

Оптимизация добычи маргинальных нефтяных месторождений путем применения многоствольных скважин типа «рыбья кость».

Магомадов Исмаил Аликович

Student (master)

Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика

М.Д.Миллионщикова, Россия

E-mail: ismail.magomadov@aurak.ac.ae

Снижение темпов добычи нефти из зрелых, маргинальных и нетрадиционных коллекторов становится актуальной проблемой для отрасли, которая нуждается в немедленных действиях и инициативах. Одним из таких проблематичных сценариев является добыча из залежей с режимом растворенного газа, которые часто демонстрируют низкую эффективность извлечения нефти, ввиду повышения газонасыщенности по всей площади коллектора. Коэффициент суммарной нефтеотдачи в таких случаях варьируется от 5 до 30 % [1]. Этот тип залежи изначально не имеет источника для поддержания давления: энергия в основном поступает за счет высвобождения растворенного газа из-за быстрого непрерывного снижения давления и низкой сжимаемости жидкостей [2]. При первичном извлечении такие коллекторы демонстрируют неудовлетворительную добычу, обусловленную быстрым снижением давления и быстрым увеличением коэффициента газонасыщенности, что инициирует идею использования умных скважин в сочетании с электрическими погружными насосами в качестве искусственной подъемной системы: расширение покрытия площади пласта и обеспечение сильной поддержки давления в процессе добычи. В таких коллекторах остается большое количество углеводородов, что требует оптимизации добычи для технической и экономической привлекательности проектов.

Проблема: Небольшие месторождения (маргинальные в том числе) с режимом растворенного газа технически считаются разрабатываемыми, но экономически непривлекательны.

Решение: Многоствольные скважины. Оптимизация добычи для повышения экономической и технической привлекательности системы.

Цель исследования: Максимизация коэффициента извлечения маргинальных месторождений с режимом растворенного газа, соответствуя экономическим критериям нефтяных компаний. (Минимальная приемлемая норма прибыли и высокая Чистая приведенная стоимость).

Альтернативы в этом проекте сгруппированы по 3 категориям на основе угла наклона и количества ответвлений: 1. Многоствольные скважины с 2, 4, 6 стволами, угол наклона = 90° ; 2. Многоствольные скважины с 2 односторонними стволами, углы наклона = 45° и 90° ; 3. Многоствольные скважины с 2, 4, 6 стволами, угол наклона = 45° . Для всех альтернатив были использованы электрические погружные насосы.

Три подхода были использованы для проектирования, анализа и оценки потенциала добычи пласта с различными альтернативами:

1. Теоретический анализ работы скважин: акцент на показатели добычи и продуктивности. Для количественной оценки производительности скважины с применением различных альтернатив было использованное видоизмененное уравнение притока и продуктивности Джоши для четного числа стволов (2,4,6).

2. Моделирование коллектора с помощью численного симулятора Rubis by KAPPA®. Статические параметры и характеристики коллектора были использованы для создания динамических моделей для каждой альтернативы при помощи многозадачного трехмерного трехфазного численного симулятора Rubis (Kappa Engineering).

3. Экономическая оценка и анализ рисков: моделирование по методу Монте-Карло в сочетании с Crystal Ball от Oracle®. Проведен экономический анализ для определения показателей рентабельности и экономической эффективности каждой альтернативы. Затем, используя приложение Crystal Ball и метода Monte Carlo Simulation, мы выполнили анализ риска и чувствительности, наблюдая за эффектом распределения вероятностей некоторых важных переменных. Инструменты диаграмм OptQuest, Tornado и Spider использовались для определения оптимальных значений переменных из диапазона неопределенности.

Теоретические результаты. Согласно результатам полученным из уравнений притока и продуктивности, суточная добыча нефти и индекс продуктивности имеют тенденцию к снижению с увеличением количества ответвлений для всех случаев многоствольных скважин. Это объясняется явлением интерференции, которое не было учтено при теоретической количественной оценке, в то время как симулятор учитывает это.

Результаты моделирования. Первичная добыча продемонстрировала низкие коэффициенты извлечения (RF) до 3%. Это связано с отсутствием поддержки давления для нашего конкретного режима, для которого недостаточно расширение экспозиции коллектора без системы поддержки давления. После применения УЭЦН добыча увеличилась до 22,63%. Технически наилучшая производительность была достигнута при 2 стволах 45°. (КиН = 22,63 %).

Результаты экономической оценки. Все альтернативы соответствуют экономическим критериям: ЧПС(Чистая приведенная стоимость) >0 ; ВНД (Внутренняя норма доходности) $> 20\%$; приемлемый срок окупаемости инвестиций. Для всех альтернатив спрогнозированы результаты Чистой приведенной стоимости и Внутренней нормы доходности: моделирование распределения вероятностей ЧПС и ВНД.

Технически наилучшие показатели скважины (процент нефтеотдачи) из 8 альтернатив были достигнуты альтернативой с 2 стволами под 45 градусами наклона. (Коэффициент извлечения нефти=22.63 %). С экономической точки зрения, опция с 2 односторонними стволами под 45 градусами наклона продемонстрировала оптимальные показатели рентабельности. Среди всех альтернатив было обнаружено, что наиболее привлекательными случаями с точки зрения оптимизированной добычи и экономической эффективности были : 2 ствола под углом 45° и два односторонних ствола под углом 45°. Таким образом, в данной работе изучено влияние расширения экспозиции коллектора на его продуктивность. Определена оптимальная траектория и количество ответвлений для многоствольных скважин: Односторонние 2 ствола 45° наиболее эффективны с экономической и технической точки зрения.

Производительность пласта с режимом растворенного газа была увеличена до 16-23% извлеченной нефти по сравнению с низкими результатами первичной добычи в 2-3%. Технология многоствольных скважин типа «рыбья кость» в сочетании с УЭЦН продемонстрировала значительное увеличение коэффициента извлечения маргинальных месторождений с режимом растворенного газа. Было отмечено, что интерференционные явления необходимо тщательно учитывать в многоствольных скважинах с наклонными стволами. С увлечением стволов для многоствольной скважины с углом наклона 45 градусов коэффициент добычи снизился. Для скважин с углом наклона 90 градусов, больший охват площади коллектора повлиял на увеличение добычи.

References

- 1) 1. Ahmed T.H., McKinney P.D. Advanced Reservoir Management and Engineering. Boston: Gulf Professional Pub, 2012.
- 2) 2. Ahmed, T.H. Reservoir Engineering Handbook. Boston: Gulf Professional Pub, 2002.