

ТЕХНОЛОГИЯ СЕЙСМОВОЛНОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НЕФТЕДОБЫЧИ И НЕФТЕОТДАЧИ

Введение

Мы разработали и реализовали Технологию Сейсмоволновых Воздействий, Т-СВВ, для интенсификации нефтедобычи и увеличения нефтеотдачи, «Способы, направленные на активизацию нефтедобычи». На Технологию соответствующими структурами выданы Патенты: Евразийский (№ 001474 от 18.12.2000 г.), Европейский (№ 1266121 от 21.12.2005 г.) и Канадский (№ 2406794 от 17.02.2009 г.). (Авторы: Керимов И.Г., Керимов С.И.).

Реализация Т-СВВ позволила полностью пересмотреть всю современную концепцию поиска и разработки нефтегазовых месторождений, использования методов поддержания пластовых давлений и с совершенно новых позиций рассматривать проблему экологической защиты, вызванную проведением крупных промышленных работ.

Применение Технологии позволяют добиться важных в экономическом и экологическом отношении результатов, таких как:

- увеличение процентного содержания нефти в добываемой жидкости;
- увеличение пластовых давлений;
- уменьшение загрязнения окружающей среды;
- уменьшение обводнённости нефтяных месторождений.

А также могут быть достигнуты следующие результаты:

- увеличение добычи нефти на 15-35%;
- уменьшение обводнённости добываемой жидкости на 5 - 20%;
- увеличение текущего коэффициента нефтеотдачи до 45% ;
- увеличение конечной нефтеотдачи до 70-80% и более;
- поддержание в течение длительного периода времени и увеличение продолжительности использования нефтяного месторождения;
- предотвращение разрушений нефтяных залежей и их реабилитация.

Технология может быть применена практически для всех геологических структур и залежей нефти в широком диапазоне глубин, мощностей, и параметров пластовых давлений и обводненности.

Технология не требует дополнительной закачки воды или других химических реагентов в процессе своего применения.

Благодаря реализации Технологии правильно организованные вибровоздействия позволяют компенсировать крупные возмущения в среде, вызванные бесконтрольной нефтеразработкой в предыдущие годы и привести среду в энергетически и структурно однородное состояние.

Дополнительным положительным показателем применения Технологии является возможность разработка рекомендаций для наиболее эффективного размещения на территории нефтяных месторождений эксплуатационных и нагнетательных скважин.

Важнейшим экономическим показателем эффективности, актуальности и уникальности Т-СВВ является огромная экономия средств за счёт снижения объёмов воды, закачиваемой в залежи для поддержания пластовых давлений. Поэтапная реализация разработанной новой тактики закачки воды для поддержания технологического уровня пластовых давлений с меньшими на 20-60%, чем ранее, объёмами закачки, приведёт постепенно, вкупе с вибрационными воздействиями к более значительному уменьшению обводнённости добываемой жидкости.

Т-СВВ экологически корректна и может быть использована или как единственный метод увеличения добычи углеводородов, или же в сочетании с другими методами интенсификации нефтеотдачи. При применении Т-СВВ процесс разработки месторождения и все другие касающиеся этого работы продолжаются в прежнем режиме.

Технология не имеет негативных рисков, но даёт огромную дополнительную прибыль. Период времени до получения первой прибыли, которая фактически компенсирует все расходы, занимает 3-4 месяца.

Новые результаты, касающиеся изучения геологических сред, включающих залежи углеводородов, их физической природы и параметров, протекающих в них процессах, привели к созданию настоящей Технологии интенсификации добычи, основанной на возбуждении подповерхностных вибраций во всем объёме залежей углеводородов от наземных источников.

Контролируемые вибрационные воздействия приводят к стабильному увеличению в нефтяных залежах напряжённого состояния и давления, объёмов добычи углеводородов и снижению, соответственно, обводнённости добываемой жидкости.

Таким образом, в отличие от существующих методов добычи нефти, Технология увеличивает и поддерживает пластовые давления в продуктивной толще, извне воздействуя на нефтяную залежь. Эффективность подобной Технологии увеличения добычи углеводородов подтверждена более чем 15-ти летним применением на многочисленных месторождениях. Т-СВВ использовалась для одного или для группы месторождений на площади от 500 до 2000 кв. км. Согласно геофизическим данным Т-СВВ может быть целенаправленно реализована на площади в 10 - 15 тысяч кв. км для увеличения добычи нефти на всех месторождениях на этой территории.

Т-СВВ является результатом многолетних исследований и экспериментов по разработке методов эффективного контроля и управления геодинамическими

процессами. Её научной основой явилось выявление новой ранее неизвестной закономерности аномального поведения слабых высокочастотных сейсмических сигналов, шумов Земли - микросейсм, перед землетрясениями, признанное в марте 1988 года Научным Открытием Госкомитетом бывшего СССР по Открытиям и Изобретениям, с приоритетом от мая 1979 года (автор - И. Г. Керимов).

На этой основе различные аспекты мониторинга и управления напряжённым состоянием среды изучались в предыдущие годы во многих сейсмически активных и неактивных регионах, а также на нефтяных месторождениях бывшего СССР: Белоруссии (1979 г.), Азербайджана (1982-1984 г.), Якутии (1984 г.); Средней Азии (1985-1988 гг.); Украины (1989-1990 гг.) и Каспийского бассейна (1989-1993 гг.).

Значительную роль в этом сыграли результаты выполнения с 1993 года Указа Президента Республики и Правительственного Распоряжения в качестве Головной Организации в Азербайджане по изучению, мониторингу и контролю негативных экологических эффектов, вызванных крупной промышленной активностью на суше и на море, и, в том числе, разработкой месторождений в Каспийском море (1993-1999 гг.). Технология была разработана и корректировалась нами также и в результате этих исследований.

Различные аспекты Т-СВВ были представлены на международных совещаниях в Сингапуре (1998), Лиссабоне (1999), Талса (2002), Казани (2003), Джакарта (2008), Шираз (2009) Сочи (2012), Алматы (2012).

Отличительные признаки Технологии следующие:

1. Количественные характеристики:

- напряжённое состояние залежи углеводородов;
- выявление в среде локальных объёмов;
- изучение чувствительности этих объёмов к внешним искусственным механическим воздействиям;
- распределение на земной поверхности фонового уровня сейсмических шумов.

2. Методология мониторинга вариаций на земной поверхности сейсмических шумов и разработка моделей вибрационных воздействий.

3. Метод проведения вибраций с поверхности используя сейсмические вибраторы, расположенные в локальных и временно выбранных пунктах над залежью углеводорода.

4. Вибрационные воздействия с поверхности вызывающие интенсивную сейсмическую эмиссию, приводящую к перераспределению напряжённого состояния внутри седиментарных пород, включающих залежи углеводородов, к увеличению пластовых давлений и, соответственно, к нефтедобычи.

5. Это в свою очередь вызывает увеличение горизонтальных и пороговых значений пластовых давлений, ведущих к увеличению потока жидкости и добычи.

6. Эффекты вибрационных воздействий на углеводородо содержащие породы, приводящие к увеличению потока углеводорода и добычи и могут явиться результатом следующих изменений геологической среды и залежи:

- возникновение новых дренажных каналов;
- дилатансия (расширение) пород залежи;
- открытие пор (в породах);
- значительное увеличение вязкости жидкости;
- интенсификация усиления капиллярных эффектов;
- усиление фильтрационных процессов (в особенности в тонкодисперсных средах и в плохо проницаемых объёмах пород).

Однако, следует заметить, что нами не проводилась количественная оценка относительного влияния того или иного фактора на интенсификацию потока жидкости. Их кумулятивный (суммарный) эффект отражен в интенсификации добычи углеводородов в ходе применения Технологии.

Работы по реализации Технологии Т-СВВ проводятся компанией «Seismotech Globe» B.V., Нидерланды, которой авторами переданы права на её использование. Сотрудники «Seismotech Globe» B.V. только контролируют качество измерений и проводят последующий анализ полученных данных.

Полный объём работы проводится местными организациями, с которыми "Seismotech Globe" BV заключает соответствующие договора:

- проведение геолого-геофизических измерений;
- оценка фонового уровня добычи нефти на всех скважинах и в целом по месторождению;
- выполнение программы вибрационных воздействий.

Применение Технологии осуществляется следующим образом:

1. Анализируются все имеющиеся материалы, касающиеся нефтяного месторождения (геологические, геофизические, технологические и др.) и комплекс вновь полученных данных, включающих:

- проведение исследований микросейсмической активности над залежью и окружающей её территорией (размеры общей площади в 1,5-2 раза превышают размеры нефтяной залежи);
- проведение гравиметрических, электромагнитных и топографических наблюдений над залежью и окружающей её территорией;
- осуществление измерений пластовых давлений.

2. Разработка модели, характеризующей энергетическое состояние среды, включающей залежь, на основе результатов анализа данных о

микросейсмической активности, электромагнитных, гравиметрических и топографических наблюдений.

3. Разработка модели вибрационного воздействия, основанной на энергетической модели среды.

4. Проведение тестовых вибрационных воздействий и корректировка энергетической модели среды и вибрационной модели.

5. Выполнение программы вибрационных воздействий.

6. Периодическое проведение микросейсмических, электромагнитных и других наблюдений для очередных корректировок энергетических и вибрационных моделей, и последующих программ вибрационных воздействий.

7. Повторные (откорректированные, если необходимо) вибрационные воздействия на основе результатов вышеуказанных исследований.

Применение Технологии приводит к интенсификации добычи углеводородов, остающейся неизменной в течение 2-6 месяцев в зависимости от конкретных геолого-геофизических свойств среды и поровой жидкости.

В течение этого периода уровень интенсификации добычи углеводородов постепенно опускается до фонового (уровня добычи до Т-СВВ). Периодическое проведение вибрационных воздействий имеет целью предотвращение этого снижения.

На основании предшествующего опыта наиболее экономически эффективно повторение циклов каждые 2-3 месяца. Это позволяет поддерживать на стабильном уровне высокие значения пластовых давлений и дополнительной добычи.

Технология более экологически корректна в сравнении с другими методами интенсификации добычи. Увеличение напряжённого состояния среды предохраняет интрузию (проникновение) подземных вод из внешних источников в залежь, от её обводнения и разрушения.

Новая тактика закачки воды в скважины

Выявленные при реализации Т-СВВ динамические процессы в среде показали, что общепринятые принципы закачки воды в пласты не принимают во внимание такие быстро меняющиеся факторы, как состояние среды и её чувствительность.

Было показано, что среда в разные периоды времени неодинаково реагирует на закачку, может усилить её воздействия на пластовые давления, быть нейтральной, или даже вызвать обратные эффекты. В результате эффект от воздействия закачиваемой воды на пластовые давления оказывается очень малым и, напротив, приводит к усиленному обводнению залежей и отрицательно сказывается на нефтеотдаче.

На основе этого был разработан качественно отличающийся подход к решению проблемы закачки и предложена новая её тактика, опирающаяся на следующие данные:

- о состоянии среды и её вариациях после нескольких циклов вибрационных воздействий;
- о текущем объёме закачиваемой в нагнетательные скважины воды;
- изучения взаиморасположения чувствительных и нечувствительных участков на территории месторождений;
- анализа их возможного при закачке положительного или отрицательного влияния на напряжённое состояние среды.

Возможности Т-СВВ оказались, таким образом, несопоставимо большими, чем предполагалось на ранних этапах её реализации.

На месторождениях НГДУ «Прикамнефть» положительный эффект от Т-СВВ вследствие вызванного ею роста пластовых давлений, проявился уже через 6-8 месяцев после начала работ. Причём снижение закачки на 16-18%, - на 60 тысяч тонн, произошло по всему НГДУ и приносило ежемесячную экономию средств на 900 тысяч долларов и более. Это показало, что воздействия затронули все месторождения НГДУ, расположенные на значительной территории. В целом, по результатам применения Т-СВВ, НГДУ вышло в ОАО «Татнефть» на первые места по всем экономическим показателям.

Однако, анализ вышеуказанных параметров после 4-5 циклов вибрационных воздействий привёл к неожиданным выводам. Было показано, что объём закачиваемой в пласты воды в НГДУ может быть уменьшен даже на 80%. При этом, для закачки можно было бы использовать только часть от общего числа нагнетательных скважин. Геофизические данные свидетельствовали, что в те или иные периоды времени проведение закачки на большинстве скважин нежелательно, и может привести к большей обводнённости месторождений.

Не менее неожиданный вывод был связан с тем, что для поддержания требуемого уровня пластовых давлений закачку следовало бы осуществлять не в течение одного месяца, как это практикуется, а было бы достаточным проводить периодически, с перерывами, в течение трёх – семи дней. Это позволило бы не только получить огромную дополнительную экономию средств (помимо прибыли от увеличения добычи), но и поэтапно значительно снизить обводнение залежей.

Как и реализация Т-СВВ, процесс закачки воды должен сопровождаться мониторингом геофизических полей для получения данных для разработки программы закачки на следующий месяц.

Затраты и Экономическая Эффективность Т-СВВ

Затраты по реализации Т-СВВ не зависят от уровня суточной добычи нефти на месторождении (месторождениях). Они зависят только от размеров площади работ, и, соответственно, количеством пунктов геофизических наблюдений и количеством вибросейсмических машин.

Затраты на проведение первого этапа работ, - 3 - 4 месяца, на площади до 1000 кв. км (25 км x 40 км) до получения первой прибыли могут достигать 200 до 400 тыс. евро, в зависимости от стоимости сервисных услуг в регионе работ. Суточная добыча на месторождениях, расположенных на этой площади, может варьировать от 100 до 10 000 тонн и более, однако затраты на Т-СВВ будут неизменными. Соответственно, чем выше уровень суточной добычи нефти по месторождению (месторождениям) в целом, тем более прибыльно использование Технологии СВВ.

Однако, даже при суточной добыче в 150 тонн и только при 10-ти процентном (%) увеличении добычи в результате реализации Т-СВВ уже после первого цикла вибровоздействий (т.е., в течение первых двух месяцев после вибровоздействий) полученная прибыль полностью компенсирует все затраты.