

Petrel Reservoir Geomechanics

Интегрированная среда для 3D и 4D геомеханического моделирования

ПРИМЕНЕНИЕ

- Оценка и минимизация рисков, связанных с геомеханикой
- Бурение, строительство скважин и обеспечение их устойчивости
- Оценка производительности и целостности коллекторов
- Подземное хранение газа и CO₂, методы увеличения нефтеотдачи

ПРЕИМУЩЕСТВА

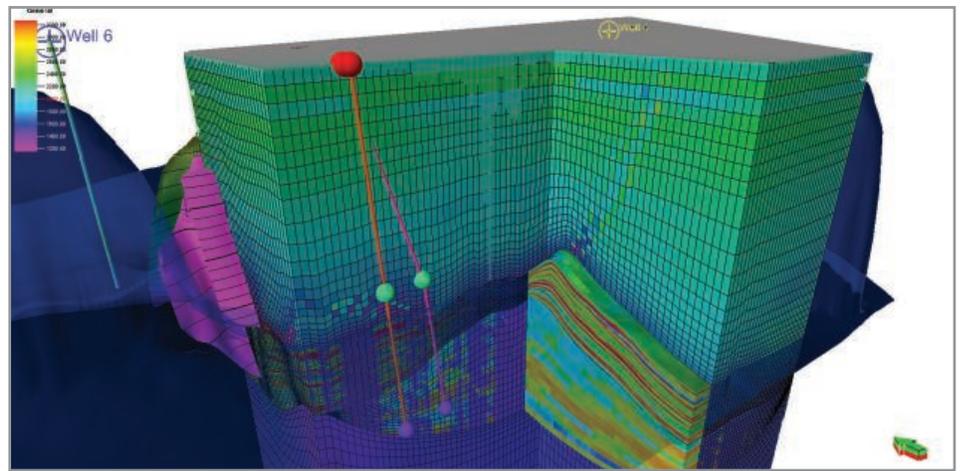
- Понимание геомеханических эффектов – от геологоразведки до закрытия объекта разработки
- Прогнозирование движений пород и возможного воздействия на окружающую среду
- Анализ механической целостности пласта, кровли и разломов
- Учет геомеханических эффектов при интерпретации 4D сейсмике
- Оптимизация мероприятий по интенсификации притока из пласта

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- Полностью автономный рабочий процесс на программной платформе Petrel*
- Среда пре- и постобработки для геомеханического моделирования
- Создание и калибровка моделей
- Моделирование сложных структур, разломов и естественных трещин
- Распространение свойств с использованием данных сейсмике, каротажей, скважинных данных и исследований керна
- Доступность различных механических моделей материалов
- Интеграция с одномерными геомеханическими моделями
- Одно- и двусторонняя связь с гидродинамическими расчетами, обновление пористости и моделирование размывания пород водой
- Возможности параллельных расчетов для больших и сложных моделей (в том числе на GPU)
- Работа с локальными измельчениями



Эффекты, связанные с геомеханикой (такие как подземные напряжения, давление и деформации породы), играют важную роль в процессах бурения, заканчивания скважин, разработки месторождения, добычи и интенсификации притока. Изменение напряженного состояния и деформации пород пласта и вышележащих пород могут оказывать влияние на устойчивость ствола скважины, а также могут воздействовать на окружающую среду. Для того чтобы принимать оправданные решения в течение всего времени использования производственных мощностей и для грамотной оценки рисков, инженеры-разработчики и специалисты геологического профиля должны с самого начала



Модель пласта с разломами и вышележащими породами в Petrel Reservoir Geomechanics.

принимать во внимание геомеханическое поведение объекта разработки и окружающих его пород.

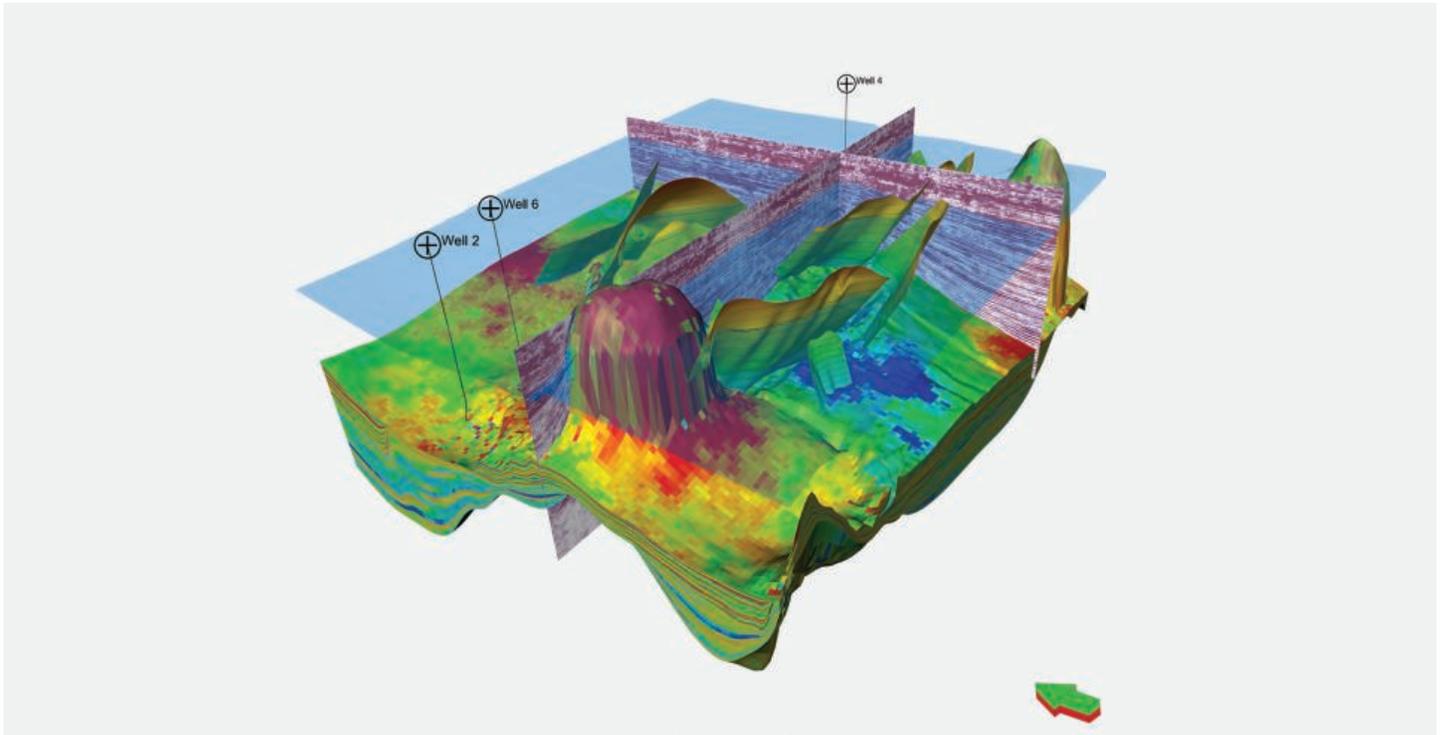
Программный модуль Petrel Reservoir Geomechanics представляет собой интегрированную и эффективную среду для трехмерного геомеханического моделирования месторождения как на этапах до начала добычи углеводородов, так и в процессе разработки месторождений при помощи 4D геомеханического моделирования. Обширный функционал геомеханического симулятора VISAGE* плавно совмещен с другими рабочими процессами по интерпретации, моделированию и проектированию на программной платформе Petrel. Это позволяет экспертам в области геомеханики, а также другим специалистам, включать геомеханический анализ в свои гидродинамические и структурные модели, создавать новые геомеханические модели.

Геомеханическое моделирование в течение разработки месторождения

В процессе геологоразведки и на ранних стадиях разработки месторождений – с целью минимизации рисков бурения и оптимального планирования прокладки новых скважин – используется 3D геомеханическое моделирование для помощи в принятии взвешенных решений, что в свою очередь уменьшает время простоя, стоимость бурения и строительства скважин, а также предотвращает неожиданные осложнения.

Связка трехмерных моделей с гидродинамическими расчетами позволяет вносить временную составляющую в геомеханическое моделирование. Такие модели называются 4D и позволяют прогнозировать изменения в полях напряжений, деформаций, а также разрушение пород в процессе разработки. Рассчитанные напряжения и деформации как в пласте, так и в вышележащих породах используются для оценки устойчивости стволов скважин/заканчиваний, риска пескопроявлений, необратимых нарушений целостности

Petrel Reservoir Geomechanics



Сейсмические данные, разломы, соляные купола и распределение геомеханических свойств в проекте Petrel Reservoir Geomechanics

пласта и оттока нагнетаемой воды за его пределы, изменений коллекторских характеристик пласта, а также влияния на окружающую среду, например, в виде проседания или наведенной сейсмической активности пород. Те же самые результаты моделирования могут также использоваться для улучшения и оптимизации схем добычи и мероприятий по интенсификации притока.

Плавный интегрированный рабочий процесс

С модулем Petrel Reservoir Geomechanics вы сможете использовать различные типы данных для создания трехмерных геомеханических свойств и моделей напряжений, а также расширять существующие модели путем включения в них геомеханической составляющей. Плавный рабочий процесс на платформе Petrel обеспечивает связку и согласованность геомеханической модели с геофизическими, петрофизическими и геологическими данными, а также данными разработки.

Путем двусторонней связки симулятора VISAGE с моделями, рассчитываемыми гидродинамическим симулятором ECLIPSE*, признанным отраслевым стандартом, Petrel Reservoir Geomechanics позволяет учитывать временную составляющую и расширять геомеханическое моделирование и анализ с 3D до 4D. Двусторонняя связка между геомеханическим и гидродинамическим симуляторами позволяет производить обновление пористости и проницаемости в модели продуктивного пласта на выбранные временные шаги, а также обновлять свойства геомеханической модели при изменениях пластового давления, температуры и насыщенности флюидов во времени.

Такие расчеты могут быть использованы для прогнозирования изменений продуктивности пласта, вызванных геомеханическими эффектами, оценки влияния различных сценариев разработки, конфигураций скважин и программ по нагнетанию на поле напряжений в продуктивном пласте и вышележащих породах.

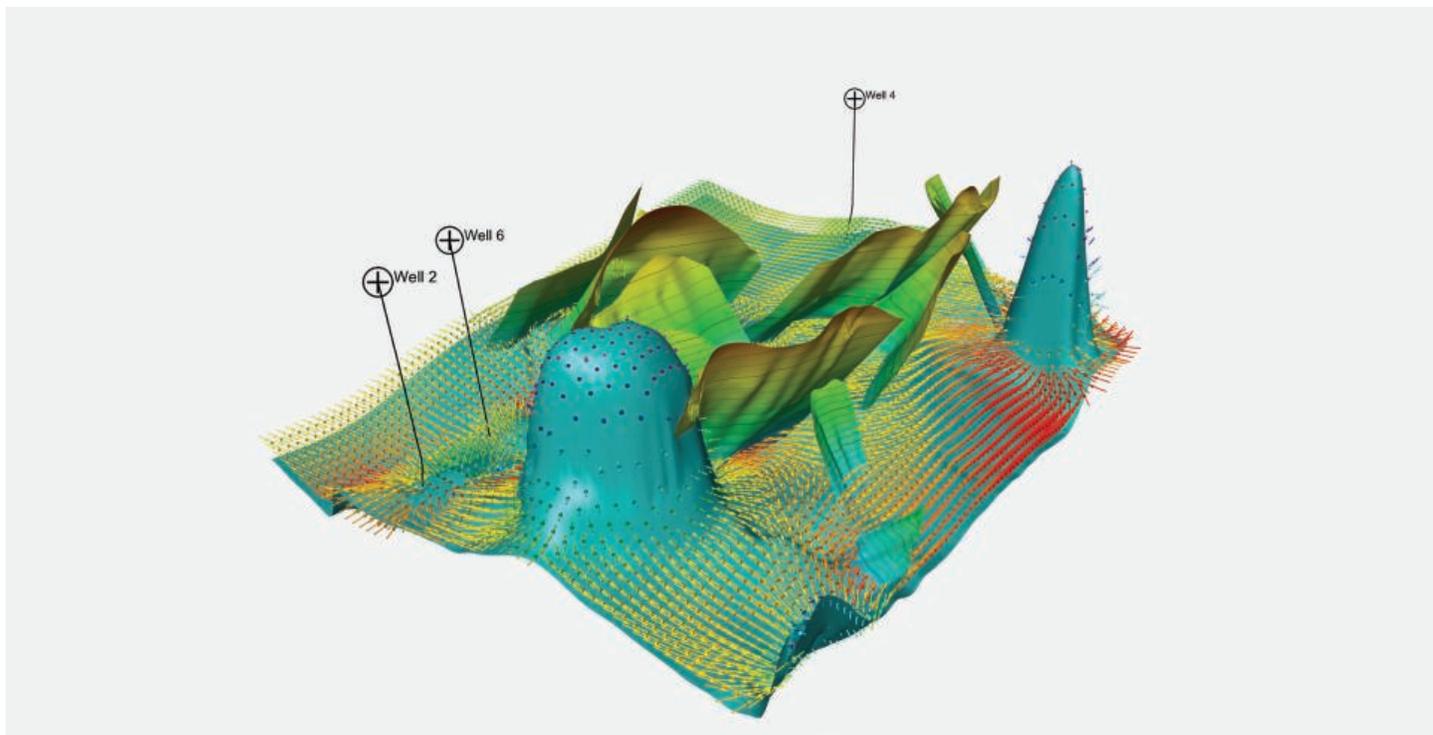
Подготовка модели

Petrel Reservoir Geomechanics представляет собой расширенную и в то же время интуитивно понятную среду для создания или модификации геомеханических моделей. Сетки для геомеханического моделирования могут создаваться с нуля, строиться на базе существующих проектов Petrel или загружаться из существующих гидродинамических моделей для проведения расчетов с двусторонней связкой. Интуитивно понятный рабочий процесс позволяет легко включать дополнительные регионы (такие как вышележащие или окружающие породы) в существующие модели. Ячейкам сеток присваиваются значения геомеханических свойств, полученные из различных источников, таких как сейсмические исследования, анализ керна, геофизические и гидродинамические исследования скважин. Используя полный перечень возможностей геостатистических и других методов, доступных на платформе Petrel, свойства могут распространяться либо по регионам, либо на поячеечной основе.

Для того чтобы соответствовать различным задачам и требованиям пользователей, программное обеспечение предлагает выбор между базовыми и углубленными моделями механического поведения пород и различными критериями разрушения – начиная от простой упругой модели и заканчивая сложными, учитывающими нелинейность, анизотропию, критическое состояние (модифицированная модель Кэм-Клэя (Cam-Clay)) и уплотнение. Унифицированные модели включают в себя модель, разработанную компанией ISAMGEO Engineering GmbH и позволяющую описывать сдвиг, проседание, пластические деформации, а также размывание водой мелосодержащих и других мягких пород.

В геомеханическую модель могут также включаться данные о разломах и естественной трещиноватости, полученные из сейсмике, каротажей или по результатам создания моделей дискретной сети трещин. Модуль Petrel Reservoir Geomechanics позволяет обраба-

Petrel Reservoir Geomechanics



Поле напряжений в районе разломов и соляных куполов

тывать модели с большим количеством пересекающихся разломов и модели дискретных сетей трещин.

В зависимости от доступности данных в модель могут быть импортированы значения пластового давления на разные моменты времени и для различных регионов. Эти данные могут быть взяты из кубов давления, полученных по интерпретации сейсмике, из профилей давления по скважинам, полученных в результате анализа трендов (который можно произвести при помощи Techlog* – программной платформы для работы со скважинами) или из гидродинамических расчетов.

Численные расчеты

После создания исходной структурной модели и модели свойств в Petrel Reservoir Geomechanics вы можете запускать геомеханические расчеты и управлять ими в рамках единой среды Petrel. Передовой геомеханический симулятор VISAGE производит статические 3D и динамические 4D расчеты с учетом изменения давления, температуры и насыщенности флюидов для получения напряжений и деформаций горных пород, а также для моделиро-

вания их разрушения. Двусторонняя связка между симуляторами ECLIPSE и VISAGE позволяет обновлять пористость и проницаемость в гидродинамической модели на выбранных временных шагах, а также обновлять механические свойства в результате изменения насыщения флюидами и размывания пород водой.

Для больших моделей, а также для моделей, связанных с гидродинамическим симулятором ECLIPSE, предоставляется возможность осуществления параллельных геомеханических расчетов с использованием локальных или удаленных кластеров. Весь процесс контролируется модулем Petrel Reservoir Geomechanics – как для рабочих станций, так и для многоядерных кластеров. Таким образом, весь рабочий процесс от начала и до конца плавно осуществляется в пределах одного проекта.

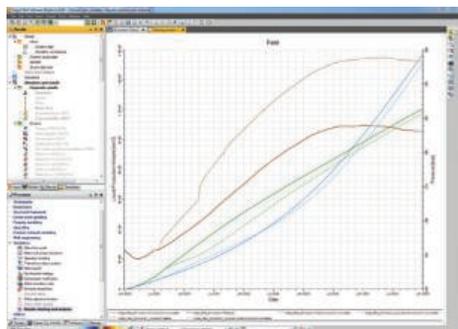
Визуализация, интерпретация и постобработка

Результаты геомеханических расчетов, включая напряжения и деформации пород, информацию о типах разрушения пород и изменения пористости и проницаемости, автоматически загружаются обратно в Petrel для визуализации и анализа.

Они могут просматриваться, интерпретироваться, проверяться на качество и согласованность в рамках всего проекта Petrel. Вместе со всем богатством стандартного функционала по просмотру и интерпретации данных на платформе Petrel, Petrel Reservoir Geomechanics также включает в себя дополнительные инструменты для геомеханического анализа.

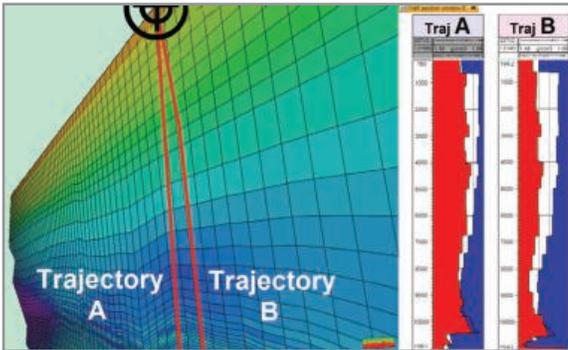
Рассчитанные модели далее могут калиброваться с использованием скважинных данных или информации, полученной из 4D сейсмике, микросейсмике, повторных каротажей или мониторинга проседания.

Результаты моделирования в Petrel Reservoir Geomechanics могут быть использованы для дальнейшего инженерного анализа и проектирования, фокусируясь на таких областях, как:

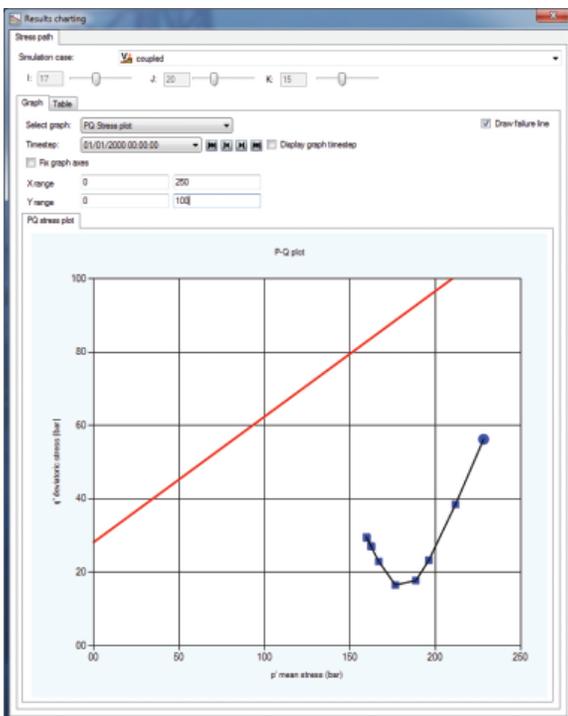


Сравнение результатов расчета ECLIPSE с учетом и без учета геомеханики и обновления проницаемости

Petrel Reservoir Geomechanics



Модуль Ocean для прогноза устойчивости ствола скважины и оптимального планирования траектории



Изменение напряженного состояния в процессе расчета с двусторонней связкой

- прогноз устойчивости ствола скважины;
- оптимизация бурения и строительства скважин;
- прогнозирование вероятности выноса песка;
- интенсификация притока;
- методы увеличения нефтеотдачи;
- управление разработкой;
- оценка воздействия на окружающую среду.

Для помощи при решении задач в перечисленных областях и для извлечения максимальной пользы из 3D и 4D геомеханических моделей, в Шлюмберге был создан ряд дополнительных модулей в среде разработки приложений Ocean*, работающих с Petrel Reservoir Geomechanics. Эти модули позволяют использовать результаты моделирования внутри проекта Petrel и осуществлять дальнейший инженерный анализ для решения конкретных задач. Существующие на данный момент модули специализируются на прогнозе устойчивости ствола и планировании траекторий скважин, а также на прогнозировании изменения плотности естественных трещин.

Расширенный функционал – интуитивный интерфейс

Модуль Petrel Reservoir Geomechanics разработан для применения в различных областях и в проектах различной степени сложности. С его помощью специалисты различного профиля (геофизики, гидродинамики, инженеры по бурению и проектированию заканчиваний) могут учесть напряжения и деформации, а также другие геомеханические явления в своей работе.

Даже с небольшим количеством входных данных существует возможность произвести информативную геомеханическую оценку или анализ чувствительности и определить потенциальное влияние геомеханики. Это поможет в понимании необходимости дальнейшей подготовки данных для создания более подробной геомеханической модели.

Гибкость рабочего процесса и широкий набор опций для моделирования позволяют проводить расширенный анализ и детальные расчеты, а также помогать в решении конкретных задач, возникающих в процессе разработки месторождения.

Широчайший ассортимент возможностей по моделированию предоставляет специалистам по геомеханике и другим экспертам доступ к многофункциональному инструменту как для углубленного моделирования и анализа, так и для решения конкретных задач на промысле. Интеграция геомеханического рабочего процесса с рабочими процессами других дисциплин (внутри платформы Petrel) гарантирует согласованность вашей геомеханической модели с другими моделями и данными по месторождению, начиная от моделирования нефтегазоносных систем и заканчивая настройкой на историю. Это увеличивает качество и обоснованность как простых, так и сложных геомеханических моделей, позволяет построить более детальную геологическую модель месторождения, подобрать скважинное оборудование, а также снизить риски, связанные с различными процессами разработки месторождения.

За более подробной информацией обратитесь в местное представительство компании «Шлюмберге» или пришлите запрос на нашу электронную почту sis-qa-ru@slb.com



sis.slb.ru/petrel
software.slb.com/petrel

Schlumberger