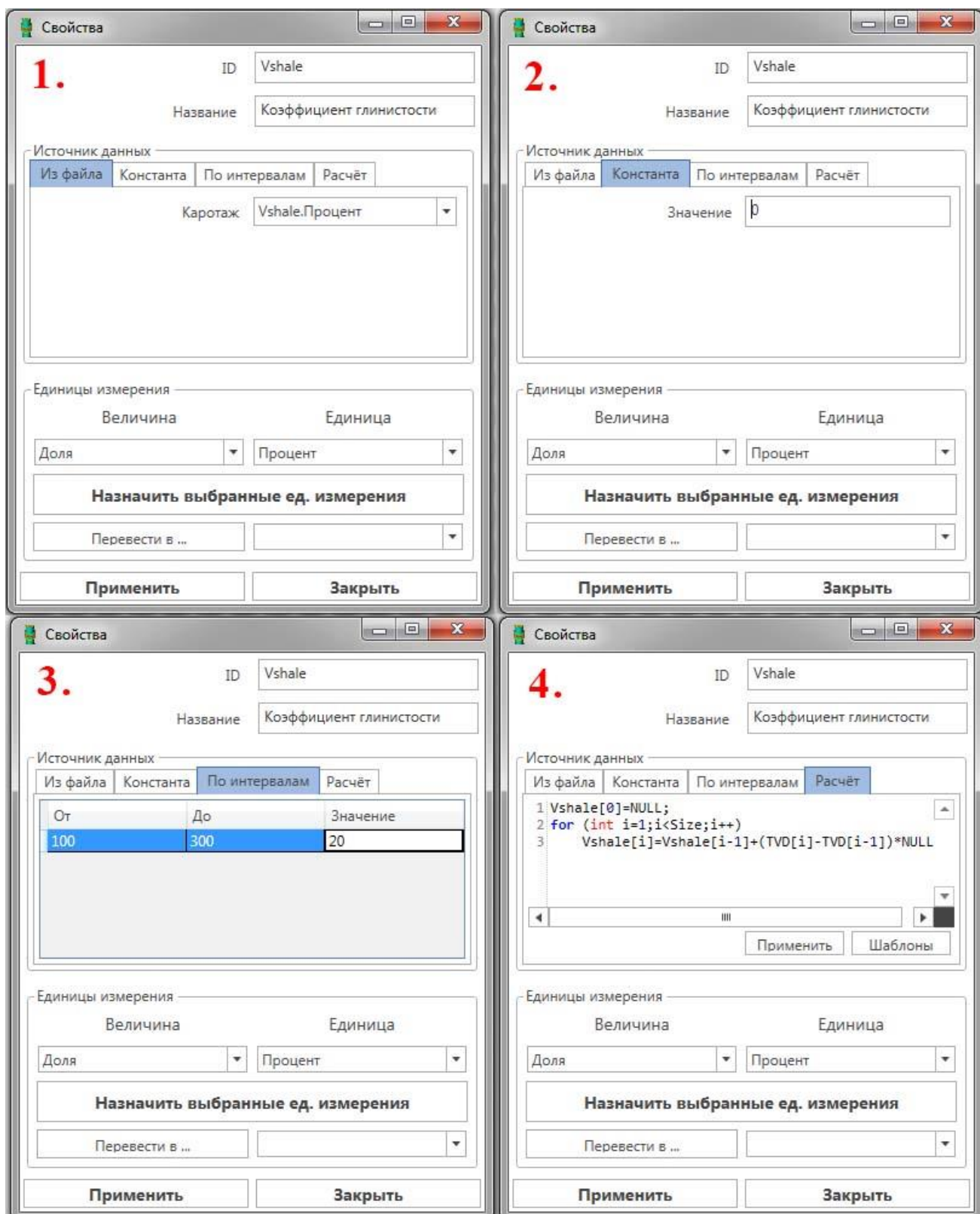


Рисунок 18 Окно редактирования кривой

В данном окне реализован следующий функционал:

1. Присвоение значений кривым, отсутствующим во входном файле или не соответствующим по названию;
2. Позволяет производить сопоставление параметра с кривой из исходного файла, для чего необходимо перейти на вкладку «Из файла»; Позволяет задавать статическое значение, для чего необходимо перейти на вкладку «Константа»;
3. Позволяет задавать значения по интервалам, для чего необходимо перейти к вкладке «По интервалам»;
4. Позволяет вводить формулу расчета для значений кривой, для чего необходимо перейти к вкладке «Расчёт». На данной вкладке расположено поле для ввода формул;

Примечание

Редактор формул использует язык программирования С#, что с одной стороны позволяет реализовывать сложную логику обработки, с другой стороны требует от пользователя определённой подготовки.

5. Имеется возможность назначения единиц измерения и/или перевода одних единиц измерения в другие для числовых параметров (**Рисунок 19**). Для этого в окне свойств кривой необходимо выбрать соответствующую физическую величину (если она не задана изначально), исходная и требуемая единицы измерений. При нажатии кнопки «Перевод» осуществляется перевод величин, при этом результирующая величина записывается в качестве исходной для данной кривой. При нажатии кнопки «назначить выбранные ед. измерения» кривой будут назначены соответствующие единицы измерения.

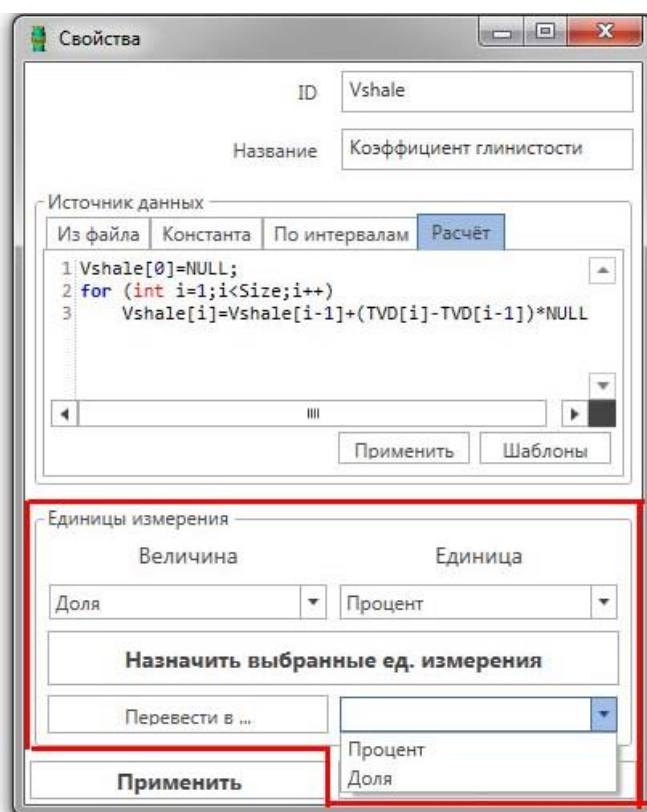


Рисунок 19 Работа с единицами измерения кривой

Примечание

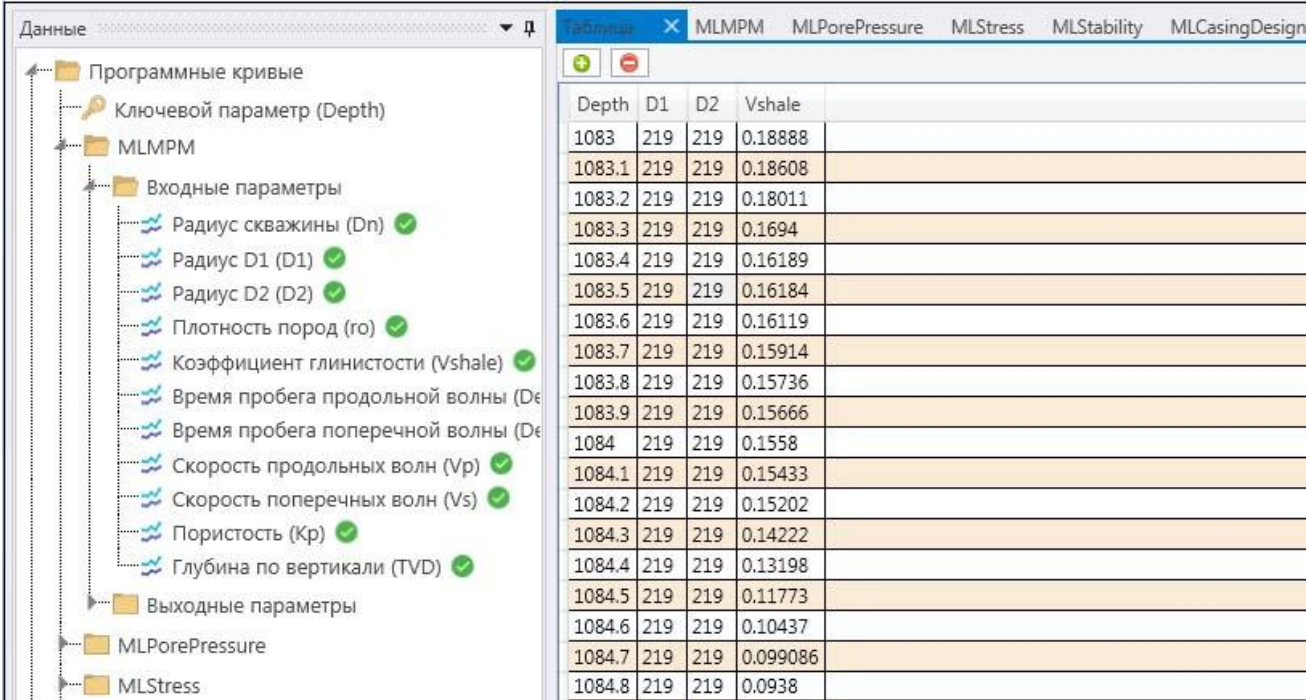
Следите за соответствием единиц измерения указанным после загрузки данных до начала расчётов. Программа не имеет возможности автоматически определять единицы для всех параметров, что может привести к ошибкам в расчётах.

ПРОСМОТР ДАННЫХ

В программе MLGeomechanics реализована возможность просмотра данных в табличном и графическом виде, для чего на панели быстрого доступа добавлены соответствующий иконки вызова одноименных вкладок в главном окне.

ТАБЛИЦА

Для добавления значений кривых в окно таблицы необходимо взаимодействие с зеленой кнопкой [+], для удаления – красной кнопкой [-] (**Рисунок 20**). Добавить данные в данное окно можно также путём перетаскивания переменной из окна просмотра данных в окно таблицы.



The screenshot shows the 'Data' window in MLGeomechanics. On the left is a tree view of parameters under 'Programmatic curves'. The 'Input parameters' folder is expanded, showing various parameters with green checkmarks indicating they are loaded. On the right is a table with columns: Depth, D1, D2, Vshale, and an empty column. The table contains 17 rows of data, with some rows highlighted in orange.

Depth	D1	D2	Vshale	
1083	219	219	0.18888	
1083.1	219	219	0.18608	
1083.2	219	219	0.18011	
1083.3	219	219	0.1694	
1083.4	219	219	0.16189	
1083.5	219	219	0.16184	
1083.6	219	219	0.16119	
1083.7	219	219	0.15914	
1083.8	219	219	0.15736	
1083.9	219	219	0.15666	
1084	219	219	0.1558	
1084.1	219	219	0.15433	
1084.2	219	219	0.15202	
1084.3	219	219	0.14222	
1084.4	219	219	0.13198	
1084.5	219	219	0.11773	
1084.6	219	219	0.10437	
1084.7	219	219	0.099086	
1084.8	219	219	0.0938	

Рисунок 20 Просмотр данных в виде таблицы

В данном окне позволяет редактирование значений, при этом необходимо учитывать, что источник данных для кривой автоматически переключается в режим «Расчёт».

ПЛАНШЕТ

Для добавления значений кривых в окно планшета необходимо взаимодействие с зеленой кнопкой [+], для удаления – красной кнопкой [-] (**Рисунок 21**). Добавить данные в данной окно можно также путём перетаскивания переменной из окна просмотра данных в окно планшета.

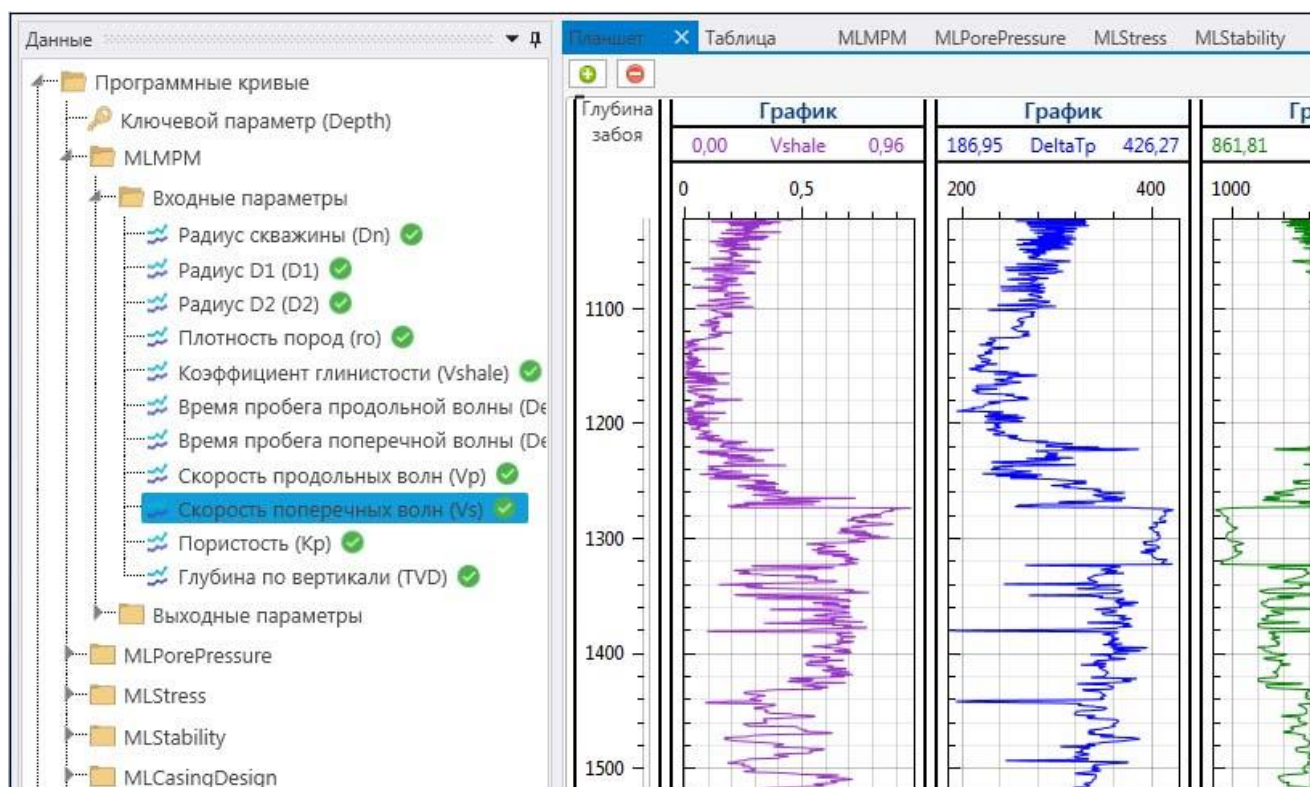


Рисунок 21 Просмотр данных в графическом планшете

Столбцы в планшете можно менять местами, перетаскивая их мышью за «шапку» графика. Таким же образом можно удалять с планшета лишние столбцы, перетаскивая их за «шапку» левой кнопкой мыши вверх. Также позволяет в один график добавлять несколько различных кривых и литологию, для взаимного их анализа.

Нажатие и ведение вдоль графика левой кнопки мыши вызывает «трекер», показывающий значение в точке в месте клика мыши во всех окнах с графиками и для всех кривых в одном окне графика (Рисунок 22).

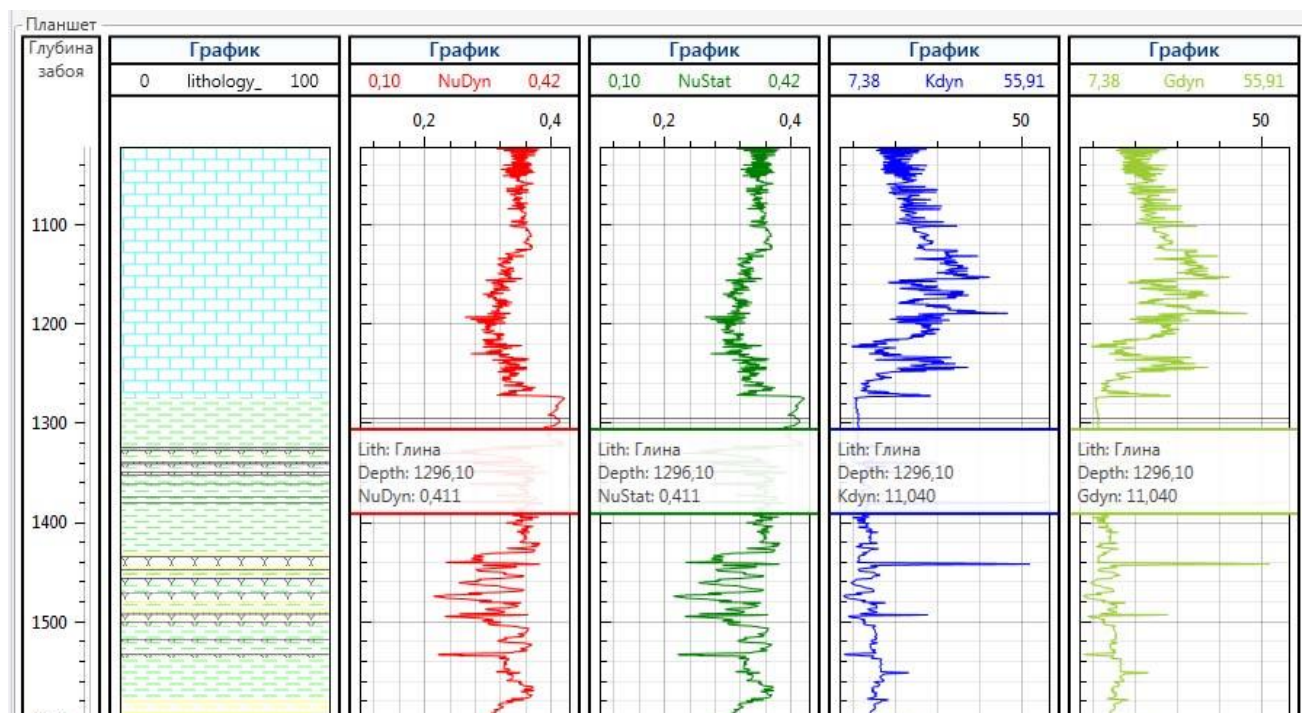


Рисунок 22 "Трекер" графиков

Масштаб графиков изменяется прокруткой колеса мыши с зажатой клавишей **Ctrl**. Для перемещения по графику – необходимо использовать колесо мыши без клавиши **Ctrl**, или полосой прокрутки в правой части планшета.

Чтобы более подробно узнать о кривой, отображаемой в графической зоне, необходимо навести курсор мышки на краткое наименование кривой в шапке графика (**Рисунок 23**).

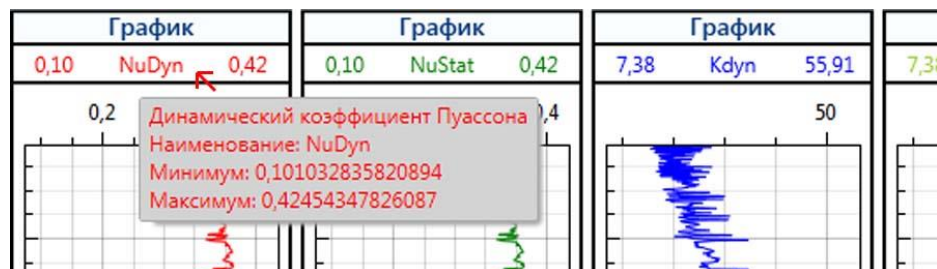


Рисунок 23 Подробное описание кривой

РЕДАКТИРОВАНИЕ ОТОБРАЖЕНИЯ ГРАФИКА

Для открытия окна свойств графика нужно нажать правой кнопкой мыши по графику и в контекстном меню выбрать «Свойства графика».

На вкладке «Общие настройки» (**Рисунок 24**) отображены настройки, единые для всего столбца, позволяющие масштабировать отображение кривой/кривых на графике. При выбранном режиме «Без привязки к масштабу» - кривые на графике приводятся к единому масштабу, что предоставляет более удобный инструментарий для их совместного анализа.

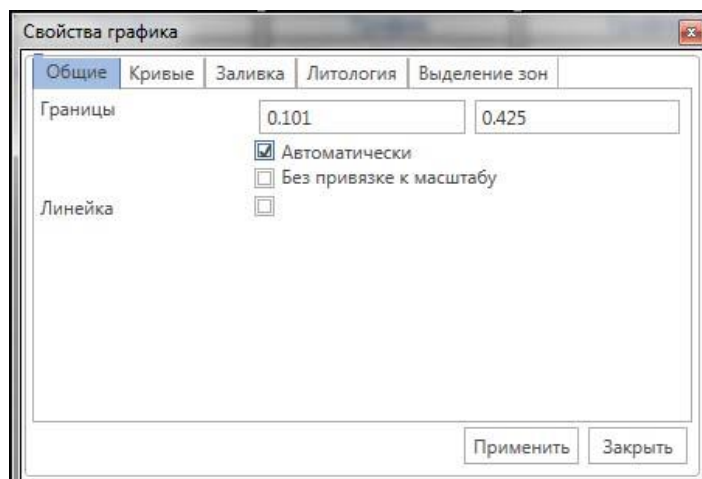


Рисунок 24 Отображение графиков (общие настройки)

На вкладке «Кривые» (**Рисунок 25**) отображается таблица со списком отображённых на данный момент на графике кривых. Добавление/удаление производится кнопками, в таблице можно настроить внешний вид кривых (толщина кривой, цвет).

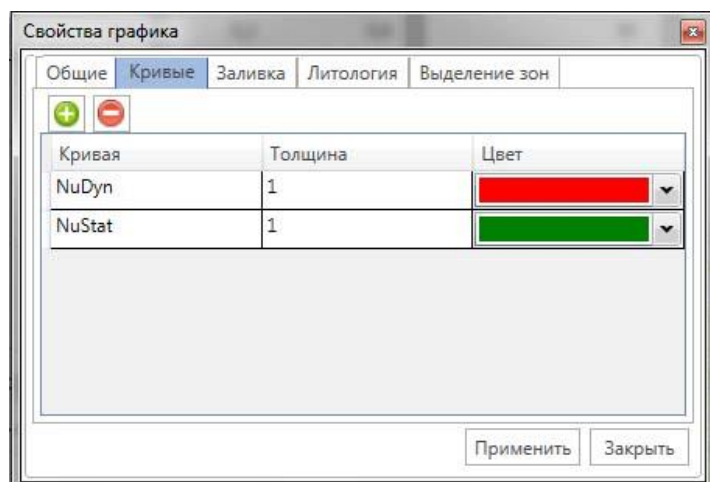


Рисунок 25 Отображение графиков (работа с кривыми)

На вкладке «Заливка» настраивается заливка областей между указанными в свойствах кривыми и/или границами окна (Рисунок 26).

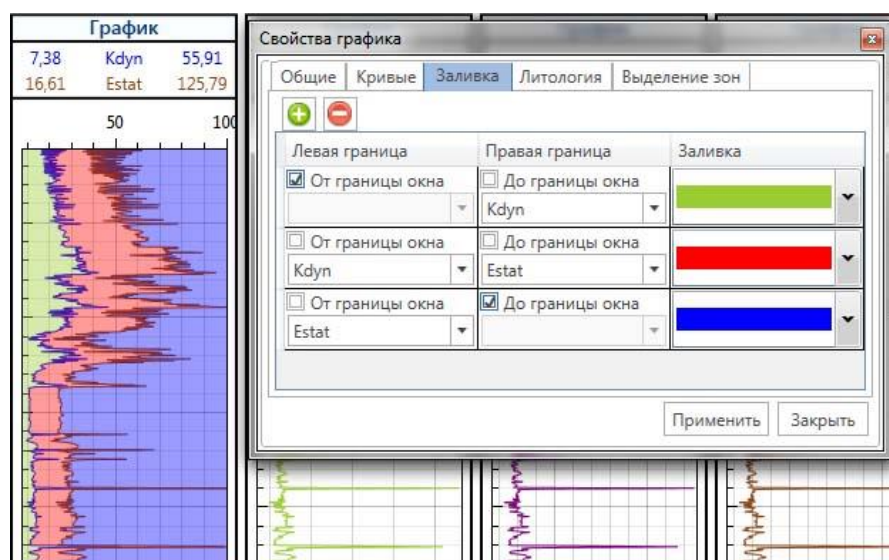


Рисунок 26 Отображение графиков (Заливка)

На вкладке «Литология» (Рисунок 27) отображается список добавленных на график значений литотипов.

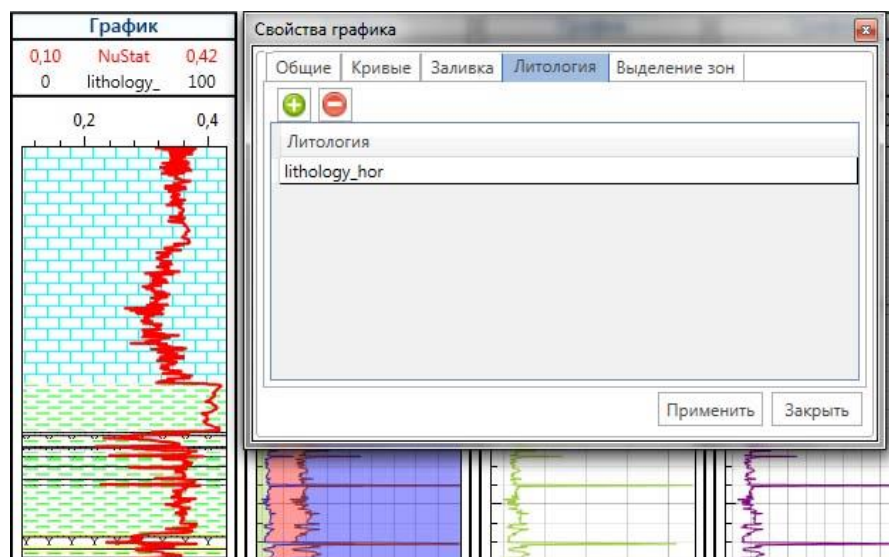


Рисунок 27 Отображение графиков (Литология)

На вкладке «Выделение зон» (**Рисунок 28**) задаются условия, по которым вертикальные участки графика закрашиваются указанным цветом.

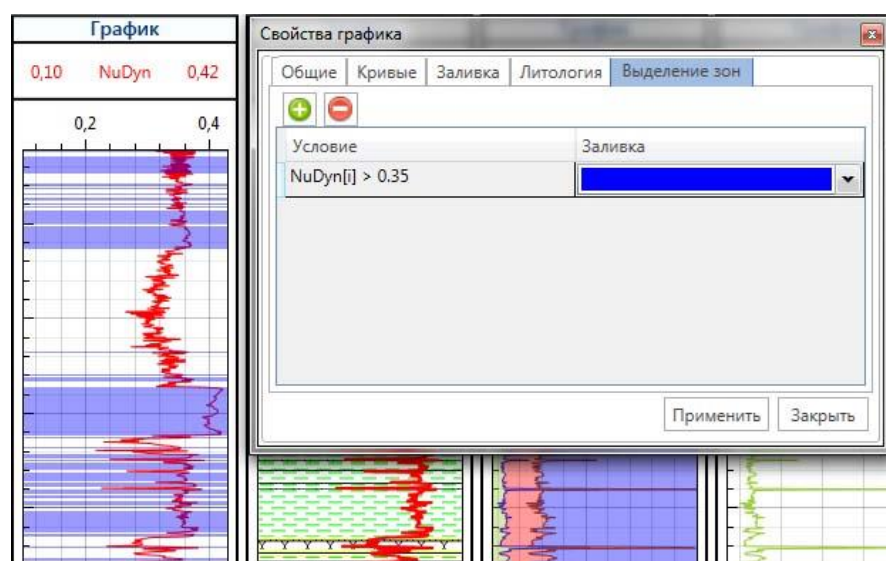


Рисунок 28 Отображение графиков (Выделение зон)

Примечание

Правила написания условий согласно языку C#.

ЭКСПОРТ ДАННЫХ

MLGeomechanics позволяет экспортировать кривые в формат данных LAS. Для вызова окна экспорта необходимо в панели инструментов выбрать пункт «Сохранить файл» (**Рисунок 29**).

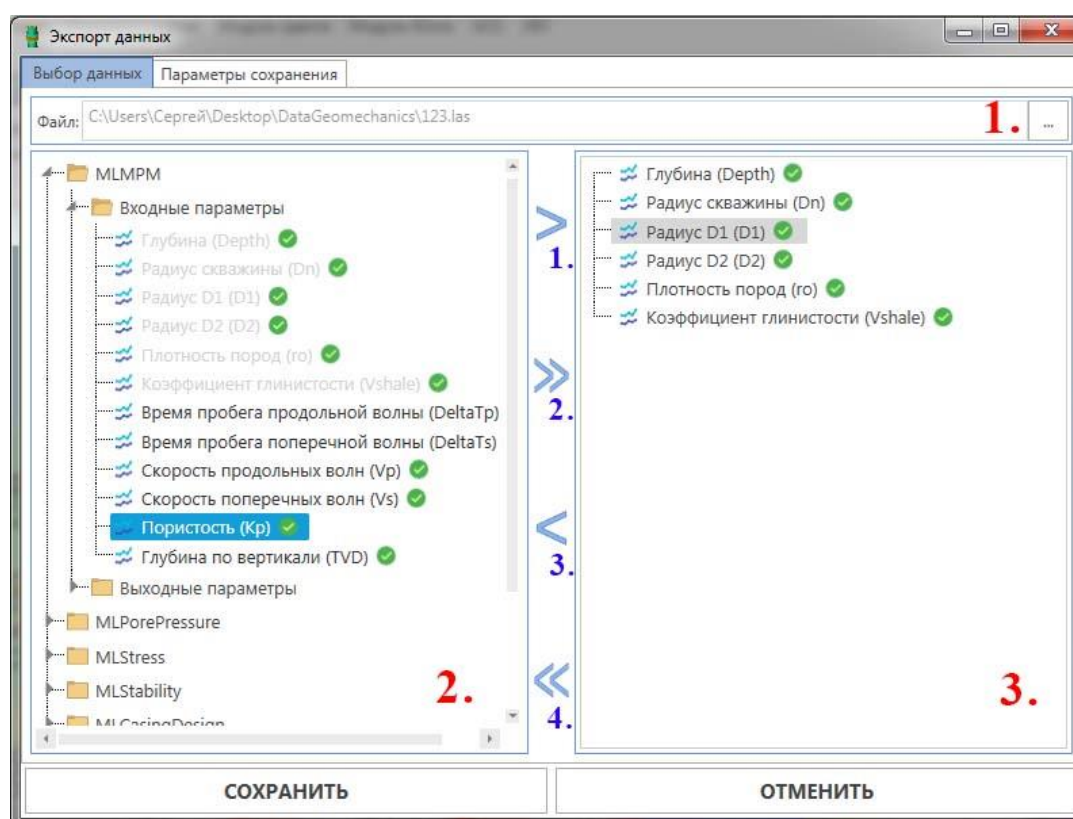


Рисунок 29 Экспорт данных (выбор кривых)

Работа с окном предполагает следующую последовательность действий:

1. Выбор файла – на рис. Красная цифра 1;
2. Выбор кривых. Для удобства, все кривые разбиты по группам согласно их принадлежности модулям. Выбор кривых осуществляется в окне, обозначенном на рис. Красной цифрой 2;
3. Необходимо выбранные кривые кнопками управления (синие цифры 1-4) перенести в область, обозначенную красной цифрой 3.

На вкладке «Параметры сохранения» реализована возможность выбора интервала сохранения данных и шага (**Рисунок 30**).

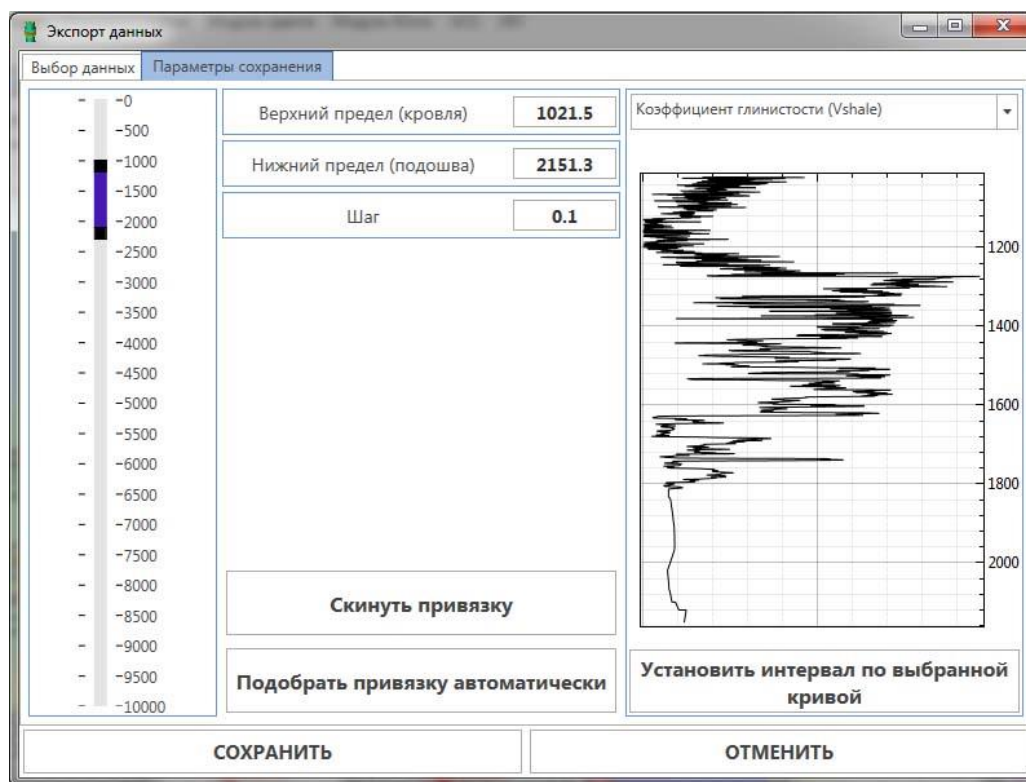


Рисунок 30 Экспорт данных (параметры сохранения)

ОБЪЕДИНЕНИЕ (СЛИЯНИЕ) ДАННЫХ

MLGeomechanics позволяет экспортировать кривые в формат данных LAS. Для вызова окна экспорта необходимо в панели инструментов выбрать пункт «Сохранить файл» (**Рисунок 31**)

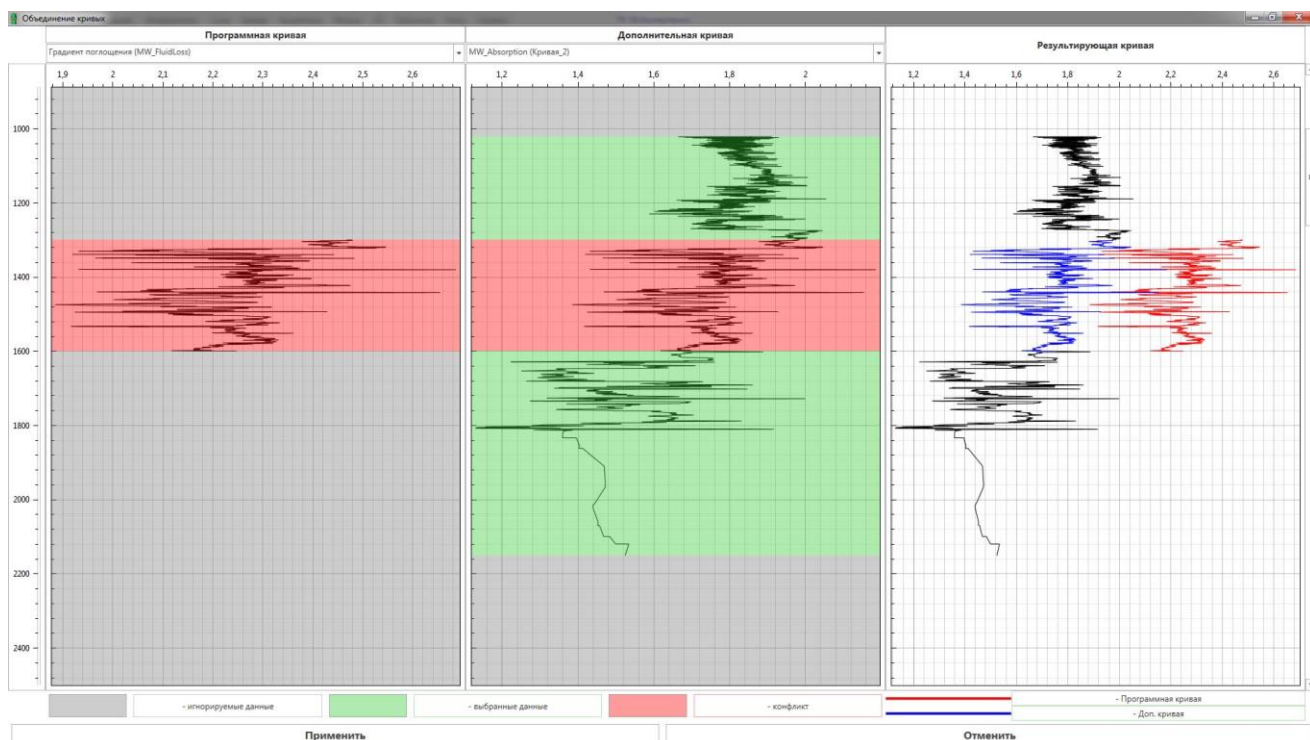


Рисунок 31 Окно объединения программных и дополнительных данных

Окно экспорта подразделяется на три области:

1. Выбор источника объединения (программная кривая);
2. Выбор второй кривой объединения (дополнительная кривая);
3. Предварительный просмотр результата объединения.

Примечание

При выборе кривых необходимо учитывать единицы измерения. Алгоритм не проверяет единицы, поэтому если они расходятся, то результат объединения может быть непредсказуем.

После того, как обе кривые выбраны (программная и дополнительная) алгоритм автоматически подсвечивает области отсутствия данных – серая область, уникальных данных – зелёная и конфликтная область – красная. При этом в окне предварительного результата в зонах конфликта отображаются одновременно две кривых, чтобы пользователь визуально мог оценить и выбрать необходимую ему область.

Выбор области конфликта осуществляется через контекстное меню (Рисунок 32)

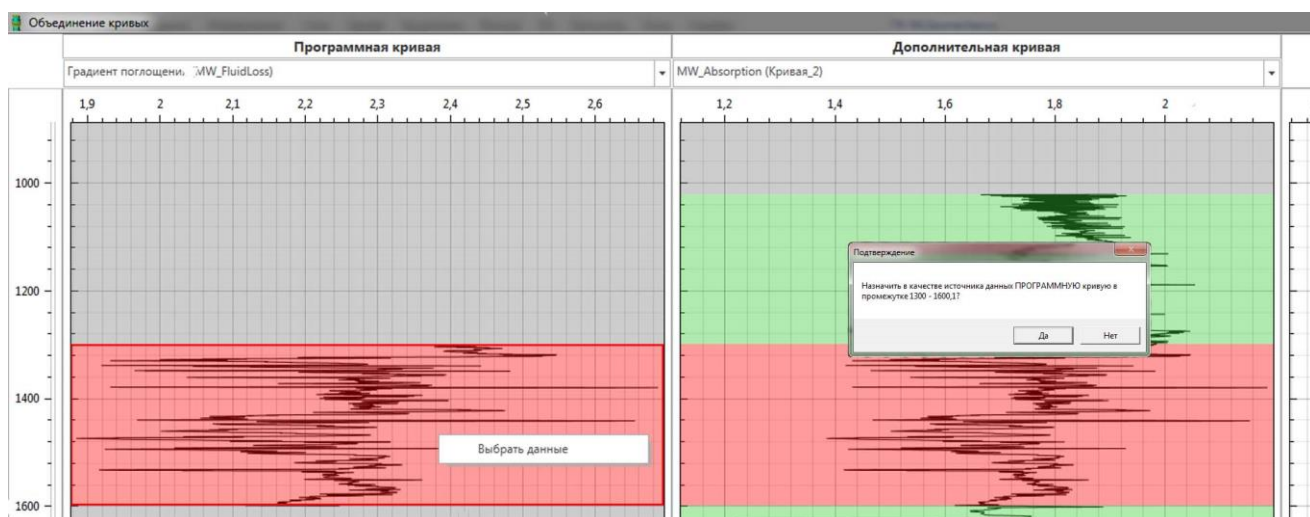


Рисунок 32 Экспорт данных. Разрешение конфликтной ситуации.

После объединения программа предлагает пользователю настройки по сохранению старых и новых данных (**Рисунок 33**):

1. Заменить программную переменную результирующей с перемещением старых данных в дополнительные;
2. Сохранить результирующую кривую в дополнительные;
3. Удалить дополнительную кривую без возможности восстановления.

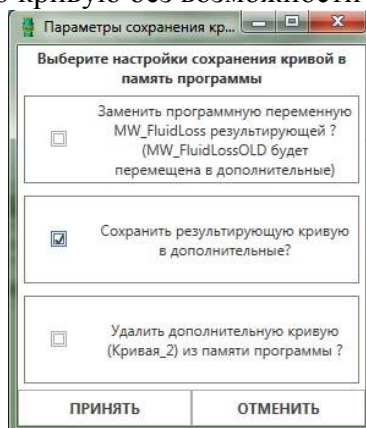


Рисунок 33 Объединение кривых. Параметры сохранения данных

ВЫБОР РАБОЧЕГО ИНТЕРВАЛА

Для совместной обработки данных с различных источников в ПО MLGeomechanics осуществляется построение единого набора глубин от 0 до 10 км. В ПО осуществлена возможность настройки интервала работы по глубине (**Рисунок 34**). Доступ к данному окну осуществляется либо через панель инструментов главного окна программы, либо через контекстное меню в списке параметров у «ключевой параметр»

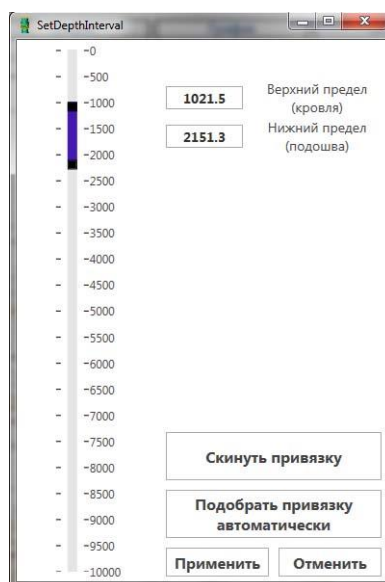


Рисунок 34 Настройка рабочего интервала программы по глубинам

МОДУЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ММС ММС (MLMPM)

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Модуль предназначен для построения модели механических свойств породы, включающих: коэффициент Пуассона, модули упругости (Юнга, сдвига, объёмного сжатия), НППС, угол

внутреннего трения.

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ МОДУЛЯ MLMPM

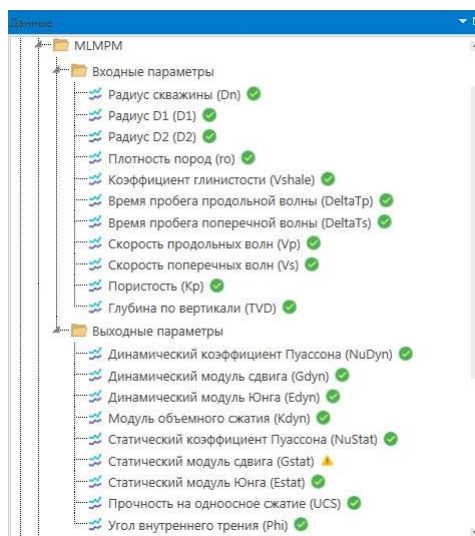


Рисунок 35 Входные данные MLMPM

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

Для начала работы в модуле расчета механических свойств, необходимо выбрать вкладку “MLMPM” в рабочей области программы. По умолчанию инструментарий, отвечающие за расчеты, не активны до тех пор, пока не будут произведены первоначальные загрузки или расчёты данных в программу.

В качестве обязательных входных параметров модулю необходимы данные о литологии и массив входных геолого-геофизических данных. Способ загрузки данных в программу описан в соответствующем пункте.

При загрузке данных в программу в конце модуля автоматически обновляются все необходимые/отображенные в окне графики (**Рисунок 36**).

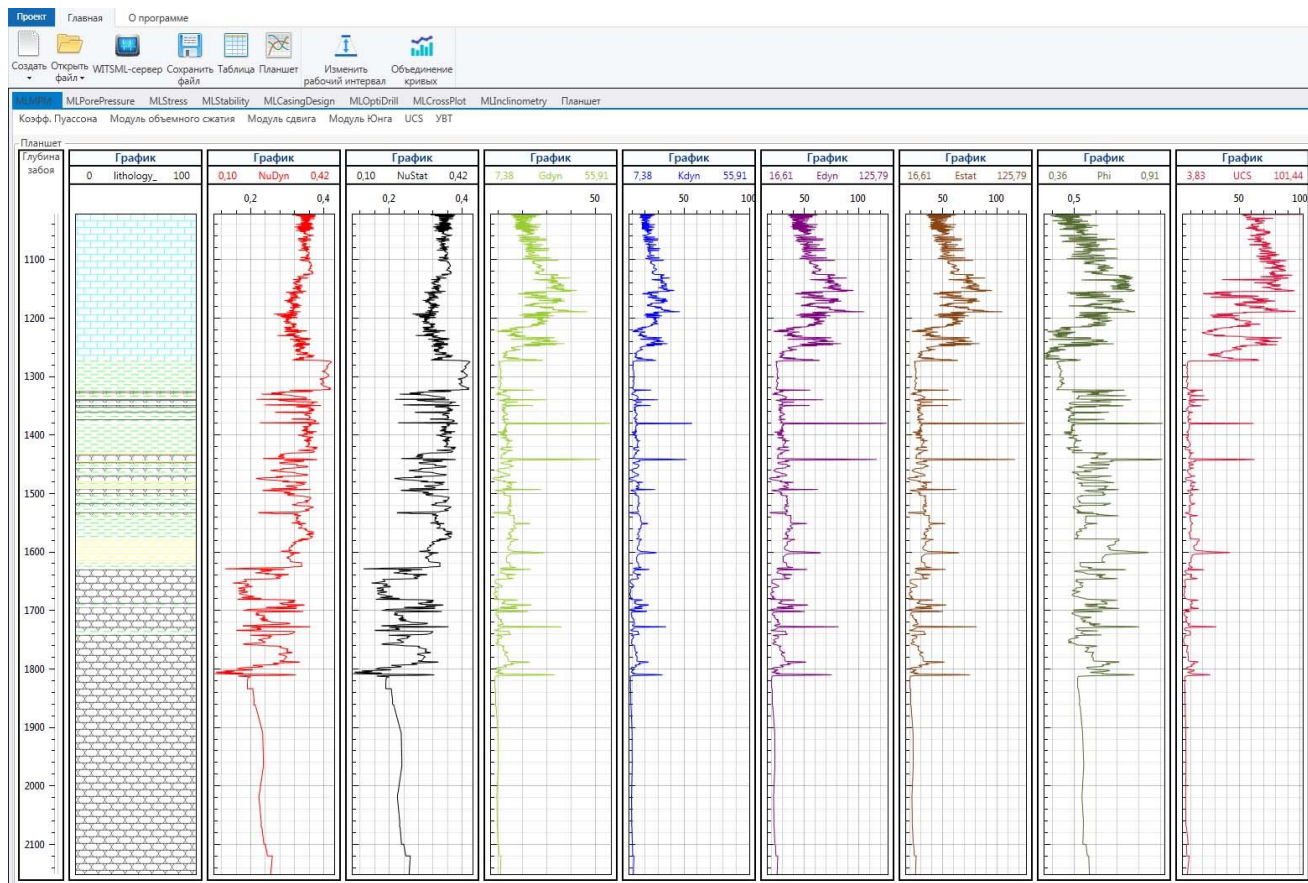


Рисунок 36 Загруженные и рассчитанные данные MLMPM

На планшете данного модуля допускается вся та же работа с графиками, что описана в пункте работы с графиками на планшете, включая редактирование литологии, свойств кривых и т.д.

Примечание

Пользователю необходимо самому отслеживать целостность данных, заданы ли единицы измерения у кривых.

Убедившись, что все необходимые данные загружены и доступны модулю, можно выполнить расчёт динамических модулей упругости и коэффициента Пуассона (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) (пункт «Расчёт динамических значений» в соответствующих меню). Динамический коэффициент рассчитывается автоматически согласно заложенному в ПО алгоритму. Для расчёта статического коэффициента Пуассона необходимо воспользоваться окном расчёта параметров, где вводятся формулы для каждого указанного литотипа (возможно применение одной формулы ко всем литотипам через контекстное меню) (**Рисунок 37**).

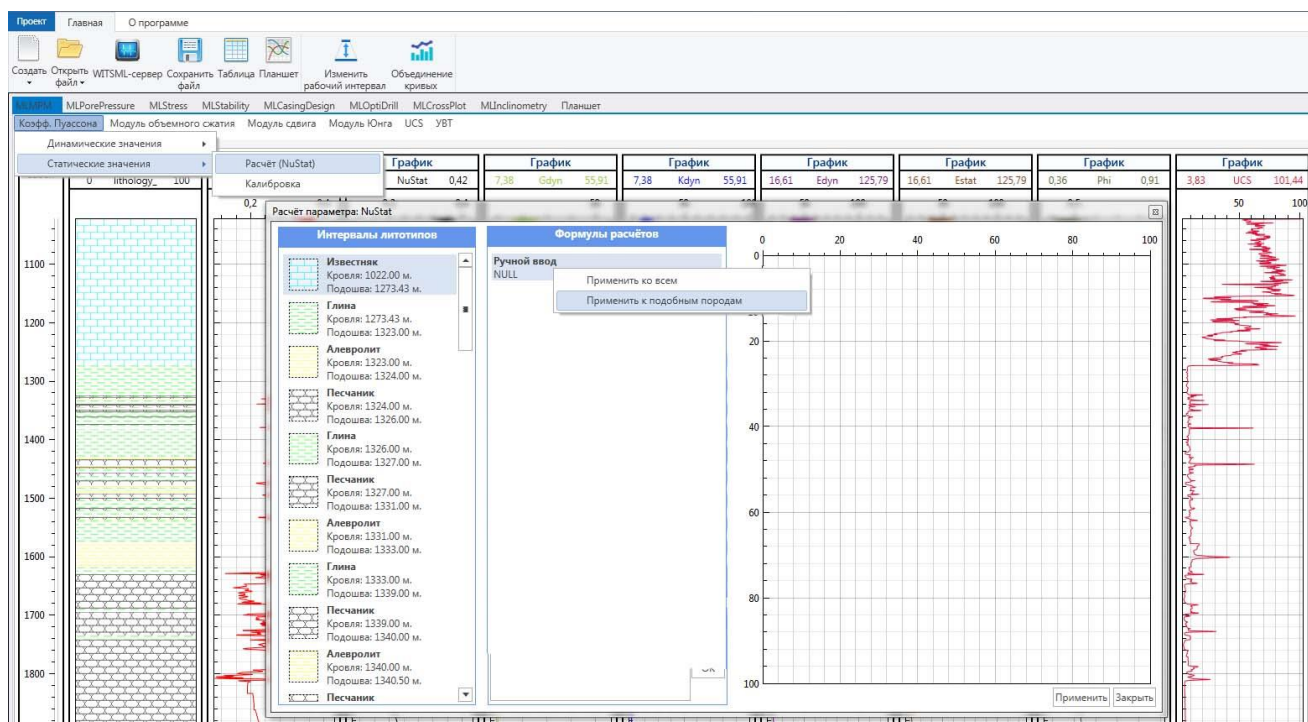


Рисунок 37 Модуль MLMPPM. Расчёт статических значений коэффициентов Пуассона

MLGeomechanics поддерживает возможность калибровки рассчитанных данных по дополнительной информации (Рисунок 38).

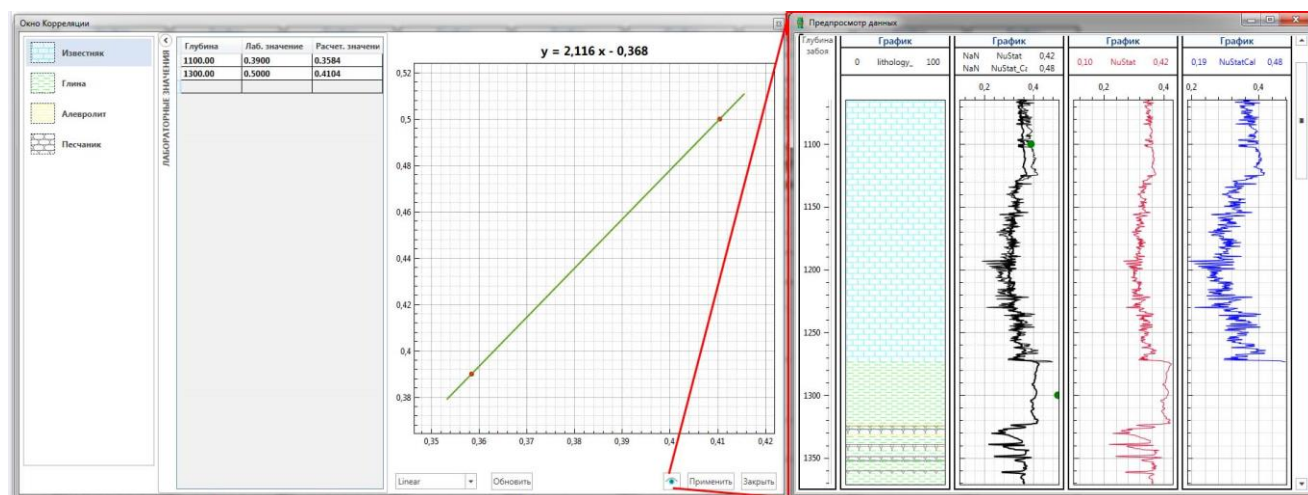


Рисунок 38 Модуль MLMPPM. Калибровка рассчитанных значений

Расчёт UCS и угла внутреннего трения осуществляется по схожему алгоритму, различие только в формулах (Рисунок 39).

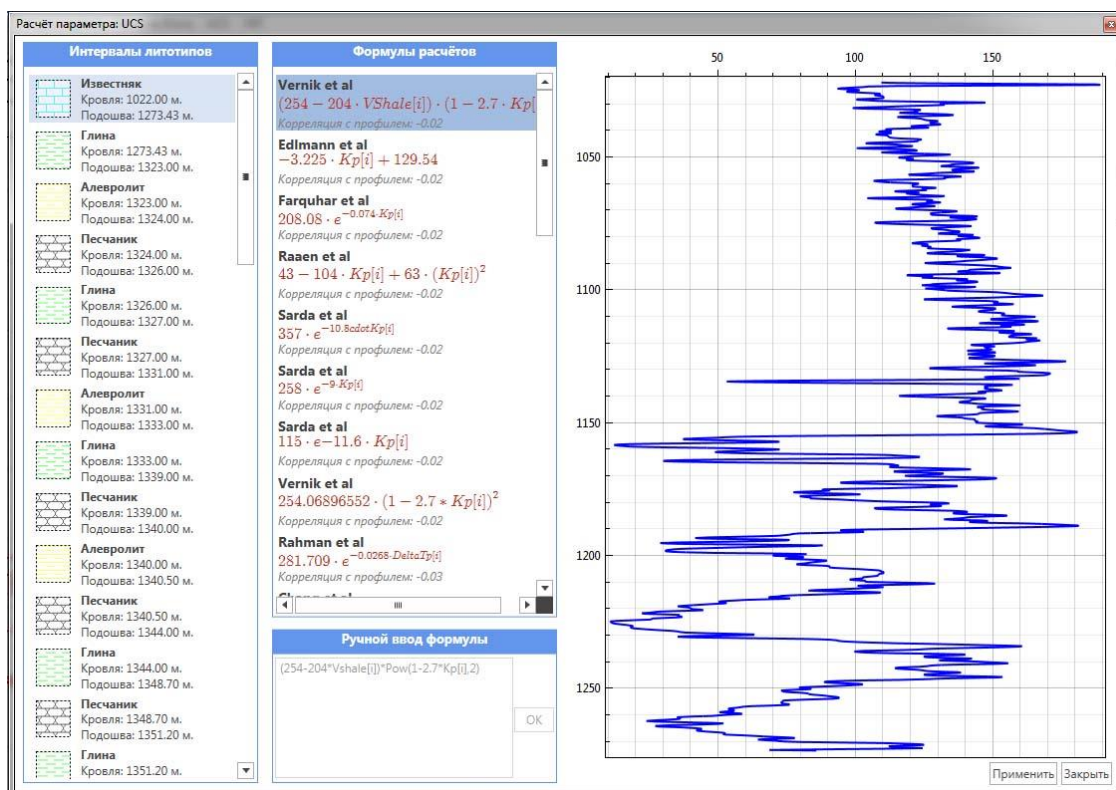


Рисунок 39 Расчет UCS / угла внутреннего трения

Расчёт указанных UCS и угла внутреннего трения производится по интервалам литологии, при этом для каждого интервала можно выбрать свою формулу расчёта из приведённых, или ввести формулу самостоятельно. Программа выводит для каждой формулы показатель корреляции рассчитанных значений с профилометрией, что может косвенно свидетельствовать о пригодности данной формулы к расчёту (интервалам с обвалами соответствуют большие значения УВТ и меньшие значения UCS, так что можно сказать, что для UCS коэффициент корреляции должен стремиться к -1, для УВТ – к 1).

Для удобства пользователя при сложной литологии можно присвоить выбранную формулу всем интервалам с такой же породой (пункт «Применить к подобным породам» в выпадающем меню на формуле) или ко всему разрезу («Применить ко всем»).

Примечание

Необходимо самостоятельно следить за единицами измерения параметров, участвующих в расчётах на этом этапе.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Результатами работы модуля являются: литология; кривые статического коэффициента Пуассона, модуля Юнга, модуля сдвига, НППС, угла внутреннего трения.

МОДУЛЬ РАСЧЁТА ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ (MLPOREPRESSURE)

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Программа обеспечивает расчет порового давления, градиента порового давления и вертикального напряжения.

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ МОДУЛЯ MLPOREPRESSURE

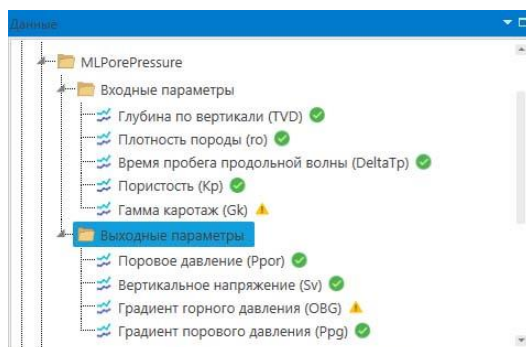


Рисунок 40 Входные данные MLPorePressure

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

Для начала работы в модуле MLPorePressure, необходимо в главном окне программы выбрать вкладку с одноименным названием (Рисунок 41).

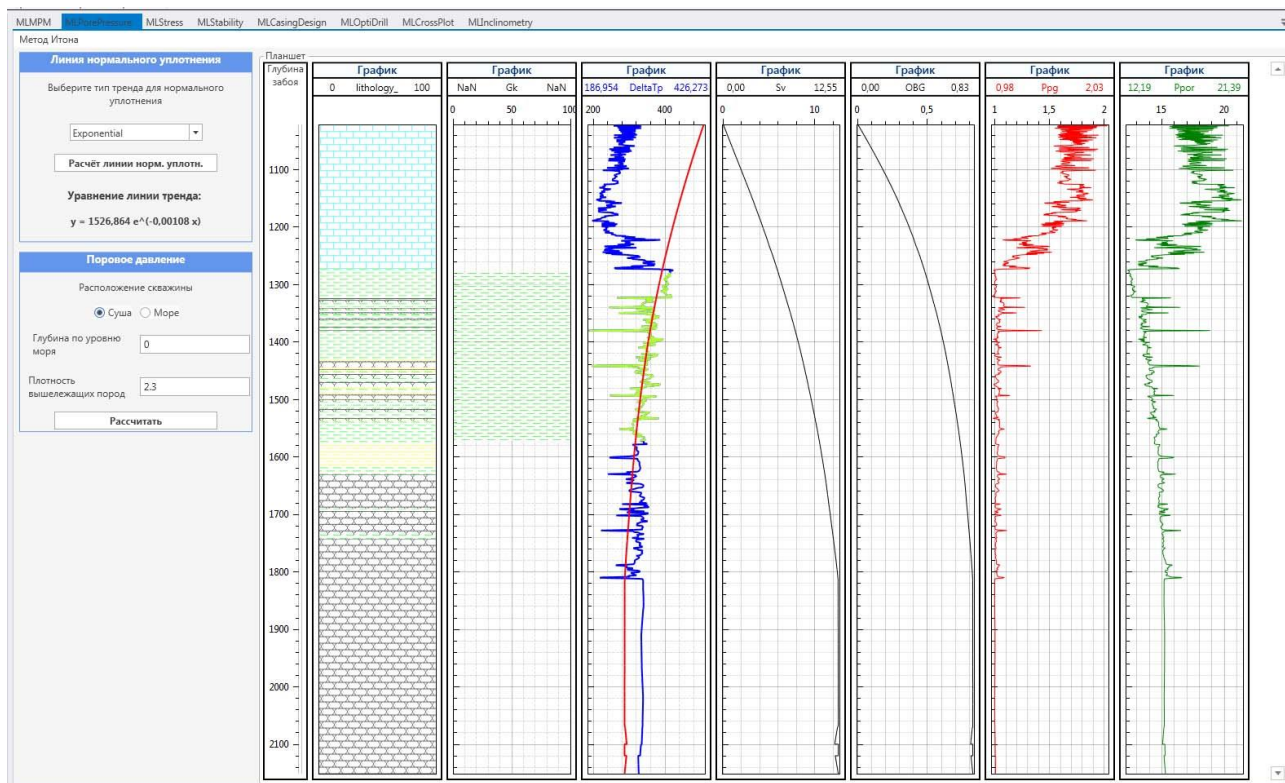


Рисунок 41 Модуль MLPorePressure. Графический планшет

На графическом планшете данного модуля поддерживается все те же функции, что описаны в пункте работы с графиками на планшете, включая редактирование литологии, свойств кривых и т.д.

Убедившись, что все необходимые данные загружены и доступны модулю, можно приступить к необходимым расчётам:

1. Руководствуясь литологией и формой ГК (Gk), на графике отмечается опорный глинистый пласт в разрезе (выбор осуществляется на графике Gk независимо от того, определены ли сами данные Gk или нет);
2. В отмеченном интервале опорного глинистого пласта производится аппроксимация времени пробега волны для построения линии нормального уплотнения по всей глубине скважины. Пользователь предварительно выбирает тип тренда на панели модуля MLPorePressure;
3. Расчёт вертикального напряжения и порового давления. Пользователь предварительно задаёт среднюю плотность вышележащих пород.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Результатами работы модуля являются: поровое давление, вертикальное напряжение, градиент горного давления, градиент порового давления.

МОДУЛЬ РАСЧЁТА НАПРЯЖЕНИЙ (MLSTRESS)

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Программа обеспечивает расчет и калибровку вертикального, минимального и максимального горизонтальных напряжений, температурного и химического напряжений на основе полученной модели механических свойств.

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ МОДУЛЯ MLSTRESS

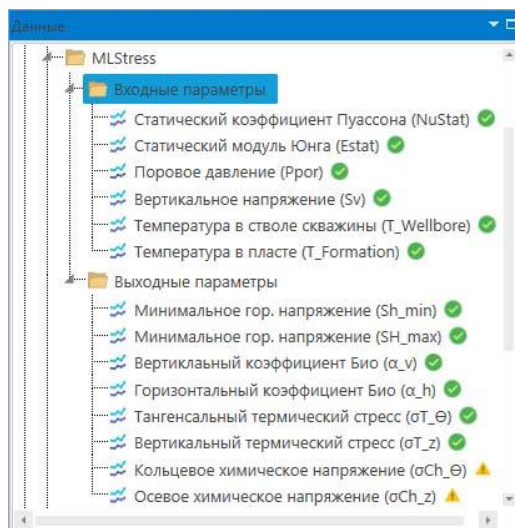


Рисунок 42 Входные данные модуля MLStress

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

Для начала работы в модуле MLStress, необходимо в главном окне программы выбрать вкладку с одноименным названием.

На графическом планшете данного модуля поддерживается все те же функции, что описаны в пункте работы с графиками на планшете, включая редактирование литологии, свойств кривых и т.д.

Убедившись, что все необходимые данные загружены и доступны модулю, можно приступить к необходимым расчётам:

1. Расчёт тензора напряжений по глубине (**Рисунок 43**). Пользователь предварительно вносит данные фактических замеров в соответствующие поля модуля MLStress на вкладке «Напряжение». Для добавления новой точки измерения необходимо воспользоваться кнопкой «Добавить фактические замеры». Форма включает области из следующих параметров:
 - а. Минимальный и максимальный коэффициенты Био;
 - б. Минимальный диапазон для минимальной деформации;
 - в. Диапазон отношения максимальной деформации к минимальной;
 - г. Компоненты тензора упругости для трансверсально-изотропной среды;
 - д. Допустимая погрешность отклонения рассчитываемой величины от заданной;
 - е. Окно ввода фактических замеров. Необходимо ввести данные о поглощении,

ГРП и/или LOT (leak-off-test).

В результате работы алгоритма для каждой введенной точки фактических измерений составляется таблица наиболее подходящих комбинаций коэффициентов, необходимых для дальнейшего расчёта напряжений. Пользователю, основываясь на знаниях о литотипе, пористости, необходимо вручную выбрать единственные комбинации для каждой точки, после чего нажать на кнопку «Применить» (Рисунок 44).

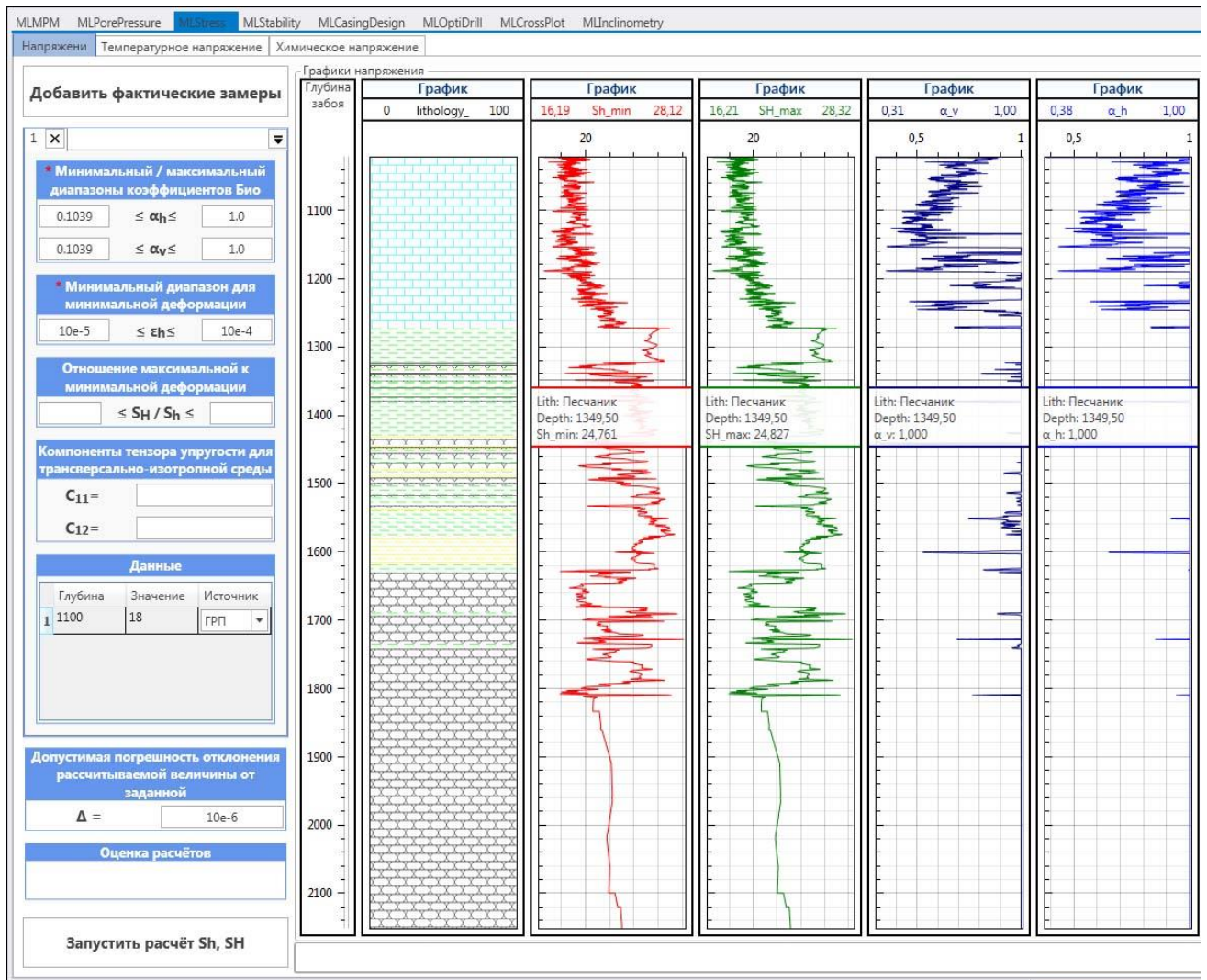


Рисунок 43 Модуль MLStress. Расчёт тензора напряжения

Выберите промежуточные данные

Для продолжения работы алгоритма необходимо выбрать наиболее подходящие минимальные/максимальные значения коэффициентов Биота (α_h и α_v) и деформаций (ϵ_h и ϵ_v) ($\beta = \phi + V$ соответствует указанной глубине).

Точка № 2

Литология:	β :	Глубина:
LST	0,465583783783783	1100

α_h	α_v	ϵ_h	ϵ_v
0.541059532449894	0.65662687465194	0.000370701988539985	0.000559854798696233
0.420050981249659	0.587493793082204	0.000435820005245423	0.000864690164762996
0.317470841530866	0.475037610443873	0.000409130618107087	0.000780804138130656
0.716561947049251	0.751976083160585	0.000706405589266869	0.00135128884136958

A1 A2 B1 B2 C1 C2

ПРИНЯТЬ

Рисунок 44 Модуль MLStress. Коэффициенты Био

2. Расчёт температурного напряжения (**Рисунок 45**). Пользователь на вкладке «Температурное напряжение» модуля MLStress предварительно заносит в таблицу коэффициенты теплопроводности для каждого из указанных литотипов. По умолчанию значения равны NaN, и для таких литотипов расчёты не производятся.

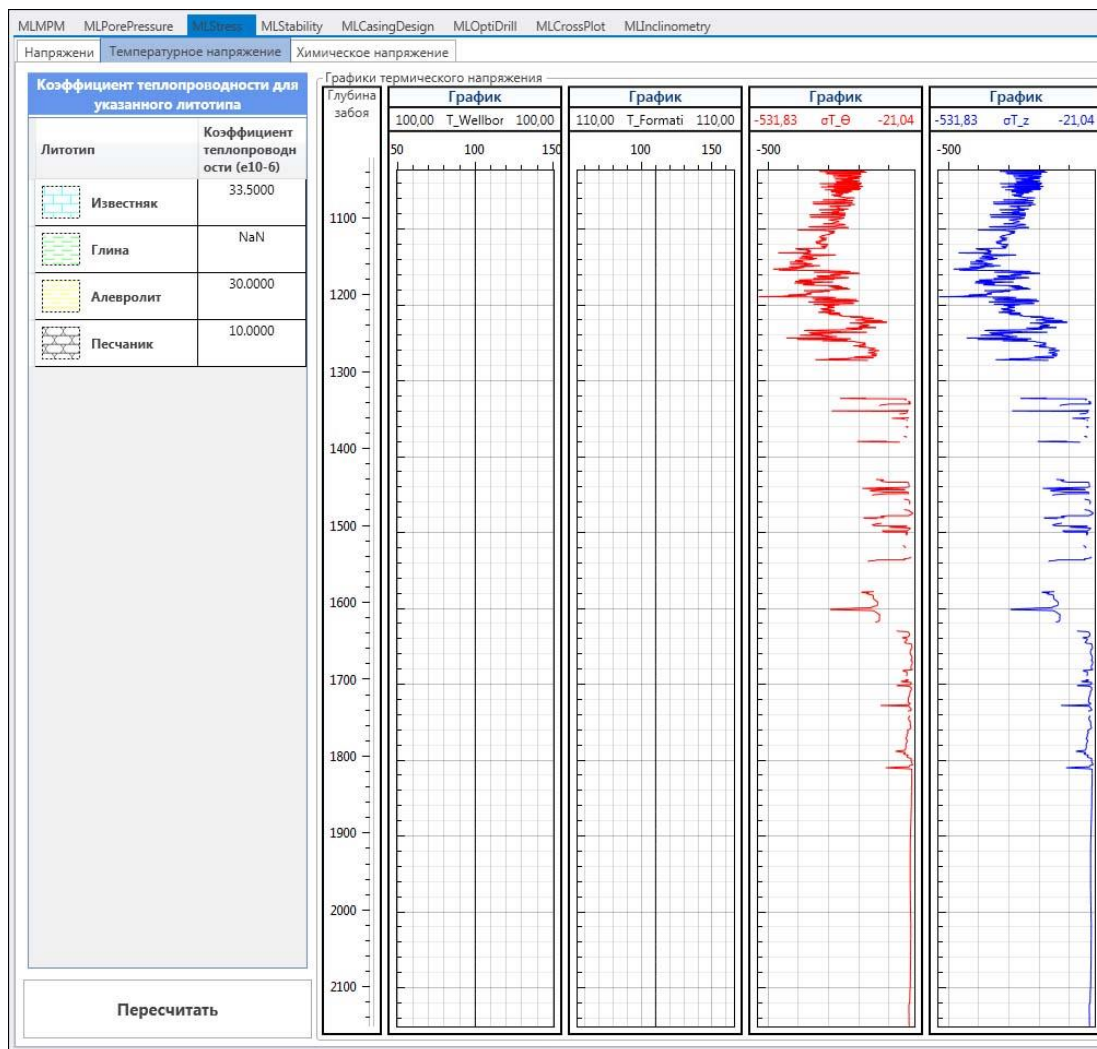


Рисунок 45 Модуль MLStress. Расчёт температурного напряжения

3. Химическое напряжение (**Рисунок 46**). Пользователь на вкладке «Химическое напряжение» модуля MLStress предварительно заносит в таблицы:
 - a. коэффициенты отражения I_m ;
 - b. коэффициенты химической активности бурового раствора;
 - c. коэффициенты химической активности поровой воды.

Для редактирования ранее внесенных коэффициентов необходимо в таблице выделить желаемую строку и вызвать у неё контекстное меню через правую кнопку мышки (**Рисунок 47**).

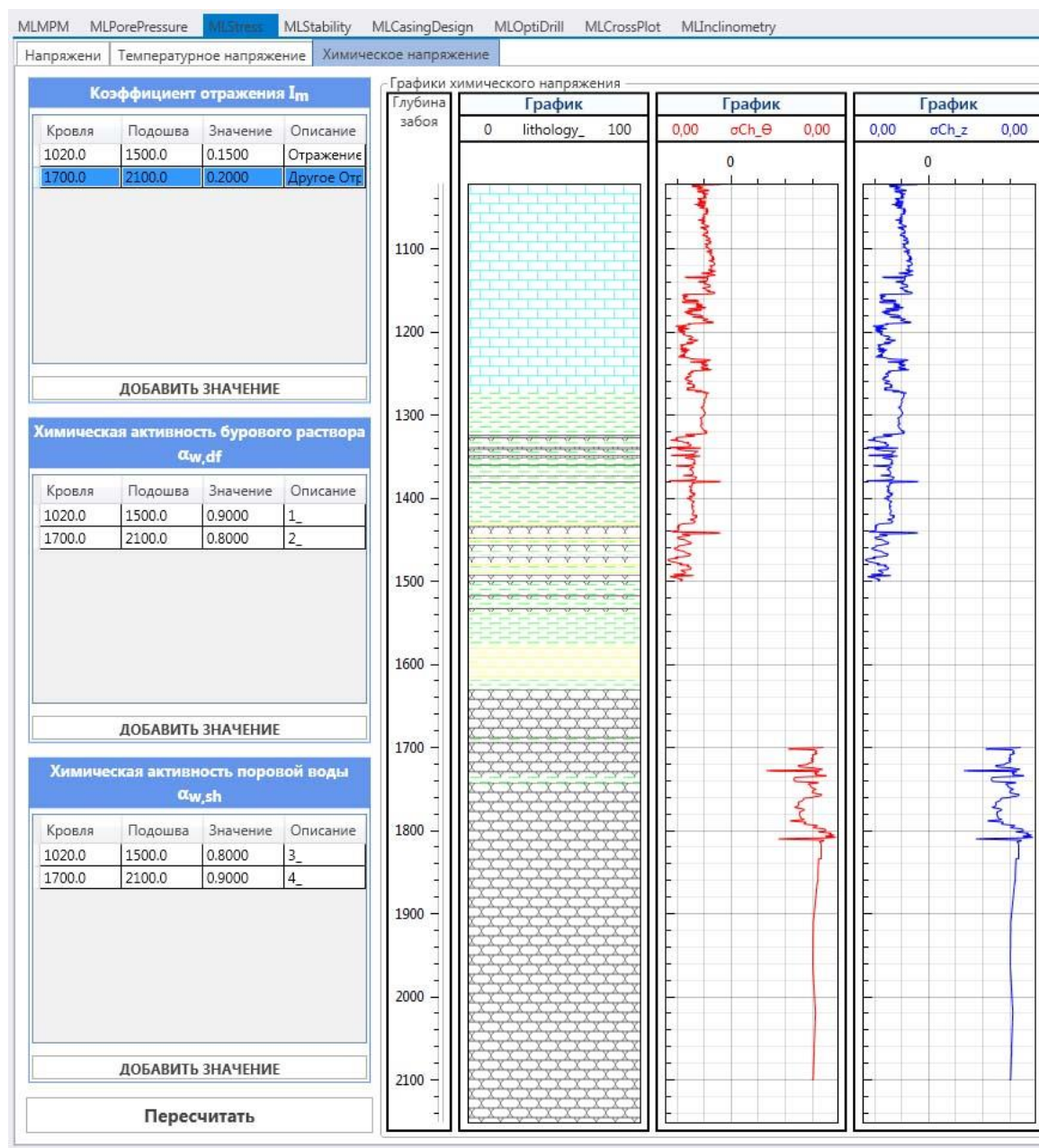


Рисунок 46 Модуль MLStress. Расчёт химического напряжения

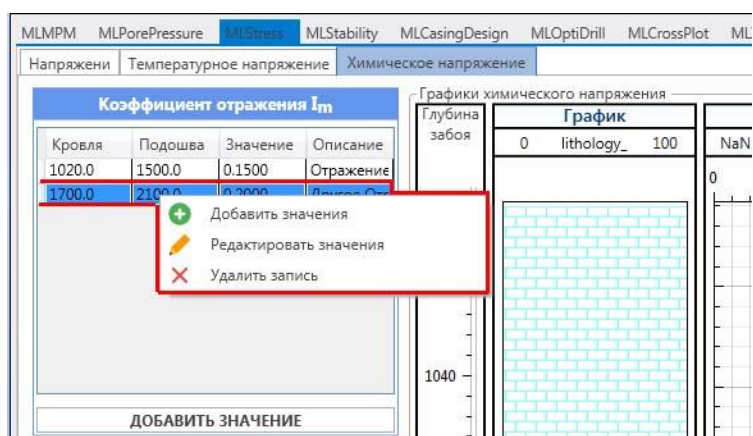


Рисунок 47 Модуль MLStress. Редактирование ранее внесенных данных в таблицу

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Результатами работы модуля являются: минимальное горизонтальное напряжение, максимальное горизонтальное напряжение, температурное напряжение, химическое

напряжение, коэффициенты Био.

МОДУЛЬ РАСЧЁТА КОРИДОРА ДОПУСТИМОЙ ПЛОТНОСТИ (MLSTABILITY)

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Программа обеспечивает расчет коридора допустимой плотности буровой промывочной жидкости, построение синтетических имиджей чувствительности стенки скважины к изменению давления, зенитного угла и азимута, выделение интервалов зон нестабильности (обрушение, поглощение, ГРП), расчет оптимальной траектории и зенитного угла скважины.

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ МОДУЛЯ MLSTABILITY

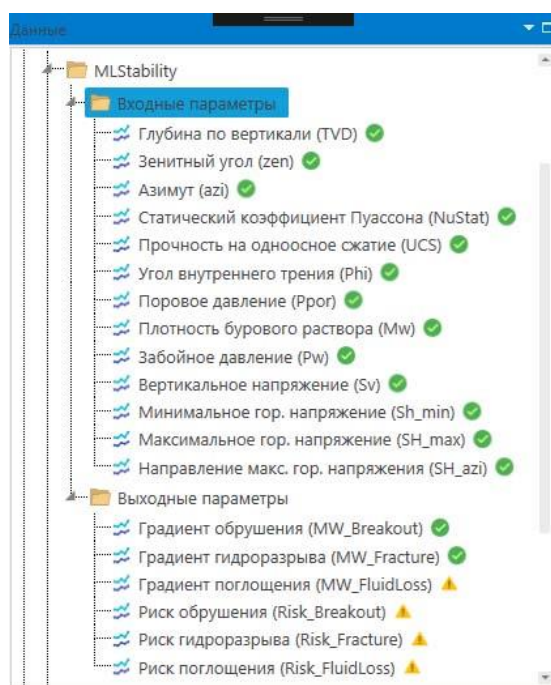


Рисунок 48 Входные данные модуля MLStability

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

Для начала работы в модуле MLStability, необходимо в главном окне программы выбрать вкладку с одноименным названием (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

На графическом планшете данного модуля поддерживается все те же функции, что описаны в пункте работы с графиками на планшете, включая редактирование литологии, свойств кривых и т.д.

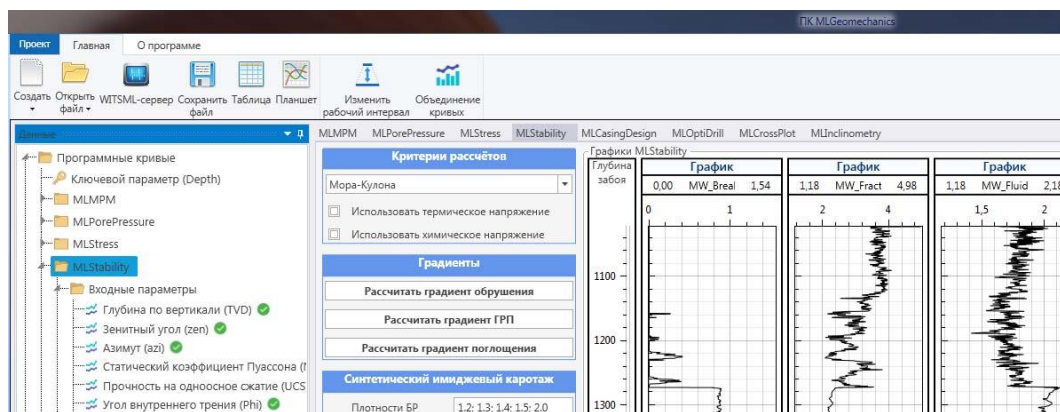


Рисунок 49 Модуль MLStability

Убедившись, что все необходимые данные загружены и доступны модулю, можно приступить к необходимым расчётам:

1. Расчёт градиентов обрушения, ГРП, поглощения. Для расчётов пользователю необходимо выбрать один из доступных критериев: Мора-Кулона, Можи-Кулона, Другера-Прагера, Ладе и далее нажать последовательно кнопки: «Расчет градиента обрушения» → «Расчет градиента ГРП» → «Расчет градиента поглощения». При наличии данных о термическом и химическом напряжениях, при расчётах возможно указать необходимость их использования. После каждого нажатия запускается расчёт. Эти процессы могут занять некоторое время в зависимости от объема входных данных и производительности компьютера. Полученные данные отображаются в рабочей области программы в графическом виде (Рисунок 50).

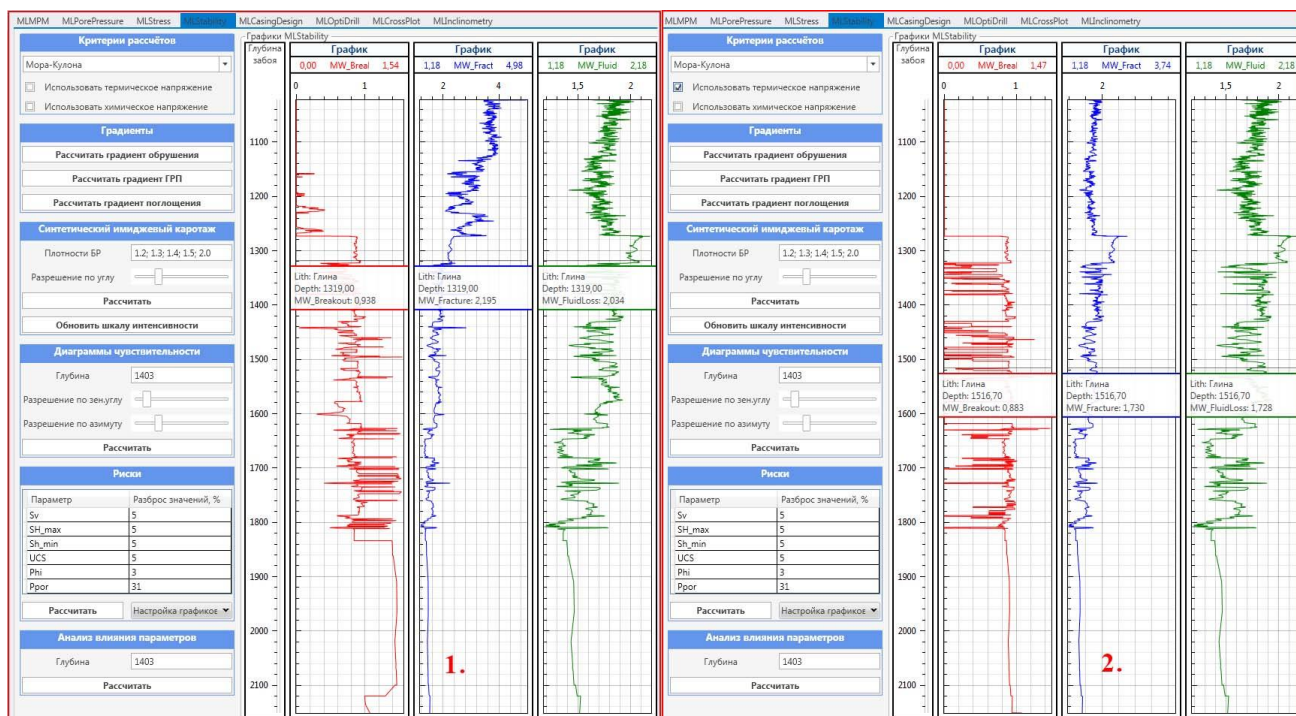


Рисунок 50 Модуль MLStability. Расчёт градиентов. 1. без учёта термического напряжения. 2. с учётом термического напряжения

2. Синтетический имиджевый каротаж. Пользователь на панели модуля MLStability выставляет вес бурового раствора и детализацию расчёта по углу. Далее запускается алгоритм анализа чувствительности ствола стенок скважины (Рисунок 51).

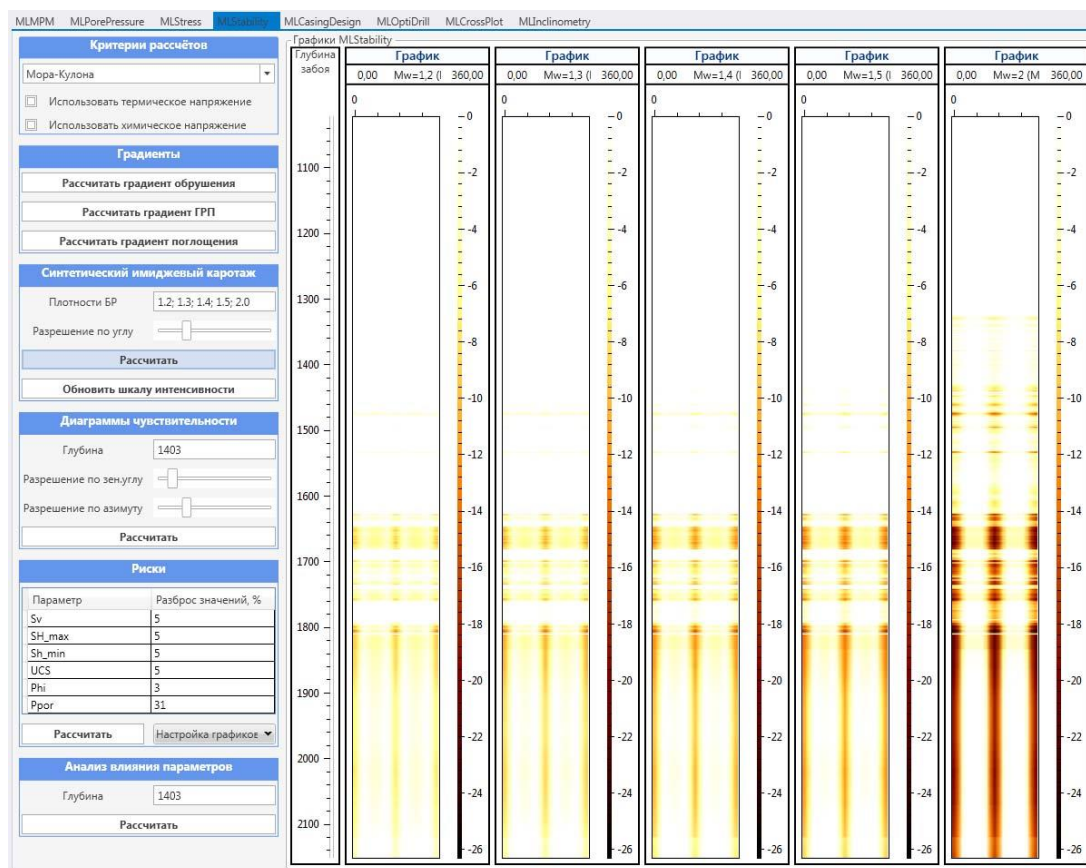


Рисунок 51 Модуль MLStability. Синтетический имиджевый каротаж

3. Диаграммы чувствительности. Пользователь выбирает глубину и детализацию расчёта по зенитному углу и азимуту. Далее запускается алгоритм анализа чувствительности ствола стенок скважины (Рисунок 52). Данный расчет позволяет спрогнозировать изменения градиентов ГРП и обрушения в зависимости от изменения азимута и наклона скважины относительно направлений основных напряжений.

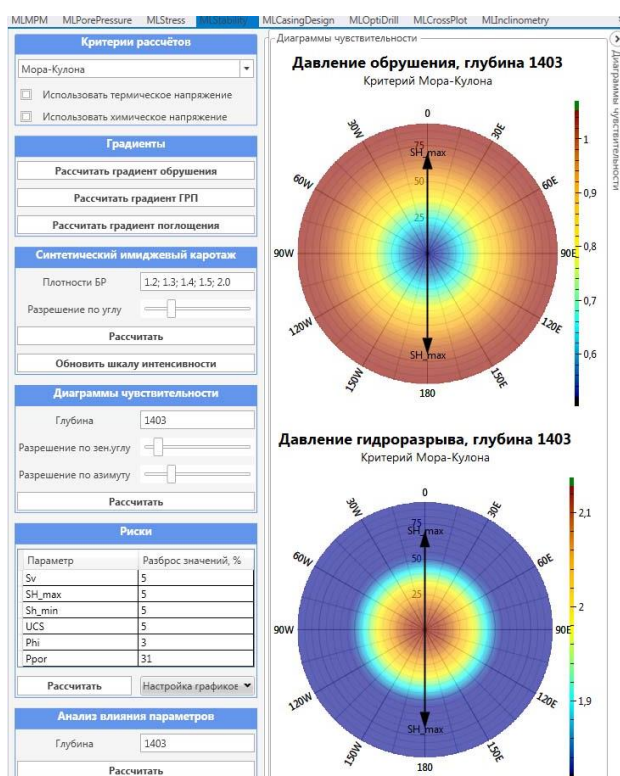


Рисунок 52 Модуль MLStability. Диаграммы чувствительности

- Расчёт рисков (**Рисунок 53**). Геомеханические параметры никогда точно не известны из-за недостатка данных и необходимости экстраполяции имеющихся данных в диапазоне глубин. Для количественной оценки влияния этих неопределенностей на результаты прогноза устойчивости ствола скважины необходимо использовать вероятностные методы.

В данном блоке производится количественная оценка неопределенности входных параметров. Пользователь вводит разброс значений в %. Диапазон определяется в соответствии с надежностью метода, которым параметр посчитался. Например, при наличии данных по ГРП или LOT диапазон неопределенности для минимального напряжения малый, не более $\pm 5\%$, нормально распределено и симметрично относительно к наиболее вероятной оценке и для механических свойств, когда результатов лабораторного анализа нет - диапазон неопределенности достигается до $\pm 50\%$ или выше.

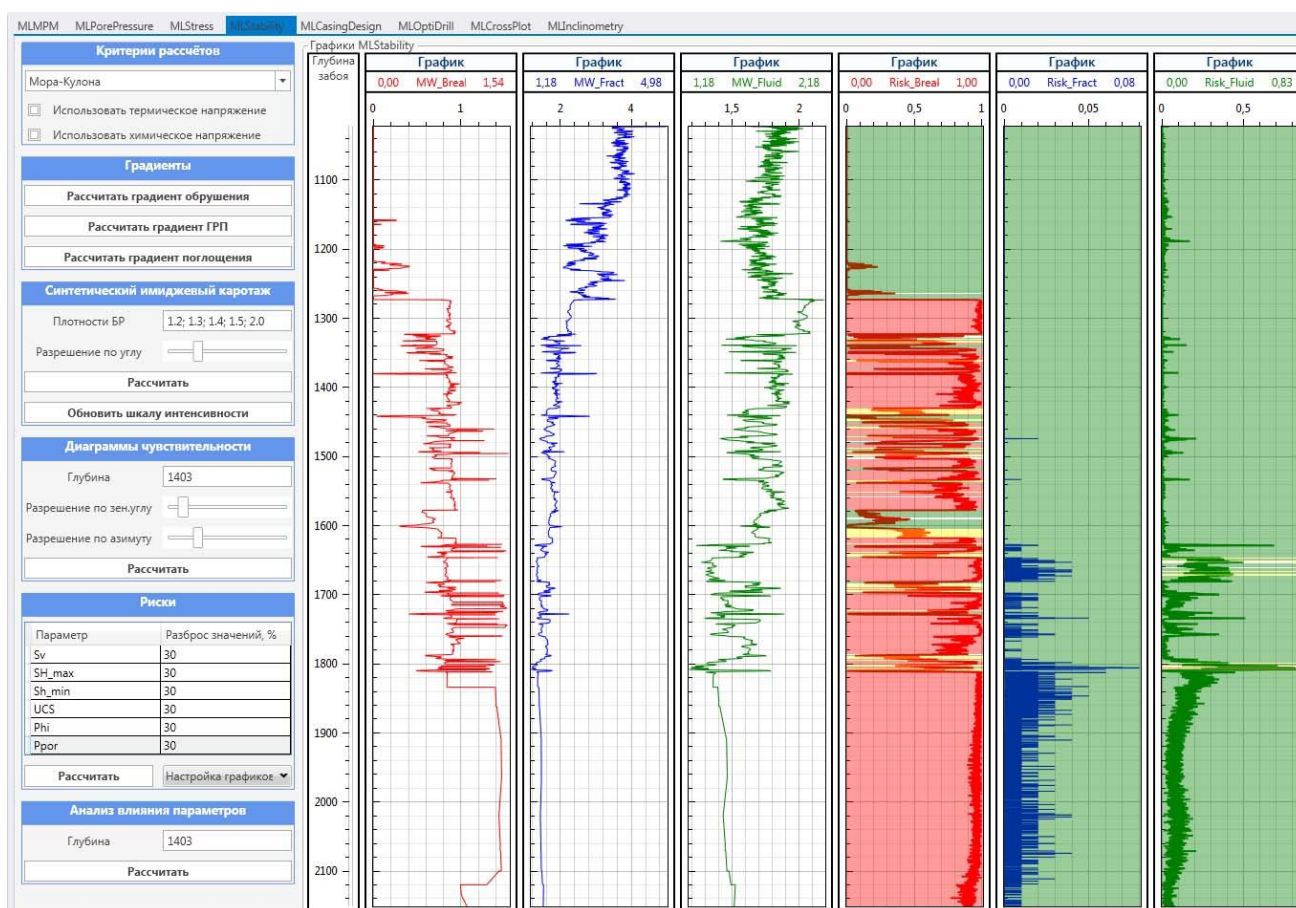


Рисунок 53 Модуль MLStability. Риски

- Анализ влияния параметров (**Рисунок 54**). В данном алгоритме используется метод Монте-Карло, который эффективно выполняется, чтобы установить неопределенности входных параметров в расчетах градиента обрушения и ГРП. Полученные расчеты показывают, как реагируют посчитанные градиенты обрушения и ГРП по изменению каждого входного параметра и какой параметр больше всех реагирует на результаты.

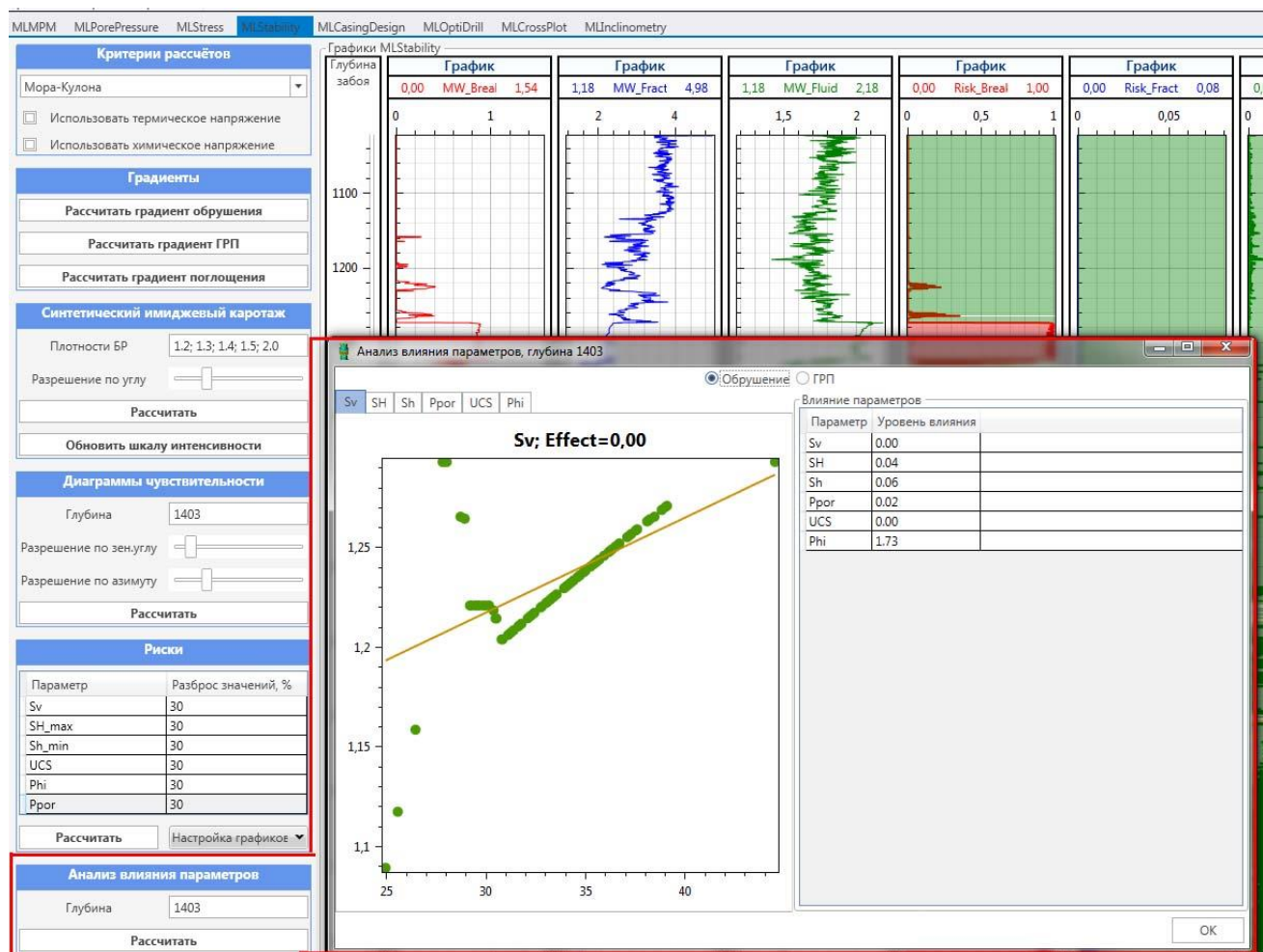


Рисунок 54 Модуль MLStability. Анализ влияния параметров

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Результатами работы модуля являются: градиент обрушения, градиент гидроразрыва, градиент поглощения, риск обрушения, риск гидроразрыва.

МОДУЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ КРОСС-ПЛОТОВ (MLCROSSPLOT)

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Программа предназначена для построения двумерных кросс-плотов и выделения областей с определенным характером зависимости, соответствующим определенным интервалам глубины по всему разрезу скважины.

Отличительными особенностями является:

- построение линии тренда;
- выделение интервалов по глубине.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

Для начала работы в модуле MLCrossPlot, необходимо в главном окне программы выбрать вкладку с одноименным названием (**Рисунок 55**).

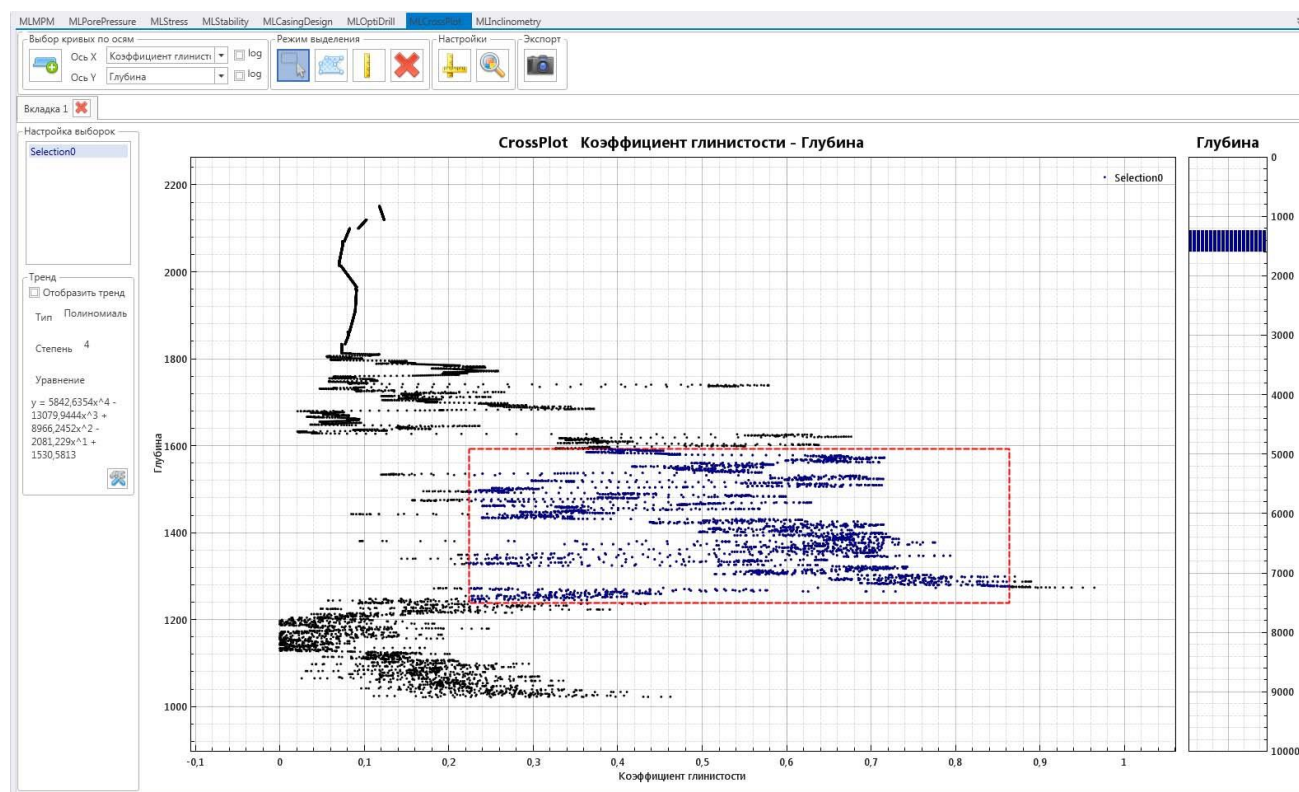


Рисунок 55 Модуль MLCrossPlot

В данном модуле существует возможность выделения областей, построения линий тренда, выбора типа тренда (полиномиальный, линейный, логарифмический, степенной, экспоненциальный), а также экспорта графического изображения в файл.

МОДУЛЬ ПОСТРОЕНИЕ ИНКЛИНОМЕТРИИ (MLINCLINOMETRY)

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Программа предназначена для построения двумерной и трехмерной проекции ствола скважины. Реализованы четыре метода расчета инклинометрии (тангенциальный, усредненного угла, радиуса кривизны, минимальной кривизны). Отображение литологии осуществляется на 2D и 3D области построения.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

Для начала работы в модуле MLInclinometry, необходимо в главном окне программы выбрать вкладку с одноименным названием.

Нажатием на кнопку «Параметры графика» (**Рисунок 56**) открывается диалоговое окно, где задаётся цвет ствола скважины, выбирается алгоритм построения кривой, настраивается прозрачность литологии и выбор её отображения:

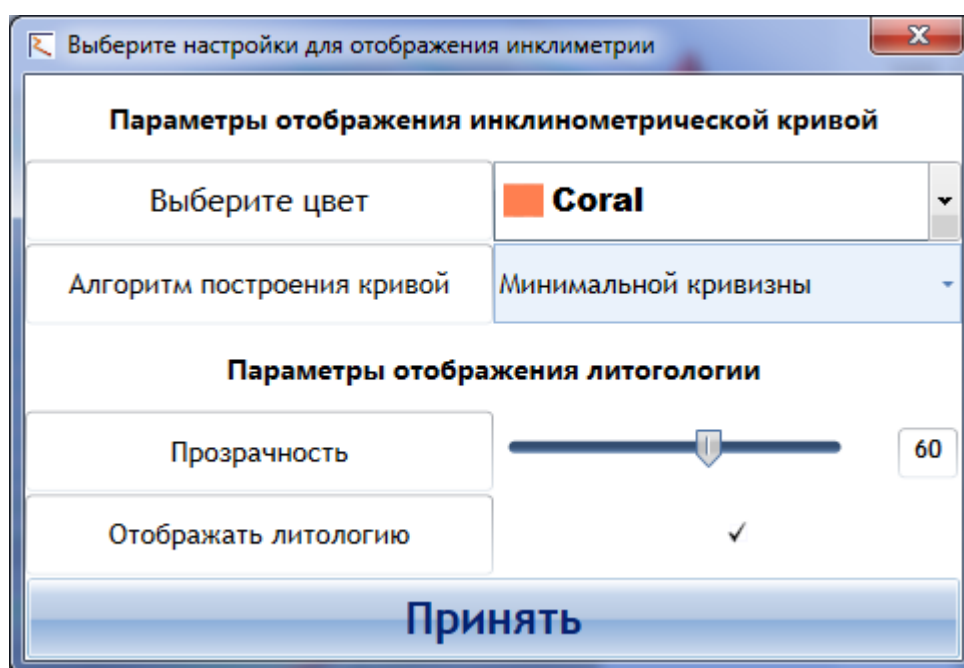


Рисунок 56 Параметры отображения инклинометрии

В рабочей области осуществляется построение инклинометрии. Левая область представляет собой трехмерное изображение ствола скважины и литологии. Правая область представляет двумерное изображение скважины в трех ортогональных проекциях.

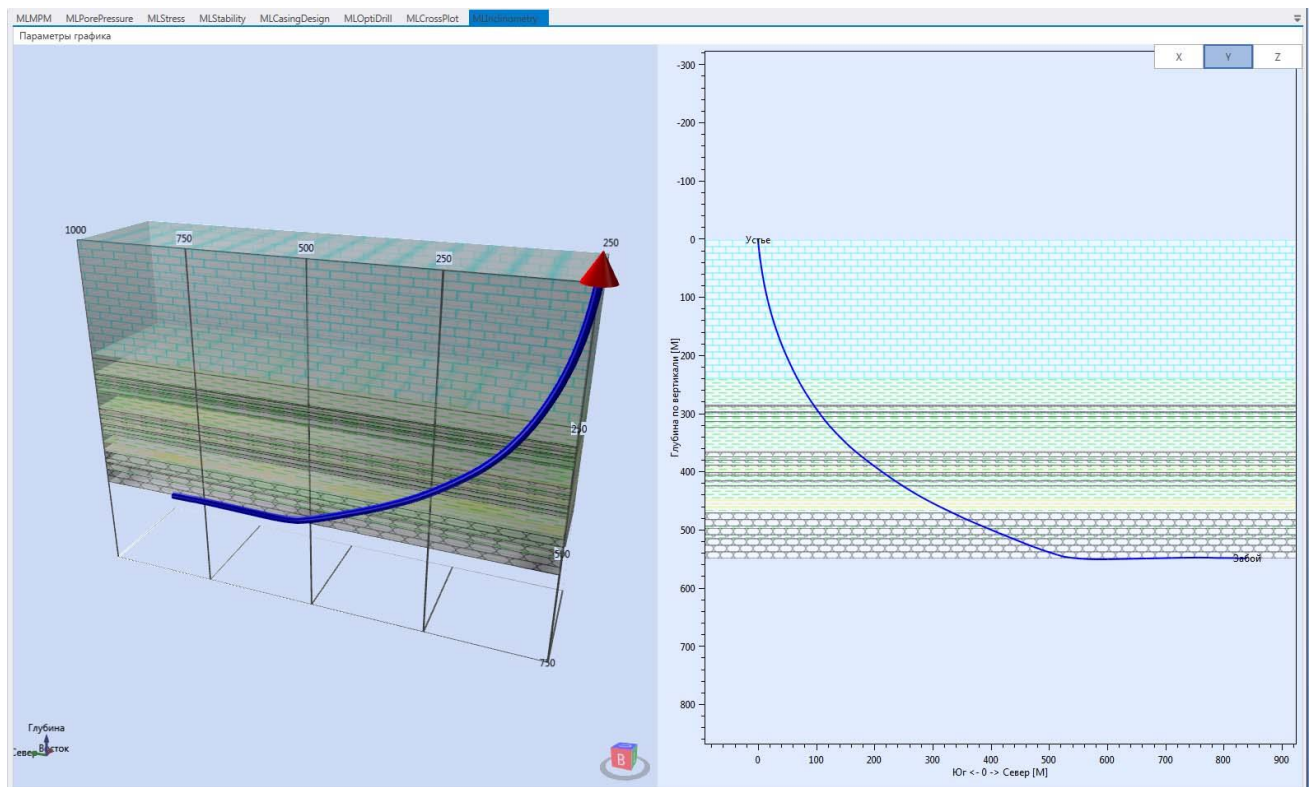


Рисунок 57 Инклинометрия 3D и 2D