

Вероятностная оценка запасов нефти и газа в программе «EVA - анализ рисков»

Софья Демидкина, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, факультет геологии

Глобальный спрос на энергию растет во всем мире. Нефтегазовые проекты становятся все более сложными и трудно прогнозируемыми, чем когда-либо прежде. Таким образом, анализ рисков и разработка стратегий для его регулирования имеют важное значение для сокращения возможных задержек и перерасхода средств в нефтегазовых проектах.

Неполнота и неточность информации на начальных стадиях изучения залежей нефти и газа могут повлечь за собой значительные потери или в некоторых случаях дополнительные выгоды. Это и называется следствием неопределенности, то есть риск.

При вероятностном подходе каждый параметр, участвующий в формуле подсчета запасов, рассматривается как случайная величина, а значение запасов – как функция этих случайных параметров. Основное отличие вероятностной модели от детерминированной состоит в том, что при детерминированном подходе получают единственную ("точечную") оценку запасов, а при вероятностном – диапазон (интервал) возможных значений запасов объекта.

На основе вероятностных моделей можно проводить оценку запасов нефти и газа. По американской классификации SPE (Society of Petroleum Engineers) запасы подразделяются:

- Доказанные запасы (P90) – количество нефти, которое из анализа геологический и инженерных данных могут с вероятностью 90% оценено как рентабельно извлекаемое на сегодняшний день из известных месторождений;

- Вероятные запасы (P50) – это те недоказанные запасы, которые, как предполагают геологические и инженерные данные, с вероятностью 50% могут быть извлечены;
- Возможные запасы (P10) – это те недоказанные запасы, вероятность извлечения которых должна быть, по крайней мере, 10 %.

Разберем пример вероятностной оценки запасов нефти месторождения «N» в программе «EVA- анализ рисков». Это комплекс для анализа рисков от компании «ЭДС Плюс».¹ Он состоит из следующих надстроек:

- *Анализ чувствительности* (ранжирование рисков, построение торнадо диаграмм);
- *Сценарный подход* (экспертный анализ на основе сценариев, вычисление VaR - valueatrisk);
- *Метод Монте-Карло* (распределение итогового значения в зависимости от законов распределения входных параметров, анализ доверительного интервала, возможность задания коэффициентов корреляции);
- *Подбор распределения* (поиск наиболее подходящего закона распределения по набору фактических данных).

Исходными данными для расчетов являются значения параметров, принятые при оценке запасов (мода). Минимальные (min) и максимальные (max) значения параметров определены экспертно (см. таб. 1). В данной работе используется объемный метод подсчета запасов нефти и газа:

$$Q=S*h*k_{nop}*k_n*\rho*\theta,$$

где Q - геологические запасы нефти и газа;

S - площадь залежей;

¹<http://www.eds-plus.ru/eva.html>

h - эффективная нефтегазонасыщенная толщина;

k_{nop} – коэффициент открытой пористости;

k_n – коэффициент нефтегазонасыщенности;

ρ - плотность нефти;

θ - пересчетный коэффициент, учитывающий усадку нефти.

Перед началом моделирования необходимо задать закон распределения соответствующей случайной величины, а также его можно установить по выборке исторических данных, с помощью инструмента «Подбор распределения».

| Параметр | Значение параметра | | | Тип и характеристика распределения |
|------------------------------|--------------------|---------|----------|------------------------------------|
| | мода | минимум | максимум | |
| Площадь, км ² | 1,02 | 0,455 | 2,03 | Треугольное |
| Толщина пласта, м | 39,6 | 34,8 | 45,4 | Треугольное |
| Пористость, д.ед. | 0,2 | 0,17 | 0,23 | Нормальное |
| Насыщенность, д.ед. | 0,69 | 0,58 | 0,79 | Нормальное |
| Плотность, т/м ³ | 0,8 | 0,7 | 0,9 | Нормальное |
| Коэффициент пересчета | 0,7 | 0,7 | 0,7 | Константа |
| | | | | |
| Геологические запасы, млн. т | 3,12 | | | |

Таблица 1. Исходные данные для расчета.

Для проведения оценки запасов по классификации SPE используем метод Монте-Карло. Он позволяет учитывать влияние нескольких параметров, отобранных методом чувствительности, на результирующий показатель, а также произвести статистическую оценку перспективности проекта.

Для расчета запасов необходимо для каждого параметра задать тип распределения. Распределение вероятностей - это наиболее реалистичный способ описания неопределенности переменных в анализе рисков.

Рассмотрим вероятностные распределения, используемые в «EVA- анализ рисков»:

- *Нормальное распределение.* Нормальное распределение вероятностей особенно часто используется в статистике. Оно дает хорошую модель для реальных явлений. В данном случае задается среднее значение и стандартное отклонение. Такое распределение можно использовать для пористости, насыщенности и коэффициента пересчета;
- *Равномерное распределение* полезно при описании переменных, у которых каждое значение равновероятно и принадлежит интервалу $[a;b]$. Требуется задать минимальное и максимальное значение. Равномерное распределение подходит для параметров: площадь, плотность, пересчетный коэффициент.
- *Треугольное распределение.* Для расчета необходимо определить минимальное, наиболее подходящее и максимальное значения. Данное распределение можно использовать для любого параметра.
- *Показательное распределение* часто используется для описания интервалов между последовательными случайными событиями, которые на быденном языке можно назвать редкими.²

Тип распределения для данной работы определен экспертно и имеется в исходных данных (см. таб. 1 и рис. 1).

²Risk Analysis: Project ECE-S 521 *Probability and Random Variables* 2010 Submitted by ChetanRao; Report on application of Probability in Risk Analysis in Oil and Gas Industry

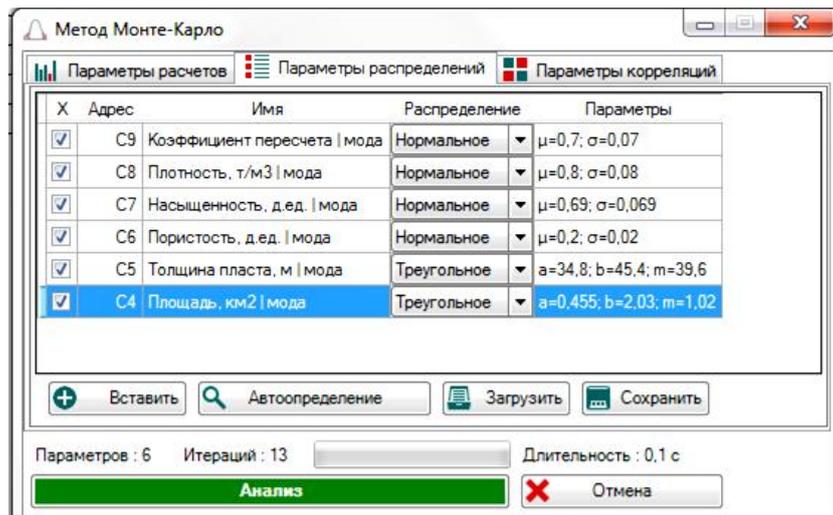


Рисунок 1. Параметры распределений в программе «EVA- анализ рисков».

Для корректного использования метода Монте-Карло необходимо установить корреляцию между факторами, отображенными на этапе анализа чувствительности. В данном случае устанавливаем корреляцию между параметрами «Насыщенность» и «Пористость» (см. рис. 2). Получившаяся матрица корреляций должна быть симметричной с единицами на главной диагонали (автоматически устанавливается программой).

| | Коэффициент пересчета мода | Плотность, т/м3 мода | Насыщенность, д.ед. мода | Пористость, д.ед. мода | Толщина пласта, м мода | Площадь, км2 мода |
|------------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| Коэффициент пересчета мода | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Плотность, т/м3 мода | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Насыщенность, д.ед. мода | 0 | 0 | 1 | 0,19 | 0 | 0 |
| Пористость, д.ед. мода | 0 | 0 | 0,19 | 1 | 0 | 0 |
| Толщина пласта, м мода | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Площадь, км2 мода | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

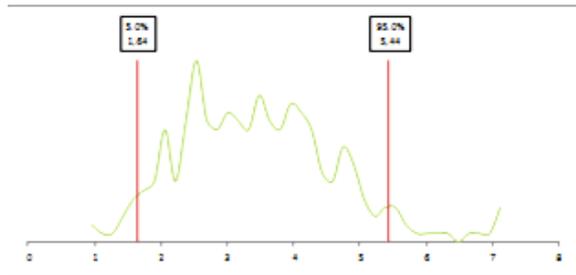
Рисунок 2. Корреляционная матрица в программе «EVA- анализ рисков».

Результаты моделирования представлены на рисунке 3. Ожидаемое значение запасов 3,41 млн. т., стандартное отклонение составляет 1,20 млн. т.

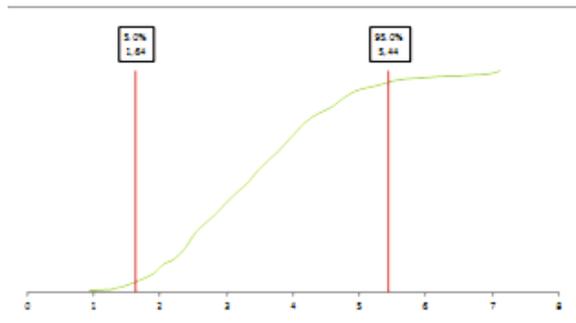
EVA - Монте-Карло

Выполнено: EDS Plus
Дата: 03.07.2014 20:48:03
Модель: Подсчет запасов.xlsx
Итог: Геологические запасы, млн. т | мода (С11)
Базовое значение: 3,12

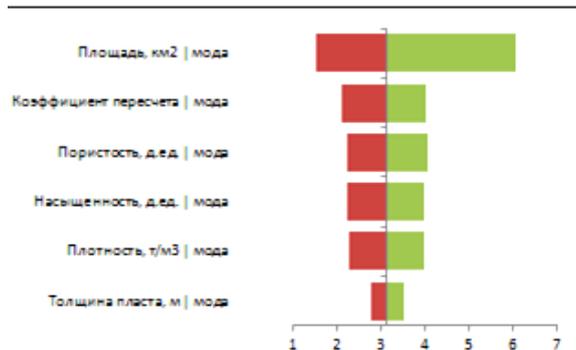
Число итераций: 300
Число входных параметров: 6
Генератор случайных чисел: субтрактивный алгоритм Кнута
Длительность моделирования: 1,4 с



| Сводные статистики | | | |
|--------------------|------|----------|-------|
| Минимум | 0,95 | Левая X | 1,64 |
| Максимум | 7,28 | Левая P | 5,0% |
| Среднее | 3,41 | Правая X | 5,44 |
| Станд. Откл. | 1,20 | Правая P | 95,0% |
| | | Дифф X | 3,80 |
| | | Дифф P | 90% |



| Проценти | | | |
|----------|------|-----|------|
| 5% | 1,64 | 50% | 3,33 |
| 10% | 1,95 | 55% | 3,44 |
| 15% | 2,22 | 60% | 3,64 |
| 20% | 2,39 | 65% | 3,82 |
| 25% | 2,51 | 70% | 3,97 |
| 30% | 2,62 | 75% | 4,15 |
| 35% | 2,83 | 80% | 4,32 |
| 40% | 2,99 | 85% | 4,65 |
| 45% | 3,15 | 90% | 4,89 |
| 50% | 3,33 | 95% | 5,44 |



| Влияние параметров | | |
|----------------------------|--------|---------|
| Имя | Нижняя | Верхняя |
| Площадь, км2 мода | 1,53 | 6,03 |
| Коэффициент пересчета м | 2,11 | 4,03 |
| Пористость, д.ед. мода | 2,24 | 4,05 |
| Насыщенность, д.ед. мода | 2,23 | 3,97 |
| Плотность, т/м3 мода | 2,27 | 3,97 |
| Толщина пласта, м мода | 2,77 | 3,53 |

Рисунок 3. Результаты расчета по методу Монте-Карло в программе «EVA- анализ рисков».

После проведения анализа в программе «EVA» можно сказать, что доказанные значения запасов P90 равны 1,95 млн.т., возможные запасы P50 3,33 млн. т. и вероятные P10 –4,89 млн.т.

Применение вероятностных моделей позволяет учитывать неопределенность в оценке запасов на ранних стадиях изучения месторождения, а также проводить обоснования целесообразности освоения перспективных участков и месторождений.