



МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ

ПЛАСТОВ

(RPM)

GEOTEC

Общие сведения

- Решается задача восстановления упругих свойств среды на основе физики горных пород
- Горная порода представляется объектом, который состоит из: минеральных зерен, включений, определенной связанности и ориентации, пустот в виде пор, трещин, каверн различной формы, в которых содержится флюид (вода в связанном и свободном состоянии, нефть или газ)
- Внутреннее строение объектов моделирования определяет выбор методов и уравнений Rock Physics
- Аппроксимация элементов в виде эллипсоидов характеризуется аспектным отношением a
- Позволяет устанавливать связи между фильтрационно-емкостными и упругими свойствами горных пород и прогнозировать коллекторские, литологические и флюидалые признаки на основе сейсмической инверсии с учетом масштабирования представления исходных данных (керна, ГИС, сейсмика)

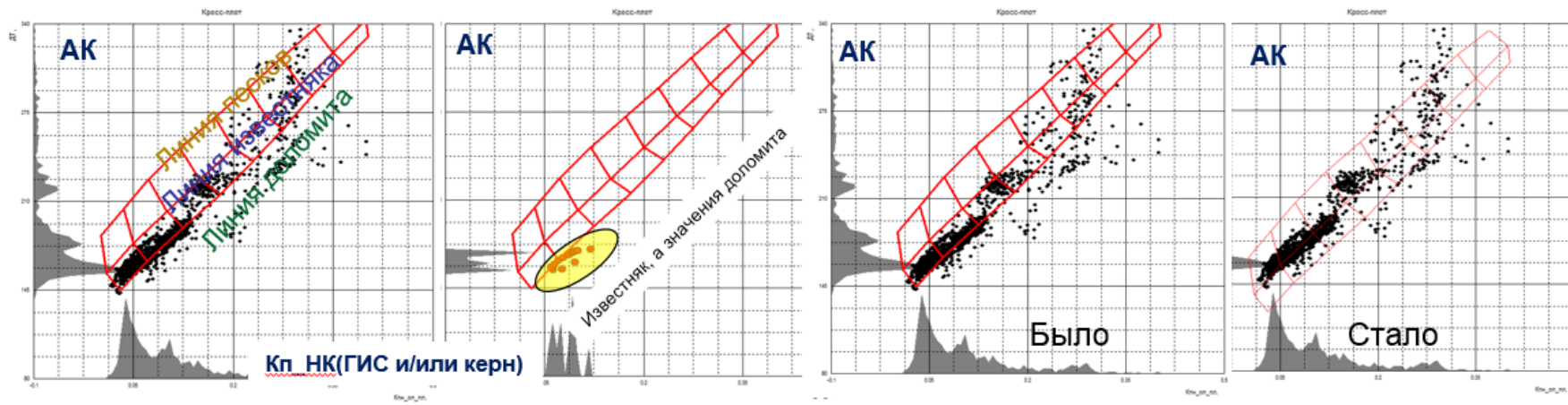
Предварительный этап

Нормализация значений в многоскважинном режиме (по общей гистограмме или экспертной скважине)

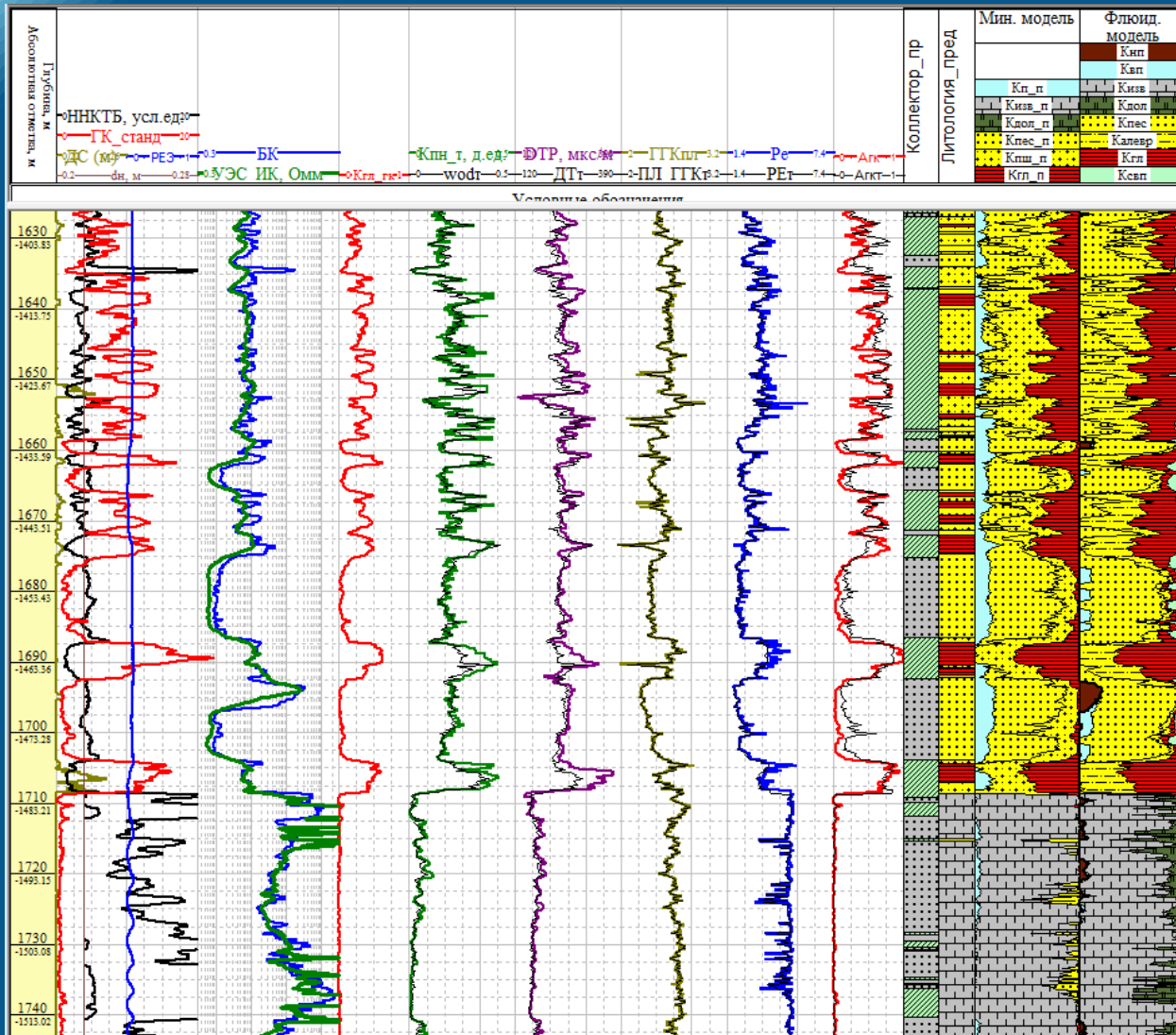


Оценка качества входной информации и получение эталонных данных ГИС (увязка по глубине, ввод поправок за влияние искажающих факторов, нормировка на керн, синтезирование кривых по эмпирическим зависимостям)

Оценка качества в отдельно взятой скважине - построение кросс-плотов ГИС-ГИС, ГИС-кern

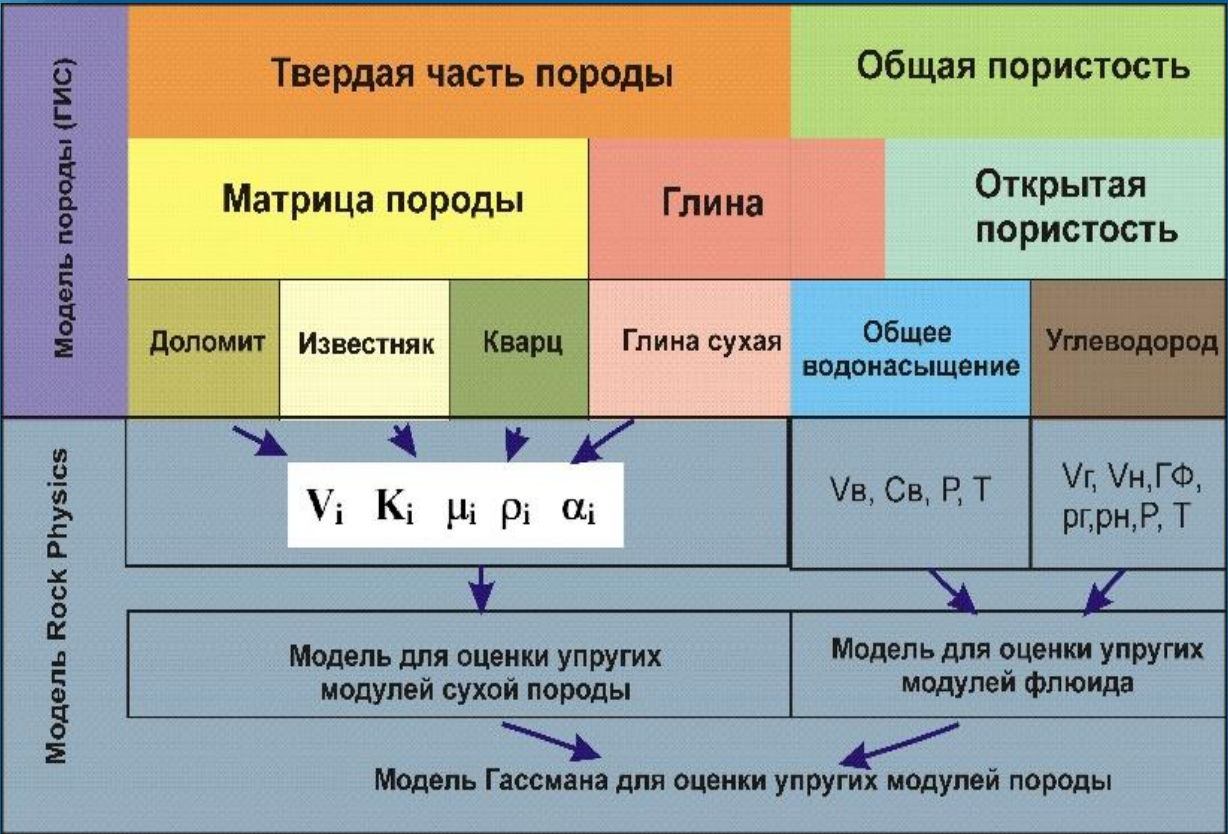


Предварительный этап



- Построение минералогической модели и расчет объемных долей компонентов разреза с выделением объемной доли сухой составляющей глинистого минерала;
- Расчет общей, открытой пористости и водонасыщенности по принятым стандартным методикам;
- Проверка результатов расчетов по данными керновых исследований и опробования пластов

Постановка задачи



$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

$$K = \rho * (V_p^2 - \frac{4}{3} * (V_s^2))$$

$$\mu = \rho * V_s^2$$

$$\rho = \sum_{n=i}^{\square} V_i * \rho_i$$

V_p – скорость продольных волн,
 V_s – скорость поперечных волн,
 K – модуль сжатия породы,
 μ - модуль сдвига породы;
 ρ - плотность породы.

Способы решения

Сначала выполняется расчет упругих модулей полиминеральной матрицы отдельно для каждого минерала, а потом через закон смешивания (Voight-Reuss-Hill, Hashin-Shtrikman) устанавливается в целом для матрицы.

Расчет упругих модулей сухой породы ведется по моделям эффективных сред в зависимости от изучаемого разреза, характеристик порового пространства и др.

Добавление порового пространства выполняется по различным теоретическим моделям.

При расчете объемного модуля пластовых флюидов учитываются термобарические условия залегания (модель Batzle-Wang).

Расчет объемного модуля смеси пластовых флюидов выполняется по формулам Brie или Wood на выбор пользователя.

Расчет упругих модулей насыщенной породы для классических случаев выполняется по теории Biot-Gassman.

В результате моделирования рассчитываются основные упругие параметры изучаемой среды, такие как V_p , V_s , DTP, DTS, P_Impedance, S_Impedance, V_p/V_s и некоторые другие, и затем выполняется оценка достоверности расчетов и анализ результатов

Редактор умолчаний модуля RPM

Общие параметры

Параметр	Маски кривых	Подбирать от	Подбирать до	Значение константы
Общая пористость	RHIT*, PHI*			%
Открытая пористость	RHIE*, PHI*			%
Коэффициент водонасыщенности	SW*, KW*			%
Относительный объём сухих глин	VDCL*, VCLD*, VCL*	0.0000	0.4000	%
Температура	TEMP*, T*			С
Давление	PRES*, P, P[IN]*			МПа
Плотность глин	*RHO*CLAY*, *CLAY*RHO*, *D*CLAY*, *CLAY*D*, *RHO*CL*, *CL*RHO*, *D*CL*, *CL*D*	2.3000	2.6000	2.40 г/см3
Модуль сжатия глины	*K*CLAY*, *CLAY*K*, *K*CL*, *CL*K*, *MOD*CLAY*, *CLAY*MOD*, *MOD*CL*, *CL*MOD*	19.0000	22.0000	21.00 Па
Модуль сдвига глины	*MU*CLAY*, *CLAY*MU*, *MU*CL*, *CL*MU*, *SH*CLAY*, *CLAY*SH*, *SH*CL*, *CL*SH*, *MOD*CLAY*, *CLAY*MOD*, *MOD*CL*, *CL*MOD*	0.6000	0.8000	0.70 Па
Aspect ratio для глин	*A*CLAY*, *CLAY*A*, *A*CL*, *CL*AR*, *CL*AL*	0.0000	0.4000	0.05
Плотность связанной воды в глинах	*RHO*BW*, *B*W*RHO*, *DEN*BW*, *B*W*DEN*, *RHO*CL*W*, *CL*W*RHO*, *DEN*CL*W*, *CL*W*DEN*, *RHO*W*CL*, *W*CL*			г/см3
Модуль сжатия связанной воды в глинах	*K*BW*, *B*W*K*, *MOD*BW*, *B*W*MOD*, *K*CL*W*, *CL*W*K*, *MOD*CL*W*, *CL*W*MOD*, *K*W*CL*, *W*CL*K*, *MOD*W*			Па
Минерализация пластовой воды	SAL*, C			ppm
Относительная плотность газа	SGG*, *G*GRAV*, *GRAV*G*			
Плотность нефти	SOG*, *O*GRAV*, *GRAV*O*			г/см3
Газовый фактор	GOR*, RG			м3/м3
Показатель экспоненты Brie	*BRIE*			
Aspect ratio для флюида	*A*FLU*, *FLU*A*, *AR*FL*, *FL*AR*, *AL*FL*, *FL*AL*	0.0000	0.4000	0.10
Измеренное DTP	DTP, DTP*, *DTP*, DT, DT[S]*, *DT[S]*			мкс/м
Измеренное DTS	DTS, DTS*, *DTS*			мкс/м
Измеренное RHO	RHOV*, *RHOV*			г/см3

Параметры минералов

Полное название	Плотность RHO	Подбирать RHO от	Подбирать RHO до	Е.м. RHO	Модуль сжатия K	Подбирать K от	Подбирать K до	Е.м. K	Модуль сдвига MU	Подбирать MU от	Подбирать MU до	Е.м. MU	Aspect ratio AR	Подбирать AR от	Подбирать AR до
Полевой шпат	2.6200	2.5000	2.7000	г/см3	37.0000	36.0000	38.0000	ГПа	15.0000	14.0000	16.0000	ГПа	0.2000	0.0000	0.4000
Алевролит	2.6000	2.5000	2.7000	г/см3	37.0000	36.0000	38.0000	ГПа	15.0000	14.0000	16.0000	ГПа		0.0000	0.4000
Кальцит	2.7100	2.7000	2.7600	г/см3	76.7240	68.3000	76.8000	ГПа	30.0000	27.0000	32.0000	ГПа	0.2000	0.0000	0.4000
Ортоклаз	2.5600	2.4000	2.7000	г/см3	37.4300			ГПа	17.9592			ГПа	0.2000	0.0000	0.4000
Кварц	2.6500	2.6400	2.6600	г/см3	38.0000	36.0000	39.0000	ГПа	44.0000	33.0000	46.0000	ГПа	0.1000	0.0000	0.4000
Доломит	2.8000	2.5000	2.9500	г/см3	70.0000	69.0000	95.0000	ГПа	50.0000	45.0000	52.0000	ГПа	0.2000	0.0000	0.4000

Альёсы

Полное название	Маски кривых
Полевой шпат	FLD, vfd
Алевролит	
Кальцит	vis,LMS, LS, CALCITE
Ортоклаз	vort,ORT
Кварц	vqu,QUARTZ, Кварц, VSS, Кнес, QU
Доломит	vdol
Пикит	vpiit

Маски кривых минералов

Объёмная доля минерала	V*\$MINERAL*, \$MINERAL*V*, \$MINERAL
Плотность минерала	*RHO*\$MINERAL*, *\$MINERAL*RHO*, *D*\$MINERAL*, *\$MINERAL*D*
Модуль сжатия минерала	*K*\$MINERAL*, *\$MINERAL*K*, *MOD*\$MINERAL*, *\$MINERAL*MOD*
Модуль сдвига минерала	*MU*\$MINERAL*, *\$MINERAL*MU*, *SH*\$MINERAL*, *\$MINERAL*SH*, *MOD*\$MINERAL*, *\$MINERAL*MOD*
Aspect ratio для минерала	*A*\$MINERAL*, *\$MINERAL*A*

Адаптация при помощи настройки умолчаний

Минимизация временных затрат
на считывание входной
информации

7

GEOTEC

RPM

Адаптация при помощи настройки результатов

- Задание имен выходных синтезированных кривых и ошибок;
- Выбор режима и шаблонов для визуализации результатов моделирования

Настройки результатов

▼ **Интервальные времена пробега**

DTP	DTP_RPM	<input checked="" type="checkbox"/>
DTS	DTS_RPM	<input checked="" type="checkbox"/>
DTP_REUSS	DTP_REUSS	<input type="checkbox"/>
DTS_REUSS	DTS_REUSS	<input type="checkbox"/>
DTP_VOIGT	DTP_VOIGT	<input type="checkbox"/>
DTS_VOIGT	DTS_VOIGT	<input type="checkbox"/>
VpVs	VpVs_RPM	<input checked="" type="checkbox"/>
PImp	PImp_RPM	<input checked="" type="checkbox"/>
SImp	SImp_RPM	<input checked="" type="checkbox"/>
dDTP/dPHIE	dDTP_dPHIE	<input type="checkbox"/>
dDTS/dPHIE	dDTS_dPHIE	<input type="checkbox"/>

▼ **Параметры скелета**

Плотность скелета	RHO_Solid	<input type="checkbox"/>
Модуль сжатия скелета	K_Solid	<input type="checkbox"/>
Модуль сдвига скелета	MU_Solid	<input type="checkbox"/>

▼ **Параметры флюидов**

Плотность газа	RHO_Gas	<input checked="" type="checkbox"/>
Плотность нефти	RHO_Oil	<input checked="" type="checkbox"/>
Плотность воды	RHO_Brine	<input checked="" type="checkbox"/>
Плотность всей воды	RHO_Brine Tot	<input checked="" type="checkbox"/>
Плотность смеси флюидов	RHO_Fluid	<input checked="" type="checkbox"/>
Модуль сжатия газа	K_Gas	<input checked="" type="checkbox"/>
Модуль сжатия нефти	K_Oil	<input checked="" type="checkbox"/>
Модуль сжатия воды	K_Brine	<input checked="" type="checkbox"/>
Модуль сжатия всей воды	K_Brine_Tot	<input checked="" type="checkbox"/>
Модуль сжатия смеси флюидов	K_Fluid	<input checked="" type="checkbox"/>

▼ **Параметры породы**

Плотность породы	RHOB_RPM	<input checked="" type="checkbox"/>
Модуль сжатия породы	K_RPM	<input type="checkbox"/>
Модуль сдвига породы	MU_RPM	<input type="checkbox"/>

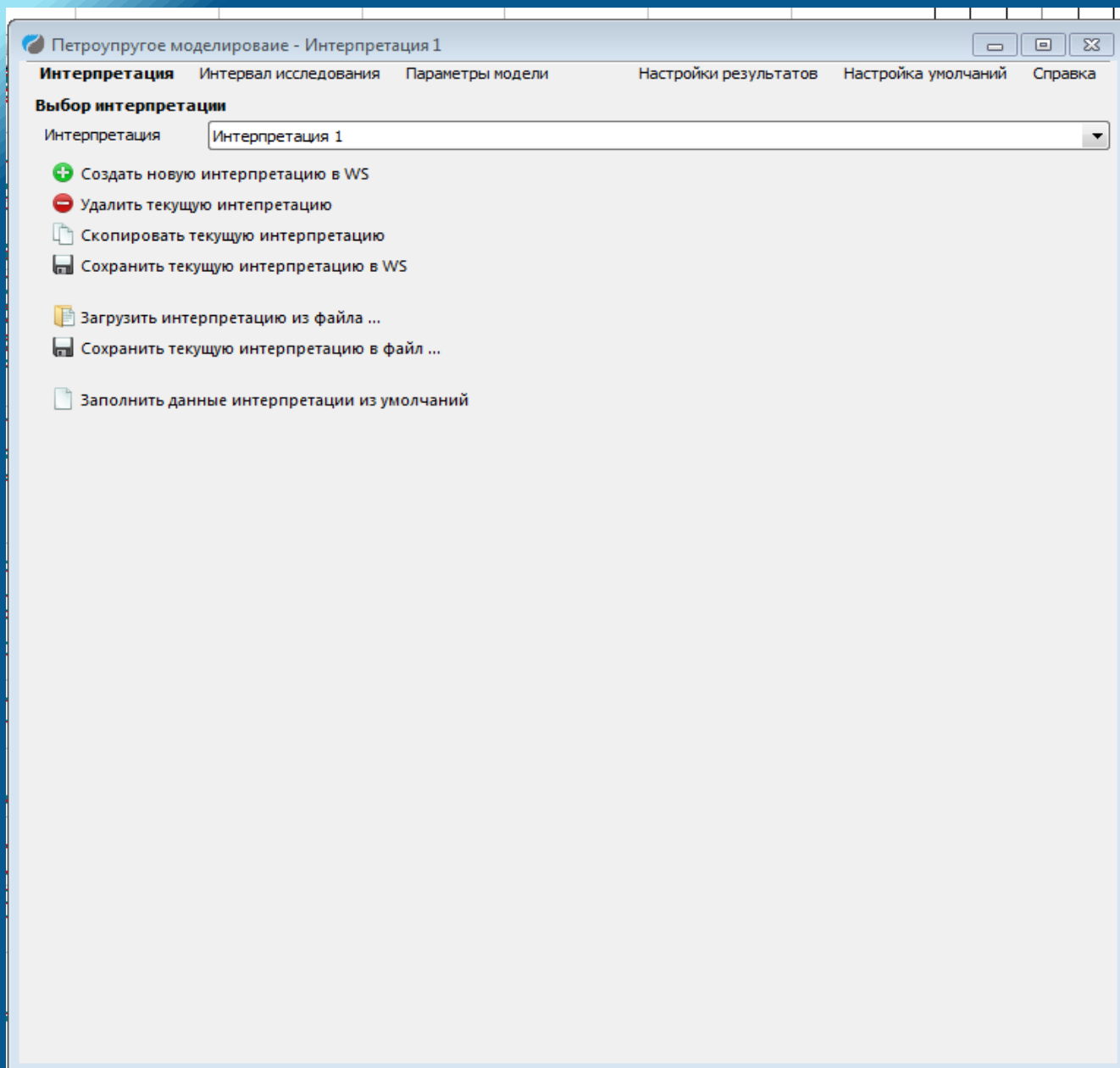
▼ **Параметры ошибок**

DTP errors	ErrDtp	<input checked="" type="checkbox"/>
DTS errors	ErrDts	<input checked="" type="checkbox"/>
RHO errors	ErrRho	<input checked="" type="checkbox"/>

▼ **Кросс-плоты**

+ -

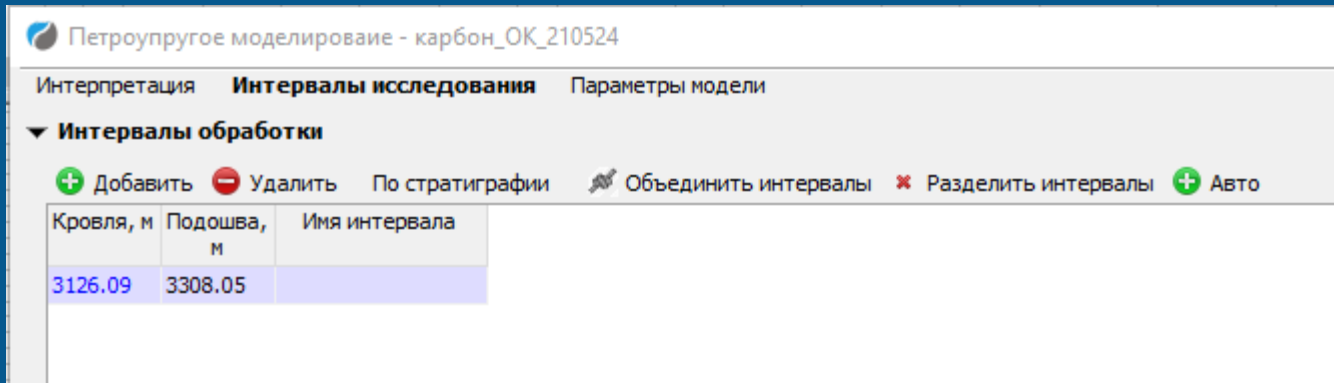
Шаблон	Обновлять, если пересчитано
Err_DTP.xpt	<input checked="" type="checkbox"/>
Err_DTS.xpt	<input checked="" type="checkbox"/>



Возможность создания нескольких вариантов интерпретации

- Создание интерпретации «с нуля» с возможностью заполнения части необходимой информации из базы знаний;
- Формирования имени связки, в которую будут записываться результаты с вариантами интерпретации;
- Быстрое изменение входных параметров на основе предыдущего расчета;
- Хранение и загрузка расчетов не только в WS, но и во внешнем файле

Возможность одновременно интерпретировать разные интервалы исследований разными моделями



- Установление режима работы;
- Задания нескольких стратиграфических или иных границ (интервалов) для дальнейшего установления в них разных настроек и моделей;
- Объединения/разделения существующих стратиграфических или иных границ на время работы модуля

10

GEOTEC

RPM

Гибкая настройка параметров модели. Возможность автоматического подбора параметров.

Петроупругое моделирование - RZ1

Интерпретация Интервалы исследования **Параметры модели** Настройки результатов Настройка умолчаний Справка

Модели обработки

Название	Интервалы
кварц	2725.00-3185.30

Параметры модели

Загрузить параметры модели по умолчанию

Используемая модель

Модели RPM: Песчаники
Модель: Песчаники
Р эффективное: Известняки
Граничные модели

Кл_крит: Не подбирать (0.36000) д.е.
Коорд. число: Не подбирать (8) Авто

Параметры геологии

Кл_общ: РНПТ д.е.
Кл_откр: РНП д.е.
Кв: SW д.е.
Vdd: Не подбирать VCL д.е.
Тип флюида: Газ
Жёсткость скелета: Средняя

Условия среды

Т: TEMP С
Р: PP МПа

Параметры минеральных пород

Минерал/параметр	Тип подбора	Подбирать от	Подбирать до	Значение	Е.и.
Кварц	Объёмная доля	Не подбирать		VSS	д.е.
	Плотность	Не подбирать		2.6500	г/см3

Параметры глины

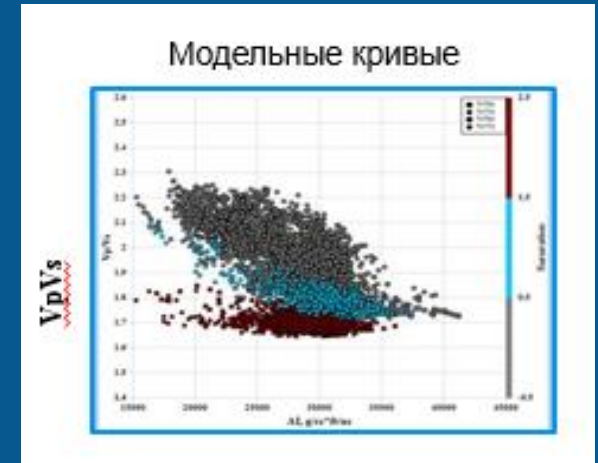
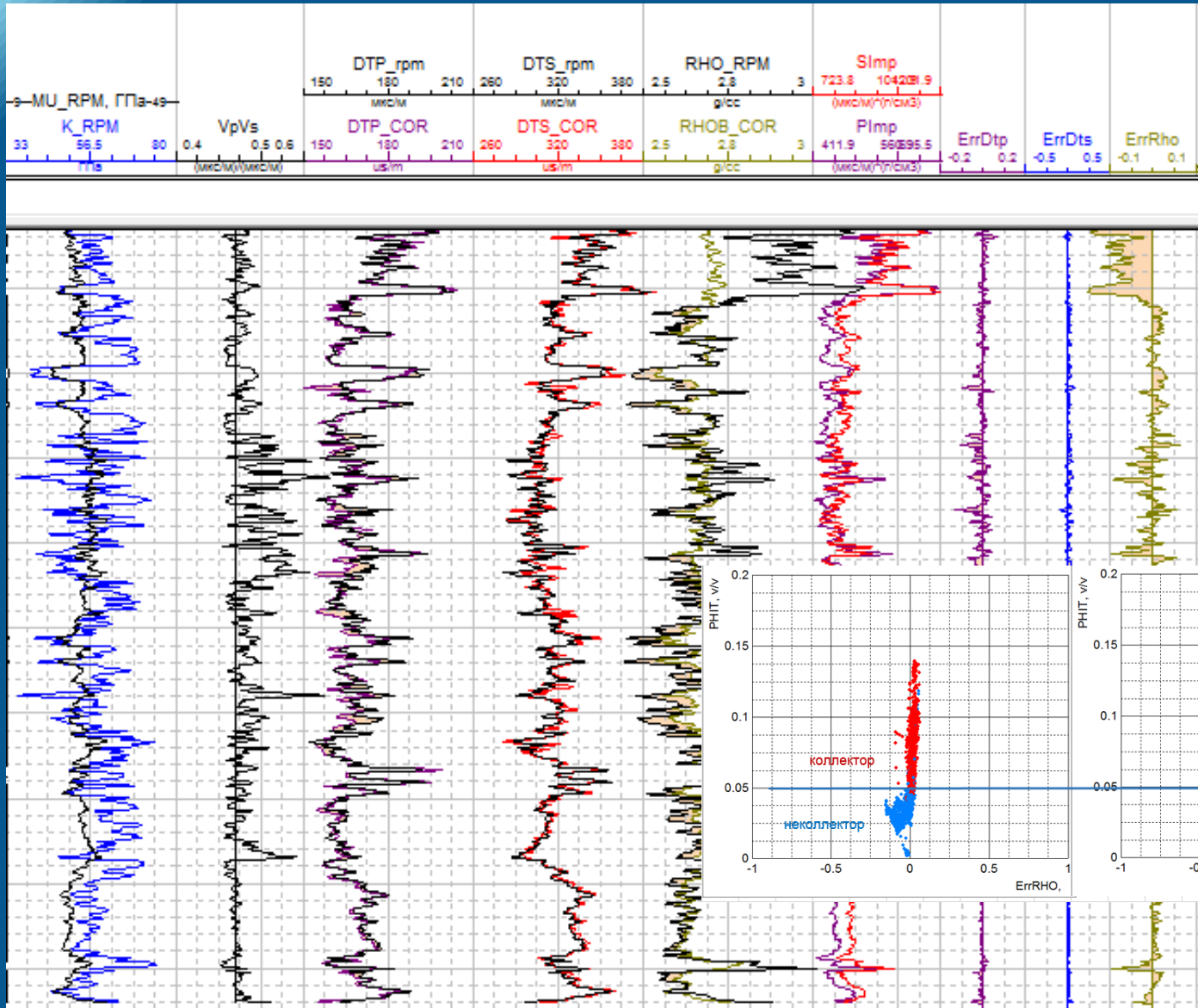
Ro глин: Не подбирать (2.65) г/см3
K глин: Не подбирать (20.164) МПа
Mu глин: Не подбирать (12.42) МПа
AR для глин: Не подбирать (0.1)
Ro воды в глинах: 1.25 г/см3
K связанной воды: 3.174 МПа

Параметры флюидов

Мин. пластовой воды: SALIN ppm
Плотность газа: SGG
Плотность нефти: SOG API
Газовый фактор: GOR м3/м3

- Создание модели «с нуля» или загрузка готовых типовых моделей для разных объектов;
- Выбор модели для терригенного или карбонатного разрезов;
- Задание разных настроек и моделей в стратиграфических или иных границах;
- Расчет одинаковых компонентов в разных интервалах;
- Автоматическая загрузка минералов горной породы;
- Выбор типа флюида;
- Задание жесткости скелета;
- Установление параметров глин и флюидов;
- Работа с разными единицами измерения параметров;
- Пересчет в отдельно взятом интервале;
- Сохранение параметров настроенной модели в базу знаний;
- Использование ранее созданной модели из базы знаний

Пример результата RPM, анализа качества модели



1
2

GEOTEC

RPM

Все актуальные новости на нашем телеграмм канале



Спасибо за внимание!

телефон: +7 (347) 225 911 0

web: www.primegeo.ru

e-mail: support@geotec.ru