

Saphir Guided Session # 3

А01 • Введение

Здесь предполагается, что пользователь уже изучил 1 и 2 сессии. Данная сессия описывает численную модель. Используются следующие файлы: SapGS03_FieldMap.bmp, SapGS03_Porosity.txt и SapGS03_Thickness.txt. Сессия разделена на 3 секции:

- В: Построение численной модели.
- С: Использование численной модели.
- D: Использование численной модели с дополнительными возможностями и графикой.

Запустите Saphir и создайте новый проект с заданными по умолчанию настройками.

В01 • 2D Карта

Кликните на закладку «2D Карта» ("2D Мар"). В середине заданного по умолчанию прямоугольника определена «Исследуемая скважина» ("Tested well") с координатами (0,0).



Рис. В01.1

Щелкая дважды по исследуемой скважине, можно задать ее радиус и определить (либо подтвердить) координаты в точке (0,0). Скважина может частично вскрывать пласт или находиться в радиально неоднородной области. Геометрия скважины может быть вертикальной, горизонтальной или скважина может быть с трещиной. Ввод или загрузка дебита скважины из файла осуществляется с использованием закладки «Добыча» ("Production"). История дебита исследуемой скважины также может быть загружена со страницы интерпретации.

Не будем загружать историю дебита т. к. основная цель данной сессии проиллюстрировать применение 2D карты.

На панели инструментов кликните на Sel для загрузки файла с графическим изображением SapGS03_FieldMap.bmp. Это и остальные свойства 2D карты доступны и отображены на панели инструментов, а также во всплывающем меню, вызываемом при нажатии правой клавишей мыши в области карты.



Рис. В01.2 Загрузка рисунка

Исследуемая скважина может быть перемещена в точку PO1 с помощью мыши. Использование рисунка помогает определить контуры, другие скважины, разломы и установить масштаб.

Определите другие вертикальные скважины, используя иконку 土 Скважина с трещиной ่ и

горизонтальная скважина — могут быть также определены с помощью панели инструментов или всплывающего меню. Задайте в Р03 скважину с трещиной, кликните мышью и введите один конец трещины, второй щелчок мыши приведет к тому, чтобы закончить трещину. Позицию скважины можно определить позже с использованием мыши. Длина и ориентация трещины изменяются также с помощью мыши. Двойной щелчок по скважине позволяет определить точное значение половины длины трещины. Щелкнув дважды по каждой из скважин измените имя в диалоговом окне скважины в соответствие с указанным на рисунке. В диалоговом окне скважин их свойства могут быть изменены, и история дебита



Doc. V. 4.00.03 • 09-05

скважин может быть загружена из файла либо введена вручную. Ранее заданную исследованную скважину (имеющую фактические замеры давления) можно заменить на другую, и любая скважина может быть исключена из последующего создания модели или в процессе моделирования.

Следующий шаг – начертить контур месторождения. Нажмите на ²² и начните, кликая в любом месте контура, обозначенного на карте, переместите мышь в следующую точку контура, нажав снова.

Продолжайте перемещаться по контуру с помощью мыши до тех пор, пока весь контур не будет очерчен «резиновой лентой». Двойной щелчок приведет к завершению. В любой момент времени сделанная ошибка может быть исправлена с использованием кнопки Esc. Двойной щелчок по контуру приводит к вызову диалогового окна, с помощью которого можно задать контур круглой или прямоугольной формы и посмотреть размер площади, ограниченной контуром. Траекторию контура можно загрузить из файла или изменить вручную. На сегментах контура можно задавать постоянное давление или сбросы.

На карте есть индикатор шкалы, необходимый для установки масштаба. Кликните на иконку ²² и, пользуясь мышью, начертите линию от 0 до 1000 м на индикаторе шкалы. Для того чтобы произвести это наиболее точно, до проведения операции увеличьте индикатор шкалы. Введите в диалоговом окне длину линии 1000 м.

В заключении, начертим непроводящие сбросы, обозначенные на карте. Кликните на иконке и, используя выше описанный метод, начертите контур. Когда узел на контуре или на существующем разломе выделен зеленым цветом, это означает, что разлом, который вы создаете, будет привязан к этой точке. Двойной щелчок по сбросу вызывает диалоговое окно, в котором сброс задается либо непроводящим, либо с некоторой проводимостью. Также здесь может быть просмотрена или изменена траектория сброса.

Карта является только визуализацией месторождения и с помощью нее пользователь может произвести настройку модели, она нужна только на начальном этапе и в любой момент может быть скрыта. Кликните

снова на иконку 쭏, и она скроется. Ваша 2D карта должна выглядеть как на рисунке В01.3.



Рис. В01.3 Окончательная модель

Каррания соседних скважин, добавленных во время моделирования. Тем не менее, карту месторождения можно использовать для аналитического «многоскважинного» моделирования. Рис. В01.4. (В этом случае учитывается только расположение скважины).



Рис. В01.4 Сетка Вороного

С01 • Использование численной модели

С01.1 • Сравнение численной и аналитической моделей

Используйте настроенную в предыдущей секции модель и задайте историю дебита исследованной скважины P01. Это может быть сделано посредством двойного щелчка по скважине или загрузкой данных из панели интерпретации, как описано в предыдущей секции.

Введите вручную дебит 1000 STB/D продолжительностью 1000 часов.

Выберите на панели [1] More tools иконку Дизайн исследования (Test Design)

закладку численная модель Numerical. Примите параметры модели по умолчанию и отметьте свойства «сохранять поля давления» ("store pressure fields") и «показывать во время создания модели» ("display during generation") (см. Рис. C01.1).



Рис. С01.1 Диалоговое окно модели

Создайте модель и извлеките давление. Рассчитанное давление в исследуемой скважине показано на билогарифмическом графике на рисунке C01.2 слева, на котором видно проявление близости параллельных разломов к скважине в выбранной модели. Это можно также увидеть на поле давления (см. рис. C01.2 справа), начальное давление все еще поддерживается на внешней части пласта, соответственно псевдо установившееся состояние не достигнуто. В процессе создания модели можно наблюдать анимацию поля давления на геометрическом графике.

Расстояние от точки Р01 до сбросов приблизительно 2700 и 2800 футов соответственно. Кликните на

иконку модели и выберите закладку «Аналитическая» (analytical), определите границу - параллельные экраны. Введите расстояние до экранов, как на 2D карте и создайте модель. Совмещение моделей получилось достаточно хорошим (см. рис. C01.3).



Doc. V. 4.00.03 • 09-05



Рис. С01.2 Билогарифмический график и поля давления



Рис. С01.3 Совмещение моделей

Создание аналитической модели отобразится и на 2D геометрическом графике. Вернитесь в диалоговое окно модели и восстановите численную модель с заданными по умолчанию параметрами как ранее с выбором опции «сохранять поля давления» ("store pressure fields").

С01.2 • Геометрический график

Так как были выбраны сохранение и показ полей давления во время создания численной модели, изучим эволюцию полей в деталях. Увеличьте окно геометрического графика до максимального размера.

На панели инструментов графика видно некоторые иконы «магнитофонного» типа. Их используют для просмотра полей давления, от момента времени, зафиксированного до работы скважины, до любого другого момента времени, также может быть воспроизведена вся последовательность полей давлений.

Кликните на иконку 📕, и вы переместитесь в первое поле, записанное до того, как скважина начала

добывать. Затем кликните на иконку 🚬, чтобы воспроизвести все поля.

Также возможно перемещаться от поля к полю во времени вперед и назад, используя соответственно

иконки 🔟 и 🎦 Можно также выбрать для просмотра поле в определенный момент времени, это

доступно при использовании иконки 🕥. В настройках возможно задать параметры, которые следует отобразить на геометрическом графике, выбрать какой тип поля вывести на экран, в случае если помимо поля давлений были смоделированы другие поля. Также возможно задать цветовую шкалу. Кликните на

эту иконку и выберите закладку Time Settings, затем выберите «Посмотреть поле в» ("View field at") 500 часов.

Кликните иконку *м*, чтобы показать поле в момент времени 500 часов в псевдо 3D изображении, воспользуйтесь увеличением для того, чтобы получить изображение, как показано на рисунке C01.4. Изображение подтверждает, что влияние канала главным образом проявляется после 500 часов добычи.



Рис. C01.4 Псевдо 3D изображение



D01 • Применение численной модели с дополнительными особенностями и графикой

D01.1 • Скважина в радиально неоднородной области

Увеличьте окно геометрического графика, на котором изображение все еще в 3D формате и

кликните на панели инструментов иконку [2] для того, чтобы вернуться к 2D изображению.

Активизируйте двухмерную карту 2D Мар и дважды щелкните по исследуемой скважине P01. В появившемся диалоговом окне выберите скважину в области с радиальной неоднородностью и укажите радиус неоднородной области 500 футов. Установите указатель неоднородности - иконку

на панели инструментов, вне радиальнонеоднородной зоны, изображенной на 2D карте. Указатель позволяет определить подвижность и пьезопроводность во внешней зоне, отличные от внутренней. Двойным щелчком по указателю неоднородности можно изменить название внешней зоны.

P01				X									
Information Production													
	Name P01 Geometry Vertical		Coord.										
	Pa	adial compos											
	Rw	0.3	ft										
	Pw/f min	14.7	psia										
	Pwf max	15000	psia										
	Ri	500	ft										
				~									
Tested well IV Use in multiple wells model Phase(s) productions:													
Help Cancel Apply OK													

Вызовите диалоговое окно модели и задайте M и D равными 0.1, что означает повышенную подвижность во внешней зоне. Цвет внешней зоны на 2D карте переносится в диалоговое окно модели, чтобы легко различать зоны, если в модели их несколько. Создайте численную модель. Диалоговое окно модели изображено на рисунке D01.1 слева, соответствующая модель - на билогарифмическом графике справа.



Рис. D01.1 Диалоговое окно модели и рассчитанная модель



Наблюдается различие между численными моделями однородного и неоднородного пластов. На 2D карте «белая» зона соответствует совмещенным давлению и времени на билогарифмическом графике. М и D соотношения заданы так: (значения белой зоны)/(значения цветной зоны). Настройка указателя неоднородности вне области, окружающей скважину, определяет неоднородность системы с той же самой зависимостью, что и в аналитической модели, М и D соотносятся как: (внутреннее условие)/(внешнее условие).

D01.2 • Неоднородный пласт

Выберите закладку **2D Мар** снова и начертите два новых сброса, разделяющих пласт на три зоны, как показано на рисунке D01.2 слева. Новые зоны окрашены в белый цвет, указывающий, что подвижность и пьезопроводность не были заданы и равняются подвижности и пьезопроводности радиально-неоднородного участка вокруг скважины. Установите указатель неоднородности в каждой из новых зон. Это изменит цвет зон и появится возможность ввести М и D для использования их в новой численной модели (см. рис. D01.2 справа). Чтобы эти зоны пласта включить в расчет модели, сбросы, отделяющие их от центральной части пласта, должны быть полностью или частично проводимыми. Если дважды щелкнуть по каждому из сбросов, то можно изменить их фактор проводимости.



Рис. D01.2 Неоднородный пласт

D01.3 • Граница с постоянным давлением

Для того чтобы ввести на части контура постоянное давление, дважды щелкните по контуру и выберите закладку Sealing vs Ct pressure. Здесь можно легко выбрать часть контура и задать на нем постоянное давление или сброс.



D01.4 • Поля данных

Упростим нашу 2D карту, для того чтобы продемонстрировать некоторые другие особенности создания основы численной модели. Выберите ^{2D Мар} и удалите указатели неоднородности, проводящие сбросы и радиальную неоднородность вблизи скважины Р01. Используйте для этого иконку ¹, наведите курсор мыши на элементы, которые хотите удалить и кликните ее.

Кликните на панели инструментов иконку 🧖, чтобы загрузить поле данных. Можно загрузить поля распределения толщины, пористости и проницаемости и ввести в расчет во время моделирования.

В данном случае произведем загрузку поля распределения толщины и пористости. Необходимые файлы находятся в каталоге Example: SapGS03_Thickness.txt и SapGS03_Porosity.txt. Загрузите файлы через диалоговое окно редактирования 2D данных, задавая в списке по очереди величины, которые нужно

загрузить. Кликните на иконку настроек , в закладке израчить можно выбрать величину, которую нужно отобразить на 2D карте. Расцветка регулируется выбором схемы интерполяции. Заданная по

умолчанию интерполяция может быть изменена в закладке Data Interpolation в том же самом диалоговом окне. Рисунок D01.3 иллюстрирует 2D карту с заданной по умолчанию интерполяцией, слева изображена карта пористости, справа – толщины. Черные точки отображены в координатах, где приведены числовые значения.



Рис. D01.3 Карты пористости и толщины

Кликните на иконку модели для отображения диалогового окна численной модели. Кнопки **h** и **w** позволяют переключаться между толщиной и пористостью для показа на 2D карте в диалоговом окне модели. Отметьте «включить поле толщины» ("include thickness field") и «включить поле пористости» ("include porosity field") и убедитесь, что опция сохранять поля давления (store pressure fields) выбрана (см. рисунок D01.4 слева). Создайте модель. Наблюдается некоторое несоответствие модели и поведения исходного пласта (см. рис. D01.4 справа).



Doc. V. 4.00.03 • 09-05

Analytical Numerical 2D Geometry Well 8 Well 8 Well 8 Tre	ameter Valt 8 Wellbore parameters oore model Constant we C 0.0 Skin 0 8 Wellbore parameters acture Fracture - Inf Y 4 500	ue Unit (P01) Illibore st ↓ 1 bibl/psi (P03)	Pick							
2D Geometry Well a Well a Well a Well a Tri	ameter Valu & Wellbore parameters bore model Constant we C 0.0 Skin 0 & Wellbore parameters acture Fracture - Inf VY 5200	Ie Unit (P01) Illoore st ▼ 1 bbl/psi (P03)	Pick							
Well & We	B Wellbore parameters pore model Constant we C 0.0 Skin 0 B Wellbore parameters racture Fracture Inf V 530 0	(P01) Illoore st v 1 bbl/psi (P03)								
Wellsc	constant we C 0.0 Skin 0 Skin 0 Sk	llbore st 🚽 1 bbl/psi (P03)								
Well & Well &	C 0.0 Skin 0 Skin 0 SWellbore parameters acture Fracture - Inf	1 bbl/psi								
Weil & Weil &	Skin 0 3 Wellbore parameters racture Fracture - Inf	(P03)								
Well & Well & Tra	Wellbore parameters acture Fracture - Inf	(P03)								
	acture Fracture - Inf		Well & Wellbore parameters (P03)							
	Vf 539 /	inite con 👻		000		 				
	353.4	171 ft								
Reserv	rvoir & Boundary paran	neters		and the second se						
	Pi 500	0 psia								
	k.h 100	0 md.ft		100						
✓ store pressure fields ① ✓ display during generation reserv	voir model Homogen	eous 👻			1	Contraction of the local division of the	the second second second second			
Well & Wellbore										
Trate dependent skin Tradd other wells										
T time dependent skin T use well intake				*						
Reservoir & Boundary										
horizontal anisotropy										
E chau a suscessa 📈 include percethu field				10-0 0.01	n 0.1	 	100	190	> 10	206
I show p-average I♥ Include porosicy reid										
I include permeability field										
rew analysis Time	e Help	Cancel	Generate							

Рис. D01.4 Диалоговое окно модели и совмещение на loglog графике

Максимизируйте геометрический график. Если необходимо, воспроизведите эволюцию полей давлений. Используйте иконку для создания плоскости поперечного сечения, изображенной на 2D карте линией голубого цвета (Рис. D01.5 слева). Кликните иконку Для создания трехмерного изображения модели. Оттенок цвета показывает величину давления, а вертикальная шкала - толщину (см. рис. D01.5 справа). Используйте иконку настроек Для изменения свойств 3D изображения. Чтобы получить изображение подобное показанному справа на рисунке D01.5, используйте иконку , уменьшающую высоту по вертикали и иконку , с помощью которой можно увеличить высоту. Опции увеличения изображения на специальной панели задач графика отличаются от классических опций увеличения (кликнуть и перетащить), используемых для масштабирования графика:

🛛 сжать изображение, 🔼 вернуться к исходному размеру изображения, 🚺 растянуть изображение.



Рис. D01.5 Создание трехмерного изображения

Doc. V. 4.00.03 • 09-05

Посмотрим на поперечный разрез, который был определен голубой линией, пересекающей плоскость на 2D карте, в объемном изображении. Кликните на иконку настроек *и* выберите закладку <u>Cross Section planes</u> [3], отметьте «Пересекать профиль траектории (определено в 2D режиме)» ("Cross section trajectory (defined in 2D mode)") и запустите, поставив флажки в опциях «<u>стирать до</u>» ("erase before") (см. Рисунок D01.6 слева) и «<u>стирать после</u>» ("erase after") (см. Рисунок D01.6 слева).



Рис. D01.6 Поперечные сечения

D01.5 • Другие скважины

До сих пор только исследованная скважина была задана добывающей, и в моделировании не учитывалось влияние остальных скважин. Фактически же, несмотря на это скважина с трещиной Р03 учитывалась во всех расчетах. Результатом моделирования является совмещение давления в исследуемой скважине, однако то же доступно для всех заданных на месторождении остановленных скважин из геометрического графика посредством двойного щелчка по нужной скважине.

Зададим дебиты скважины Р03: 200 часов 1500 STB/D, 200 часов 5000 STB/D, 200 часов 0 STB/D, 200 часов 7000 STB/D, 200 часов 0 STB/D. Дважды щелкните по скважине на 2D карте и введите дебиты

вручную в закладке Production. Перейдите на страницу модели и, убедившись, что включена опция «добавить остальные скважины» ("add other wells"), запустите модель. На билогарифмическом графике исследованной скважины наблюдается плохое совмещение, что соответствует системе с одиночной скважиной (см. рис. D01.7 справа), на рисунке D01.7 слева показано совмещение давления скважины Р03.



Рис. D01.7 Билогарифмический график зависимости в P01 и линейная зависимость в P03



Некоторые замечания

- 1. В версии Saphir Advanced v3.20.09 панель называется Interpretation2, а не More Tools.
- 2. По-моему в версии Saphir Advanced v3.20.09 нет такой иконки, а используется только иконка .
- 3. Не нашла такой закладки с перечисленными свойствами и не совсем поняла смысл, так что возможны неточности в переводе.