

Р.Г. Ханнанов<sup>1</sup>, Р.М. Шакиров<sup>1</sup>, А.А. Сивухин<sup>1</sup>, О.А. Грезина<sup>2</sup><sup>1</sup> НГДУ «Бавлынефть», Бавлы, hanpanov@tatneft.ru<sup>2</sup> Филиал Уфимского гос. нефтяного технического университета, Октябрьский, grezina@mail.ru

# ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ ПЛАСТА – ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ СТИМУЛЯЦИИ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В НГДУ «БАВЛЫНЕФТЬ»

В последние годы на месторождениях Татарстана происходит резкое ухудшение структуры запасов нефти. Все большая доля добычи приходится на залежи с трудноизвлекаемыми запасами. Особой проблемой является освоение скважин и добыча вязкой нефти из карбонатных коллекторов.

Низкая выработка запасов нефти из карбонатных коллекторов (коэффициент нефтеизвлечения в среднем составляет 0,2 – 0,25) объясняется, прежде всего, их сложным геологическим строением, наличием закрытой пористости и кавернозности, геологической микро- и макронеоднородностью основных параметров. В связи с этим нефтяные залежи в карбонатных отложениях правомерно относят к категории сложнопостроенных объектов, а запасы нефти в них к трудноизвлекаемым.

Данные залежи характеризуются высокой зональной и послойной неоднородностью, относительно плохими коллекторскими свойствами, сложной структурой порового пространства. Нефти, как правило, высоковязкие, с высоким содержанием сернистых соединений, аномальными реологическими характеристиками.

Основные фильтрационно-ёмкостные свойства коллекторов и физико-химические свойства пластовых флюидов Бавлинского месторождения представлены в таблице.

В результате анализа опробования скважин, вскрывших карбонатные коллекторы, установлено, что без солянокислотных обработок их дебиты обычно не превышают 1 т/сут, т.е. эксплуатация этих объектов без

обработки призабойных зон неэффективна. В ОАО «Татнефть» применяется более 20 видов различных видов обработок призабойной зоны (ОПЗ), которые можно разбить на следующие группы (Дияшев и др., 2001): химические, физические, физико-химические, термохимические.

Наиболее эффективным и широко применяемым методом является создание каверн-накопителей нефти (метод проф. К.Б. Аширова) (Муслимов и др., 1987).

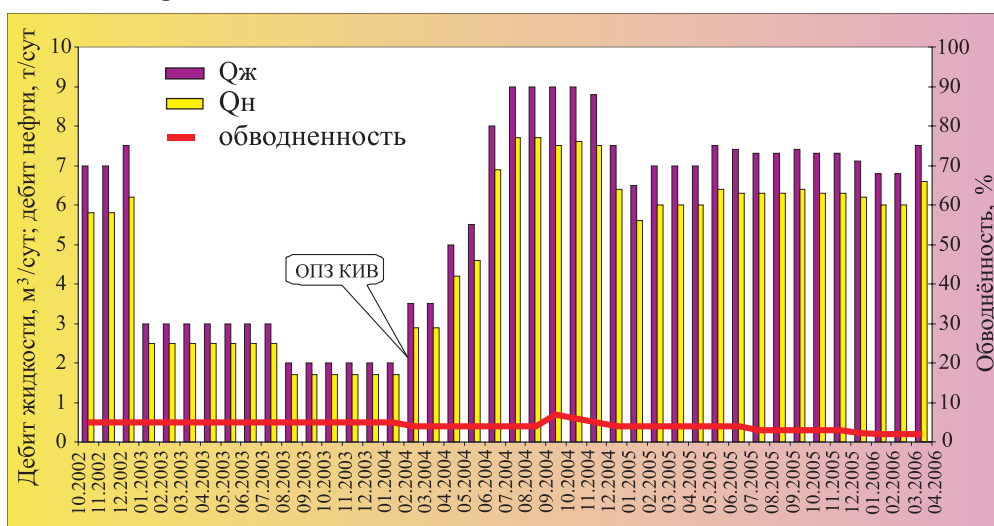


Рис. 1. Динамика работы скважины 4386.

До 1977 г. при разработке залежей нефти в карбонатных коллекторах применялись обычные СКО. Эффективность их была сравнительно низкой (прирост дебита на 50 %). Проведенный анализ показал, что при обычных СКО воздействию подвергаются вначале крупные поровые ка-

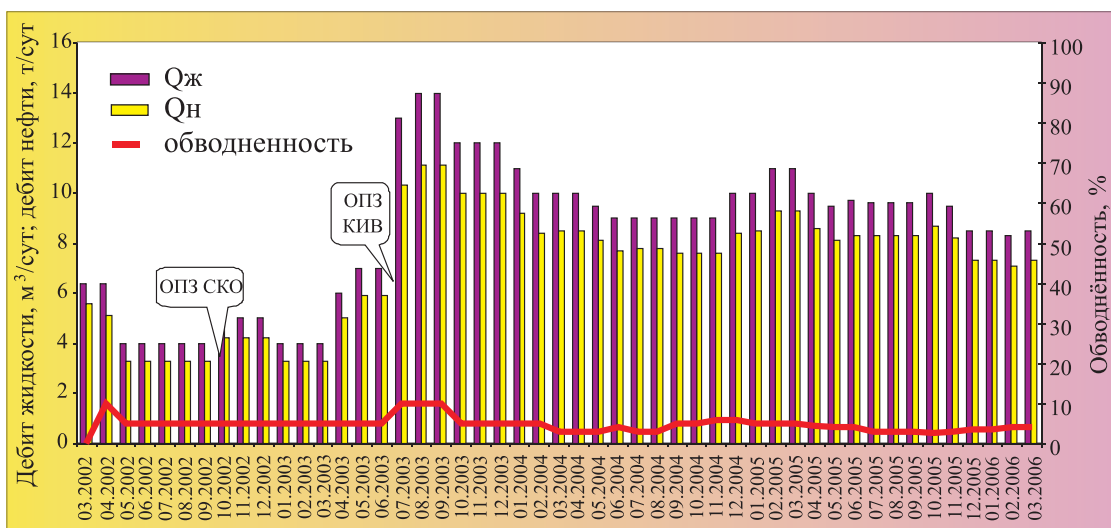


Рис. 2. Динамика работы скважины 4450 Г.

налы и трещины, по которым активная кислота, закачиваемая под давлением и с большой скоростью, проникает в карбонатный коллектор на сотни метров, увеличивая общую трещинную проницаемость на значительных расстояниях от забоя скважин. В зоне воздействия кислоты проницаемость трещин резко возрастает. Однако неравномерная трещиноватость коллектора при таких обработках способствует ещё большему повышению степени его неоднородности и обуславливает ускорение темпов обводнения. Следовательно, солянокислотная обработка под давлением усугубляет неоднородность пласта – эту главную геологическую причину, с которой связана трудность разработки этих залежей. Этот недостаток практически отсутствует при создании каверн-накопителей нефти. Отличием этого метода от обычных СКО является многократные (4 – 7 раз) обработки со всё возрастающими (на 15 – 20 %) объёмами соляной кислоты, которая закачивается без давления (кислотная ванна). Это способствует увеличению диаметра, степени совершенства призабойной зоны и приведённого радиуса скважин.

Несмотря на довольно высокую эффективность, метод не лишён недостатков:

1. Известно, что даже самая эффективная технология кислотной обработки не гарантирует успеха без тщательной очистки призабойной зоны пласта от продуктов реакции. Кроме того, вызов притока из пласта должен проводиться сразу же после кислотной обработки, а не через несколько суток, что наблюдается в промышленной практике по техническим и организационным причинам. С увеличением времени нахождения кислотного раствора в пласте не только возрастает количество нерастворимых компонентов, но происходит их закрепление в поровых каналах. К сопутствующим процессам, приводящим к образованию нерастворимых осадков, можно отнести гидролизацию трёхвалентного железа и алюминия, присутствующих в растворе в результате растворения продуктов коррозии металла, обсадных труб и НКТ, воздействия кислотного раствора с цементным камнем и др. Кроме того,

Параметры	
Средняя глубина залегания, м	1240
Средняя общая толщина, м	20,64
Средняя нефтенасыщенная толщина, м	5,78
Пористость, %	11
Средняя нефтенасыщенность, д. ед.	0,634
Проницаемость, мкм <sup>2</sup>	0,012
Коэффициент песчаности, д. ед.	0,51
Коэффициент расчленённости, д. ед.	1
Начальная пластовая температура, °С	26
Вязкость нефти в пластовых условиях, мПа·с	20,8
Плотность нефти в поверхностных условиях, кг/м <sup>3</sup>	893
Плотность нефти в пластовых условиях, кг/м <sup>3</sup>	872,5
Объёмный коэффициент нефти, д. ед.	1,0523
Содержание нефти, %	
- серы	3,4
- парафина	1,78
Давление насыщения нефти газом, МПа	3,27
Начальное пластовое давление, МПа	12,4
Текущий газовый фактор, м <sup>3</sup> /т	12
Вязкость воды в пластовых условиях, мПа·с	1,68
Плотность воды в пластовых условиях, кг/м <sup>3</sup>	1160
Коэффициент нефтеизвлечения, д. ед.	0,2

Табл. Геолого-физические характеристики карбонатных коллекторов кизеловского горизонта Бавлинского месторождения.

в состав товарной соляной кислоты, применяемой для кислотных обработок, в виде примеси входит определённое количество серной кислоты, при реакции которой с карбонатными породами образуются соли серной кислоты, выпадающие в осадок.

Отсутствие надёжных способов извлечения продуктов реакции после каждого цикла, до недавнего времени, как правило, ограничивается простой промывкой скважин, при этом продукты реакции частично задавливаются в пласт. Применение компрессорного способа лишь частично решает проблему, значительно удорожая технологию. **Лучшие результаты даёт метод свабирования, однако не полностью прореагировавшая кислота может нарушить целостность дорогостоящего кабеля – троса.**

2. Изменение степени воздействия кислоты на породу вследствие экранирования поверхности пор, каверн и каналов растворения продуктами реакции кислоты с породой.

Анализ карбонатного керна показывает, что при реакции кислоты с породой в статическом режиме (независимо от объёма кислоты) порода реагирует на глубину не более 1,5 – 2,0 см. Затем реакция практически прекращается, так как на контакте с породой образуется экранирующий слой, состоящий из продуктов реакции. В связи с этим для достижения требуемых результатов, получения каверн больших размеров необходимо многократно увеличить объём кислоты в зоне реакции. Каверна образуется в течение нескольких суток. В условиях обсаженной скважины скорость реакции кислоты с породой ещё меньше, так как площадь их контакта ограничивается размерами перфорационных отверстий. Как показали анализы проб жидкости, отобранной при промывках и освоении скважин после проведённых кислотных обработок, даже после продолжительной выдержки кислоты (несколько суток), в призабойной зоне кислота нейтрализуется не полностью. Остаточная концентрация её в растворе иногда достигает 20 – 40% начальной. Чёткой зависимости остаточной концентрации кислоты от числа проведённых солянокислотных обработок в скважине выявить не удалось, однако тенденция к этой взаимосвязи прослеживается.

В результате лабораторных исследований по определению скорости растворения известняков установлено, что при прочих равных условиях скорость реакции увеличивается в несколько раз при динамическом режиме растворения. Следовательно, в условиях пласта необходимо создавать такие же режимы, при которых бы постоянно происходило разрушение (а ещё лучше обеспечить постоянный приток свежих порций кислоты на границу контакта её с породой, а при снижении давления на забое во время обработки призабойной зоны относительно первоначального – вынос продуктов реакции из пласта).

3. Недостаточный контакт соляной кислоты с породой из-за скопления АСПО на поверхности фильтрационных каналов в процессе эксплуатации, что приводит к недостаточно эффективной обработке пласта кислотой и снижает эффективность реагирования в последующем цикле.

Для повышения эффективности обработки призабойной зоны пласта и исключения недостатков известного способа образования каверн-накопителей, в НГДУ «Бавлынефть» разработана технология воздействия на карбонатные коллекторы (Дияшев и др., 2001), которая позволяет не только сохранить все преимущества метода создания каверн-накопителей, но и значительно повысить их эффективность.

Поздравляю от себя лично и от всего нашего коллектива сотрудников НГДУ «Бавлынефть» и в их лице всех нефтяников Татарстана со знаменательной датой – шестидесятилетием открытия девонской нефти в республике. Это событие, произошедшее на бавлинской земле, стало началом новой эры в развитии не только нашей республики, но и всей страны. Высокий уровень добычи нефти, который Татарстан продолжает сохранять вопреки, казалось бы, объективному процессу истощения месторождений – это результат рачительного освоения уникальной природной кладовой, запасов которой хватит еще не одному поколению. Желаю работникам НГДУ «Бавлынефть» приумножения достигнутого, новых открытий, настойчивости и новаторства в решении поставленных задач, бережного и рачительного освоения нефтяных залежей на благо развития и укрепления нашего государства.

Руководитель Территориального агентства по недропользованию  
по Республике Татарстан (Татарнедра)

Мутыгуллин Р.Х.

При внедрении технологии используется устройство имплозионного типа, совмещающее гидроимпульсные волновые процессы и химическую реакцию.

Технология основана на использовании энергии пласта, проявляющейся при искусственном нарушении гидродинамического равновесия системы скважина – призабойная зона – пласт путём создания упругих волн. При этом в поровом объёме коллекторов ПЗП возникают попеременно изменяющиеся градиенты гидродинамических давлений, т.е. возникают силы сдвига, направленные из пласта в скважину, что приводит к расформированию сложной многокомпонентной смеси поровых флюидов и зоны кольматации, а также к другим изменениям в самой породе (образованию микротрещиноватости, новых поровых каналов за счёт поршневого эффекта и др.)

Опытно-промышленные испытания комплексного кислотно-волнового воздействия на призабойную зону пласта в НГДУ «Бавлынефть» проводятся с 1997 г. Обработки проводились по нефтяным скважинам, находящимся в эксплуатации от 1 до 25 лет. На некоторых из них в процессе эксплуатации применялись различные виды ОПЗ. На 01.01.2006 воздействие проведено более чем на 200 скважинах Бавлинского, Алексеевского и Урустамакского нефтяных месторождений. Прирост среднесуточного дебита составляет 2,5 – 4,0 т/сут., успешность работ равна 90 – 95%. В качестве примера приведём скважину 4386 (Рис. 1), которая введена в эксплуатацию на турнейский горизонт в августе 2002 г. с дебитом жидкости 7 м<sup>3</sup>/сут. после обычной СКО. Нефтенасыщенная толща карбонатов – 10 м. Перфорацией вскрыт интервал 1223,7 – 1228,8 м. Постепенно дебит снизился до 2 м<sup>3</sup>/сут. В феврале 2004 г. провели комплексную волновую технологию в 4 цикла. Общий расход соляной кислоты составил 9 м<sup>3</sup>. Дебит жидкости увеличился до 8,9 м<sup>3</sup>/сут., нефти – до 7,5 т/сут.

По аналогичной технологии проводят комплексную обработку призабойной зоны открытого ствола горизонтальной скважины, включающей одновременное воздействие соляной кислоты в динамическом режиме, гидроудар, волновое в широком диапазоне частот и многократное имплозионное воздействие.

Всего обработано 54 горизонтальные скважины с восходящим и нисходящим профилем, пробуренные в карбонатных породах. Дебиты скважин возрастают от 2,4÷3,4 т/сут до 11,5÷15 т/сут.

Скважина 4450Г (Рис. 2) пробурена в марте 2002 г., горизонтальный ствол имеет длину 428 м. Пористость по участкам изменяется в пределах 6,2 – 11,1%, нефтенасыщенность – 45 – 78%. При освоении получен приток нефти – 6,4 т/сут. В июле 2003 года была применена комплексная технология в 4 цикла, общий расход кислоты составил 30 м<sup>3</sup>, дебит нефти возрос с 4,3 до 11 т/сут.

### Выводы

1. Создана высокоэффективная технология воздействия на карбонатные пласты с трудноизвлекаемыми запасами, позволяющая увеличить продуктивность скважин в 3 – 4 раза.

2. Технология комплексная, физико-химическая. Изменение напряжённого состояния горных пород, создаваемое периодическими импульсами колебаний, приводит к образованию в них трещин, а волновое движение жидкости в скважине и кольматирующих частиц, затем эффективный вынос этих продуктов на поверхность.

3. Полученные положительные результаты внедрения комплексной технологии воздействия на пласты дают основание рекомендовать необходимость широкого распространения её на других месторождениях и площадях, особенно для использования резервов добычи нефти на малоэффективных месторождениях и нерентабельных скважинах.

4. Критерии подбора скважин:

- обводнённость не более 50%;
- пластовое давление не менее 0,7 от первоначального;
- расстояние от нижних перфорационных отверстий до ВНК не менее 3 м;
- герметичная эксплуатационная колонна;
- надёжная цементная крепь в интервале продуктивного пласта.

### Литература

Муслимов Р.Х., Рамазанов Р.Г., Абдулмзитов Р.Г., Фазлыев Р.Т. Повышение продуктивности карбонатных коллекторов. *Нефтяное хозяйство*. № 10. 1987.

Дияшев Р.Н., Иктисанов В.А., Мусабирова Н.Х., Залитова К.С., Байгушев А.В. Оценка эффективности обработок призабойной зоны по результатам гидродинамических исследований. *Татарская нефть*. № 1. 2001.

Попов А.А. *Имплозия в процессе нефтедобычи*. М: Недра. 1996.

Попов А.А., Шнирельман А.И. К теории метода имплозии для обработки скважин. *Труды ВНИИ*. М.: 1983. 50-57.

Башкирцева Н.С. Анализ фонда и результаты эксплуатации горизонтальных скважин в Татарстане. *Татарская нефть*. № 2. 2002.