

А.М. Хуррямов¹, А.З. Ибрагимов¹, Ю.С. Ащепков², М.Ю. Ащепков²

¹НГДУ «Бавлынефть», Бавлы, hurriamov@tatneft.ru

²ООО НПФ «Недра-Эстери», nedra-estern2004@mail.ru

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДИЛАТАЦИОННО – ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕФТЯНЫЕ ПЛАСТЫ

Некоторые проблемы повышения нефтеотдачи

Доля трудноизвлекаемых запасов нефти в недрах России постоянно растет и для многих нефтедобывающих компаний уже превысила 50%. Решение проблемы добычи трудноизвлекаемой нефти лежит на пути создания новых способов разработки с широким применением методов увеличения нефтеотдачи продуктивных пластов.

В практике всегда возникает вопрос, какой метод увеличения нефтеотдачи для конкретного нефтяного месторождения экономически наиболее оправдан. Для выбора наиболее выгодного МУН необходимо учитывать множество конкретных факторов: нефтенасыщенность пластов; степень истощения; свойства нефти и пластовой воды; тип и свойства коллектора и др. Для экономических оценок необходимо так же учитывать расположение и техническое состояние скважин, стоимость реализации технологии, наличие и стоимость материально-технических средств, действующую цену на нефть и многие другие факторы.

Большая работа по отбору наиболее эффективных методов увеличения нефтеотдачи (МУН), проведенная в последние годы в ОАО «Татнефть», позволила из 150 технологий, испытанных с позиций эффективности инвестиций, отобрать 58 самых высокоэффективных и технологичных в реализации. В результате отбора МУН и рационализации производства объем добычи нефти в ОАО «Татнефть» превысил 25 млн. тонн, из которых более 45% добывается за счет оптимального применения современных гидродинамических и третичных методов повышения нефтеотдачи (Ибатуллин и др., 2005).

До настоящего времени главным и наиболее распространенным методом увеличения нефтеотдачи пластов остается метод заводнения в различных его модификациях: нестационарное, циклическое, с применением активных агентов, газа, полимеров, щелочей, теплоносителей и др. При отсутствии естественных источников пополнения пластовой энергии заводнение, как метод увеличения нефтеотдачи, нашел широкое, практически повсеместное применение и стал базовым, на фоне которого применяются многие другие МУН. В силу известных достоинств (доступность и дешевизна воды, простота реализации, относительная эффективность) этот метод стал самым общепризнанным методом увеличения нефтеотдачи.

Вместе с тем при заводнении неоднородных сложнопостроенных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти, которые становятся основными объектами разработки, охват пластов вытеснением и дренированием получается невысоким. Слабопроницаемые зоны, пропластки, линзы, целики, экранированные участки пластов остаются нефтенасыщенными.

К настоящему времени создано большое количество

других («новых») методов увеличения нефтеотдачи пластов, на основе применения нового оборудования и новых технологий подъема нефти, а также на основе различных (физических, химических, микробиологических и др.) способов воздействия на продуктивные горизонты. К сожалению, большинство «новых» известных МУН сами требуют значительных затрат и поэтому не снижают, а часто увеличивают себестоимость нефти и не решают задачи повышения рентабельности скважин на истощенных месторождениях. Так, например, ресурсозатраты на добычу одной тонны нефти такими методами в 5–10 раз превышают ресурсозатраты на добычу одной тонны нефти за счет заводнения (Сургучев, 1985).

Поэтому наряду с созданием новых методов увеличения нефтеотдачи постоянно развивался и совершенствовался и метод заводнения, приобретая различные модификации (внутриконтурное, законтурное, блочное, нестационарное, циклическое, с применением различных активных растворов, полимеров, газа и др.).

Принципиальной особенностью этих методов является то, что воздействие на пластовую систему осуществляется через нагнетаемый в пласт рабочий агент, который, с одной стороны, обеспечивает восполнение и поддержание пластовой энергии, с другой – улучшает фильтрационные свойства коллекторов и флюидов.

Такие МУН достаточно изучены, они повышают эффективность заводнения, однако потенциальные возможности их существенно ограничены рядом критических факторов. В таблице 1 представлены потенциальные возможности нагнетания в пласт основных рабочих агентов и ограничивающие их критические факторы (Сургучев, 1985).

Из таблицы видно, что возможности повышения нефтеотдачи нагнетанием в пласт вытесняющих агентов ограничиваются снижением продуктивности (поз. 1,2,4), снижением охвата пластов вытеснением (поз. 5, 6,7) и экологией (поз. 2,3,6,7).

Нагнетаемый агент	Увеличение Нефтеотдачи, %	Критические факторы
Вода – газ	5-10	Гравитационное разделение, снижение продуктивности
Полимеры	5-8	Соленость воды и пласта, снижение продуктивности, экология.
Щелочь	2-8	Активность нефти, экология.
Мицеллярные растворы	8-20	Сложность реализации, соленость пласта, снижение продуктивности.
Двуокись углерода	8-15	Снижение охвата, регенерация, коррозия.
Пар	15-35	Теплопотери, малая глубина, вынос песка, технические проблемы, экология.
Вода+воздух	15-30	Сложность инициирования горения, низкий охват горением, экология.

Табл. 1. Потенциальные возможности и критические факторы нагнетания в пласт основных рабочих агентов.

В целях повышения эффективности таких методов применяют режимы нестационарного нагнетания рабочего агента (циклическое заводнение, заводнение с переменной направленности потоков), которые оказывают на пласт дополнительное гидродинамическое (гидроволновое) воздействие. Однако, возможности гидродинамических воздействий также ограничены тем, что в жидкостях и газах могут существовать только продольные волны, которые создают на границах раздела фаз лишь нормальные составляющие колебаний, неспособные существенно повлиять на сдвиговую вязкость связанных жидкостей, поверхностное натяжение и фазовую проницаемость нефти.

Большие возможности открываются при возбуждении динамических (волновых) процессов непосредственно в твердой фазе – скелете пласта. В твердой фазе, кроме продольных, существуют так же и поперечные волны, характеризующиеся наличием тангенциальной, сдвиговой составляющей колебаний, которая возбуждается непосредственно на границе раздела твердой и жидкой фаз. Тангенциальная компонента волн способна разрушить связанную жидкость или, по меньшей мере, существенно снизить ее вязкость. Кроме того, поперечные волны, давления, возбуждаемые в пластовой системе и горизонтально поляризованные в плоскости действующего градиента, увеличивают фазовую проницаемость нефти, которая быстрее реагирует на перепады давления вследствие того, что ее удельный вес меньше чем у воды (Кузнецов и др., 2001).

Одной из технологий, обеспечивающих возбуждение колебаний непосредственно в скелете пласта, является технология дилатационно – волнового воздействия (ДВВ).

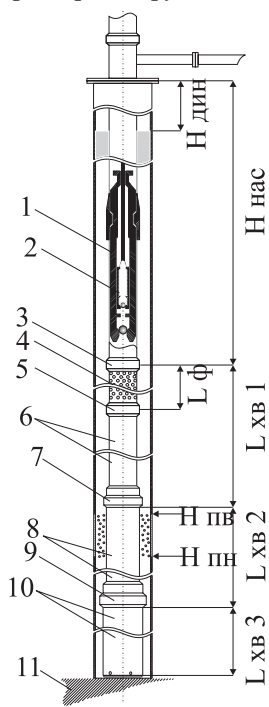
Технология ДВВ малозатратна, проста в реализации, экологически безупречна, имеет практически ничем не ограниченные возможности для самого широкого применения, в том числе совместно с любыми другими МУН.

Сущность технологии ДВВ

Сущность технологии заключается в создании зоны дилатации (разуплотнения) пород вокруг скважины, в интервале перфорации, за счет веса колонны насосно-компрессорных труб (НКТ) при опирании ее на породы в зумпфе через специальный хвостовик и в возбуждении в породах низкочастотных, упругих колебаний, создаваемых столбом откачиваемой жидкости при работе штангового насоса.

Конструкция возбуждающей скважины ДВВ представлена на рис. 1. Ее отличие от обычной

Рис. 1. Конструкция возбуждающей скважины. 1 – замковая секция насоса; 2 – насос; 3, 5 – муфты НКТ; 4 – фильтр; 6 – первая ступень хвостовика; 7, 9 – переходники; 8 – вторая ступень хвостовика; 10 – третья ступень хвостовика; 11 – породы; Ндин – динамический уровень погружения насоса; Ннас – глубина погружения насоса; Lф – длина фильтра; Lхв1, Lхв2 и Lхв3 – длины 1-й, 2-й и 3-й ступеней хвостовика; Нпв и Нпн – верхняя и нижняя границы интервала перфорации.



скважины состоит в том, что колонна НКТ не подвешивается на устье, а устанавливается на породы в зумпфе через специальный, ступенчатый хвостовик с заданной площадью опоры, в результате чего породы в зумпфе нагружаются весом, или частью веса, колонны НКТ, уплотняясь под плоскостью опоры и разуплотняясь над опорой. При этом основное разуплотнение (дилатация) происходит в интервале перфорации, ослабленном перфорационными каналами. В результате такого процесса изменяется поле напряжений в пласте в окружении скважины.

При работе насоса на статические нагрузки, создаваемые весом НКТ, накладываются динамические, создаваемые весом столба откачиваемой жидкости, который повисает на плунжере и штангах при движении их вверх и добавляется к весу НКТ при движении плунжера насоса вниз. При определенных условиях динамические нагрузки возбуждают колебания в скважине и волновые низкочастотные процессы в окружающих породах. Постоянное дилатационное поле быстро затухает и охватывает воздействием зону, прилегающую к самой возбуждающей скважине. Низкочастотное волновое поле затухает мало и имеет достаточно высокую интенсивность в точках, удаленных от ствола возбуждающей скважины на расстояния до 2–3 км, соизмеримые с длиной генерируемых волн. Во всей этой зоне стимулируется фильтрация жидкости и улучшаются технологические показатели большинства добывающих скважин.

Результаты применения ДВВ в НГДУ «Бавлынефть»

В НГДУ «Бавлынефть» технология ДВВ применяется с 2002 г. В табл. 2 приведены данные по объемам и эффективности применения ДВВ на месторождениях НГДУ за период 2002 – 2005 гг, взятые из МЭРОВ скважин.

Во втором столбце таблицы даны номер возбуждающей скважины и число отреагировавших окружающих скважин на участке. В третьем столбце в числителе дан усредненный по участку месячный дебит скважин в предшествующем мероприятию базовом периоде, определяемый произведением среднесуточного дебита по участку на 30 дней месяца, в знаменателе – усредненная по участку обводненность. В пятом столбце показано время работы участков ДВВ с момента запуска возбуждающих скважин до их остановки или до 01.01.06., в шестом – накопленное за время работы участков количество дополнительной добытой нефти. В последнем седьмом столбце дан абсолютный прирост месячного дебита, рассчитанный как частное от деления накопленной дополнительной нефти на время работы участка в месяцах и относительный прирост – выраженное в процентах отношение абсолютного прироста к базовому дебиту.

Из данных таблицы видно, что за 4 года за счет ДВВ в НГДУ добыто 38995 тонн дополнительной нефти, а прирост дебита, усредненный по всем участкам, составил 25.4%.

Наблюдается сильный разброс прироста дебита по участкам от 0,74 т/мес. (0.7%) по участку скв. № 2502 до 1153 т/мес. (315%) по участку скв. № 689. Такой разброс эффективности ДВВ обусловлен, прежде всего, степенью соответствия участков и возбуждающих скважин критериям подбора, качеством реализации технологии, включая определение зоны воздействия, подбор реагирующих скважин, соблюдение проектных данных при оборудовании возбуждающих скважин и объективностью оценки получаемого эффекта.

Проблемы оценки эффективности ДВВ

Объективность оценки достигаемого эффекта позволяет не только правильно подобрать МУН, но и определяет стратегию исследований в этой области.

Серьезным препятствием для широкого комплексного применения МУН является отсутствие методик определения и разделения эффектов. Так, в условиях высокой насыщенности промыслов различными МУН применение технологии ДВВ, охватывающей воздействием большие площади, затруднено отсутствием площадей, не занятых другими мероприятиями. Поэтому, зачастую, ДВВ применяется на участках не только не отвечающих критериям их подбора, но и не имеющих никаких ресурсов для повышения текущей нефтеотдачи. В результате эффективность ДВВ на таких участках получается низкой, что подтверждается данными таблица 2.

В последнее время эффективность ДВВ стала определяться по базовой кривой (тренду), построенной по 18 точкам, предшествующего периода.

Технологическая эффективность, определяемая таким образом, получается значительно ниже, чем эффективность определяемая по тренду, построенному по 3 точкам.

Дело состоит в том, что при выборе большого базового периода базовая кривая получается заведомо завышенной, так как строится на фоне множества мероприятий, проводимых в этом периоде с целью увеличения нефтеотдачи. Экстраполированная кривая получается так же завышенной. При применении ДВВ, или другого МУН, никаких других мероприятий, направленных на повышение нефтеотдачи, не допускается, фактическая кривая строится на чистом естественном фоне. В результате чего эффективность МУН получается заниженной.

Известно (Физика, 1998), что большинство затухающих

природных процессов протекает по монотонному экспоненциальному закону. Если никаких мероприятий на скважинах не проводить, то добыча будет падать так же по характерному для природных процессов экспоненциальному закону. Экспоненту, как и любую другую кривую, можно успешно построить по трем точкам, при этом точки следует определять в периоде после последнего мероприятия или между двумя последними мероприятиями, проведенными с целью повышения нефтеотдачи.

Таким образом, очевидным направлением повышение эффективности ДВВ является улучшение качества ее реализации и объективности оценки получаемых результатов.

Перспективы технологии ДВВ

Анализ промысловых данных и ОПР, выполненные на месторождениях ОАО «Татнефть», а так же лабораторные исследования (Дыбленко и др., 2000; Кузнецов и др., 2001; Черский и др., 1985) показывают, что на фоне ДВВ существенно усиливаются практически все эффекты, направленные на увеличение нефтеотдачи и повышается эффективность других, проводимых на фоне ДВВ, МУН.

Анализ промысловых данных, выполненный по 4-м НГДУ ОАО «Татнефть» показывает, что на фоне ДВВ существенно возрастает эффективность циклического заводнения пластов. Так, по имеющимся данным, месячный прирост добычи нефти, усредненный на один участок, составляет: при циклическом заводнении без ДВВ 72 тонны, на фоне ДВВ – 210 тонн, что почти в 3 раза больше.

На рис. 2 представлены графики, характеризующие динамику накопленной дополнительной добычи при ДВВ и при комплексном применении ДВВ и циклического заводнения по очагам ДВВ скв. №11954 и 4876 НГДУ «Ямашнефть».

В работах (Ащепков, 2004; Дыбленко и др., 2000; Кузнецов и др., 2001; Черский и др., 1985) показано, что упругие колебания усиливают и ускоряют все, протекающие в нефтяных пластах физические, химические, микробиологические, физико-химические, электро-физические, и другие, в том числе искусственно создаваемые, процессы, направленные на увеличение нефтеотдачи.

Таким образом, перспективы технологии ДВВ состоят не только в совершенствовании и повышении качества ее реализации, непосредственно как метода увеличения нефтеотдачи, но и в использовании ее в качестве катализатора с целью повышения эффективности других применяемых на ее фоне МУН.

Выводы

1. На современном этапе, когда потенциальные возможности наиболее распространенных МУН, основанных на применении различных вытесняющих агентов в основном исчерпаны, решение проблемы увеличения нефтеотдачи следует искать на пути создания методов комплексного, регулируемого воздействия на нефтенасыщенные пласты полями различной физической природы, улучшающими фильтрационные характеристики вмещающих пород и флюидов при одновременном или опережающем восполнении пластовой энергии, и желателно осуществлять селективное воздействие на фильтрационные ха-

№ п/п,	№ возб. скважины + реагир.	Средний по участку базовый дебит нефти, т/м и % воды.	Дата ввода	Время работы на 01.01.06., месяцев	Дополн. добыча, тонн.	Прирост дебита, т/мес (%)
1	1391в+4	420/73,8	18.07.02	41,5	3169	76.36 (18,2)
2	31в+4	555/75,4	30.09.02	29	3215	110.86 (20)
3	32в+5	187.2/83,1	05.09.02	30	511	17.03 (9.1)
4	369в+1	72/15,1	05.11.03	19	29	1.52 (2)
5	555в+2	621/42,2	21.09.04	12	69	5.75 (1)
6	689в+3	366/81,1	17.11.05	1,5	1730	1153.3 (315)
7	779в+3	308.4/35,6	21.12.03	12	1458	121.5 (39.4)
8	875в+3	222/83,8	16.09.03	17	428	25.17 (11.3)
9	884в+3	156/62,6	13.09.02	39	2130	54.61 (35)
10	2502в+3	104.8/43,5	18.08.03	17,5	13	0.74 (0.7)
11	2538в+2	141.3/40,6	05.12.03	25	920	36.8 (26)
12	2547в+6	321.3/42,9	20.02.04	22	725	32.95 (10.3)
13	3311в+2	218.7/53,6	09.12.03	25	2435	97.4 (44.5)
14	1124в+7	276/54,8	29.09.02	29	514	17.72 (6.4)
15	2502в+0	111/12,8	18.08.03	18,5	138	7.46 (6,7)
16	2535в+6	504/32	19.09.02	29,5	1288	43.66 (8,7)
17	2722в+12	483.6/22,3	06.10.02	39	7599	194.84 (40.3)
18	743в+6	443.1/13,4	29.10.05	2	616	308 (69.5)
19	1592в+4	993/28,5	15.09.05	3	34	11.33 (1.1)
20	1679в+3	630/53,5	14.01.04	23,5	1313	55.87 (8,9)
21	1776в+5	572.4/69,1	16.06.03	30,5	1730	56.72 (10)
22	1842в+5	864/82,4	24.12.02	36	3487	96.86 (16,9)
23	1878в+3	594/50,4	09.09.05	3,6	191	53.05 (8,9)
24	1923в+5	995.4/65,7	12.09.03	27,5	2566	93.3 (9,4)
25	2038в+3	548.4/56,1	20.06.03	30,3	2128	70.23 (12,8)
26	2153в+5	129/67,7	16.06.05	6,5	ожидание	0 (0)
27	2282в+0	48/86,4	30.12.03	21	559	26.62 (55,4)
Всего	27в+103	403.2/52,9	—	—	38995	102.58 (25,4)

Табл. 2. Объемы и эффективность применения ДВВ на объектах НГДУ «Бавлынефть».



Бавлинский район – животисный край на юго-востоке Татарстана, где проходит граница республики с Башкортостаном и Оренбургской областью. Чарующая красота природы района, сотканная из удивительного сочетания пейзажей предгорий и степей, богата крутыми холмами и низинами.

Открывающиеся до горизонта просторы уводят от повседневной суеты, наполняя душу счастьем, а сердце любовью к жизни. Вольно дышится на такой земле человеку, поэтому издревле красота края привлекала разные народы, побуждая скрытые в человеке творческие силы.

рактические характеристики коллекторов и флюидов, подвергая более сильному воздействию слабопроницаемые коллектора и высоковязкие флюиды, а восполнение пластовой энергии должно производиться по всему объему пласта.

2. Важное значение имеют затраты на реализацию комплексных технологий. Применение дорогостоящих компонент, основанных на использовании дорогих реагентов, материалов, специального оборудования и др. в условиях высокой

ствия на продуктивные пласты, в частности, технологии ДВВ.

3. Высокая технологичность, простота, дешевизна, экологическая и технологическая чистота, неограниченные возможности продуктивного комплексирования с другими МУН делают целесообразным применение ДВВ не только как метода интенсификации добычи и увеличения нефтеотдачи, но и как технологии, выполняющей роль катализатора всех процессов, направленных на повышение эффективности других, реализуемых на ее фоне, МУН. Для этого нужны крупномасштабные проекты применения ДВВ на больших площадях крупных месторождений, предусматривающие высокую плотность сетки, рационально размещенных на этих площадях возбуждающих скважин.

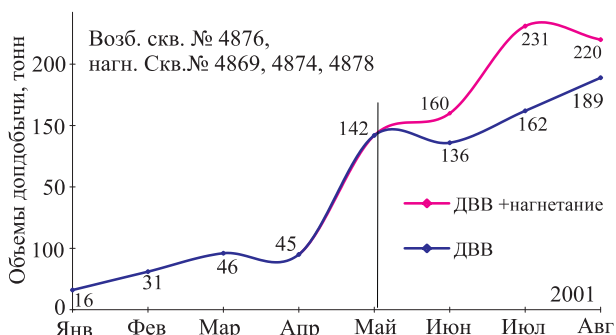
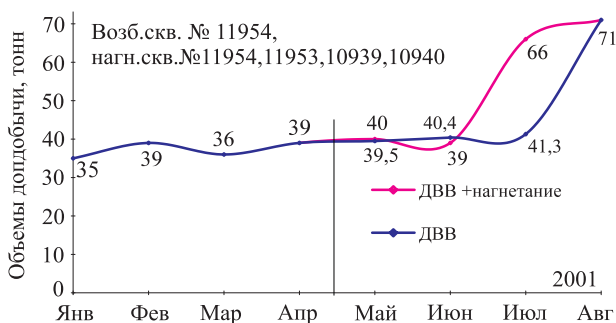


Рис. 2. Динамика накопленной доп. добычи при ДВВ и комплексном применении ДВВ и циклического заводнения.

неопределенности повышает риск получения неоптимальных результатов, в том числе и значительных экономических потерь. Поэтому комплексирование МУН должно осуществляться на базе тщательного подбора и изучения, главным образом, беззатратных (малозатратных) технологий воздей-

Литература

- Ащепков М.Ю. Перспективы применения технологии увеличения нефтеотдачи дилатационно-волновым воздействием на продуктивные пласты. *Нефтепромысловое дело*. № 2. 2004. 18-22.
- Дыбленко В.П., Камалов Р.Н., Шарифуллин Р.Я., Туфанов И.А. *Повышение продуктивности и реанимация скважин с применением виброволнового воздействия*. М. Недра. 2000.
- Ибатуллин Р.Р., Тахаутдинов Ш.Ф., Ибрагимов Н.Г., Хисамов Р.С. Новые технические и технологические решения для повышения эффективности разработки нефтяных месторождений. *Труды IV межд. симп. «Новые технологии разработки и повышения нефтеотдачи*. М. 2005.
- Кузнецов О.Л., Симкин Э.М., Чилингар Дж. *Физические основы вибрационного и акустического воздействия на нефтегазовые пласты*. М. Мир. 2001.
- Сургучев М.Л. *Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов*. М. Недра. 1985.
- Физика. БЭС, 4-е издание. М.: 1998. 690-691.
- Черский Н.В., Трофимук А.А. и др. *Влияние тектоно-сейсмических процессов на образование и накопление углеводородов*. Новосибирск. Наука СО. 1985.

Айдар Закуанович Ибрагимов
Заместитель начальника ЦДНГ-4
по геологии.

