

2019

# GeoDrill

СОЗДАН ИНЖЕНЕРАМИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ

Руководство к использованию



GeoDrill® Руководство к использованию

Является товарным знаком компании PetroGM

Информация о лицензионном соглашении

1 Оглавление

2	Введение.....	6
2.1	Назначение программного комплекса.....	6
2.2	Требования к компьютеру.....	6
2.2.1	Аппаратные средства.....	6
2.2.2	Программное обеспечение.....	7
3	Пользовательский интерфейс.....	7
3.1	Запуск программы.....	8
3.2	Создание нового проекта.....	9
3.3	Создание дополнительных скважин и стволов.....	14
3.4	Ввод траектории.....	16
4	Загрузка данных.....	18
4.1	Ввод и визуализация каротажей и другой первичной информации.....	18
5	Подготовка данных для использования в расчетах.....	20
5.1	Предварительная увязка, подготовка и проверка качества данных.....	20
5.1.1	Свободный планшет проверки качества данных.....	21
5.1.2	Калькулятор.....	24
5.1.3	Кроссплот.....	26
5.1.4	Межскважинная корреляция.....	28
5.2	Подготовка данных.....	30
5.2.1	Выбор данных.....	30
5.2.2	Сращивание.....	32
5.2.3	Калибровка.....	34
5.2.4	Геонавигация.....	35
6	Выгрузка данных.....	35
7	1-D Геомеханика (модель Механических Свойств, Давлений и Напряжений).....	36

7.1	Редактор зон.....	37
7.2	Механическая Стратиграфия.....	39
7.2.1	Метод критичного порога / отсечки .....	40
7.2.2	Метод Полигонов .....	41
7.3	Упругие свойства.....	42
7.4	Прочность пород .....	45
7.5	Вертикальное напряжение .....	48
7.5.1	Расчет Вертикального напряжения.....	50
7.5.2	Загрузка имеющихся данных о вертикальном напряжении.....	52
7.6	Поровое давление .....	52
7.7	Горизонтальные напряжения .....	54
8	РУСС (Расчет устойчивости стенок ствола скважины).....	56
8.1	Запуск модуля РУСС.....	56
8.2	Опции РУСС .....	59
9	Чувствительность.....	62
10	Приложение 1. Многооконность.....	65
11	Приложение 2. Некоторые формулы, используемые при моделировании.....	66
12	Приложение 3. База данных мнемоник каротажей .....	68

## 2 Введение

GeoDrill® - программный комплекс для проведения геомеханического моделирования, разработанный программистами и инженерами независимой российской компании PetroGM®.

Данное руководство описывает технические требования к аппаратным средствам и программному обеспечению пользователя и порядок работы в программном комплексе GeoDrill®.

### 2.1 Назначение программного комплекса

Программный комплекс GeoDrill® позволяет решать широкий спектр геомеханических задач и предназначен для проведения одномерного геомеханического моделирования разреза горных пород, вскрываемого скважиной, сопровождения бурения, расчета устойчивости стенок ствола скважины, определения интервалов совместимых с бурением, расчета АВПД и градиентов разрыва, оптимизации траектории и конструкции скважин, выбора типа заканчивания, оптимизации программы цементирования и ГРП.

### 2.2 Требования к компьютеру

#### 2.2.1 Аппаратные средства

Рекомендуемые:

- Видеокарта: NVIDIA 9800 GT 1GB / AMD HD 4870 1GB
- Процессор: Intel Core i5-6400 @ 3.3GHZ
- Оперативная память (ОЗУ): 16GB
- Свободного места на диске: 200MB

Минимальные:

- Видеокарта: любая с поддержкой OpenGL версии не ниже 4.0 и разрешением не ниже 1920x1080
- Процессор: Intel G3260 @ 3.5GHZ / AMD A8 FX- 6300 @ 3.5GHZ
- Оперативная память (ОЗУ): 4GB
- Свободного места на диске: 200MB

## 2.2.2 Программное обеспечение

- Операционная система: Windows 10, Windows 8.1, Windows 7 SP1
- Microsoft .NET Framework 4.6

## 3 Пользовательский интерфейс

Интерфейс программы интуитивно понятен, а логика работы в GeoDrill® отражает логику процесса геомеханического моделирования. Для успешной работы пользователю необходимо знание основ геомеханики и базовых принципов моделирования.

Процесс геомеханического моделирования в программе GeoDrill® включает следующие этапы:

- Создание нового проекта
- Загрузка данных
- Обработка и подготовка данных
- Межскважинная корреляция
- 1-D геомеханическое моделирование – построение модели Механических Свойств, Давлений и Напряжений (МСДН)
- Расчет Устойчивости Стенок Ствола (РУСС) скважины
- Анализ чувствительности устойчивости к азимуту и зенитному углу скважины

Этот процесс отражен в интерфейсе программы:




## МОДЕЛИРОВАНИЕ В GEODRILL®

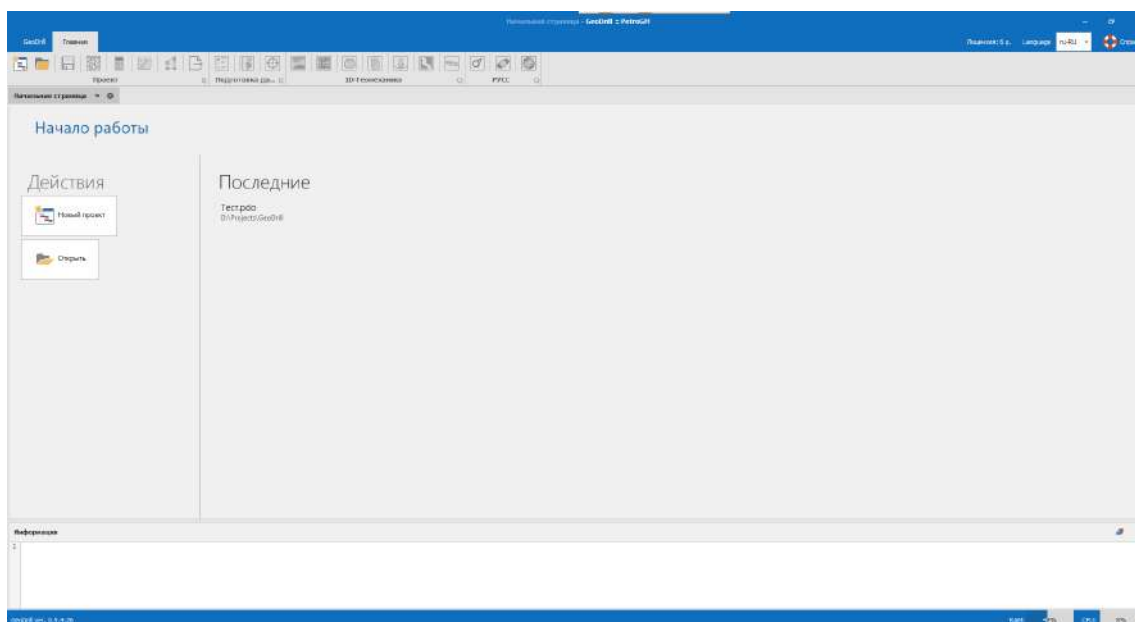
*Процесс построения геомеханической модели в программе GeoDrill®*

Процесс геомеханического моделирования в программе GeoDrill®, с одной стороны, является строгим - с четкой последовательностью шагов, необходимых к исполнению. С другой стороны, гибким - на любом шаге имеется возможность выполнить необходимые пользователю действия: дополнительные вычисления, анализ входных и рассчитанных данных, вернуться на предыдущие этапы для изменения параметров. Реализованный в программном комплексе GeoDrill® подход протестирован на практике при построении множества геомеханических моделей различной сложности для разнообразных геологических обстановок в рамках проектной деятельности компании PetroGM®. Ниже приводится подробное описание работы в программном комплексе GeoDrill®

### 3.1 Запуск программы


Для запуска программы дважды щелкните на ярлык "GeoDrill" , расположенный на рабочем столе. Отобразится следующее окно.



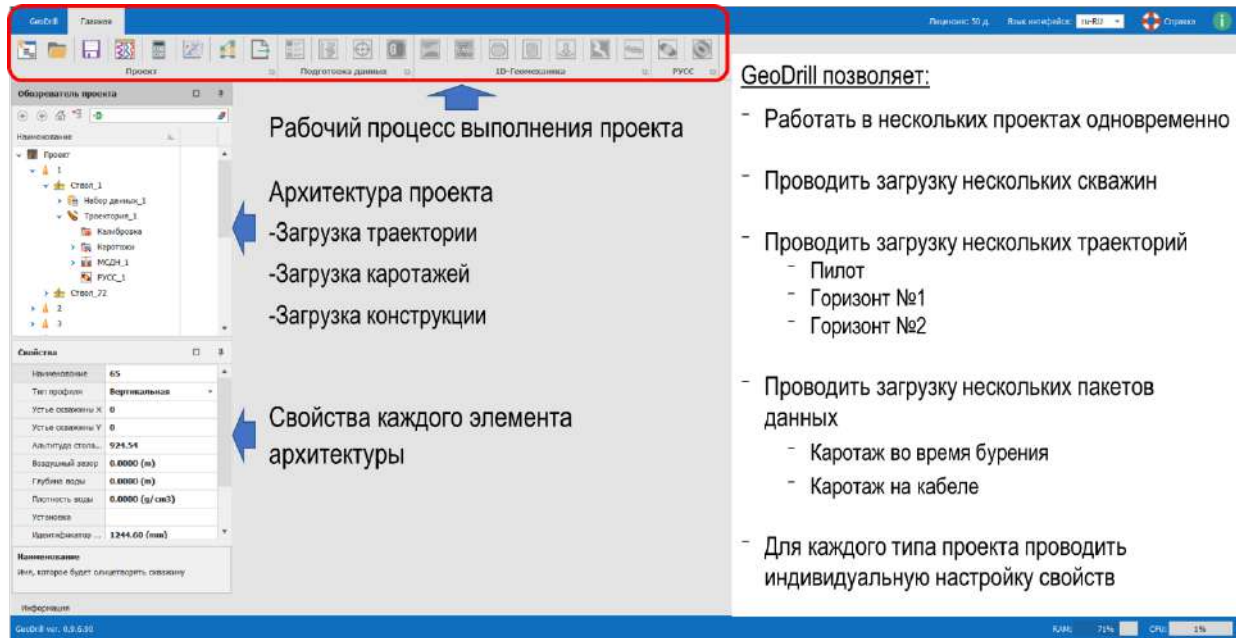


*Начало работы в программе GeoDrill®*

## 3.2 Создание нового проекта

Для создания нового проекта нажмите значок **“Новый проект”**  во вкладке **“Главная”** основного меню (верхняя горизонтальная панель) или в левом поле **“Действия”**.

При создании нового проекта автоматически будет инициализирована базовая архитектура проекта: - скважина, - ствол, - траектория, - каротажи, - 1D-MEM (1D модель МСДН), - WBS (РУСС скважины). Элементы архитектуры иерархичны и отражают процесс моделирования. По щелчку левой клавиши мыши при выборе отдельного элемента архитектуры, в левой нижней части экрана отображаются свойства этого элемента, которые необходимо описать.

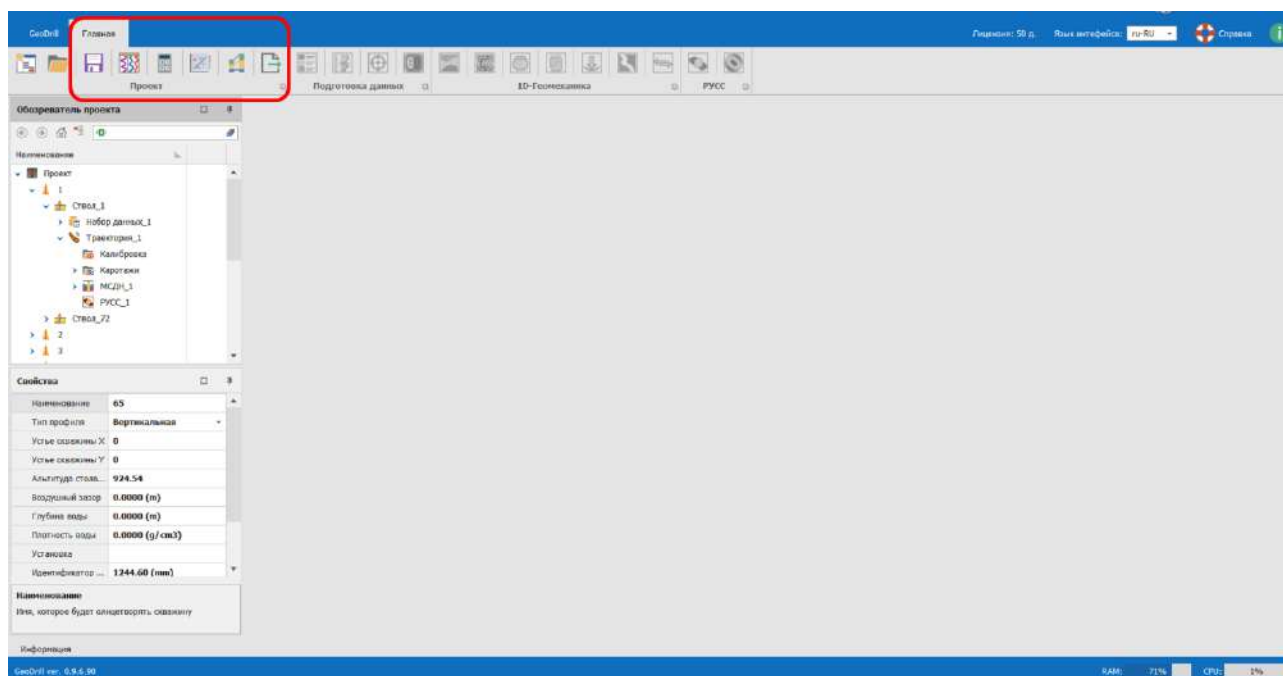


*Создание нового проекта*

Так, для элемента Скважина необходимо заполнить поля: Наименование, Тип профиля, Координаты устья и т.д. В последствии внесенные значения могут быть изменены.

В верхней части главного окна программы расположена панель рабочего процесса Проекта. Сразу после создания Проекта станут доступны следующие инструменты:

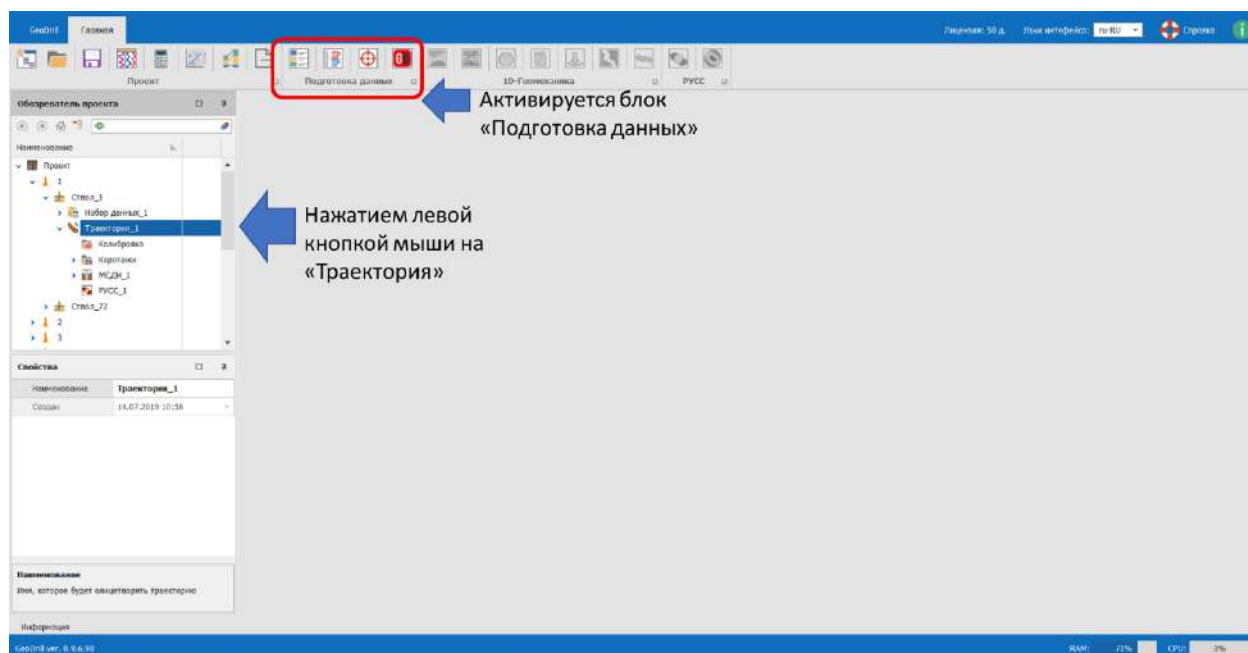
- Сохранить Проект
- Свободный планшет
- Калькулятор
- Кроссплот
- Межскважинная корреляция
- Экспорт данных



*Активация блока предварительной подготовки данных Проекта*

Для активации процесса Подготовка данных необходимо щелкнуть левой клавишей мыши на значок “Траектория” меню Обозревателя проекта, расположенного в левой верхней части экрана. Данный блок открывает доступ к следующим действиям:

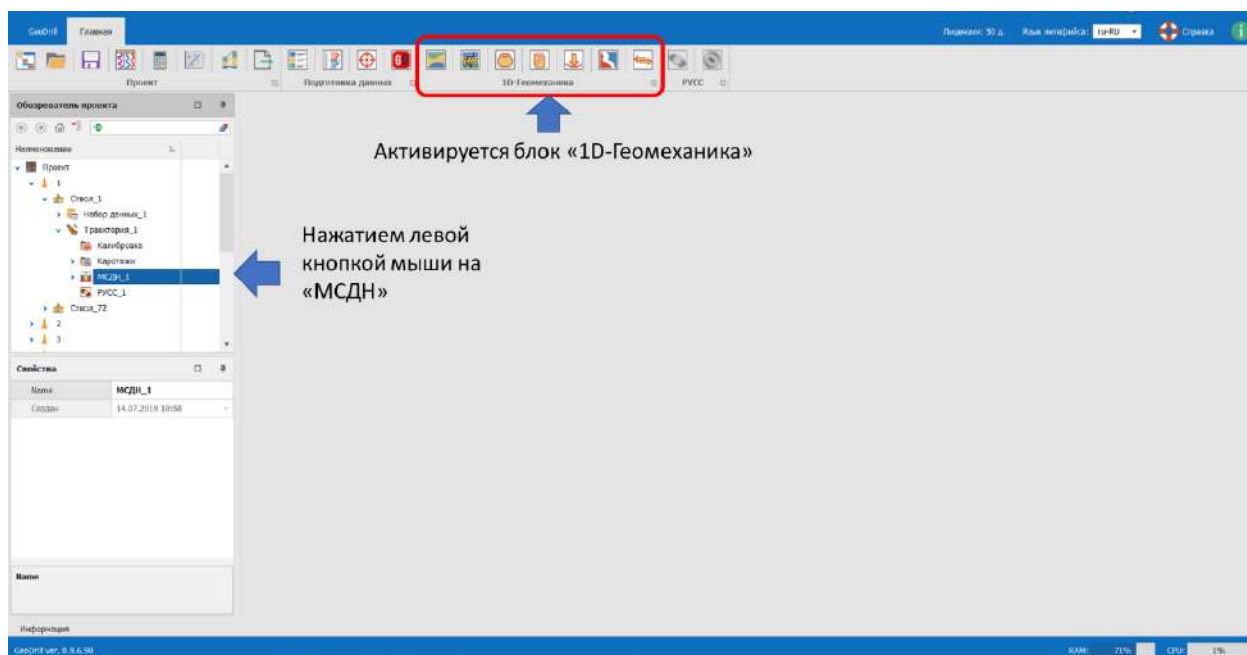
- Выбор данных
- Сращивание
- Калибровка



*Активация блока Подготовка данных*

Для активации процесса построения геомеханической модели - 1D Геомеханика, необходимо щелкнуть левой клавишей мыши на значок “1D-MEM”. Активированный модуль содержит следующие инструменты:

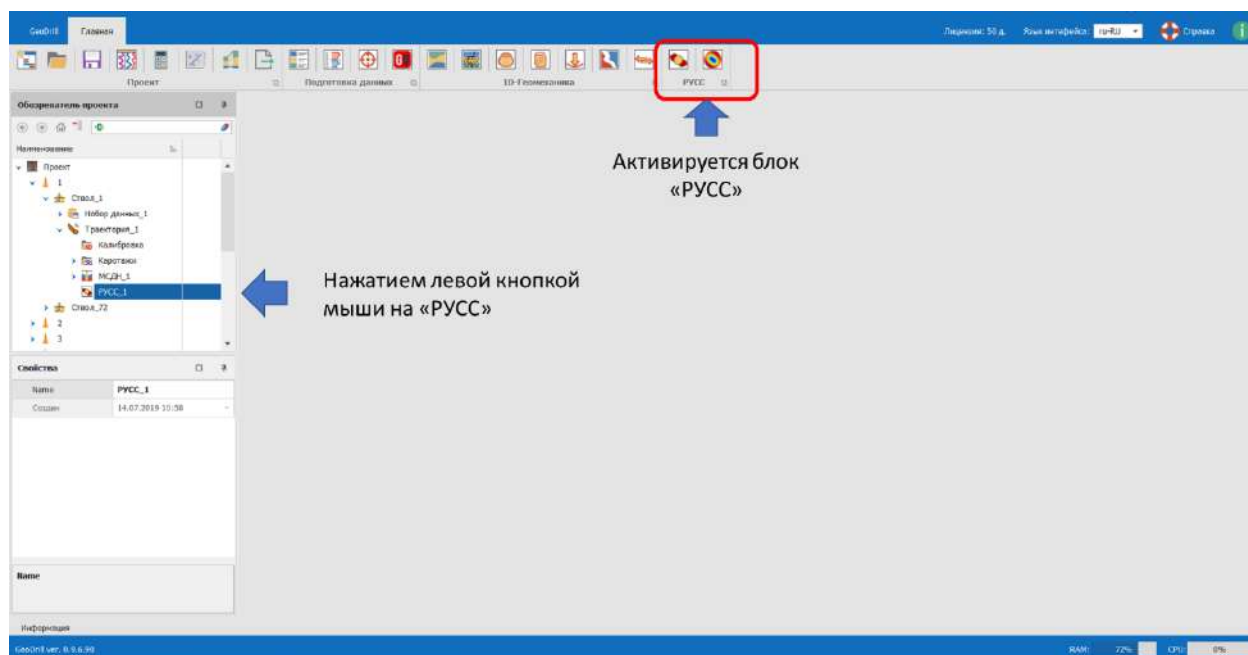
- Редактор зон
- Механическая стратиграфия
- Упругие свойства
- Прочностные характеристики
- Вертикальное напряжение
- Поровое давление
- Горизонтальное напряжение



*Активация блока 1D-Геомеханика*

Аналогично, для активации процесса Расчет Устойчивости Стенок Ствола скважины - РУСС, необходимо щелкнуть левой клавишей мыши на значок “МСДН”. Модуль включает в себя следующие инструменты:

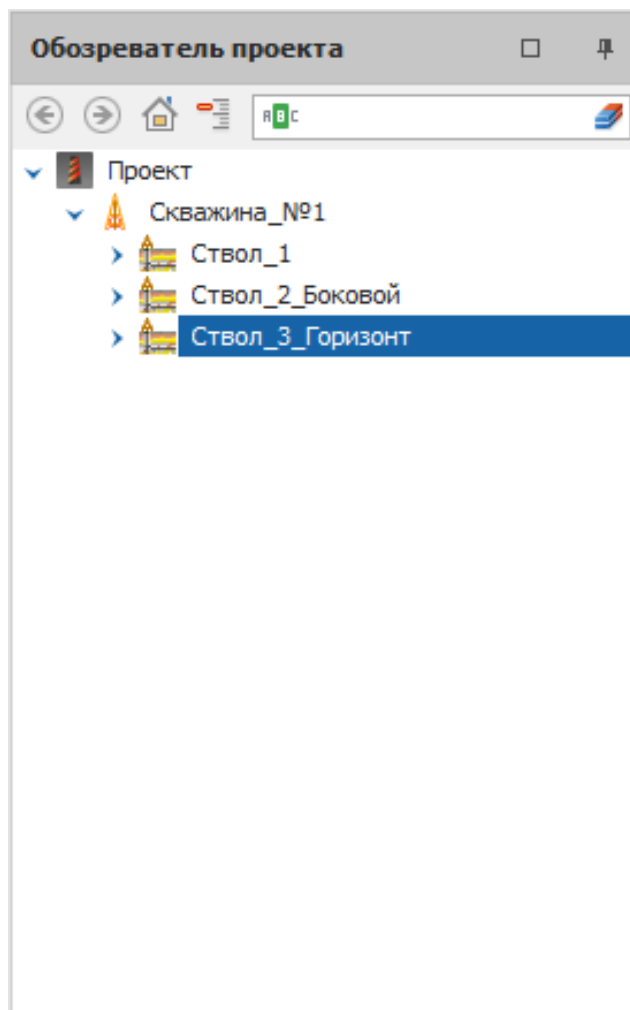
- Термальный стресс
- Расчет устойчивости стенок ствола скважины
- Чувствительность



*Активация блока РУСС*

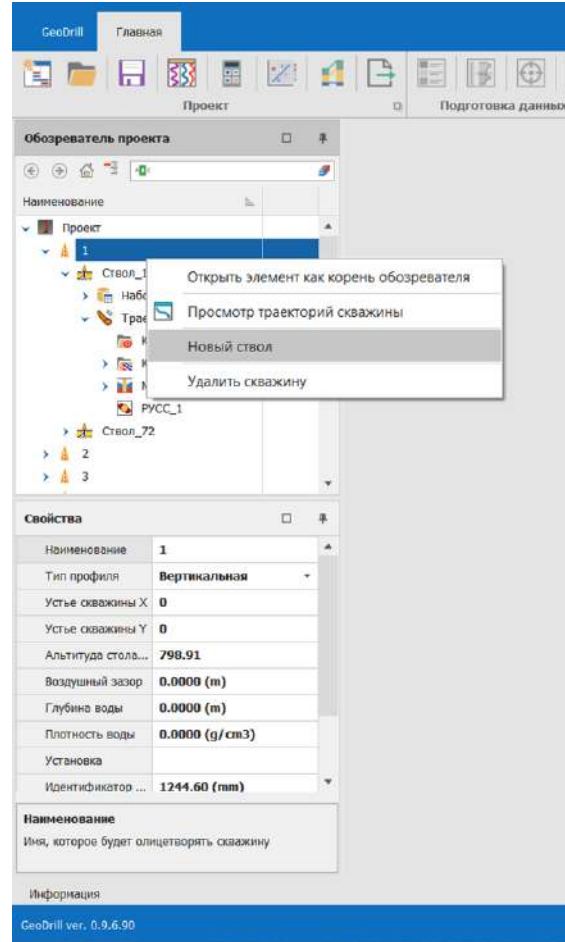
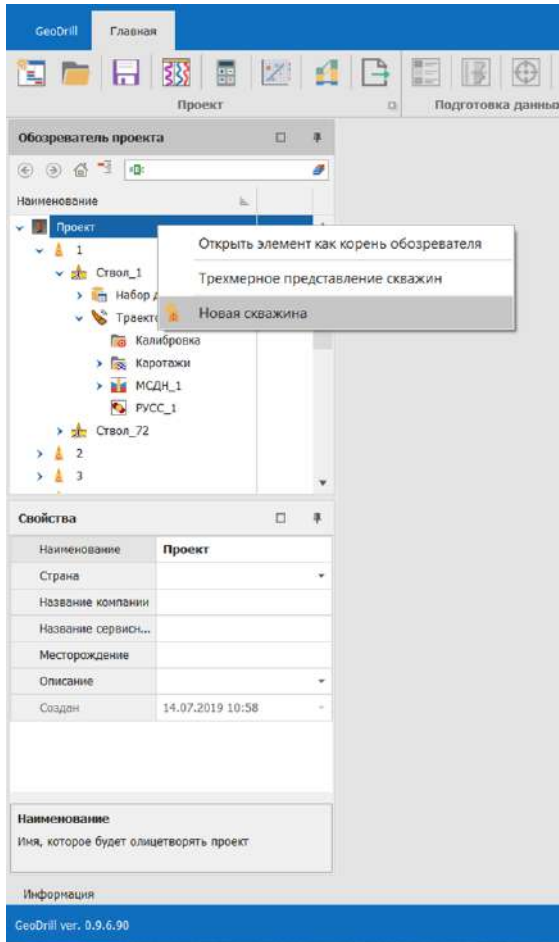
### 3.3 Создание дополнительных скважин и стволов

Проект может содержать несколько Скважин. Каждая Скважина может содержать несколько Стволов. Каждый Ствол может содержать несколько Наборов данных и Траекторий. Возможность создания нескольких наборов данных облегчает их сравнение и обработку.



*Основная структура проекта*

Для создания новой Скважины необходимо правой клавишей мыши щелкнуть по вкладке Проект в обозревателе проекта, и в выпадающем окне выбрать Новая скважина. После этого таким же образом могут быть созданы дополнительные Стволы (щелчок правой клавиши мыши по закладке Скважина) и Траектории (щелчок правой клавиши мыши по закладке Ствол).

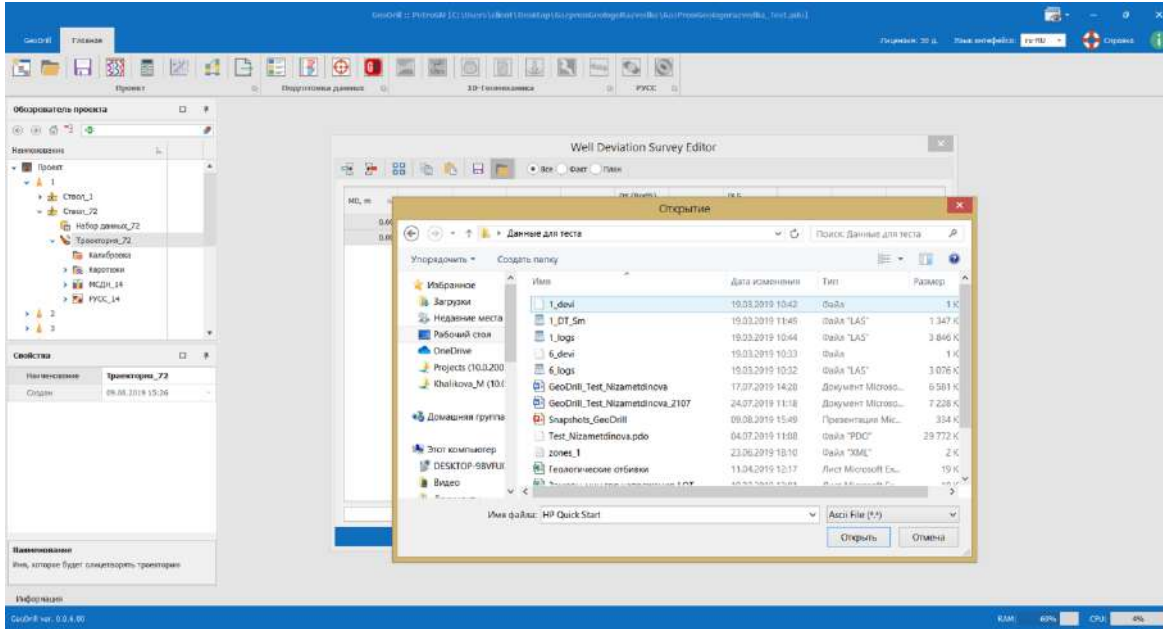


*Создание новой скважины / ствола / траектории*

### 3.4 Ввод траектории

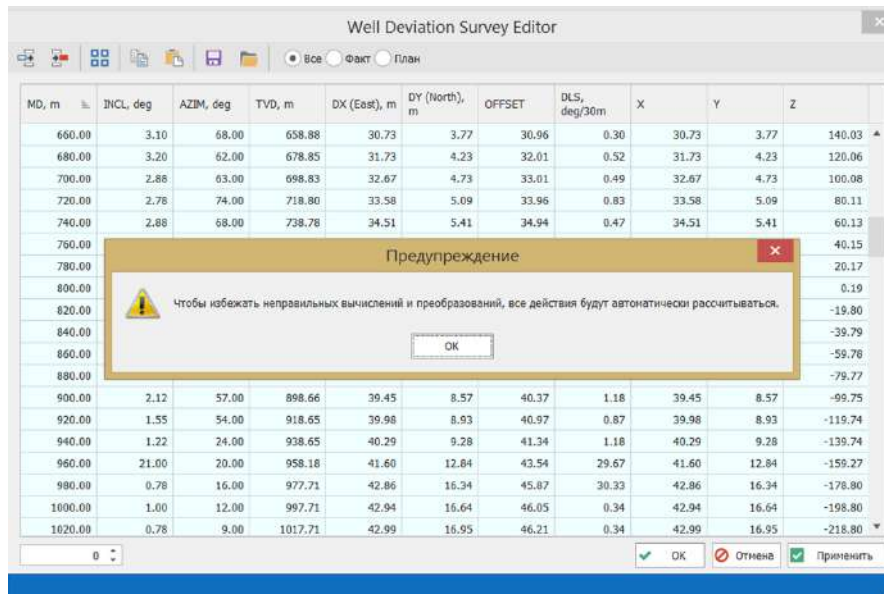
Ввод Траектории и ее корректировка осуществляется в окне с таблицей для ввода данных, которое появляется в результате нажатия на правую клавишу мыши по вкладке Траектория и выбора в выпадающем меню пункта Редактировать траекторию. Ввод данных можно осуществить путем копирования значений MD, зенитного угла и азимута (например, из файлов MD / DEVI / HAZI), либо загрузить их непосредственно из файла с любым из заданных форматов Ascii, LAS, Scv.





*Ввод / загрузка и корректировка траектории*

После загрузки или ввода данных для сохранения введенной информации необходимо нажать ОК. При каждом обновлении Траектории появляется окно с предупреждением о пересчете всех рассчитанных к этому моменту параметров модели, связанных с траекторией ствола. При нажатии ОК в появившемся окне, траектория загрузится либо обновится, а рассчитанные параметры будут пересчитаны.



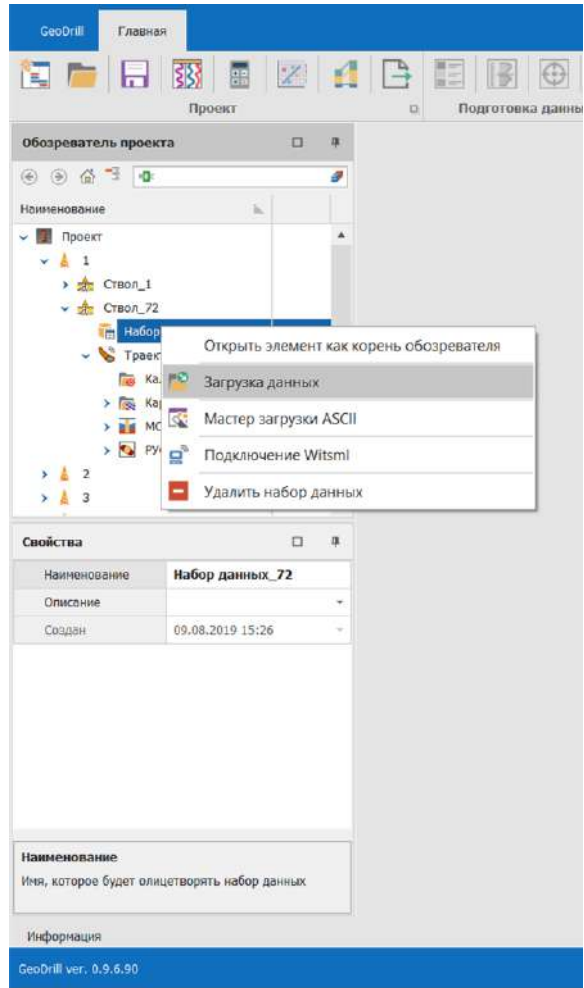
*Окно Предупреждение о пересчете параметров модели*

## 4 Загрузка данных

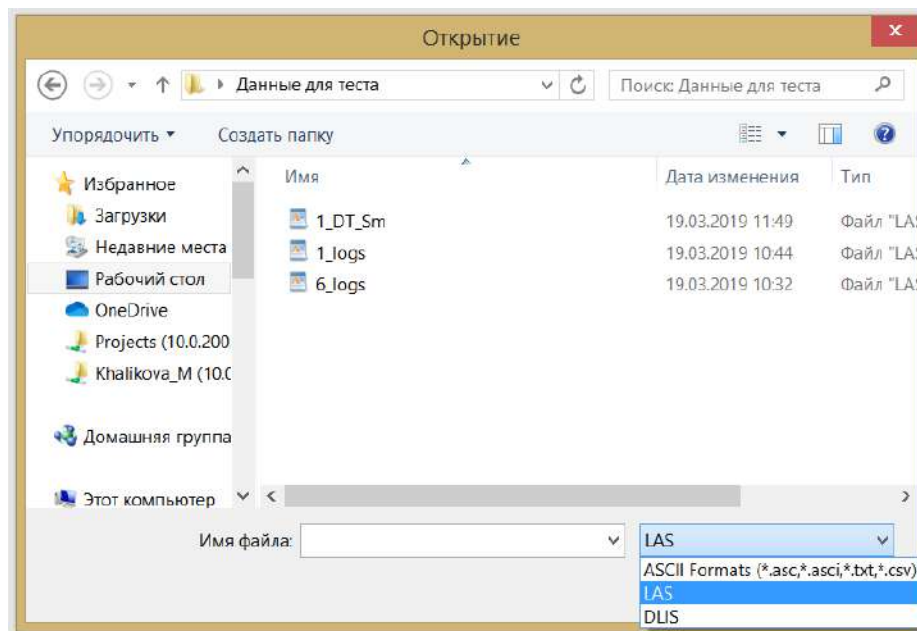
Программный комплекс GeoDrill® автоматически распознает единицы измерения (метрическая или английская система) и семейства из входных данных в любом из распознанных форматов (\*.txt, \*.csv, \*.LAS). В базу программы загружено более 50 000 типов кривых.

### 4.1 Ввод и визуализация каротажей и другой первичной информации

Программный комплекс GeoDrill® позволяет загружать данные в общедоступных форматах ASCII, SCV, LAS, DLIS. Для этого необходимо выбрать папку Набор данных в окне Обозревателя проекта, нажать правую клавишу мыши и во всплывающем меню выбрать команду Загрузка данных, как показано на рисунке ниже. На следующем шаге программа предложит выбрать местоположение загружаемых данных на компьютере и их формат.



*Загрузка данных*

*Выбор данных*


Введенные таким образом данные, помещаются в папку Набор данных. Они являются предварительными и не участвуют в построении геомеханической модели. Для последующего моделирования эти данные необходимо обработать и загрузить в папку Каротажи.

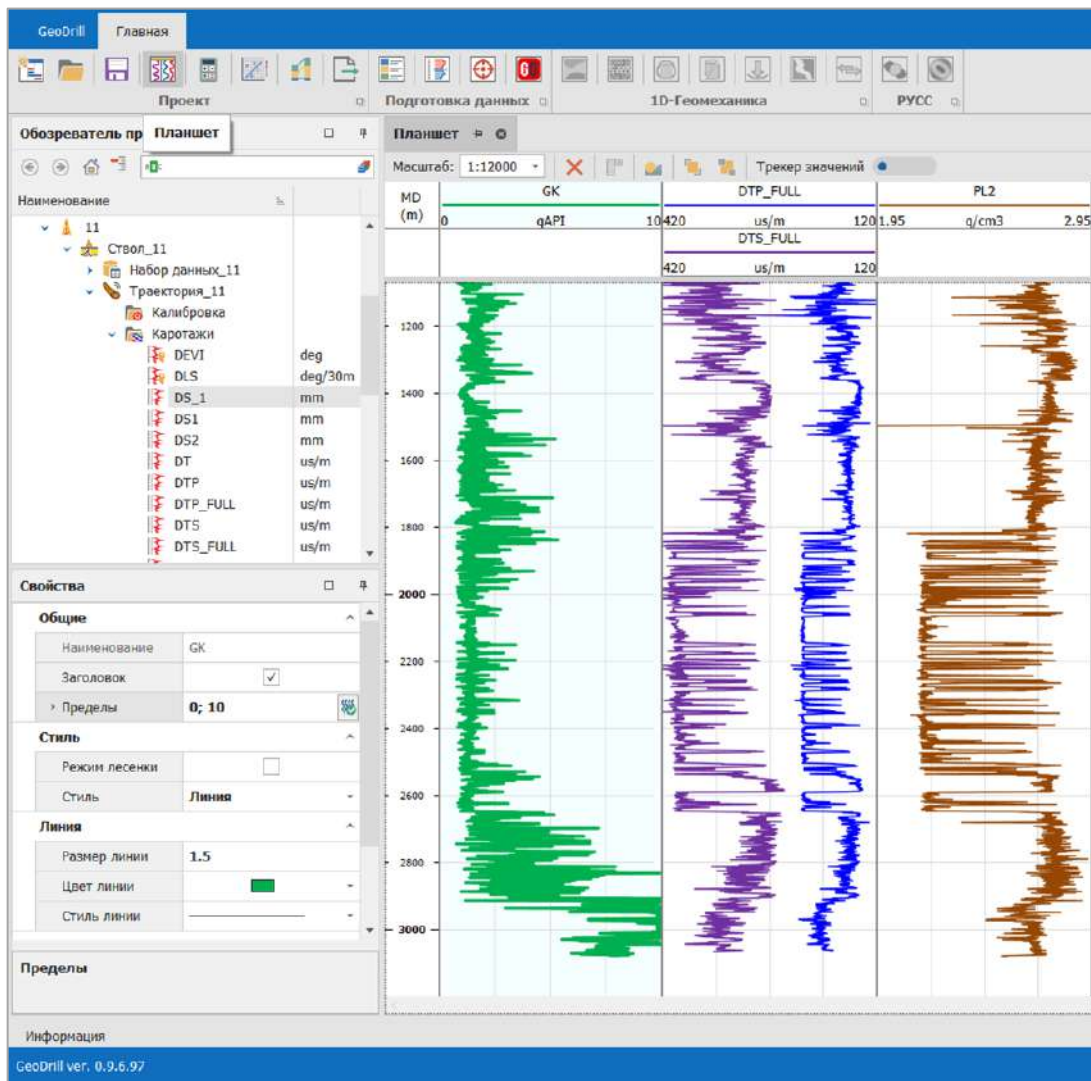
## 5 Подготовка данных для использования в расчетах

Процесс подготовки данных в GeoDrill® является частью рабочего процесса Проекта (см. раздел 2.2). Программа позволяет анализировать и контролировать качество входных данных, строить синтетические каротажи, обрабатывать введенную информацию с помощью калькулятора, калибровать кривые, проводить межскважинную корреляцию и, в конечном счете, генерировать массив данных, который на следующих этапах работы будет использован в процессе геомеханического моделирования.

### 5.1 Предварительная увязка, подготовка и проверка качества данных

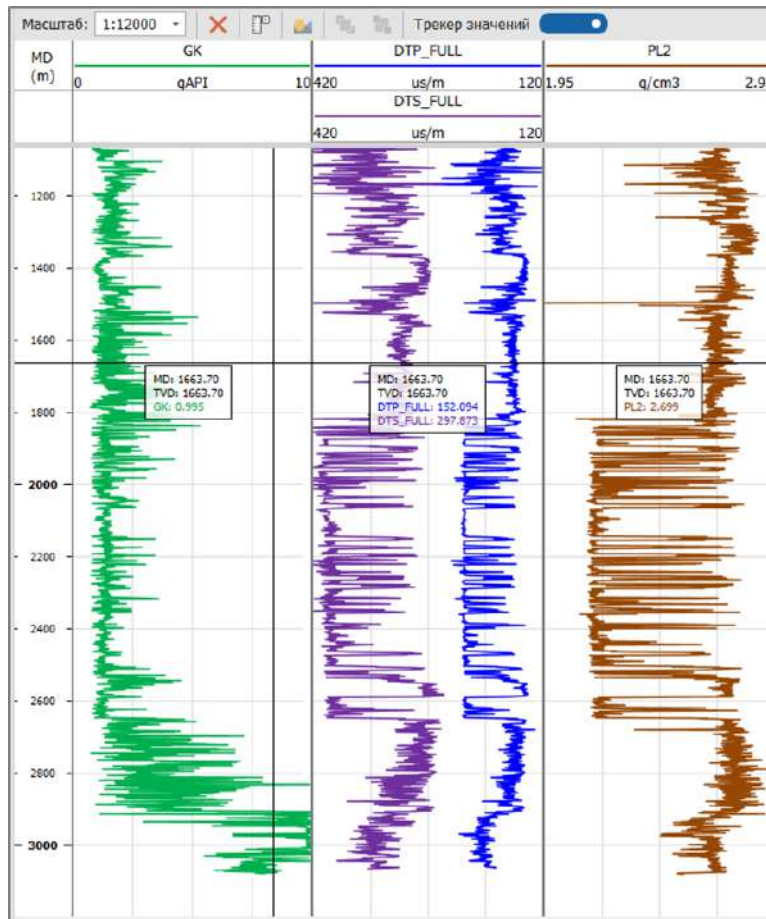
### 5.1.1 Свободный планшет проверки качества данных

Подготовка данных в GeoDrill® производится с использованием инструмента Свободный планшет  , расположенного в основном меню рабочего процесса Проекта. Он позволяет контролировать наличие необходимых каротажей и качество данных.



Инструмент Свободный планшет

Для просмотра данных в окне Свободного планшета необходимо в папке Набор данных выбрать интересующие кривые и при помощи левой зажатой клавиши мыши (операция Drag@Drop) переместить их в окно планшета. Аналогичным образом можно визуализировать кривые, находящиеся в папке Каротажи. Кривые, отображаемые в окне Свободного планшета, доступны для визуального контроля и анализа как в целом по разрезу, так и поинтервально, с использованием встроенного функционала программы.



Окно инструмента Свободный планшет при визуальной проверке наличия и качества данных

В верхней части окна Свободного планшета расположена панель основного функционала планшета. Рабочая панель включает в себя следующие свойства:

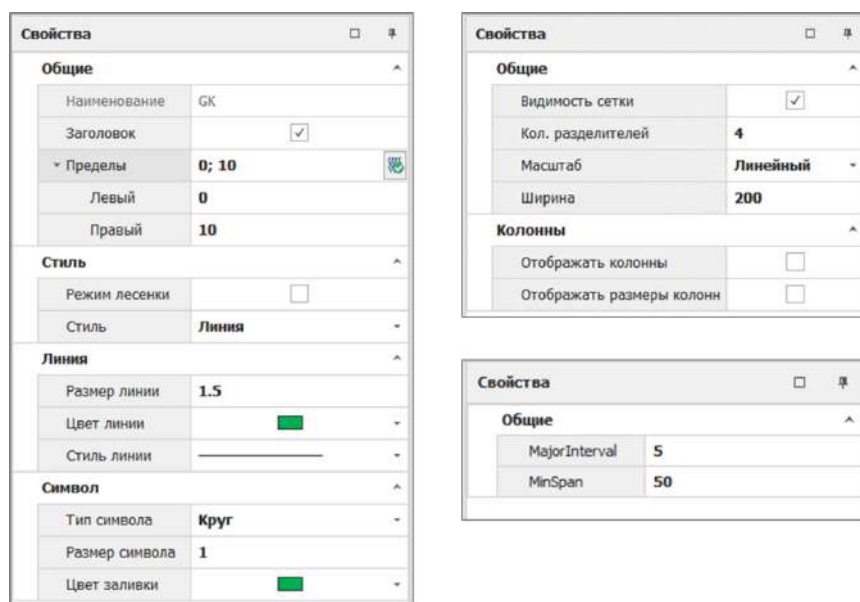
- Масштабирование

- Удаление объекта с планшета
- Добавление нового трека
- Заливка
- Перемещение объекта на передний или задний план
- Трекер значений

Для перемещения кривых по глубине можно использовать колесо прокрутки, а для изменения масштаба вывода кривых – **Ctrl + колесо прокрутки**. Чтобы переместить кривую на другой трек, необходимо с зажатой левой клавишей мыши переместить кривую на желаемый трек. Аналогичным способом можно переместить сам трек.

При использовании планшета возможно изменить свойства отображения кривой или трека. Для изменения свойств конкретного объекта на планшете, например цвет или толщина кривой, необходимо выделить объект нажатием левой клавишей мыши. В левой нижней части окна проекта появится окно свойств выделенного объекта (кривой или трека).


При выделении кривой, возможно изменить пределы значений кривой, его цвет, толщину, тип линии и т.д. Выделив трек, можно изменить тип масштаба, количество разделителей, ширину трека и отобразить колонны. При нажатии на значения на треке глубины появится окно свойств для редактирования сетки. Окна свойств кривой и трека показаны на рисунке ниже.

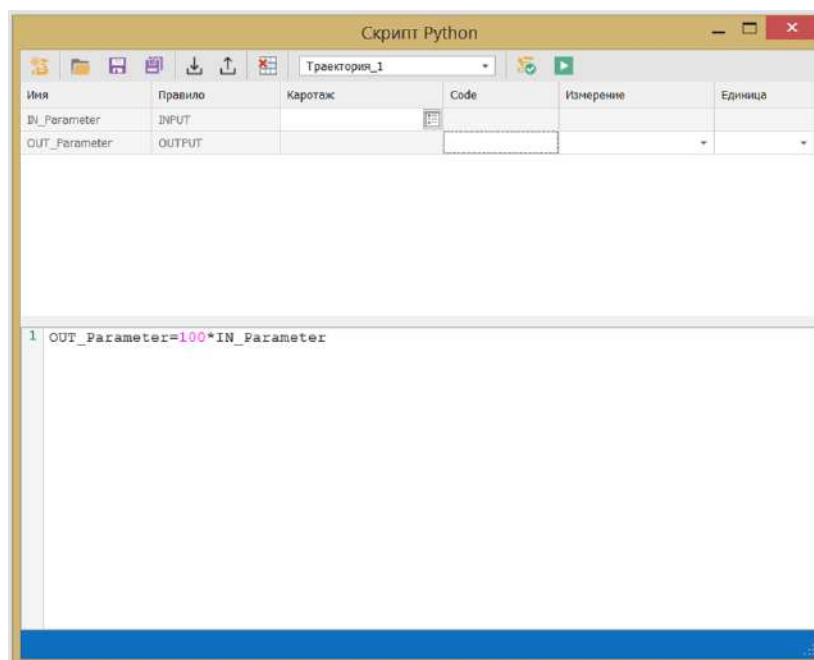


*Слева окно свойств кривой; справа сверху окно свойств трека, справа снизу окно свойств масштабной сетки по глубине*

Функции в инструменте Свободный планшет, описанные выше, доступны в любом другом планшете проекта.

### 5.1.2 Калькулятор

Программа GeoDrill® дает пользователю возможность проведения дополнительных расчетов с использованием языка программирования Python и их последующего использования в процессе моделирования. Данная возможность реализована в инструменте Калькулятор. Для запуска инструмента необходимо выбрать соответствующую вкладку  в основном меню проекта, после чего открывается окно калькулятора:



Окно инструмента Калькулятор.

Особенностью инструмента Калькулятор является то, что исходные данные рассматриваются в их привязке к глубине (MD). Таким образом, все расчеты производятся с одномерными массивами, а выбранные операции применяются к каждому элементу такого массива данных. В расчётах на



калькуляторе можно использовать функционал, реализованный в базовом программном пакете Python и библиотеке модуля Math. В дополнение к арифметическим операторам допускается использование логических операторов и операторов сравнения.

В связи с тем, что выбранная операция будет применена к каждому элементу одномерного массива данных, инструмент Калькулятор не подразумевает использование входящих в библиотеку Python операторов цикла «while» и «for». По тем же причинам невозможно использование функции «max» и «min». Наиболее часто используемые в расчетах операции приведены в таблице ниже на примере чисел  $X = 5$  и  $Y = 2$ .

Арифметические операции			
Операция	Оператор	Пример	Результат
Сложение	+	$X + Y$	7
Вычитание	-	$X - Y$	3
Умножение	*	$X * Y$	10
Деление	/	$X / Y$	2.5
Целое от деления	//	$X // Y$	2
Остаток от делимого	%	$X \% Y$	1
Степень	**	$X ** Y$	25
Отрицание	-	$- X$	-5
Модуль	abs()	abs( $Y - X$ )	3

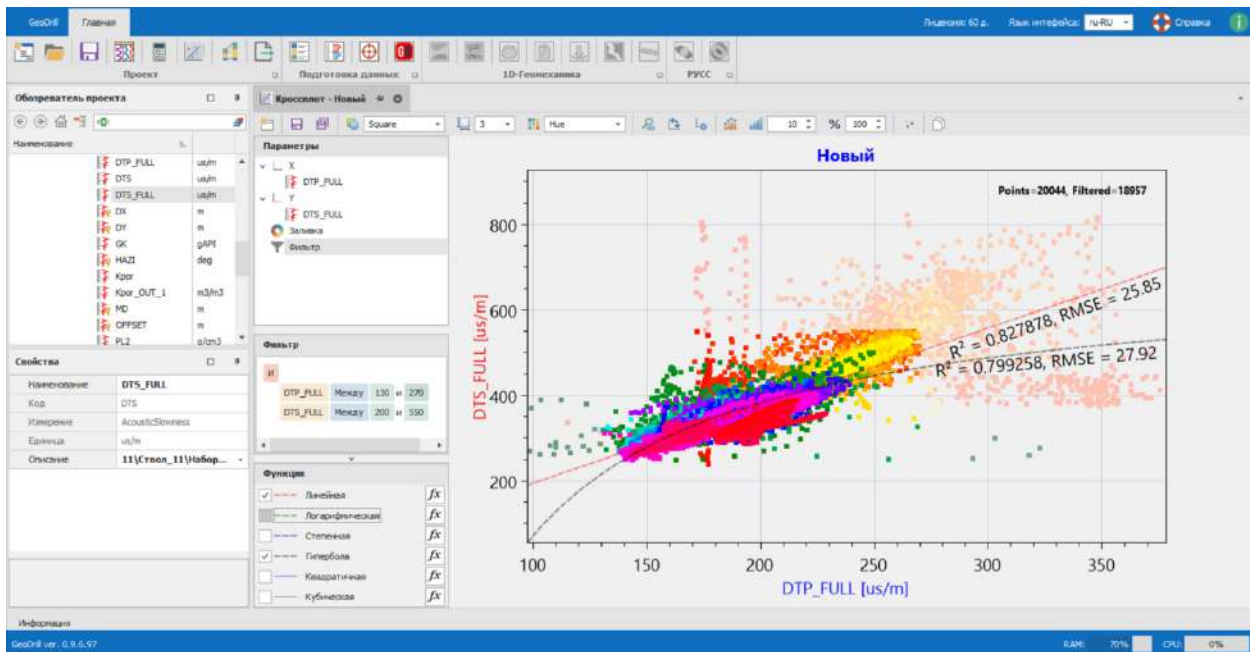
Операции сравнения			
Операция	Оператор	Пример	Результат
Равенство	==	If $X == Y$ : $Z = X * Y$	$Z = 10$
Неравенство	!=	If $X != Y$ : $Z = X / Y$	$Z = 2.5$
Больше / Меньше	> / <	If $X > Y$ : $Z = X$	$Z = 5$
Больше / Меньше либо равно	>= / <=	If $X <= Y$ : $Z = Y$	$Z = 2$

Логические операторы			
Операция	Оператор	Пример	Результат
«И»	and	If (X==X and Y==Y): Z = X	Z = 5
«ИЛИ»	or	If (X==Y or Y==Y): Z = X	Z = 5

### 5.1.3 Кроссплот

В программе GeoDrill® реализована возможность проведения сравнительного анализа данных с использованием их графического представления. Такой анализ проводится с помощью

инструмента Кроссплот, вкладка  в основном меню проекта.










Окно инструмента Кроссплот

Загрузка данных для проведения сравнительного графического анализа в модуле Кроссплот осуществляется простым перемещением кривых из папок Набор данных или Каротажи при нажатой левой клавише мыши (операция Drag@Drop) в открытое окно модуля. Относительное расположение

анализируемых данных (по оси X или по оси Y) определяется близостью конечной точки перемещения кривых к оси X или оси Y соответственно. Инструмент Кроссплот также позволяет пользователю изменить цветовую палитру кроссплота. Помимо набора стандартных цветовых решений, выбор которых осуществляется в окне Настройки, расположенном в правой части экрана, может быть использована цветовая палитра, соответствующая любому из доступных наборов данных (любому каротажу из папок Набор данных или Каротажи). Для этого необходимо аналогичным образом (при нажатой левой клавише мыши) перетащить третий каротаж в область правой вертикальной оси (условная ось Z) рабочего окна модуля Кроссплот. Такой подход позволяет реализовывать квази-трехмерное визуальное представление анализируемых данных, когда помимо стандартной зависимости данных, вынесенных на оси X и Y, производится их цветовая разбивка в соответствии с данными третьего каротажа, вынесенного на условную ось Z.

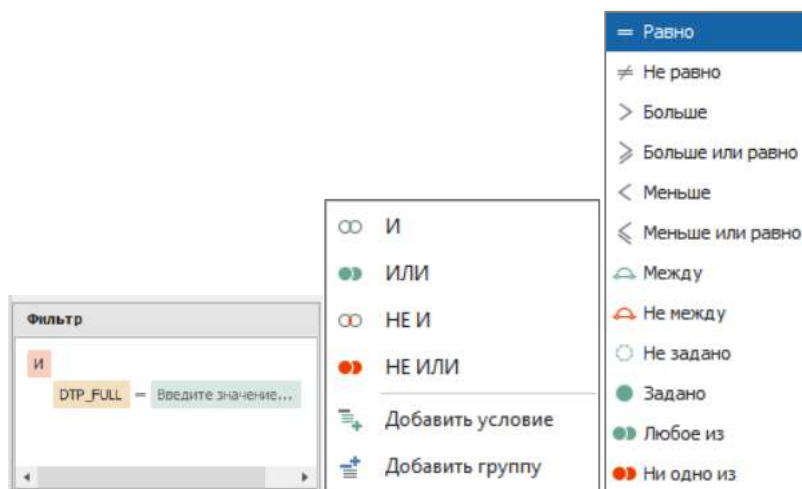
В модуле Кроссплот реализованы многочисленные функции, позволяющие эффективно работать с облаком данных, проводить их фильтрацию, строить корреляционные зависимости, осуществлять визуальный контроль и т.д. Выбор и управление настройками инструмента Кроссплот осуществляется в дополнительном окне настроек, расположенном в левой части рабочего окна модуля.

Основные инструменты для работы с данными в окне Кроссплот расположены на панели управления рабочего окна, которая включает следующие функции:

- Создание нового кросс-плота и сохранение 
- Изменение типа маркера и его размера 
- Изменение заливки 
- Настройка параметров осей 
- Инструменты для работы с гистограммами распределения 
- Функция расчета плотности точек 
- Копирование в буфер 

В левой части рабочего модуля расположено дополнительное окно настроек для анализа облака данных. В нем возможно выбрать входные данные, параметры фильтрации данных и подобрать аппроксимирующую функцию.


Изменить параметр условия возможно изменить нажав на кнопку «И» и выбрать необходимое условие. При нажатии левой клавишей мыши на кнопку «+» в окне настроек **Фильтр** (или нажатием клавиши Insert или Add) добавится фильтр в котором нужно написать условие фильтра. На рисунке ниже показано окно настроек **Фильтр** и возможные условия фильтра.

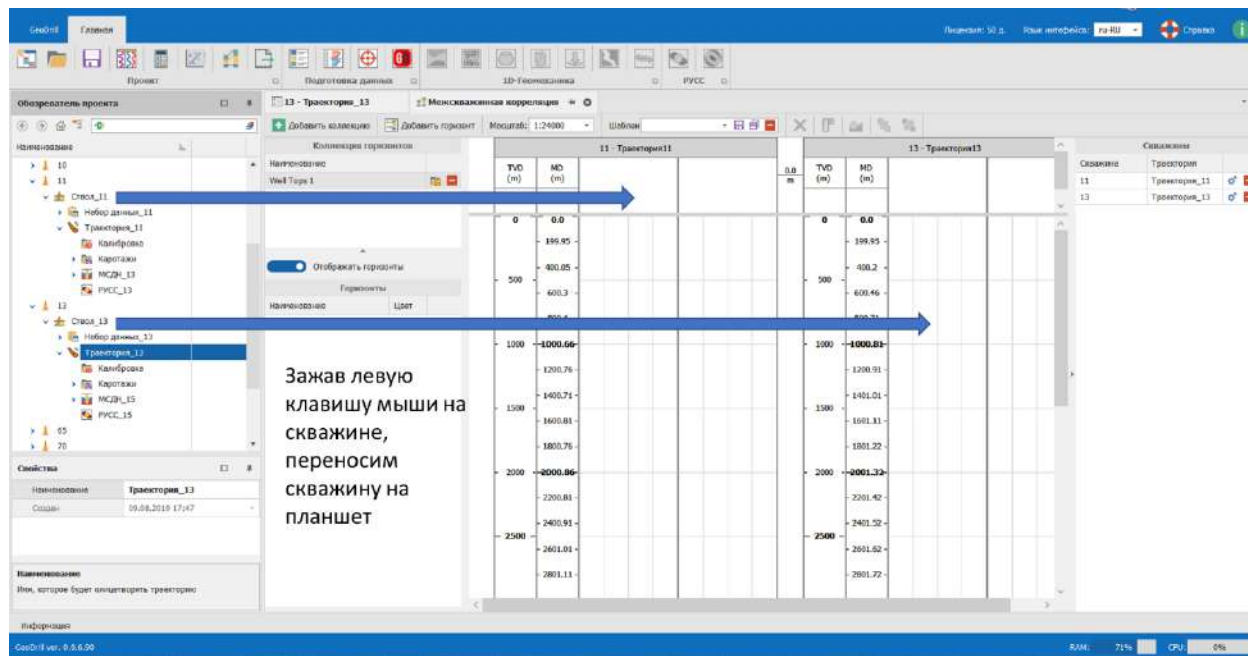


Слева направо: окно настроек **Фильтр**, **Условия**, **Параметры условия**



Можно добавить любое количество условий и после применения фильтра все значения, не соответствующие параметрам фильтра, будут изображены на **Кроссплоте** полупрозрачным оттенком. При построении аппроксимирующей функции отфильтрованные значения в построении функции не участвуют.

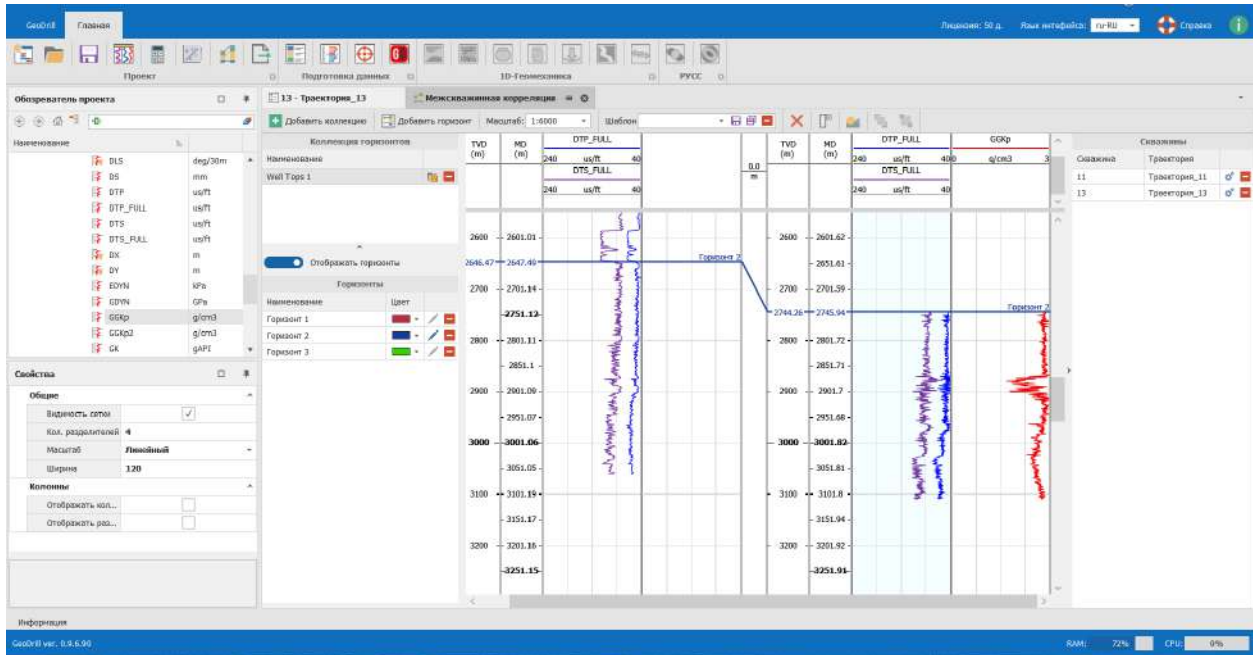
#### 5.1.4 Межскважинная корреляция

Анализ данных для нескольких скважин проводится с помощью инструмента **Межскважинная корреляция**, вкладка  в основном меню проекта. Инструмент **Межскважинная корреляция** позволяет коррелировать пласты, геологические объекты и стратиграфические единицы.



Окно инструмента Межскважинная корреляция

Для работы с инструментом, после формирования списка скважин в окне обозревателя проекта необходимо выбрать нужные скважины и переместить их с помощью зажатой левой клавиши мыши (операция Drag@Drop) в основное окно модуля. В результате выполнения этой операции в основном окне модуля Межскважинная корреляция появятся пустые треки для выбранных скважин, куда аналогичным образом помещаются кривые из папки Каротажи, расположенной в окне обозревателя проекта. С помощью кнопки  **Добавить коллекцию** в левом верхнем меню инструмента Межскважинная корреляция пользователь может добавить коллекцию горизонтов, для которой нажатием кнопки  **Добавить горизонт** добавляются маркеры, после чего можно проводить отбивку каждого горизонта на скважинах.



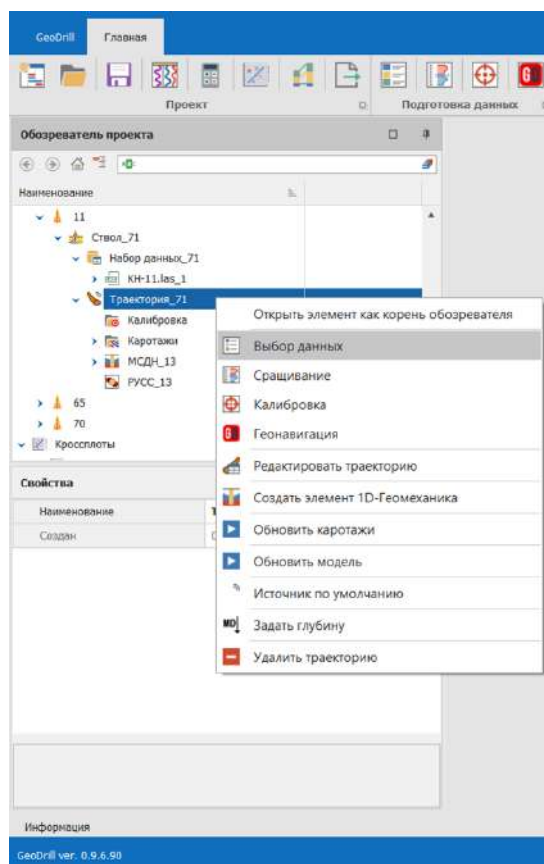
*Окно отбивки горизонтов модуля Межскважинная корреляция*

## 5.2 Подготовка данных


После загрузки (раздел 3.1) и анализа (раздел 4.1) входной информации производится выбор данных для дальнейшего моделирования. На этом этапе можно провести контроль размерности записанных параметров, выбрать и отфильтровать данные, срастить каротажи и откалибровать полученные кривые.

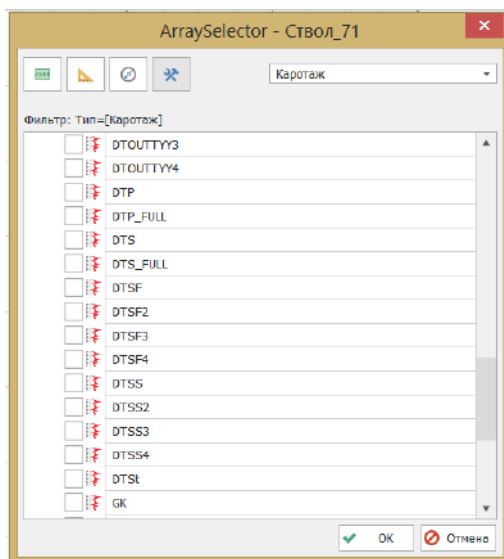
### 5.2.1 Выбор данных

Выбор данных для дальнейшего моделирования осуществляется выбором соответствующего пункта во всплывающем меню при нажатии правой клавиши мыши на папке Траектория скважины в меню Обзорателя проекта.




*Выбор данных для моделирования*

После нажатия кнопки  в правой части экрана пользователь имеет возможность выбрать необходимые для дальнейшей работы каротажи и калибровочные данные из всплывающего списка доступных данных (предварительно загруженных (см. раздел 3) и хранящихся в папке Набор данных).




*Выбор данных*

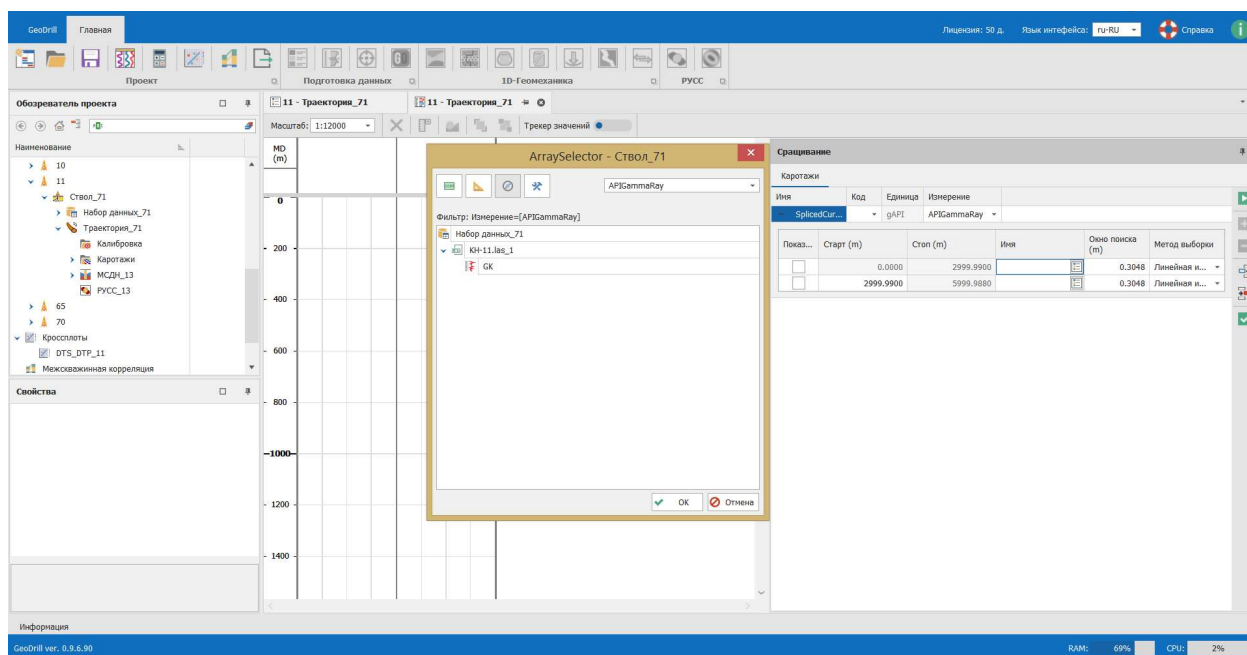
Нажатием кнопки  выполняется добавление выбранных данных в папку Каротажи проекта. В дальнейшем именно эти данные, хранящиеся в папке Каротажи проекта, будут использоваться при моделировании.

## 5.2.2 Сращивание

К данным, находящимся в папке Каротажи проекта, может быть применена операция Сращивание, которая позволяет выбрать и срастить данные, записанные в разных каротажах.




Соответствующая закладка  находится в разделе Подготовка данных главного меню программы.






*Окно ввода параметров инструмента Сращивание*


После запуска инструмента Сращивание пользователь имеет возможность переместить (операция Drag@Drop) нужные каротажи из папки Каротажи проекта на треки, открывшиеся в основном окне.

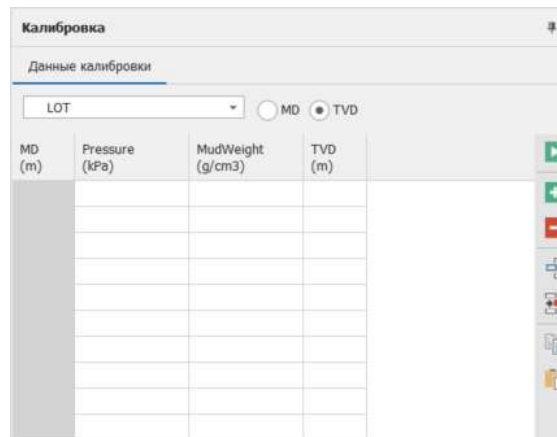
В правом открывшемся окне инструмента Сращивание необходимо указать параметры сращивания. В верхней строке окна настроек укажите Имя, Код, Единицы измерения конечной кривой. В случае сращивания двух кривых, выберите нужные кривые в соответствующих им интервалах нажав на окно выбора кривой . Изменить глубину сращивания можно изменить в ячейке кровли второго или последующего интервала  . Если же необходимо соединить несколько каротажных кривых, нажмите на кнопки «Разделить интервал»  или «Удалить интервал» . При необходимости соединения кривых другого типа, иницируйте новую кривую для сращивания нажатием на кнопку  и выполните действия, описанные выше.

Здесь и далее в программе, при нажатии кнопки  инициализируется выполнение подготовленного действия. Новая кривая, рассчитанная в результате выполнения операции

Сращивание, будет добавлена в папку Каротажи проекта, где она может быть использована в дальнейшей работе.




### 5.2.3 Калибровка

Один из важных процессов в геомеханическом моделировании – калибровка. Калибровочные данные можно добавить при помощи одноименного инструмента. Соответствующая вкладка  находится в разделе Подготовка данных главного меню программы. Окно ввода калибровочных данных приведено ниже на рисунке.




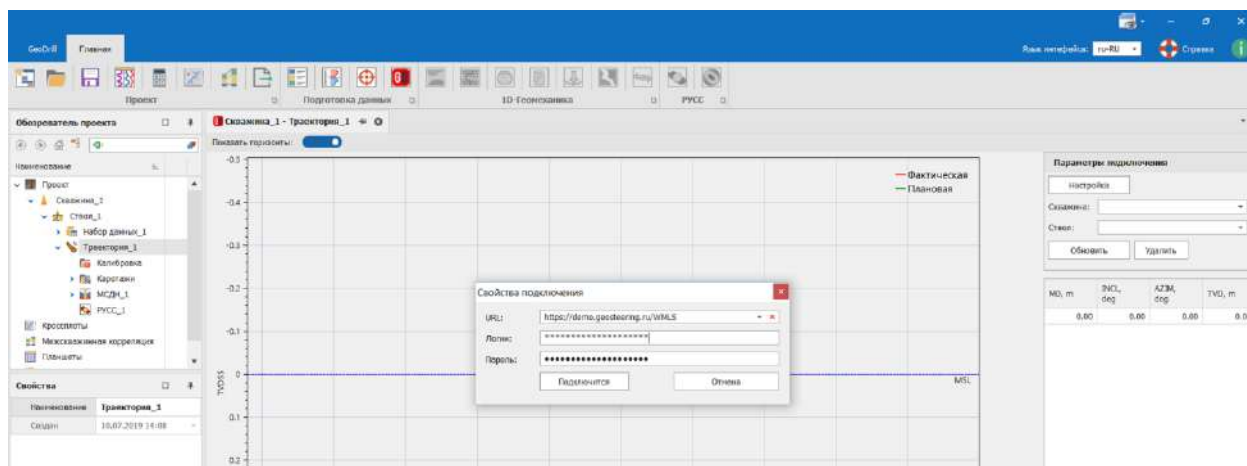
MD (m)	Pressure (kPa)	MudWeight (g/cm <sup>3</sup> )	TVD (m)

Окно ввода калибровочных данных инструмента Калибровка

В строке выбора данных необходимо указать тип вводимых данных: информация об испытаниях, замерах пластового давления, результаты испытаний на керновых образцах и т.д. Справа от строки выбора типа данных устанавливается Флаг глубины, к которым привязаны калибровочные значения (измеренная или вертикальная глубина). Данные можно ввести в таблицу вручную, указав либо значения давления или значения в терминах плотности бурового раствора, или загрузить данные из файла нажав на клавишу  и нажатием кнопки , все введенные параметры сохранятся в папке Калибровка дерева проекта. Для того, чтобы сохранить введенные параметры в файл нажмите на клавишу , укажите имя файла и директорию для сохранения.


## 5.2.4 Геонавигация

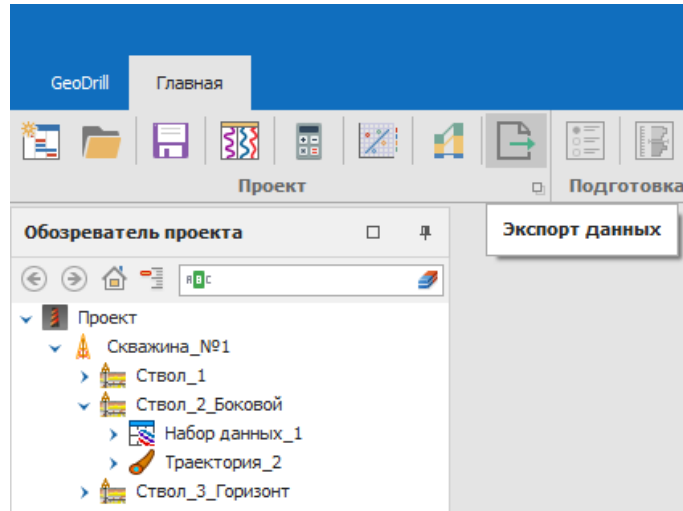
При работе в GeoDrill® пользователь имеет возможность подгружать данные траектории скважины из программных продуктов Geosteering Office непосредственно с сервера компании Геонавигация. Для этого необходимо выбрать вкладку , которая находится в разделе Подготовка данных главного меню программы, в появившемся окне в правой области ввести необходимые сведения о подключении к серверу.



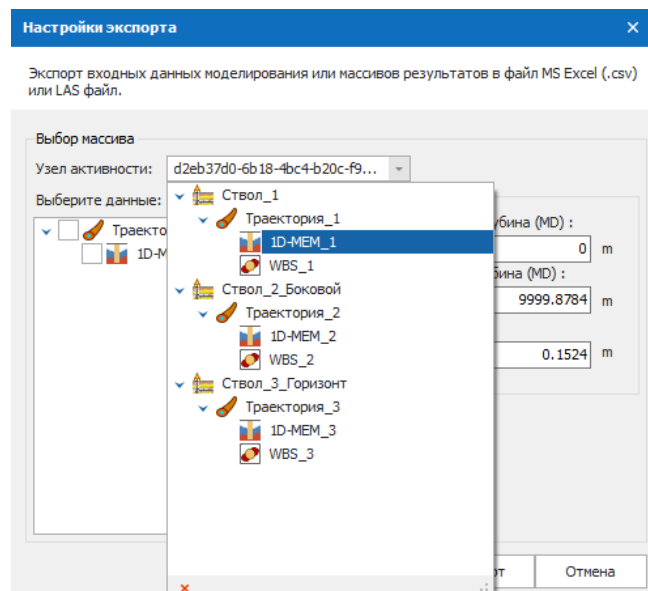
*Окно подключения инструмента Геонавигация*

## 6 Выгрузка данных

На всех этапах работы программы GeoDrill® пользователь имеет возможность экспортировать данные в форматах ASCII, LAS, SCV простым выбором закладки  Экспорт данных, расположенной в разделе Проект главного меню. После чего пользователю будет предложено выбрать экспортируемые данные, формат файла и указать путь для сохранения информации. На этапе выбора данных также имеется возможность отфильтровать данные по глубине.



*Инструмент Экспорт данных*

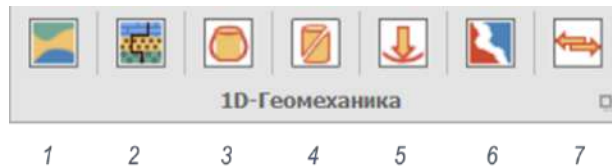


*Выбор данных для экспорта*

## 7 1-D Геомеханика (модель Механических Свойств, Давлений и Напряжений)

**1-D Геомеханика** (модель МСДН) – это численное представление давлений, напряжений и механических свойств горных пород, вскрываемых скважиной. Такая модель строится с использованием всей доступной информации о месторождении (механические и петрофизические свойства пород, геологическая и геофизическая информация, данные о бурении и добычи). При проведении 1-D геомеханического моделирования для всего разреза горных пород, обеспеченного данными, определяются / рассчитываются напряжения и давления, статический и динамический модули Юнга, коэффициент Пуассона, механизмы деформации и разрушения горных пород.

Процесс 1-D моделирования в GeoDrill® активируется нажатием левой клавиши мыши на папку **1D-MEM** в окне обозревателя проекта и подразумевает последовательное выполнение действий, обеспечиваемых следующими инструментами:



*Последовательность действий при 1-D Геомеханическом моделировании (построении модели МСДН)*

- |                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Редактор зон               | 5. Вертикальное напряжение   |
| 2. Механическая Стратиграфия  | 6. Поровое давление          |
| 3. Упругие свойства           | 7. Горизонтальные напряжения |
| 4. Прочностные характеристики |                              |

## 7.1 Редактор зон

Инструмент Редактор Зон позволяет выделять в геологическом разрезе отдельные зоны путем задания значений начальной и конечной глубины для каждого объекта. При проведении такой разбивки пользователь может руководствоваться представлениями о геологическом строении или стратиграфическом расчленении вскрываемого разреза, механической стратиграфии горных пород, особенностях бассейна, характере осадконакопления и т.д. Для каждой выделяемой зоны инструмент

Редактор зон позволяет как установить границы вручную, так и загрузить необходимые значения из файла или экспортировать их.







Запуск инструмента Редактора Зон осуществляется выбором соответствующей вкладки

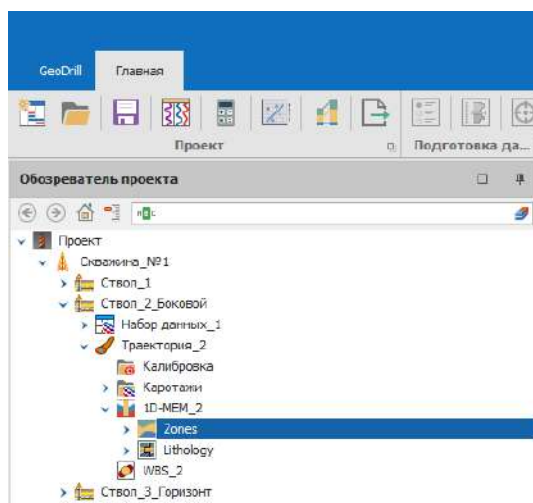


, расположенной в основном меню программы, в модуле 1-D Геомеханика.

Zone Editor				
Color	Zone Name	Start (m)	Stop (m)	Description
	Zone_1	0.00	1249.98	
	Zone_4	1249.98	2499.96	
	Zone_3	2499.96	4999.93	
	Zone_2	4999.93	9999.88	

*Создание Зон*

Нажатие кнопки  позволяет сохранить введенные интервалы глубин для каждой зоны в папке Zones модуля 1D-MEM в обозревателе проекта. Добавление зоны осуществляется с помощью кнопки , расположенной в меню управления в правой части экрана. При желании добавить несколько зон нажмите на кнопку , в правой панели инструментов. При нажатии клавиши  вы можете удалить выделенную зону. Для экспорта зон в файл или импорта зон из файла нажмите на кнопки сохранения в файл  или загрузки зон из файла , соответственно.



*Папка Zones модуля 1D-MEM*


## 7.2 Механическая Стратиграфия

При построении геомеханической модели необходимо учитывать характерные механические свойства отдельных пород. Для этого производится выделение зон (подзон) в пределах которых горные породы демонстрируют схожее поведение и последующее назначение для каждой зоны (подзоны) определенного типа горных пород (песчаники, сланцы, карбонаты, соли, магматические и т.д.). Проводимая таким образом классификация фаций в соответствии с механическими свойствами субстрата позволяет применять различные математические модели для расчета поведения пород каждой фации при геомеханическом моделировании.

Назначение определённого типа горных пород для каждой из выделенных зон осуществляется путем создания списка фаций, после чего они могут визуально распознаваться в пределах всего разреза, вскрываемого скважиной. Список фаций может вводиться из файла или создаваться вручную в ранее определенных зонах и подзонах двумя методами:


- Критичного порога
- Полигонов

Для создания механической стратиграфии моделируемого разреза горных пород необходимо выполнить следующие действия:

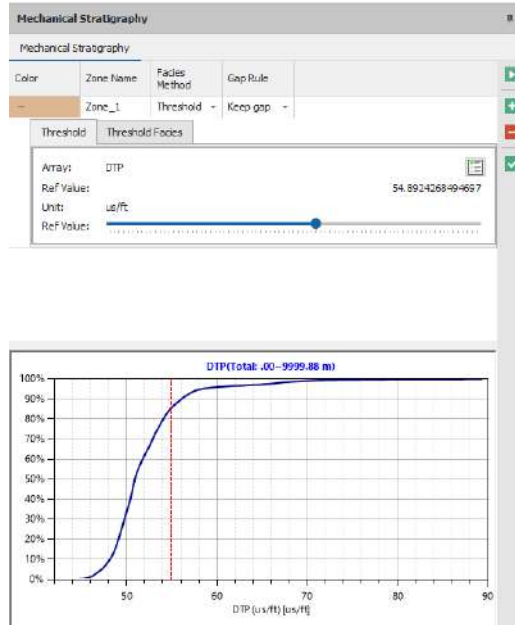
1. Выделить папку 1D-MEM в обозревателе проекта.
2. Выбрать закладку Механическая стратиграфия , находящуюся в разделе 1D-Геомеханика главного меню программы. При этом в правом окне автоматически появляется редактор зон, позволяя выполнить разделение разреза горных пород на зоны.
3. Для каждой зоны программа позволяет добавлять несколько различных фаций путем выбора из выпадающего списка.
4. Разделение для каждой из зон производится на основании выбранного метода (Критичного порога или Полигонов – см. далее).

### 7.2.1 Метод критичного порога / отсечки

Пороговый метод / метод отсечки позволяет пользователю различать 2 различные фации в отдельной зоне. Для создания механической стратиграфии с использованием этого метода необходимо выполнить следующие действия:

1. Выберите Порог в качестве метода определения фаций
2. Выберите фации, которые будут определены
3. Выбор критического значения, по которому будет производиться разделение на фации, осуществляется либо путем ввода в текстовом поле выпадающего окна, либо путем перемещения красной линии в 2D окне, отображающем по оси X значение физической величины выбранного каротажа, а по оси Y – долю (в процентах) измерений, не превышающих установленное пороговое значение
4. Для проведения расчетов и отображения результата необходимо нажать кнопку Выполнить , расположенную в меню управления в правой части экрана.





*Создание механической стратиграфии разреза с использованием метода Критического порога*

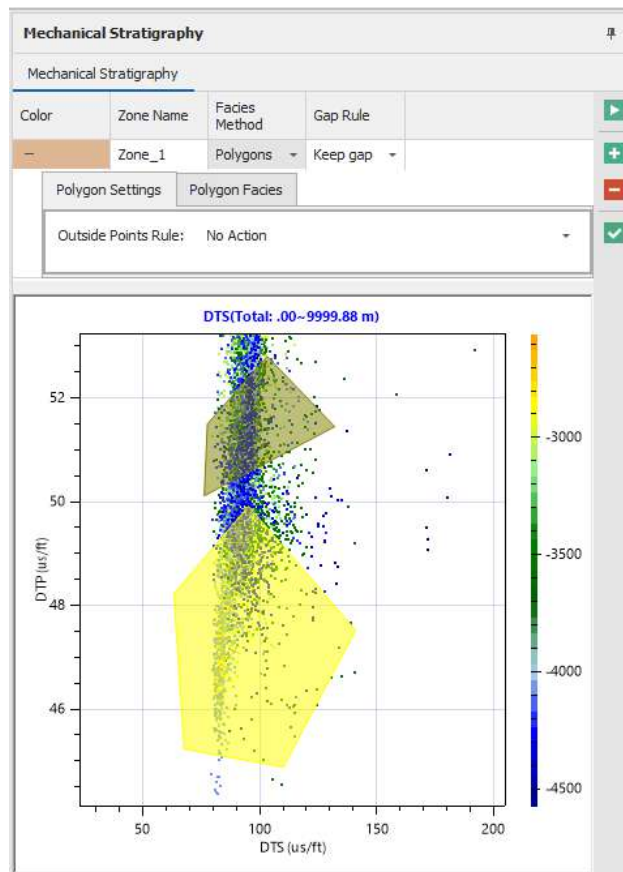
## 7.2.2 Метод Полигонов

Метод полигонов позволяет определять несколько фаций на перекрестном графике. Чтобы использовать этот метод необходимо выполнить следующие действия:

1. Выберите Полигон из выпадающего списка
2. Выберите входные каротажи, которые будут отображаться на перекрестном графике, переместив их на соответствующие оси (операция Drag@Drop)
3. Отрегулируйте свойства перекрестного графика для наиболее удобного визуального контроля данных в соответствии со своими предпочтениями
4. Используя графический инструмент полигон, обведите нужное облако данных в соответствии с вашим пониманием механических свойств для данной фации
5. Повторите шаг 4 для отрисовки большого количества полигонов для выделения различных фаций.


При использовании обоих методов выделения фаций возникающие пробелы в литологическом строении разреза могут быть вызваны отсутствием входных данных. Существуют следующие способы решения этой проблемы.

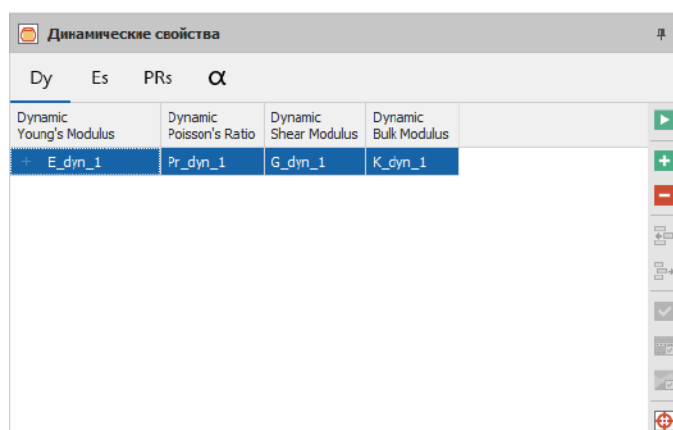
- Сохранить возникшие пробелы в литологическом строении разреза. В этом случае данные сохраняются без каких-либо изменений со всеми существующими пробелами
- Заполнить возникший пробел литологическом строении значением нижележащей фации
- Заполнить возникший пробел литологическом строении значением вышележащей фации




*Создание механической стратиграфии разреза с использованием метода Полигонов*

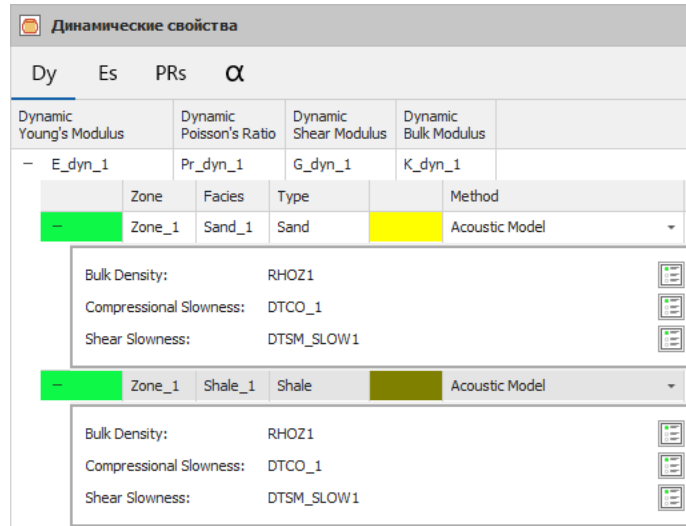
### 7.3 Упругие свойства

Расчет упругих свойств горных пород производится с помощью инструмента Упругие свойства , расположенного в разделе 1D-Геомеханика главного меню программы. При его активации появляется окно с двумя рабочими областями. В левой, основной области отображаются входные каротаж и механическая стратиграфия, а в правой, дополнительной области пользователь имеет возможность проводить расчеты упругих свойств горных пород, определяемых динамическими и статическими - модулем Юнга, коэффициентом Пуассона, модулем сдвига и объемного сжатия, константой БИО.



*Правая, дополнительная область окна инструмента Упругие свойства*

Для расчета всех обозначенных выше модулей и коэффициентов, отражающих свойства упругости горной породы, для каждой из ранее созданных зон необходимо выбрать соответствующий модуль/коэффициент в верхнем меню дополнительной области инструмента Упругие свойства, и нажатием левой кнопки мыши на значок , расположенный под соответствующим указателем (в данном случае - E<sub>dyn\_1</sub>), вызвать диалоговое окно.



*Диалоговое окно расчета динамических свойств (в данном случае Динамического модуля Юнга), расположенное в правой, дополнительной области инструмента Упругие свойства*

Инструмент Упругие свойства позволяет выполнять расчеты следующих коэффициентов и модулей:

Динамические свойства	Название	Код
Динамический модуль Юнга	E_Dyn	YME_DYN
Динамический коэффициент Пуассона	Pr_Dyn	PR_DYN
Динамический модуль сжатия	K_Dyn	BMK_DYN
Динамический модуль сдвига	G_Dyn	SMG_DYN

Статические свойства	Название	Код
Статический модуль Юнга	E_sta	YME_STA
Статический коэффициент Пуассона	Pr_sta	PR_STA

Константа БИО	Название	Код
---------------	----------	-----

Biot	Alpha	ALPH
------	-------	------


*Параметры, характеризующие упругие свойства горной породы*

При определении всех обозначенных выше коэффициентов программа дает возможность выбора алгоритма расчетов. Для этого необходимо указать нужный алгоритм в выпадающем меню “Метод” для всех определенных ранее фаций в каждой выделенной зоне. Инструмент Упругие свойства позволяет использовать следующие алгоритмы:

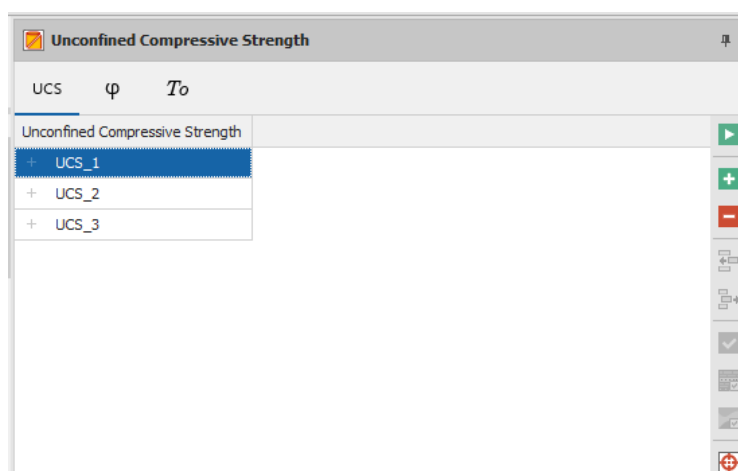
Инструмент	Модуль	Алгоритм
Упругие свойства	Динамические свойства	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Расчет с использованием данных акустики</li> <li>- Определение параметров по зонам</li> <li>- Загрузка внешних данных</li> <li>- Использование скрипта Python</li> </ul>
	Статический Модуль Юнга	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Использование эмпирических соотношений Morales (1993)</li> <li>- Корреляция с динамическим модулем Юнга</li> <li>- Определение параметров по зонам</li> <li>- Загрузка внешних данных</li> <li>- Использование скрипта Python</li> </ul>
	Статический коэффициент Пуассона	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Расчет с использованием значений динамического коэффициента Пуассона и статического модуля Юнга</li> <li>- Определение параметров по зонам</li> <li>- Загрузка внешних данных</li> <li>- Использование скрипта Python</li> </ul>
	Константа Био	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Определение параметров по зонам</li> <li>- Использование Alpha модели</li> <li>- Загрузка внешних данных</li> <li>- Использование скрипта Python</li> </ul>

*Алгоритмы доступные для использования инструментом Упругие свойства*


## 7.4 Прочность пород

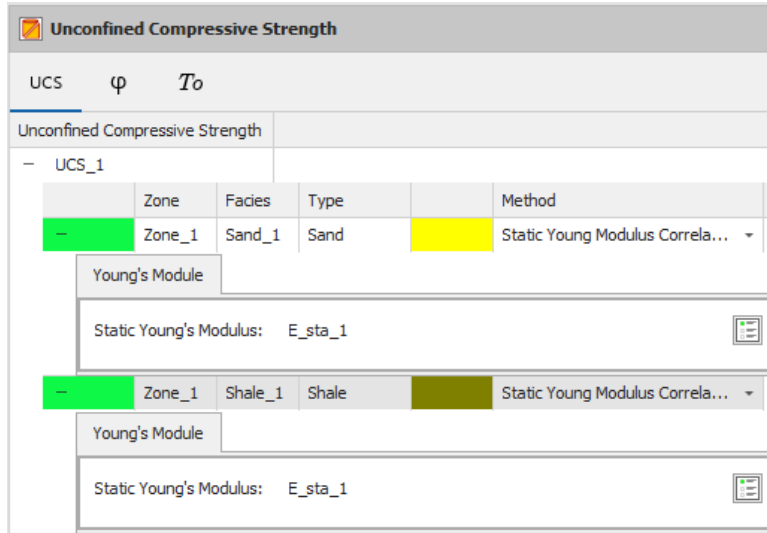
Расчет прочностных свойств горных пород производится с помощью инструмента Прочностные характеристики . Как и в случае упругими свойствами, окно инструмента Прочностные характеристики состоит из левой, основной области, где отображаются входные каротажи и механическая стратиграфия, и правой, дополнительной области, где пользователь имеет возможность проводить расчеты прочностных свойств горных пород, определяемых следующими параметрами:

- Прочность на одноосное сжатие (UCS)
- Угол внутреннего трения (FANG)
- Предел прочности на разрыв (TSTR)



*Правая, дополнительная область окна инструмента Прочность пород*

Для расчета всех обозначенных выше параметром необходимо выбрать соответствующую иконку в верхнем меню дополнительной области инструмента, и нажатием левой кнопки мыши на значок  вызвать диалоговое окно.



*Диалоговое окно расчета прочностных свойств (в данном случае Прочности на одноосное сжатие) инструмента Прочность пород*


Аналогичным образом производится расчет остальных прочностных свойств – Угол Внутреннего трения (FANG) и Предел Прочности на разрыв (TSTR). Как и на предыдущих этапах построения 1D-геомеханической модели при определении прочностных свойств горных пород пользователь имеет возможность выбора алгоритма расчетов в выпадающем меню “Метод” для всех определенных ранее фаций в каждой выделенной зоне. Инструмент Прочностные характеристики позволяет использовать следующие алгоритмы:

Инструмент	Модуль	Алгоритм
Прочностные характеристики	Прочность на одноосное сжатие	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Использование эмпирических соотношений Coates-Denoо</li> <li>- Использование эмпирических соотношений Vernik et al. (1993)</li> <li>- Использование Plumb Shear Modulus</li> <li>- Использование Brie Shear Modulus</li> <li>- Использование Plumb Porosity Modulus</li> <li>- Расчет с использованием значений статического модуля Юнга</li> <li>- Использование Plumb Porosity Upper Bound Boundary</li> <li>- Определение параметров по зонам</li> <li>- Загрузка внешних данных</li> <li>- Использование скрипта Python</li> </ul>

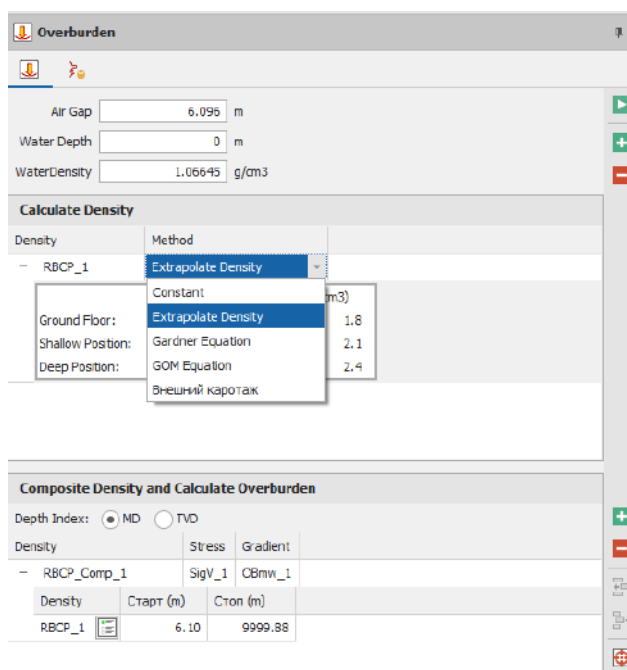
	Угол внутреннего трения	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Использование эмпирических соотношений объема глин и пористости (Plumb, 1994)</li> <li>- Определение параметров по зонам</li> <li>- Загрузка внешних данных</li> <li>- Использование скрипта Python</li> </ul>
	Предел прочности на разрыв	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Расчет с использованием зависимости от Прочности на одноосное сжатие</li> <li>- Определение параметров по зонам</li> <li>- Загрузка внешних данных</li> <li>- Использование скрипта Python</li> </ul>

*Алгоритмы, используемые в различных модулях инструмента Прочностные характеристики*

## 7.5 Вертикальное напряжение



Расчет вертикальных напряжений производится с помощью инструмента Вертикальное напряжение. Соответствующая вкладка  расположена в разделе 1D-Геомеханика главного меню программы. Как и во всех предыдущих случаях, окно инструмента Вертикальное напряжение состоит из левой области, где производится визуализация информации, и правой, дополнительной области, где пользователь имеет возможность проводить все расчеты с использованием различных встроенных алгоритмов и моделей.





Правая, дополнительная область окна инструмента Вертикальное напряжение


При расчете вертикальных напряжений пользователю доступны следующие встроенные алгоритмы (подробное описание приведено ниже в разделе 7.5.1):

Инструмент	Модуль	Алгоритм	Результат
Вертикальное напряжение	Расчет Вертикального напряжения по объемной плотности 	Constant Extrapolate Density Gardner Equation GOM Equation Внешний каротаж	Расчет по всему разрезу: - объемной плотности (трек RBCP); - вертикального напряжения в единицах УВБР (трек OBmw); - литостатического давления (трек Sig_V)
	Загрузка имеющихся данных 	Gradient Input Stress Input	Отображение загруженной кривой в виде вертикального напряжения в единицах УВБР (трек OBmw_Drct) или литостатического давления (трек SigV_Drct) и пересчет из одного представления в другое

Алгоритмы, используемые в различных модулях инструмента Вертикальное напряжение

## 7.5.1 Расчет Вертикального напряжения

Основным методом расчета вертикального напряжения является интегрирование объемной плотности горных пород, вскрываемых скважиной, по глубине. Для этого необходимо выполнить следующие действия:

1. Выбрать вкладку Вертикальное напряжение в разделе 1D-Геомеханика главного меню программы. В открывшейся правой, вспомогательной, области инструмента Вертикальное напряжение необходимо выбрать вкладку  (Расчет Вертикального напряжения по объемной плотности) и ввести информацию об имеющихся: воздушном интервале, глубине залегания и плотности пластовых вод. Если эти данные были введены ранее и отражаются в области «Свойства» (Скважины), то соответствующие поля будут заполнены автоматически.

2. При активировании инструмента Вертикальное напряжение будут автоматически распознаны и подгружены введенные ранее (на этапе расчета упругих свойств) данные каротажа плотности.

В программу заложено несколько способов вычисления объемной плотности горных пород, выбор которых осуществляется в выпадающем меню “Method” поля “Calculate Density” в правой, вспомогательной области инструмента:


Constant – плотность горной породы задается константой для всего разреза;

Extrapolate density – наиболее часто используемый метод, при котором значения плотности аппроксимируются во всем диапазоне глубин разреза на основании данных подготовленного ранее (и автоматически подгруженного на данном этапе) каротажа плотности. Если такие данные отсутствуют, необходимо установить значения объемной плотности вручную, указав в соответствующих полях значения плотности в различных интервалах глубин. Другим способом является загрузка каротажа плотности из внешнего источника (см. пункт “Внешний каротаж” ниже). Экстраполированные значения плотности по разрезу отражаются в виде кривой (трек RBSP) в 2D окне в левой (основной) области инструмента Вертикальное напряжение. Рассчитанные данные визуальнo контролируются и могут быть отредактированы непосредственно в 2D окне при мощи трех маркеров,


реализованных в виде перекрестий. Перемещение маркеров при помощи мыши сопровождается автоматическим пересчетом значений объемной плотности по всему разрезу;

Gardner (или GOM) Equation – расчет объемной плотности по всему разрезу производится с использованием одноименных эмпирических зависимостей. При необходимости ввод параметров (каротажей) осуществляется в соответствующем поле вспомогательной области инструмента;


Внешний каротаж – выбор данного метода расчета объемной плотности горной породы позволяет загрузить каротажные данные, подготовленные ранее и сохраненные в папке “Каротажи” (см. раздел “Подготовка данных”). При выборе данного метода аппроксимация данных происходит автоматически. Рассчитанная по разрезу объемная плотность отражаются в виде кривой (трек RBCP) в 2D окне в левой (основной) области инструмента Вертикальное напряжение без возможности ее редактирования (для этого необходимо выбрать пункт “Extrapolate density” меню “Method”).

3. Для активирования результатов расчетов объемной плотности горных пород по глубине вскрываемого разреза, как и во всех случаях при внесении любых изменений в данные, необходимо нажать кнопку Выполнить , расположенную в меню управления в правой части экрана.


Инструмент Вертикальное напряжение дает возможность пользователю проводить расчеты вертикального напряжения по всему разрезу с использованием композитной кривой объемной плотности. Конструирование композитной кривой производится в нижнем окне вспомогательной области инструмента Вертикальное напряжение путем разбивки всего разреза на отдельные интервалы глубин и определения для каждого из этих интервалов подходящих значений объемной плотности. Необходимые данные могут быть подгружены из указанных пользователем файлов, выбор которых для каждого интервала осуществляется во всплывающем окне. Необходимый для проведения этих действий набор кнопок расположен меню управления в правой части экрана.

После построения композитной кривой объемной плотности и активирования внесенных в проект изменений (нажатие кнопки Выполнить ) происходит автоматический расчет вертикального напряжения по всему разрезу и его отображение в виде кривой в единицах УВБР (трек OВmw) и кривой литостатического давления (трек SigV\_Drct).

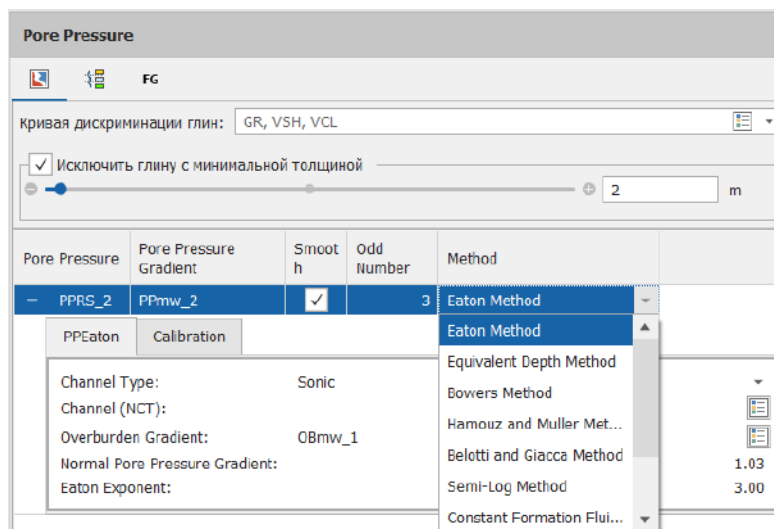
## 7.5.2 Загрузка имеющихся данных о вертикальном напряжении

Помимо расчетов вертикального напряжения на основании информации об объемной плотности горных пород, программа позволяет подгрузить уже имеющиеся данные в виде вертикального напряжения в единицах УВБР или литостатического давления горных пород. Для этого необходимо в правой, вспомогательной, области инструмента Вертикальное напряжение выбрать вкладку  (Загрузка имеющихся данных) и в выпадающем меню “Method” установить тип загружаемых данных: “Gradient Input” – в случае если будут загружаться данные вертикального напряжения в единицах УВБР; или “Stress Input” – если это будет литостатическое давление. Далее в поле “Source” указывается путь к нужному файлу и производится загрузка данных, которые отображаются в 2D окне в левой (основной) области инструмента Вертикальное напряжение. При этом автоматически происходит пересчет загружаемых данных (из вертикального напряжения в литостатическое давление и наоборот).

## 7.6 Поровое давление


Вкладка инструмента Поровое давление  расположена в разделе 1D-Геомеханика главного меню программы. Как и для всех других инструментов данного раздела, окно инструмента Поровое давление состоит из левой области, где производится визуализация информации, и правой, дополнительной области, где пользователь имеет возможность проводить расчеты с использованием различных встроенных алгоритмов и моделей.




Инструмент Поровое давление позволяет рассчитывать значения порового давления и градиента разрыва по всему разрезу. При этом значения порового давления могут быть рассчитаны с использованием трендовой линии на основании проведенного разделения горных пород по глинистости, загружены из ранее подготовленных (внешних) файлов, либо определены с помощью построенной композитной кривой.




*Дополнительная область инструмента Поровое давление*

Инструмент Поровое давление включает в себя следующие модули:

- Модуль  - расчета порового давления с использованием трендовой линии на основании проведенного разделения горных пород по глинистости. При использовании данного модуля пользователь имеет возможность подгрузить один из каротажей (область «Кривая дискриминации глин») при помощи которого производится построение линии тренда. Допускается разделение тренда на отдельные сегменты, соответствующих интервалам глубин, охарактеризованных породами с различной глинистостью. При работе с линией тренда используются вспомогательные инструменты, расположенные в левой (основной) области инструмента Поровое давление:


 - редактирование сегмента;  - удаление выбранного сегмента;  - очистка всех ранее построенных сегментов.

Инструмент Поровое давление позволяет также исключить из рассмотрения интервалы каротажных данных, соответствующих незначительным по мощности прослоям глинистых частиц. Мощность исключаемых из рассмотрения прослоев задается в соответствующем поле правой, дополнительной области инструмента.

• Модуль  - расчета порового давления на основании композитной кривой (сконструированной с использованием рассчитанных на предыдущих этапах значений порового давления и/или загруженных из ранее подготовленных внешних файла);


• Модуль **FG** - вычисления градиента разрыва с использованием различных эмпирических соотношений.

Инструмент Поровое давление позволяет использовать в расчетах следующие алгоритмы:

Инструмент	Модуль	Алгоритм
Поровое давление	Расчет порового давления 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Метод Итона</li> <li>- метода эквивалентной глубины</li> <li>- Метод Бауэра</li> <li>- Hamouz and Muller Method</li> <li>- Belotti and Giacca Method</li> <li>- Semi-log Method</li> <li>- Использование скрипта Python</li> <li>- Загрузка данных из внешнего файла</li> <li>- Упрощенный расчет при заданном постоянном градиенте давлений</li> <li>- Упрощенный расчет при заданной постоянной плотности флюида</li> </ul>
	Расчет градиента разрыва <b>FG</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eaton Method (Gulf Coast Poisson's Ratio)</li> <li>- Eaton Method (Deep Water Poisson's Ratio)</li> <li>- Eaton Method (User's Correlation)</li> <li>- Stress Ratio Method (Matthews &amp; Kelly Method)</li> <li>- Stress Ratio Method (User's Correlation)</li> <li>- Zamora Method</li> </ul>

*Алгоритмы, используемые в различных модулях инструмента Прочностные характеристики*

## 7.7 Горизонтальные напряжения

Расчет горизонтальных напряжений производится с помощью инструмента Горизонтальное напряжение. Соответствующая вкладка  расположена в разделе 1D-Геомеханика главного меню

программы. Как и во всех предыдущих случаях, окно инструмента Горизонтальное напряжение состоит из левой области, где производится визуализация информации, и правой, дополнительной области, где пользователь имеет возможность проводить все расчеты с использованием различных встроенных алгоритмов и моделей.

Инструмент	Модуль	Алгоритм	Результат
Горизонтальные напряжения	Критерий Мора-Кулона МС	- Расчеты с использованием ранее полученных значений вертикального напряжения, порового давления и угла внутреннего трения	Нормальное напряжение - оценка снизу минимального горизонтального напряжения (трек Sigh_LL); Сдвиговое напряжение - оценка сверху максимального горизонтального напряжения (трек SigH_UL)
	Минимальное горизонтальное напряжение $\sigma_h$	- Модель упругих деформаций поровых сред - Horizontal Stress Gradient - Mathematical Model - Загрузка внешних данных - Использование скрипта Python	Минимальное горизонтальное напряжение (трек Sigh)
	Максимальное горизонтальное напряжение $\sigma_H$	- Модель упругих деформаций поровых сред - Horizontal Stress Gradient - Mathematical Model - Загрузка внешних данных - Функция от минимального горизонтального напряжения	Максимальное горизонтальное напряжение (трек SigH)
	Направление напряжений AZI	- Определение параметров по зонам - Использование скрипта Python - Загрузка внешних данных	Азимут минимального горизонтального напряжения (трек Az_sigh)
	Учет выработки запасов	- Depletion Rate - Absolute Amount	Минимальное, максимальное напряжения (треки Sigh_Dep, SigH_Dep) и Поровое давление


			(трек PPRS_Dep) с учетом выработки запасов
--	---	--	--

*Алгоритмы, используемые в различных модулях инструмента Горизонтальные напряжения*

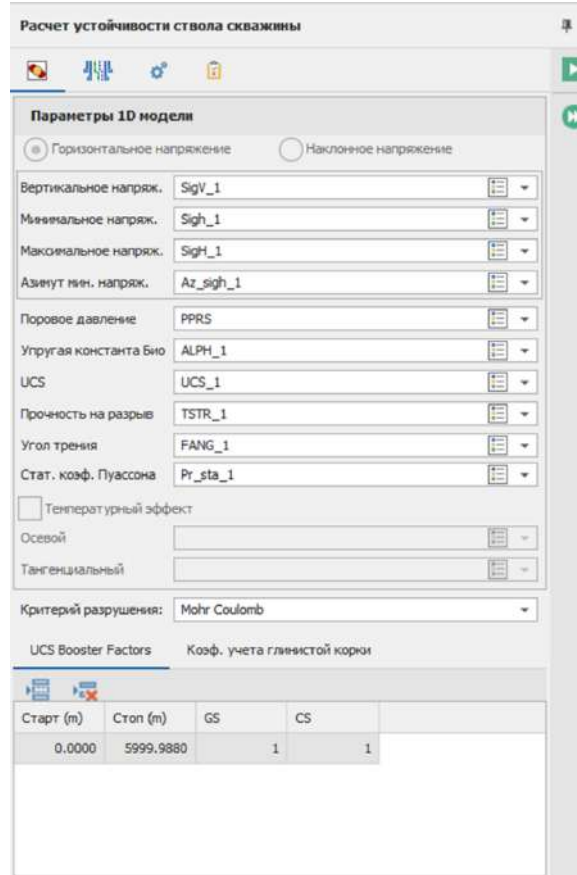
## 8 РУСС (Расчет устойчивости стенок ствола скважины)

Модуль Расчет Устойчивости Стенок Ствола скважины - РУСС (WBS), позволяет получить окно буримости и синтетический имидж обрушений на основе модели механических свойств давлений и напряжений (МСДН) и давления в стволе скважины. Программа осуществляет прогноз устойчивости стенок ствола скважины на основе модели поро-упругости. Для оценки разрушения при сдвиге и при растяжении используется Критерий разрушения. Чтобы активировать процесс РУСС в главном меню, необходимо щелкнуть левой клавишей мыши на значок "РУСС" в окне обозревателя.

### 8.1 Запуск модуля РУСС


Для запуска модуля РУСС необходимо щелкнуть левой клавишей мыши на значок , расположенный на главной панели. После нажатия откроется окно для продолжения расчета.





Модуль РУСС

Для дальнейшего расчета РУСС необходимо заполнить все входные данные Модели МСДН (MEM), а также Критерий разрушения. Доступны три вида критерия разрушения – Мора Кулона, Мого Кулона и Модифицированный Ладе.


Инструмент	Входные данные МСДН	Критерии разрушения при сдвиге	Результат
Расчет Устойчивости Стенок Ствола скважины 	- Вертикальное напряжение - Минимальное горизонтальное напряжение - Максимальное горизонтальное напряжение - Азимут минимального горизонтального напряжения - Поровое давление - Константа Био	- Мора Кулона - Мого Кулона - Модифицированный Ладе	- Градиент порового давления - Градиент обрушений - Градиент поглощений - Градиент разрыва

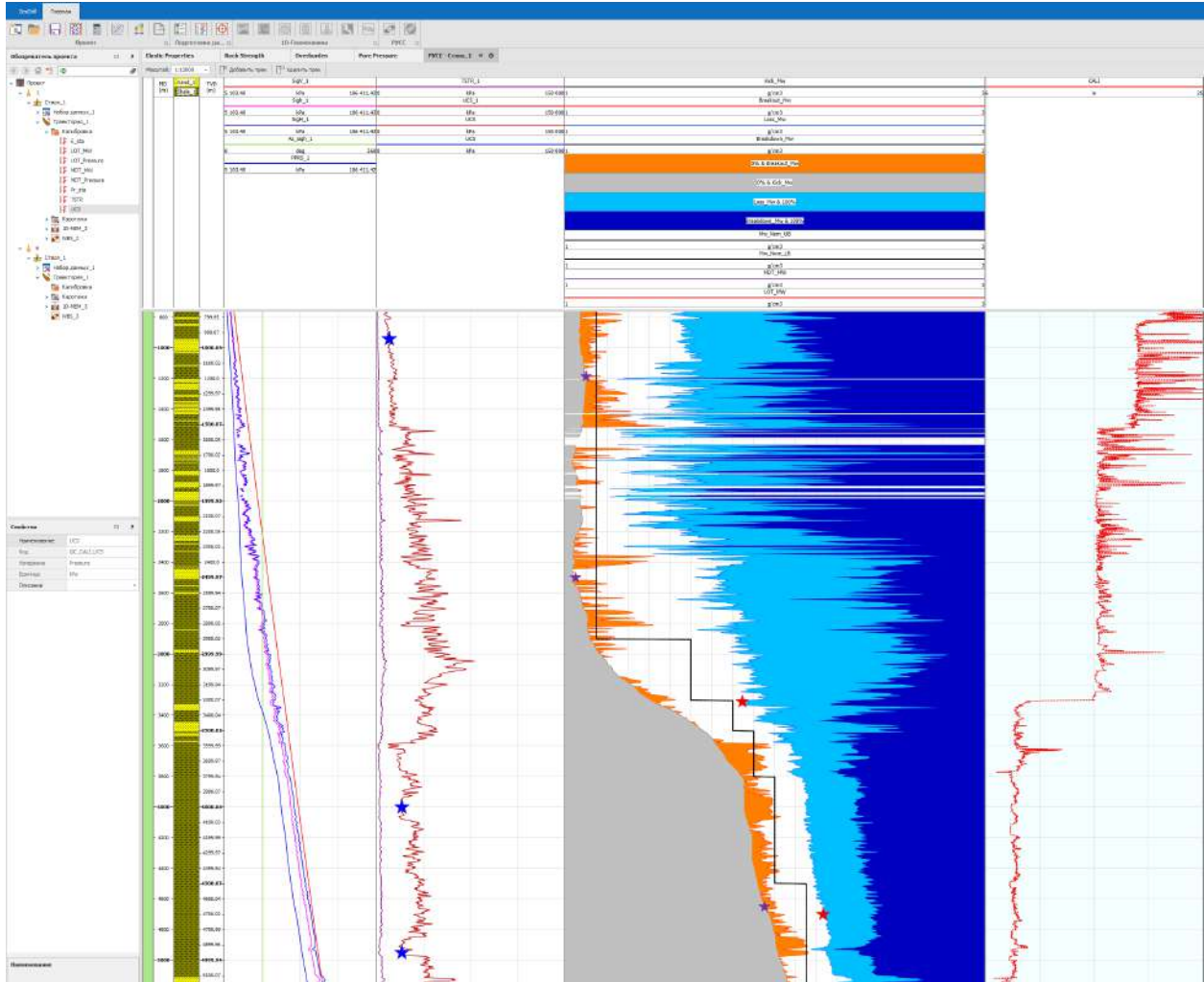
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Предел прочности на одноосное сжатие</li> <li>- Пределе прочности на растяжение</li> <li>- Угол внутреннего трения</li> <li>- Статический коэффициент Пуассона</li> </ul>		
--	--	--	--

В нижней части окна расчетного модуля РУСС имеются дополнительные функции, с помощью которых возможно ввести **поинтервально** бустер предела прочности на сжатие и коэффициент учета глинистой корки.

GS – коэффициент умножения

CS – коэффициент сложения

После ввода входных данных МСДН и нажатия левой клавишей мыши на значок «Запуск» , производится РУСС скважины.



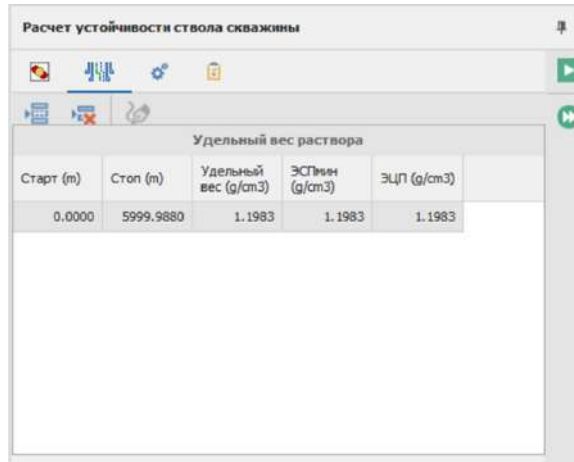
*Результат расчета РУСС и калибровочные данные (синие и красные звездочки)*

Стоит отметить, что расчет устойчивости стенок ствола скважин является итерационным процессом. После первичного расчета рекомендуется необходимо провести калибровку параметров модели по фактическим данным (керновые исследования, замеры пластового давления, замеры минимального горизонтального напряжения, каверномер, имиджи) и заново произвести повторный расчет устойчивости стенок ствола скважин.

## 8.2 Опции РУСС

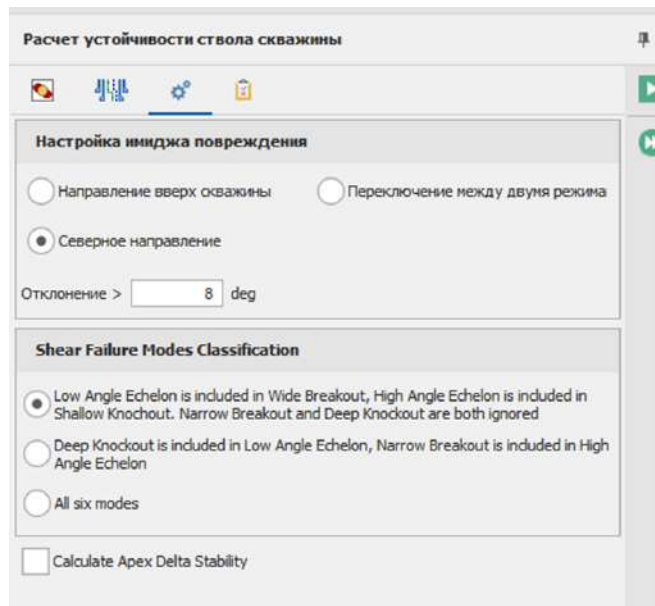
В модуле РУСС доступны дополнительные настройки для работы.

Информацию об удельном весе бурового раствора (MUDW) в процессе бурения можно внести в дополнительное окно настроек модуля РУСС.



При разных условиях и в разных скважинах возможна настройка синтетического имиджа обрушений и его ориентации – на север, по направлению вверх скважины и в режиме переключения между двумя случаями с переключением угла.

Также в случае сложной ситуации околоскважинных напряжений, имеется опция визуализации 6 видов обрушений (expert mode).



Опции РУСС

При работе в режиме сопровождения бурения скважины в реальном времени возможно формирование ежедневного отчета с обозначением даты, времени, текущей информации о скважине и т.д. В ежедневном отчете описываются события и операции за прошедшие сутки и с учетом текущей модели, обновленной под забой, выдаются рекомендации для дальнейшего бурения.

**Расчет устойчивости ствола скважины**

Кол. страниц: 1

**Параметры**

**Общие**

День	
Ночь	
Телефон	
Дата	<b>13.09.2019 17:05</b>

**Сводка**

Сводка №	<b>0</b>
Дней от начала работ	<b>0</b>
Глубина 00:00	<b>0</b>

**События и операции**

**Рекомендации**

**Архив**


Дата	
------	--

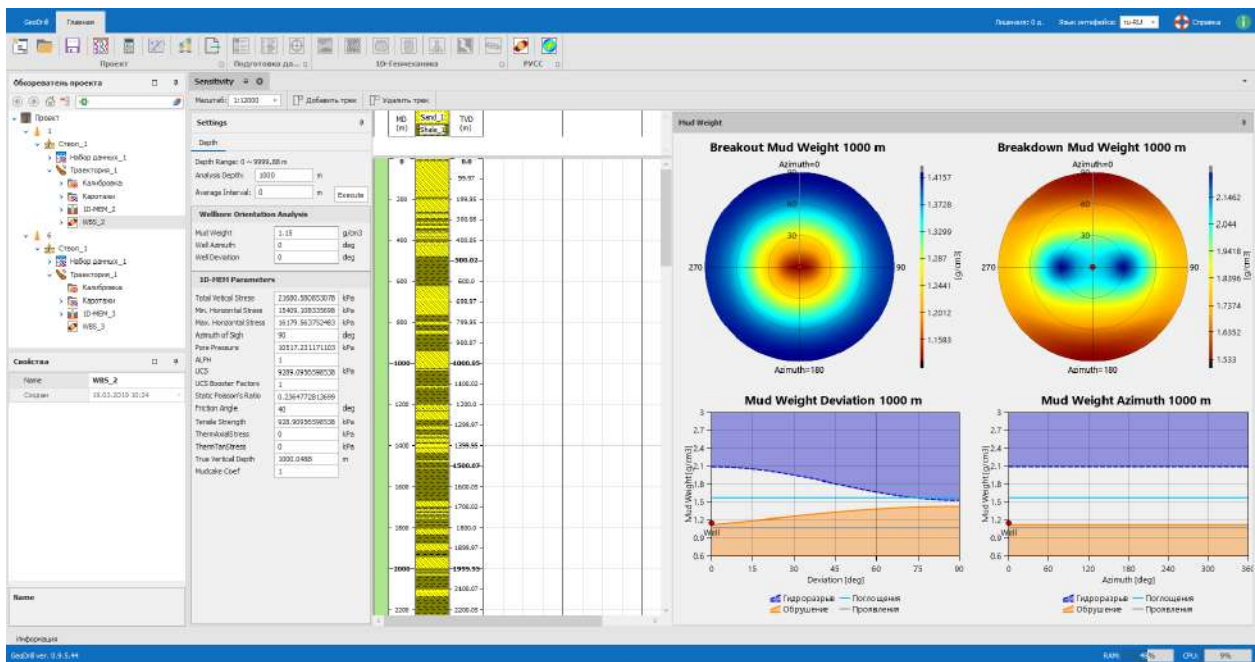
*Модуль формирования суточного отчета*

## 9 Чувствительность

Анализ чувствительности устойчивости стенки ствола скважины к различным параметрам модели производится с помощью инструмента Чувствительность.

При анализе чувствительности используется информация о траектории скважины (азимут и зенитный угол), РУСС, параметры веса бурового раствора, ЭЦП и данные МСДН (упругие свойства пород, прочность породы, поровое давление, горизонтальные напряжения).

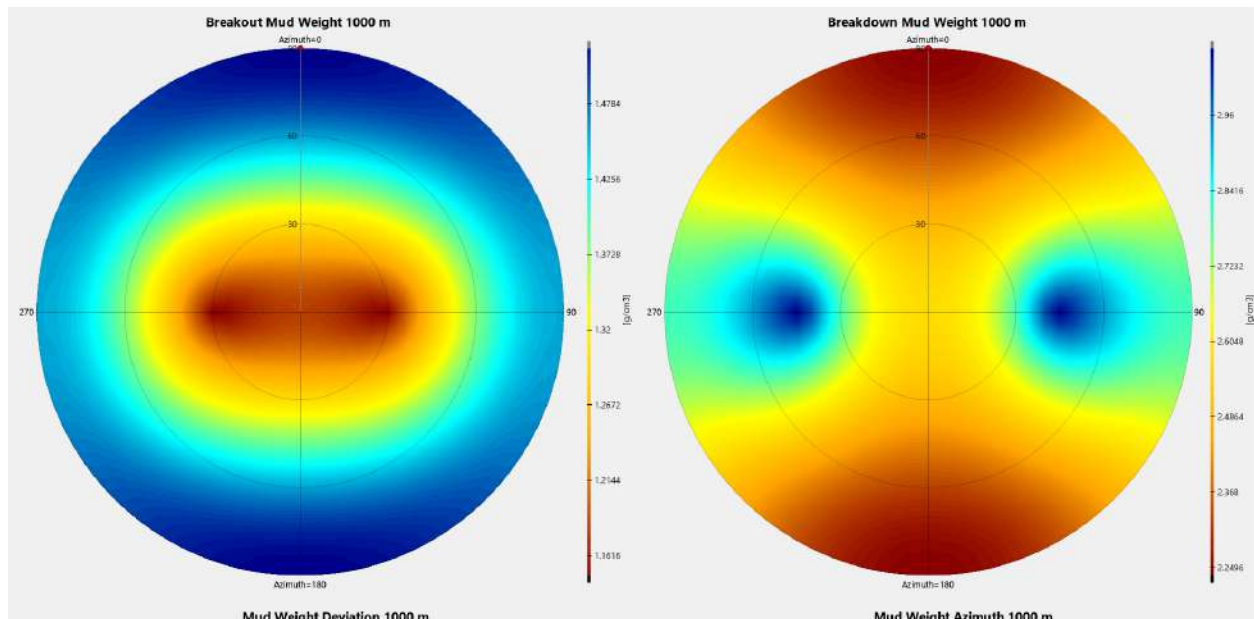
Запуск инструмента Чувствительность осуществляется выбором соответствующей вкладки  , расположенной в основном меню программы, в модуле РУСС. Инструмент позволяет провести сравнительный анализ степени обрушений в зависимости от азимута и зенитного угла скважины для каждой глубинной отметки.



Окно параметров и окно анализа чувствительности инструмента Чувствительность

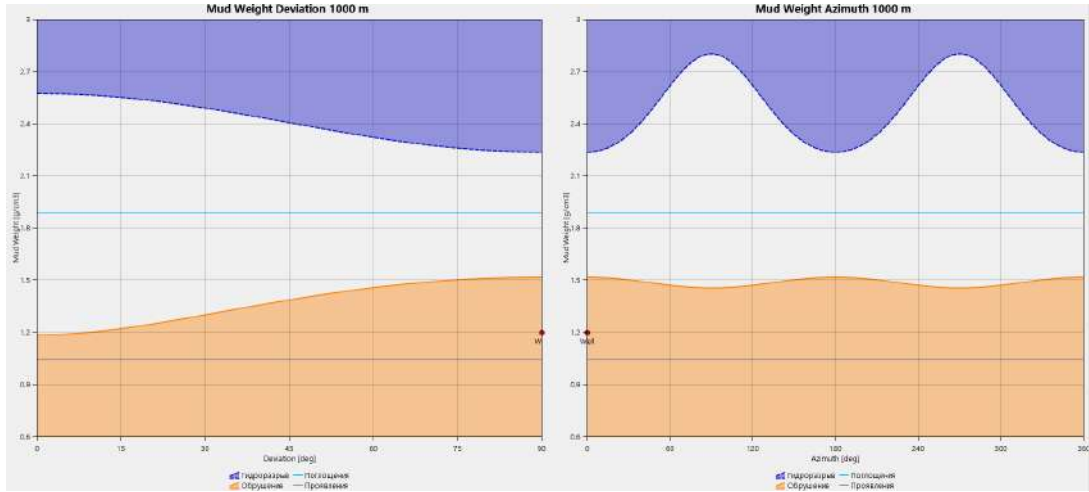
Окно анализа чувствительности инструмента Чувствительность состоит из двух видов – стереонет и график зависимости устойчивости стенки ствола скважины от зенитного угла и азимута для каждой глубинной отметки.

Стереонет представляет собой сферу, где по окружности расположен азимут, а по осям зенитный угол скважины. В программе GeoDrill® стереонеты рассчитываются для градиента обрушения и градиента разрыва пластов. Палитра цветов отображает степень разрушения (для градиента обрушений), либо разрыва пластов (для градиента разрыва) и может быть откорректирована в настройках.



*Стереонет градиента обрушения и градиента разрыва пластов. Окно анализа чувствительности инструмента Чувствительность.*

Для анализа чувствительности модели наряду со стереонетами могут быть использованы и графики зависимости устойчивости стенок ствола скважины от азимута и зенитного угла скважины.

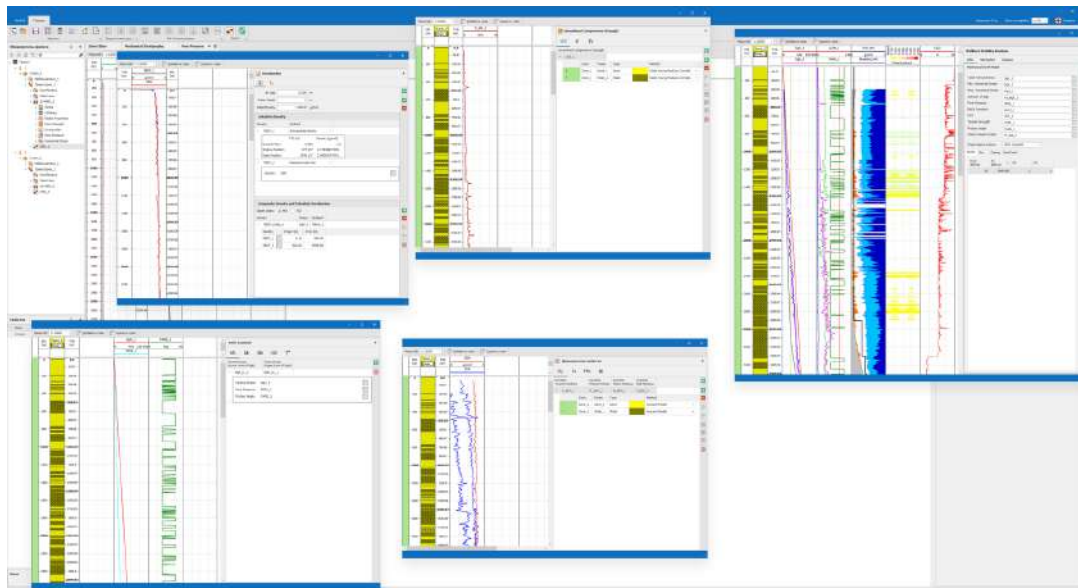


*Графики зависимости устойчивости стенок ствола скважины от азимута и зенитного угла скважины*



## 10 Приложение 1. Многооконность

Одной из особенностей работы в программе GeoDrill® является возможность открытия и размещения нескольких окон в любом месте экрана. Расчеты, выполняемые в одном из окон, будут сопровождаться автоматическим пересчетом данных в окнах, отображающих связанные процессы.



*Многооконность в программном комплексе GeoDrill®*

## 11 Приложение 2. Некоторые формулы, используемые при моделировании

Для расчета динамических свойств используются акустические данные и данные плотности.

$$E_{\text{дин}} = \frac{\rho V_s^2 (3V_p^2 - 4V_s^2)}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

*Формула 1*

Динамический модуль Юнга выражается через скорости продольной ( $V_p$ ), поперечной волн ( $V_s$ ) и плотность пород.

$$E_{\text{дин}} = \frac{9K\mu}{3(K + \mu)} = \frac{\rho V_s^2 (3V_p^2 - 4V_s^2)}{(V_p^2 - V_s^2)}$$

*Формула 2*

где  $K$  – модуль сжатия,  $\mu$  - модуль сдвига. Скорости продольной ( $V_p$ ) и поперечной волн ( $V_s$ ), в свою очередь, находятся из следующих соотношений:

$$V_p = \sqrt{\frac{(K + \frac{4}{3}\mu)}{\rho}}; V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \rightarrow K = \rho \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right) \text{ и } \mu = \rho V_s^2$$

*Формула 3*

Вертикальные напряжения рассчитываются путем интегрирования по глубине величины плотности, восстановленной по всему разрезу:

$$\sigma_{\text{верт}} = g \times \int_0^z \rho(z) dz$$

*Формула 4*

$$\nu_{\text{дин}} = \frac{3K - 2\mu}{2(3K + \mu)} = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

*Формула 5*

где  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

Модель упругих деформаций поровых сред описывается выражением:

$$\sigma_h = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_{\text{верт}} - \frac{\nu}{1-\nu} \alpha A_{\text{верт}} P_p + \alpha A_{\text{гор}} P_p + \frac{E}{1-\nu^2} \varepsilon_x + \frac{\nu E}{1-\nu^2} \varepsilon_y$$

*Формула 6*

Модуль сдвига и модуль объемного сжатия рассчитывались через статический модуль Юнга и статический коэффициент Пуассона:

$$G_{\text{стат}} = \frac{E_{\text{стат}}}{2(1+\nu_{\text{стат}})}$$

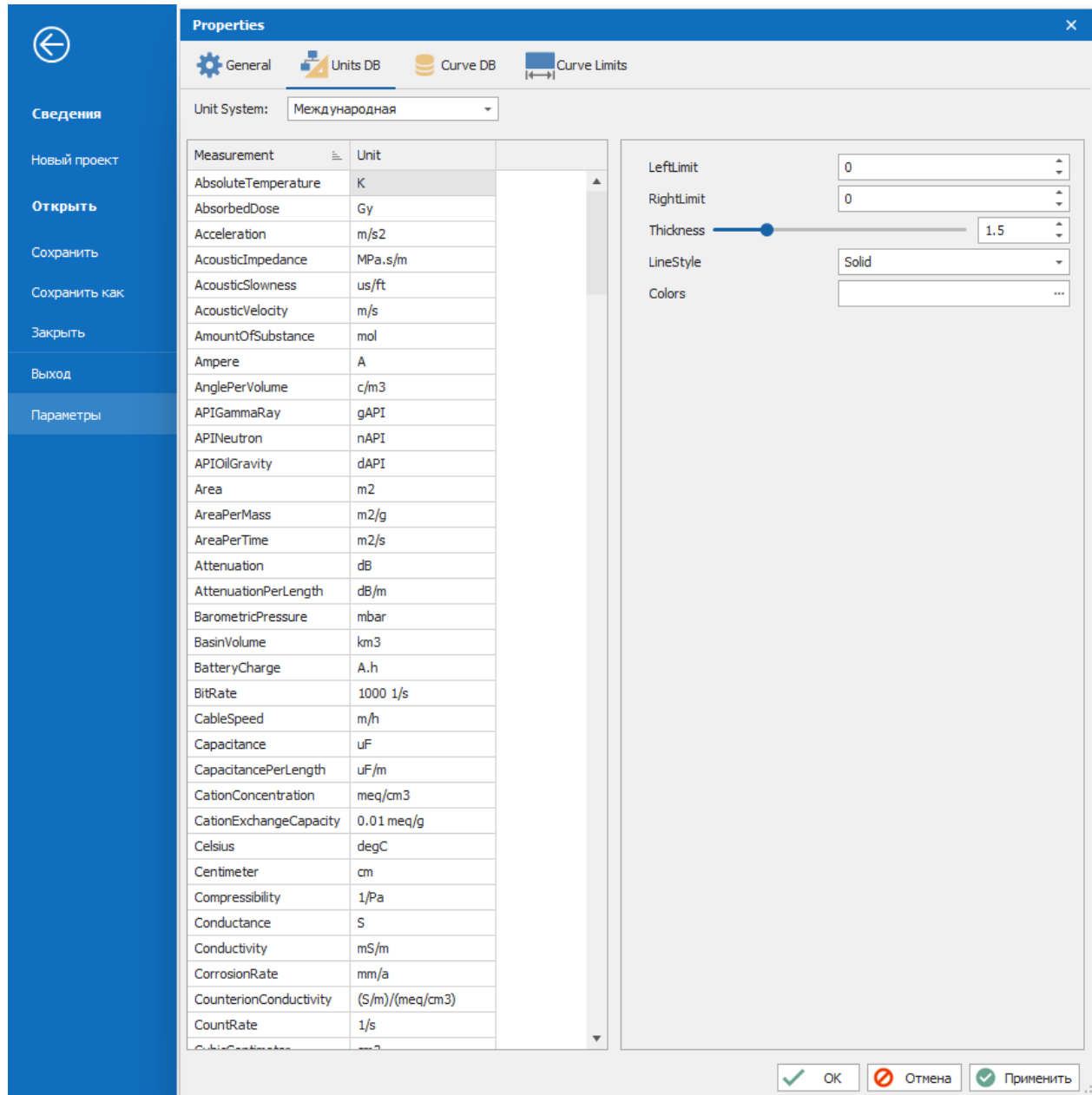
*Формула 7*

$$K_{\text{стат}} = \frac{E_{\text{стат}}}{3(1-2\nu_{\text{стат}})}$$

*Формула 8*

## 12 Приложение 3. База данных мнемоник каротажей

Программный комплекс GeoDrill® включает встроенную базу данных мнемоник компаний “Большой четверки”, что позволяет распознавать и загружать все типы каротажных данных.



База данных мнемоник компаний “Большой четверки”