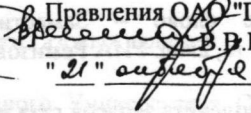


УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Председателя

Правления ОАО "Газпром"

 В.В. Ремизов

"21" октября 1999 г.

ПРОГРАММА

заседания секции "Геологоразведочные работы и геофизические методы
исследования скважин, разработка месторождений"
Научно-технического совета ОАО "Газпром"

"Современное состояние и перспективы
совершенствования методов
подсчета запасов газа по данным
истории разработки"

п. Развилка, ВНИИГАЗ

22-24 ноября 1999 г.

Место проведения

п. Развилка, ООО ВНИИГАЗ

Заезд и размещение участников

22 ноября 1999 г.

Работа секции

23-24 ноября 1999 г.

Порядок работы секции

Начало

10-00

Окончание

17-30

Доклады

15-20 мин.

Выступления

5-10 мин.

23. Определение доказанных запасов залежей легких нефтей по данным их разработки.

Докладчики:

- руководитель лаборатории ИПНГ РАН д.т.н. Закиров С.Н.;
- главный научный сотрудник ИПНГ РАН, д.т.н., Брусиловский А.И.;
- старший научный сотрудник ИПНГ РАН, к.т.н., Закиров Э.С.;
- начальник лаборатории ВНИИГАЗа, к.т.н. Чернов Ю.Я.;
- главный геолог ЗАО «Пурнефтегазгеология» Никулин Б.В.

24. Определение запасов газоконденсатных залежей с высокими КГФ.

Докладчики:

- главный научный сотрудник ИПНГ РАН, д.т.н., Брусиловский А.И.;
- руководитель лаборатории ИПНГ РАН д.т.н. Закиров С.Н.;
- старший научный сотрудник ИПНГ РАН, к.т.н., Закиров Э.С.;
- заведующий отделом СеверНИПИгаза, к.т.н. Назаров А.В.

25. О новой концепции и методах подсчета балансовых, дренируемых и извлекаемых запасов газа.

Докладчик:

- доцент РГУНГ, к.т.н. Колбиков С.В.

26. Газодинамическая блочная модель - универсальная методика подсчета запасов газа и управления разработкой пластов, объектов и месторождений.

Докладчики:

- главный геолог ОАО «АРКТИКГАЗ», к.т.н. Гереш П.А.;
- старший научный сотрудник ООО ВНИИГАЗ Гереш Г.М.;
- заведующий сектором ВЦ РАН к.ф.-м.н. Сушков Б.Г.;
- заведующий сектором ВЦ РАН к.ф.-м.н. Фуругян М.Г.

27. Уточнение геологических запасов с использованием быстрого стохастического симулятора.

Докладчики:

- заведующий лабораторией ИПНГ РАН д.т.н., Еремин Н.А.;
- старший научный сотрудник ИПНГ РАН к.ф.-м.н. Земских В.И.;
- старший научный сотрудник ИПНГ РАН к.г.-м.н. Григорьева В.А.

Уточнение остаточных балансовых и текущих извлекаемых запасов углеводородов с использованием быстрого стохастического симулятора

Еремин Н.А., Григорьева В.А., Земских В.И., Посвянский В.С.

1.0 Введение.

В последние годы возрастает значение применения геостатистических методов для описания месторождений углеводородов. Суть этих методов сводится к тому, что с помощью стохастики создается множество равновероятных реализаций важных параметров месторождения, таких как проницаемость, нефтенасыщенность и пористость. Месторождения могут быть очень неоднородными и численные модели, построенные для их представления, могут состоять из большого числа блоков. Таким образом на выходе первого шага стохастического моделирования месторождения углеводородов мы имеем большое количество равновероятных реализаций месторождения, состоящих из большого количества блоков с заданными значениями интегральной величины, учитывающей эффективную толщину, пористость, проницаемость, углеводородонасыщенность.

Полное математическое моделирование процесса разработки каждой такой реализации требует больших затрат машинного времени и предъявляет высокие требования к характеристикам компьютеров. Поэтому на первой стадии отбора правдоподобных реализаций может быть использовано упрощенное моделирование, необходимое для выделения наиболее близких к реальной реализации.

Предлагаемая программа БСС (Быстрый Стохастический Симулятор) моделирует поведение флюидов в месторождении простейшим образом и служит для первичной оценки близости рассматриваемой реализации к реально существующей в месторождении путем сравнения имеющихся данных по истории разработки с полученными путем такого моделирования. Таким образом могут быть быстро и легко оценено влияние таких параметров как распределение пористости, проницаемости, остаточной насыщенности на совпадение с расчетной при восстановлении их историй разработки, оценку остаточных балансовых и текущих извлекаемых запасов углеводородов.

Запасы категорий А, В, С₁, относимые к группе разведанных сопоставимы с категорией «доказанных» запасов по классификации Горного бюро и геологической службы США [1]. Они имеют сложную структуру и не каждые из них могут быть извлечены из недр при современном развитии науки и техники. Поэтому они, в свою очередь, подразделяются на «балансовые» – запасы месторождений, вовлечение в разработку которых экономически целесообразно и «забалансовые» – вовлечение в разработку которых экономически нецелесообразно или технически и технологически невозможно. Нерентабельность разработки «забалансовых» разведанных запасов определяется многими факторами: малой величиной запасов, особой сложностью условий эксплуатации, низким качеством нефти и

газа и др. [3]. Поскольку современный уровень промышленного развития не обеспечивает полного извлечения из недр балансовых запасов нефти, газа и конденсата, выделяются «извлекаемые запасы», которые можно получить при рациональном использовании современных технических средств экономически рентабельным способом и «неизвлекаемые запасы».

В США и некоторых других странах, извлекаемые запасы иногда подразделяются на первичные, добыча которых осуществляется за счет первичных (естественных) условий разработки, и вторичные, добываемые дополнительно за счет воздействия на пласт на поздней стадии разработки месторождений [5].

Балансовые и извлекаемые запасы нефти, газа и конденсата и сопутствующих компонентов подразделяются, в свою очередь, на «начальные запасы», существовавшие в залежи до начала разработки, «накопленную добычу» по состоянию на определенную дату и «остаточные запасы», составляющие разность между начальными запасами и накопленной добычей.

Разведанные запасы по их промышленной значимости и выработанности подразделяются, как известно, на три периода разработки. Первый, соответствующий период растущей добычи, в течение которого добывается 20-30 % начальных извлекаемых запасов, является непродолжительным. В наиболее большой период стабилизации разработки извлекается основной объем запасов. Значительно более длительное время приходится на период падающей добычи, в течение которого наиболее целесообразно выбрать эффективные методы воздействия на пласт и систему размещения скважин.

В этой связи актуальным становится вопрос выбора оптимальных вариантов разработки на газоконденсатных месторождениях – гигантах севера Западной Сибири: Ямбургским, Уренгойским, Медвежьем, находящихся на третьей стадии разработки с падающей добычей газа и конденсата.

2.0 Краткая теория метода

Программа ББС использует метод Монте-Карло для передвижения случайной метки (СМ) от нагнетательных скважин в месторождении к добывающим скважинам.

Метод Монте-Карло представляет собой метод статистических испытаний, - численный метод, основанный на моделировании случайных величин и построении статистических оценок для искомых величин. Метод использует аппарат теории вероятностей для решения прикладных задач с помощью ЭВМ. В данной задаче метод используется для отыскания направления движения случайной метки в резервуаре месторождения. Подробности его использования описаны ниже.

Понятие случайной метки (СМ) используется в методе случайного блуждания, представляющего из себя специального вида случайный процесс, который можно интерпретировать как модель описывающую перемещение частицы в некотором пространстве под воздействием какого-либо случайного механизма. В рассматриваемом случае пространство представляет собой трех мерное евклидово пространство, а в качестве случайного механизма используется метод Монте-Карло.

Возможно так же применение данного метода при отсутствии нагнетательных скважин. В этом случае случайная метка порождается добывающей скважиной, а процесс ее распространения может быть ассоциирован с процессом распространения по пласту объема освобожденного "добытой" нефтью. или газом.

Каждая СМ может быть ассоциирована с объемом воды, занимающей один блок сетки. Перемещение СМ определяется набором простейших правил, являющихся следствием уравнений описывающих процессы фильтрации в пористой среде:

- Возможные направления перемещения СМ определяются законом Дарси.
- Выбор направления движения из возможных определяется методом Монте-Карло.
- Каждый блок не может содержать более чем одну СМ.
- Непроницаемый блок не может содержать СМ.
- Каждый блок принадлежащий нагнетательной скважине и помеченный как перфорированный и открытый может генерировать новую СМ сразу после того как предыдущая СМ покинет его.

Таким образом, перфорированные и открытые блоки нагнетательных скважин являются источниками СМ. Напротив, перфорированные и открытые блоки добывающих скважин являются стоками для СМ. Это значит, что если СМ приходит в перфорированный и открытый блок добывающей скважины, она исчезает и в дальнейшем рассматривается как "добытая".

СМ не может двигаться в следующих случаях:

- Все соседние блоки уже содержат СМ.
- В соответствии с распределением давления существует только одно направление движения - за пределы определенной сетки.

Если никакая СМ не может двигаться возникает ситуация определяемая как РАТ. Программа может работать как с вертикальными, так и с горизонтальными скважинами.

2.1 Метод случайной метки

Для каждой СМ, находящейся в текущем блоке в первую очередь должны быть определены возможные направления ее перемещения. Для этого используются распределение давления (в данном случае рассматриваемое как известные входные данные) и закон Дарси. Использование закона Дарси позволяет определить поле скоростей отнесенных к данному блоку, содержащему СМ. Таким образом существует шесть возможных скоростей, отнесенных к блоку, содержащему СМ. Вектора части скоростей будут направлены внутрь блока, а другой части - из блока. Мы будем считать, что СМ может двигаться только в направлениях выходящих из блока скоростей. Данный блок не может иметь более, чем пять направленных из блока скоростей (за исключением блоков генерирующих СМ).

Для выбора из всех возможных направлений одного используется метод Монте-Карло. Процедура его применения выглядит следующим образом. Во-первых, проводится нормализация всех скоростей таким образом, что сумма их скалярных величин равна единице. После нормализации новые значения скоростей сортируются в порядке:

$$U_1 > U_2 > U_3 > \dots U_n, \quad n < 6.$$

Далее интервал $[0; 1]$ делится точками $0, U_1, U_1+U_2, U_1+U_2+U_3, \dots, 1, 0$. В этом случае длина интервала $[U_1+\dots+U_k; U_1+\dots+U_{(k+1)}]$, пропорциональна вероятности движения СМ в направлении соответствующем нормализованной скорости $U_{(k+1)}$. Поясним сказанное на примере. Пусть интервал $[0; 1]$ разбит точками $X_1=U_1=0,62; X_2=U_1+U_2=0,81; X_3=U_1+U_2+U_3=0,95; X_4=U_1+U_2+U_3+U_4=0,98; X_5=U_1+U_2+U_3+U_4+U_5=1,0$. Выбрав случайное число R из интервала $[0; 1]$ мы видим, что вероятность того, что $R \in [X_i; X_{(i+1)})$

] равна величине $U(k+1)$. Таким образом, наибольшей вероятностью для направления движения СМ является направление, совпадающее с направлением максимальной из всех выходящих из блока скоростей. Это обстоятельство позволяет считать, что полученная в результате такого расчета картина течения не будет сильно отличаться от картины, полученной в результате детерминированного математического моделирования.

Как было сказано выше пользователь заранее задает в качестве параметра программы число переходов СМ из блока в блок. Каждая случайная метка движется в сетке блоков в соответствии с приведенными выше правилами. Наконец СМ может достигнуть добывающей скважины и тогда начинается процесс воспроизведения профиля добычи.

Для более точного описания процесса фильтрации флюидов кроме вышеизложенного вводится другой эффект моделирования поведения СМ.

2.2 Задержка

В месторождении флюиды движутся подчиняясь распределению градиента давления. Скорости фильтрации могут быть вычислены с помощью закона Дарси. Скорости фильтрации через низкопроницаемые участки месторождения оказываются меньше, чем через высокопроницаемые. Это значит что данный объем флюида находится относительно большее время в низкопроницаемых участках по сравнению с высокопроницаемыми. Этот эффект учитывается в программе специальным приемом путем введения в рассмотрение времени задержки перехода СМ из данного блока в следующий. Это значит, что каждый раз когда СМ приходит в новый для нее блок, она остается неподвижной в этом блоке в течении некоторого количества циклов вычисления, когда могут происходить перемещения других СМ. Количество циклов задержки вычисляется, когда СМ попадает в данный блок и определяется в программе ключевым словом PERMDISTRIB.

Пользователь должен указать величины наибольшего и наименьшего значения проницаемостей и количество циклов вычислений. Программа разбивает интервал величин проницаемостей на количество интервалов равное числу циклов и определяет время задержки, соответствующее каждому интервалу проницаемости следующим образом. Интервал с наибольшим значением проницаемости соответствует нулевому значению задержки, соседний с ним - значению задержки в один цикл и т.д. до интервала с наименьшим значением проницаемости, задержка для которого равна числу заданных пользователем циклов.

Приведем пример. СМ приходит в блок сетки, соответствующий некоторому значению проницаемости. На каждом цикле программа выбирает СМ с минимальным временем задержки. Эта минимальная задержка вычитается из времени задержки соответствующему данному блоку. Когда задержка для данного блока станет минимальной по сетке, данная СМ будет продолжать движение в направлении, определяемом путем вычислений описанных выше.

3.0 Описание программы

Программа БСС может использовать в качестве входных данных по давлению данные из таких программных продуктов как ECLIPSE, PRECALC или из входных файлов в которых распределение давления задается формулами или таблицей. Ниже дано описание