



ИЗОЛЯЦИЯ ВОДОПРИТОКА В ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ НА УГЛЕВОДОРОДНОЙ ОСНОВЕ

ЕФИМОВ Николай Николаевич

Заместитель технического директора ЗАО «Химеко-ГАНГ», РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина

Безводные тампонажные растворы на углеводородной основе используются для изоляции водопроявляющих горизонтов, селективной изоляции водопритоков при КРС, ликвидации заколонных перетоков и негерметичности ЭК. Эмульсионные растворы применяются при восстановлении цементного камня за ЭК, установке цементных мостов с последующей перфорацией при КРС, креплении скважин и ЛНЭК.

Применение тампонажных растворов на углеводородной основе позволяет существенно снизить обводненность скважин и повысить дебит нефти. Для дальнейшего повышения эффективности РИР требуется совершенствование технологий их проведения и внедрение новых изоляционных материалов.

Основной объем добычи нефти в России приходится на месторождения, которые разрабатываются в течение 30–50 лет. На поздних стадиях эксплуатации скважин наблюдаются нарушения герметичности ЭК из-за коррозии резьбовых соединений и других дефектов, происходит рост обводненности добываемой продукции, нарушается целостность цементного камня, что сопровождается образованием межпластовых перетоков нефти и воды.

Для изоляции водопритока могут применяться тампонажные растворы на углеводородной основе (ТРУО). Их разработка началась в 1960-х годах в РГУ нефти и газа в рамках отдельной школы. В настоящее время на рынке представлены две группы ТРУО — безводные (БТРУО) и эмульсионные (ЭТРУО), каждая из которых характеризуется своими особенностями и областями применения (рис. 1).

Рис. 1. Применение ТРУО при строительстве и эксплуатации скважин

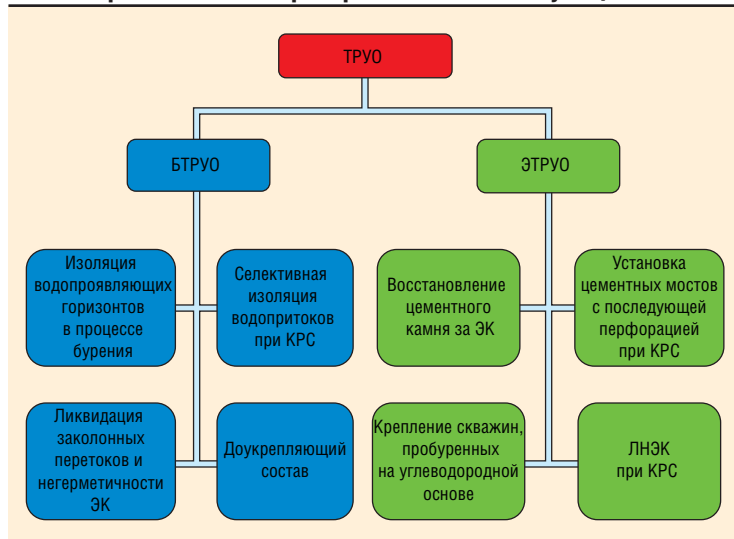


Таблица 1

Состав БТРУО

Наименование	Массовое содержание, %
Цементная смесь (Стандарт, Медиум, Микро)	48–80
Дисперсионная среда	19,8–41,5
ПАВ	0,2–0,5

Таблица 2

Параметры БТРУО

Наименование показателя	Значение
Плотность, кг/м³	1300–2050
Растекаемость, см, не менее	25
ОЗЦ, ч, не более	36
Прочность на изгиб, МПа, не менее	6,5
Фильтрация, мл/30 мин, не более	50

ХАРАКТЕРИСТИКА И СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ БТРУО

БТРУО (табл. 1, 2) применяются в случаях, если необходимо провести изоляцию водопроявляющих горизонтов в процессе бурения, селективную изоляцию водопритоков при КРС, ликвидацию заколонных перетоков и негерметичности ЭК.

В зависимости от степени дисперсности вяжущего вещества различают три марки БТРУО: «Стандарт», «Медиум» и «Микро» (рис. 2). Сферы их применения в первую очередь определяются типом и приемистостью скважины (табл. 3; рис. 3). К примеру, в карбонатных

Таблица 3

Применение марок БТРУО в зависимости от типа коллектора

Тип коллектора	Приемистость скважины, м³/сут, при 10 МПа	Марка БТРУО
Карбонатный, трещиноватый	720 и выше	Стандарт
Карбонатный	300	Медиум
Карбонатный	150	Микро
Терригенный, высокодренированный	400	Медиум
Терригенный	100	Микро

Таблица 4

Основные марки микроцементов

Страна и компания-производитель	Марка микроцемента	Максимальный размер частиц, мкм/Суд, м ² /кг
Германия, Дюккерхоф	Mikrodur	6/1600
Франция	Spinor	12/1000
Германия, BASF	Rheocem	8/900
Финляндия	Микроцемент СТ	20/500
РФ, РХТУ им. Д.И. Менделеева	Интрацем	6/1000
РФ, РГУНГ им. И.М. Губкина и ЗАО «Химико-ГАНГ»	Цементная смесь «ЦС БТРУО МИКРО»	5/1750

трещиноватых коллекторах с приемистостью скважины 720 м³/сут и выше лучше применять марку «Стандарт», а в терригенных и карбонатных коллекторах приемистостью 100–150 м³/сут — «Микро».

Согласно европейским стандартам, размер частиц микроцемента должен составлять в среднем 5–8 мкм и не превышать 20 мкм. Это в частности обеспечивает высокую (более 800 м²/кг) удельную поверхность частиц. Для данной марки также характерны высокая седиментационная устойчивость цементного раствора, повышенная по сравнению со стандартным цементом проникающая способность в пористую среду и простота управления технологическими свойствами цементного раствора с помощью химических реагентов.

Микроцемент используется для ликвидации нефтяных и газовых скважин, заколонных перетоков и НЭК. Также возможно его применение для установки ответственных цементных мостов, восстановления цементного камня за ЭК и селективной изоляции водопритоков.

В настоящее время на рынке представлено несколько марок микроцемента отечественного и зарубежного производства (табл. 4).

Для оценки проникающей способности БТРУО проводились фильтрационные испытания с использованием специальных насыпных моделей проппанта. Результаты испытаний показали, что максимальная проникающая способность при минимальном критиче-

Рис. 3. Размеры частиц БТРУО различных марок

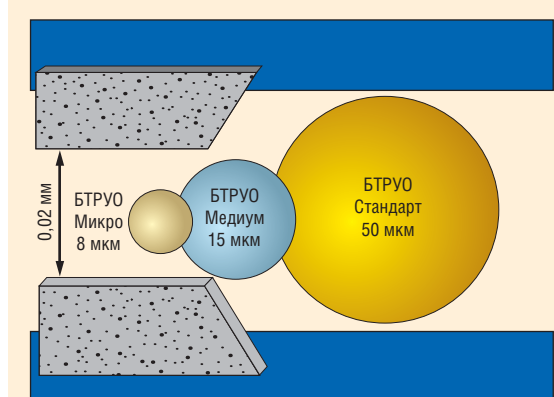


Рис. 2. Распределение частиц цемента в БТРУО марок «Стандарт», «Медиум», «Микро»

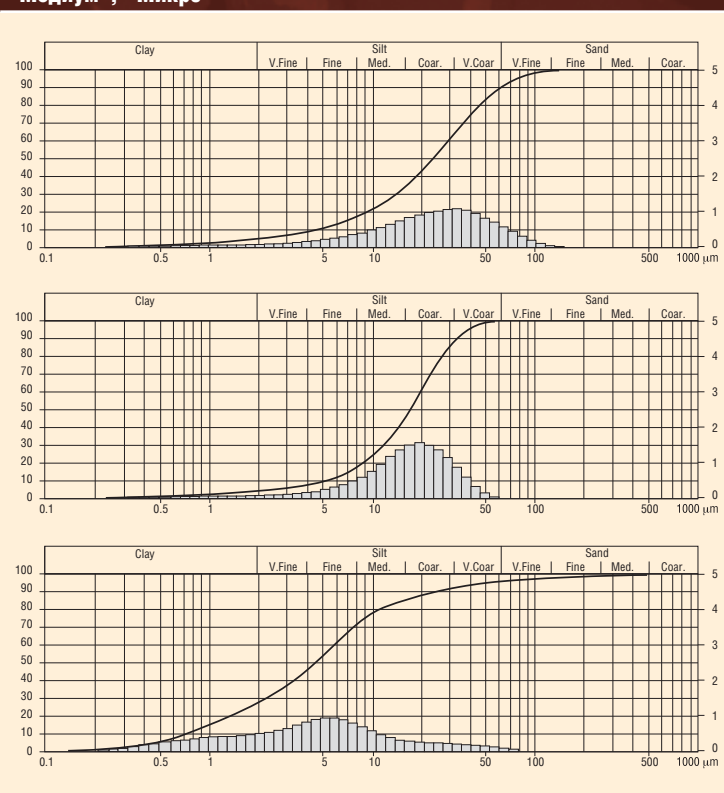


Таблица 5

Состав ЭТРУО

Наименование	Массовое содержание, %
Цементная смесь	50–70
Дисперсионная среда	10–15
ПАВ	0,2–0,5
Вода	14,5–39,8

Рис. 4. Испытание проникающей способности БТРУО с различными ЦС на линейной модели, заполненной проппантом фракции 10/14

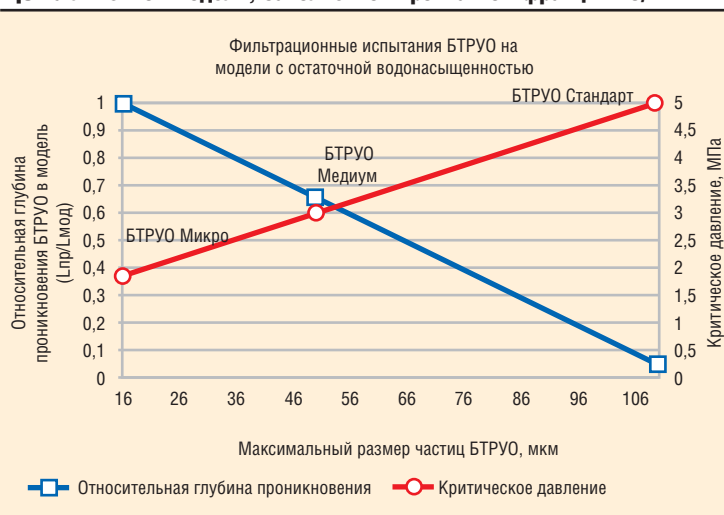


Рис. 5. РИР по селективной изоляции водопритока закачкой БТРУО

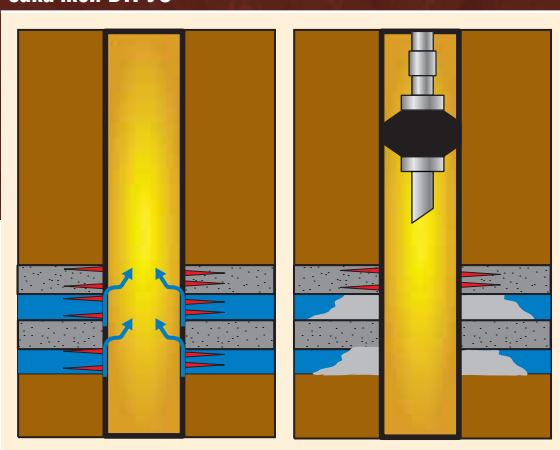


Таблица 6	
Параметры ЭТРУО	
Наименование показателя	Значение
Плотность, кг/м³	1300–1850
Растекаемость, см, не менее	18–24
Время загустевания, ч	2–5
Прочность камня через 1 сут:	
на изгиб, МПа, не менее	4,0
на сжатие, МПа, не менее	8,0

ском давлении характерна для микроцемента, тогда как стандартный цемент плохо проникает даже при высоком давлении (рис. 4). Свойства микроцемента позволяют закачать его даже в скважину с приемистостью около 150 м³/сут при давлении не более 120 атм.

ЭТРУО

ЭТРУО (табл. 5, 6) применяются в случаях, когда требуется провести восстановление цементного камня за ЭК, установку цементных мостов с последующей перфорацией при КРС, крепление скважин, пробуренных

Рис. 7. РИР по ликвидации ЗКЦ «сверху» БТРУО

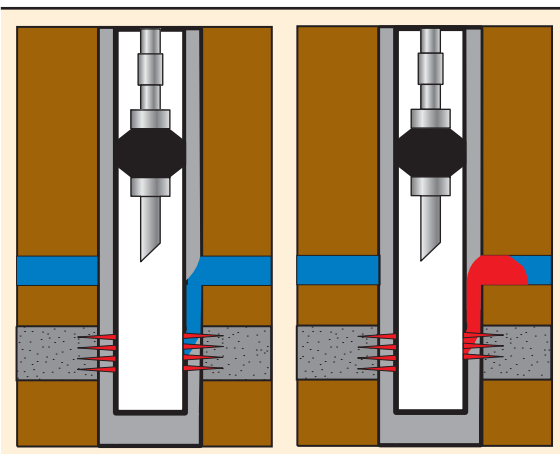
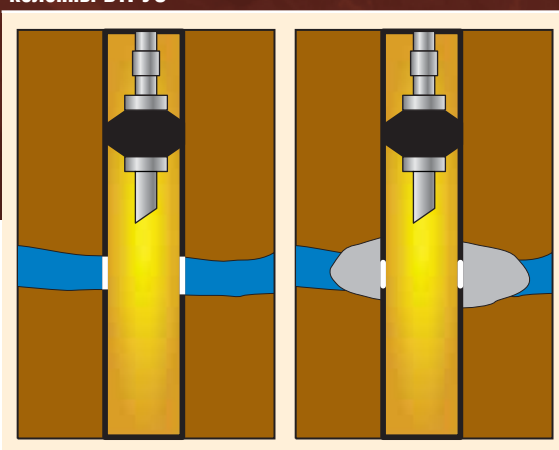


Рис. 6. Ликвидация негерметичности обсадной колонны БТРУО



на углеводородной основе или ЛНЭК. В зависимости от размера частиц выделяют две марки ЭТРУО — «Стандарт» и «Микро».

В составе ЭТРУО содержится вода в количестве, необходимом для реакции гидратации цемента и образования камня. Состав и количество ПАВ подобраны таким образом, чтобы время начала схватывания цемента определялось условиями скважины — пластовой температурой, давлением гидроразрыва. ЭТРУО характеризуется высокой седиментационной устойчивостью и минимальной фильтрацией, которые выступают определяющими требованиями к цементам для РИР с целью снижения газоводопроницаемости цементного камня. За счет того, что при образовании цементного камня из ЭТРУО углеводородная фаза и ПАВ остаются равномерно распределенными в нем, камень получается более пластичным, что снижает вероятность его растрескивания при перфорации и знакопеременных нагрузках от изменения давления в скважине. Весь объем цементного камня, полученного из ЭТРУО, гидрофобен, что снижает степень его разрушения под действием пластовых вод и уменьшает коррозию металла. При применении данного раствора также повышается адгезия с нефтесмоочными поверхностями труб и породы. Растворимость в 24%-ной соляной кислоте цементного камня, полученного из ЭТРУО, в два раза ниже по

Рис. 8. РИР по ликвидации ЗКЦ с применением БТРУО и разбуриваемого пакера

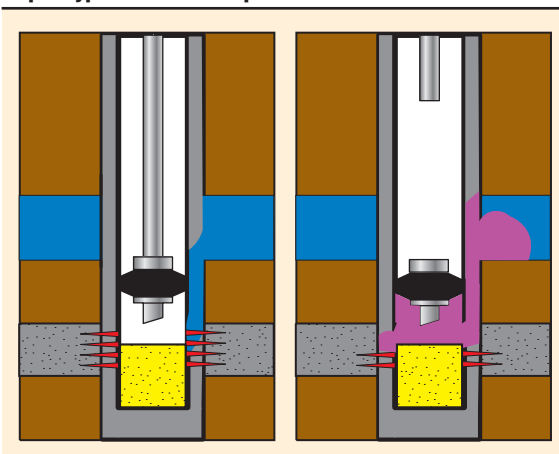


Рис. 9. Схема технологии в период ОЗЦ



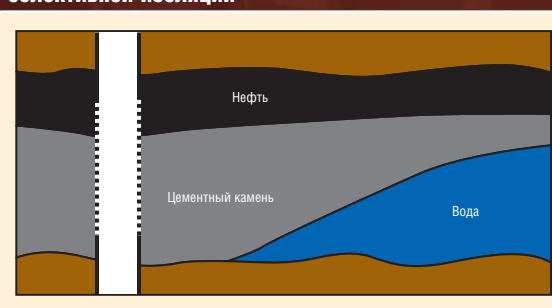
сравнению с камнем, полученным из тампонажного раствора на водной основе.

ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

В отрасли наиболее широко применяются следующие виды РИР: селективная изоляция водопритока закачкой БТРУО; ЛНЭК с БТРУО; ликвидация ЗКЦ «сверху» БТРУО; ликвидация ЗКЦ с применением БТРУО и разбуриваемого пакера (рис. 5–8).

Среди причин низкой эффективности селективной изоляции водопритоков в первую очередь следует отметить высокую обводненность ПЗП, которая приводит к снижению проницаемости для нефти, ограниченное количество технологий селективной изоляции, ма-

Рис. 10. Схема работы скважины после проведения селективной изоляции



лые объемы селективных составов, закачиваемых в скважину, и высокую стоимость кремнийорганических материалов. Эффективность селективной изоляции дополнительно снижает и слабый уровень анализа геологической информации по выбору скважины для проведения изоляции.

В РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина разработана собственная технология селективной изоляции. В качестве основного материала в ней используется безводная нефть — наиболее доступный на месторождениях и дешевый селективный материал. Данная технология включает:

- расчет объемов закачиваемых селективных материалов;

ВЫДЕРЖКИ ИЗ ОБСУЖДЕНИЯ

Вопрос: Николай Николаевич, можно ли БТРУО применять для установки цементных мостов с последующей перфорацией при КРС?

Николай Ефимов: Нет, для мостов его применять не следует. Но на микроцементе можно приготовить первую порцию цементного раствора на водной основе для усиления эффекта проникновения и повышения изолирующей способности цементного моста. Особенно это важно при ремонте газовых скважин. Для цементного моста с реперфорацией лучше применять ЭТРУО.

Вопрос: Есть ли у вас опыт применения БТРУО на горизонтальных скважинах?

Н.Е.: Да, мы применяли микроцемент для ликвидации заколонных перетоков на одной из вновь пробуренных горизонтальных скважин Вынгапуровского месторождения. В данном случае РИР прошли успешно, но надо иметь в виду, что применение цемента на водной основе в горизонтальных скважинах сопряжено с риском образования каналов по верхней образующей скважины из-за усадки цементного раствора при его образовании. В этом случае кроме микроцемента необходимо вводить расширяющиеся добавки или использовать ЭТРУО.

Вопрос: А для ликвидации заколонных перетоков «снизу» БТРУО применяли?

Н.Е.: Да, пробовали и в принципе эффект получили. Но опять же производство РИР по ликвидации перетоков «снизу» связано с проведением детальной «геофизики» перед ремонтом, снятием кроме профиля притока также и профиля приемистости для уточнения возможности ремонта через существующий интервал перфорации. При отсутствии приемистости в источнике перетока есть риск нанесения вреда пласту. При таком варианте необходимо проведение РИР через «спецотверстия» при помощи пакера-ретейнера. Есть риск ошибки классификации.

Может вместо перетока «снизу» оказаться мощный конус обводненности, который требует закачки большого объема гелеобразующего состава перед БТРУО. Плюс невозможно спрогнозировать, сколько времени продлится эффект от применения этой технологии при ошибке в объеме геля.

Вопрос: Чем осуществляется продавка раствора и промывка скважины при применении технологии селективной изоляции, разработанной «Химеко-ГАНГ»?

Н.Е.: Промывка скважины производится обычно жидкостью глушения, а продавка раствора — нефтью или обратной эмульсией.

Вопрос: Сегодня стоимость микроцемента на рынке составляет от одной до трех тысяч евро за тонну. Следует ли при такой стоимости рассчитывать на 100%-ную изоляцию водопритоков?

Н.Е.: Следует рассчитывать на то, что качество изоляции будет высоким. Исходя из законов физики, 100%-ная изоляция невозможна — ведь любой материал в той или иной мере проницаем. В качестве доказательства можно привести ситуацию в московском метрополитене: на изоляцию водопритоков тратятся огромные средства, закупается новейшие материалы, но полностью изолировать поступление воды с поверхности не представляется возможным, какая-то ее часть все равно просачивается вниз.

Вопрос: Возможно ли отверждение микроцемента на нефти?

Н.Е.: Теоретически да. Но, с предварительным лабораторным анализом: в виду того что нефти содержат смолы и асфальтены, вязкость нефти в несколько раз выше чем у дисперсионной среды, применяемой в БТРУО, поэтому камень получается пористый, менее прочный и плохо держит перепад давления при эксплуатации.

Рис. 11. Подготовка к первому этапу изоляции

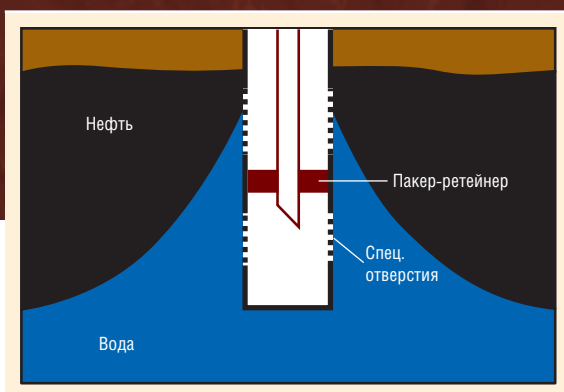


Рис. 12. Первый этап водоизоляции составами на водной основе

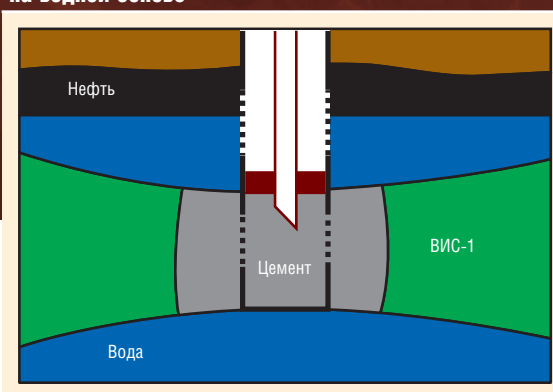


Рис. 13. Второй этап селективной изоляции составами на углеводородной основе

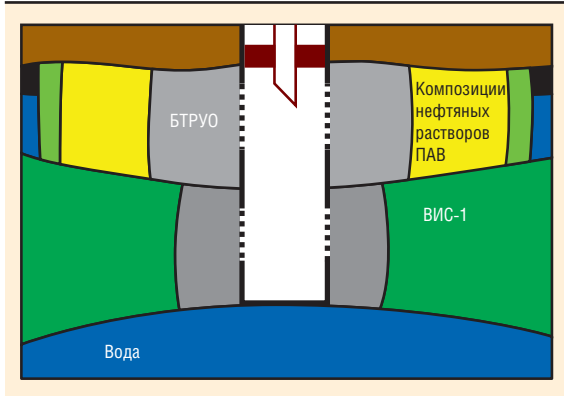
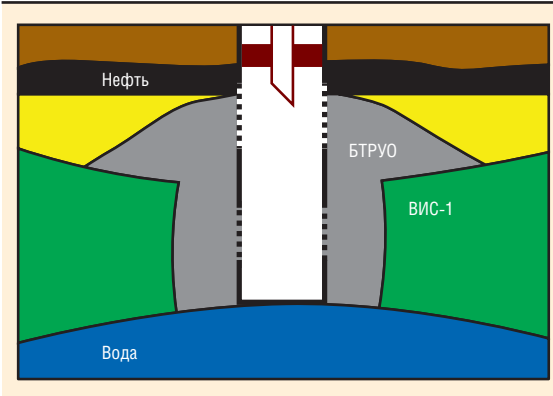


Рис. 14. Конечная схема ликвидации конуса обводненности



- применение различных композиций нефтяных растворов ПАВ для гидрофобизации поверхности частиц коллектора;
- закачивание в добывающую скважину на поглощение растворов на нефтяной основе с целью отеснения и создания защитного экрана для воды;
- применение БТРУО, образующего цементный камень только при контакте с водой;
- контроль поступления воды в интервал перфорации во время ОЗЦ и работами по нормализации ствола скважины;
- контроль над освоением скважины и ее выходом на режим.

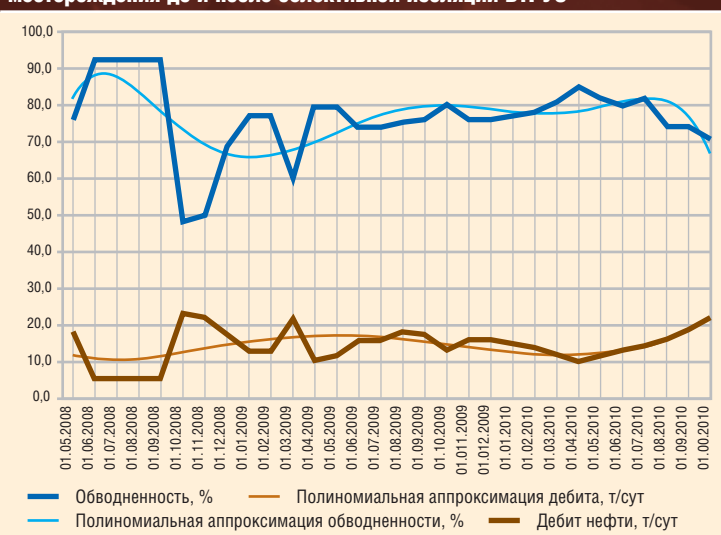
В скважину закачиваются композиции нефтяных растворов ПАВ, которые изменяют смачиваемость коллектора с воды на нефть (рис. 9). Объем их закачки определяется приемистостью, дебитом скважины, интервалом перфорации. При закачке композиции технолог по мере роста давления, решает продолжать ли закачку раствора ПАВ или переходить на обратную эмульсию. После этого производится закачка БТРУО, тип которого подбирается в соответствии с характеристиками пласта и показателем приемистости скважины. Скважина оставляется под давлением около 100 атм на период от 24 до 36 часов по согласованию с супервайзером.

Таблица 7

Результаты испытаний БТРУО на скважинах ОАО «Оренбургнефть» в 2008–2009 гг.*

Месторождение, № скважины	Дебит жидкости, м³/сут		Обводненность, %		Дебит нефти, т/сут		Динамический уровень, м	
	до РИР	после РИР	до РИР	после РИР	до РИР	после РИР	до РИР	после РИР
Долговское, №57.	80	60	92,5	65	6	21	1200	1000
Сорочинско-Никольское, №340.	168	175	75	65	42	68	2000	1522
Сорочинско-Никольское, №566	62	103	57	57	26	58	1950	1528
Березовское, №527	100	20	95	24	4	13	143	238
Бобровское, №1031	26	75	75	85	5,3	9,3	989	1166

* — коллектор карбонатный, приемистость по воде 550–700 м³/сут

Рис. 15. Динамика показателей эксплуатации скв. №57 Герасимовского месторождения до и после селективной изоляции БТРУО

Важно, чтобы цементный камень сформировался за пределами ЭК (рис. 10).

На следующем этапе РИР проверяется сообщаемость «скважина — пласт»: она должна сохраняться на протяжении всего периода проведения РИР. После проверки сообщаемости пакер срывается, компоновка поднимается, и в скважину спускается компоновка, оснащенная пусковыми муфтами, для промывки и освоения скважины. Во время СПО в интервале перфорации находится гидрофобная жидкость, которая тяжелее жидкости глушения. Эта мера позволяет исключить попадание воды в интервал перфорации во время СПО. После промывки компоновка поднимается для работы компрессора в течение двух-трех суток. Затем производятся работы по передаче скважины в эксплуатацию.

При подготовке к первому этапу изоляции «конуса подошвенных вод» ниже интервала перфорации делаются спецотверсия и через них с помощью пакера-ретейнера заливается необходимое количество изолирующего состава — геля на основе жидкого стекла, ВИС-1 или кремнийорганической жидкости (рис. 11). Кремнийорганические жидкости с учетом их более высокой стоимости применяется только при небольших объемах закачки, а объем закачки силикатных гелей может достигать 100–200 м³.

На первом этапе РИР гелевая система докрепляется микроцементом на водной основе (рис. 12). На втором этапе через интервал перфорации проводится дополнительная селективная изоляция составами на углеводородной основе (рис. 13). В результате конус обводненности ликвидируется (рис. 14).

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПР

Испытания БТРУО проводились в 2008–2009 годах на скважинах «Оренбургнефти» (см. А.С. Минюк, А.Ф. Шаймарданов «Обзор применяемых технологий ОВП на Самотлорском месторождении», стр. 44) (табл. 7).

Практически на всех скважинах достигнут рост дебита и снижение обводненности. Динамика дебита и обводненности на скважине №57 Долговского месторождения в 2008–2010 годах доказывает, что применение БТРУО дает долгосрочный эффект (рис. 15).

Технология селективной изоляции испытывалась на скважинах Барсуковского и Сугмутского месторождений с обводненностью от 93,6 до 99%. Дебит жидкости отдельных скважин до проведения РИР составлял 350–800 м³/сут, тогда как дебит нефти не превышал 8 т/сут (табл. 8). В результате проведения селективной изоляции удалось добиться снижения обводненности и роста дебита нефти.

НЕФТЕНОЛ РС-ПОЛИМЕР

Одна из наших новых разработок — «Нефтенол РС-Полимер» для ликвидации негерметичности обсадной колонны. Это гибкий эластичный материал, который не содержит дисперсных частиц, летучих и токсичных компонентов и не растворяется в воде и нефти. Для состава характерны регулируемое время отверждения и низкая вязкость (20 мПа·с). Полимер устойчив к знакопеременным нагрузкам, ему также присуща высокая адгезия к металлу и породе. На наш взгляд, «Нефтенол РС-Полимер» весьма перспективен для использования в ходе РИР. В настоящее время мы ищем возможности для разработки технологии его применения. ♦

Таблица 8

Результаты ОПР технологии селективной изоляции в 2010 г. в ООО «РН-Пурнефтегаз» и ОАО «Газпромнефть-ННГ»

Месторождение, № скважины	Дебит жидкости, м ³ /сут		Обводненность, %		Дебит нефти, т/сут	
	до РИР	после РИР	до РИР	после РИР	до РИР	после РИР
Барсуковское, №3229	803	320	99,0	95	8	14
Барсуковское, №3263	265	171	99,0	97,0	3	4,4
Барсуковское, №1472	290	32	99,0	71,9	5	9
Сугмутское, №2100	342	250	99,9	96	8	10
Сугмутское, №1449	61	95,5	93,6	87,6	4	11
Сугмутское, №1835	142	100	96,4	87,5	4,4	12,3

Уважаемые читатели!

Начиная с августа 2011 года (с №8'2011), инженерно-технический нефтегазовый журнал «Инженерная практика» переходит на платное представление материалов.

Бесплатный доступ к содержанию выпусков через интернет-портал www.glavteh.ru будет закрыт. Для того, чтобы оформить подписку на печатную или электронную версию журнала, заполните, пожалуйста, соответствующую анкету на нашем сайте (раздел «Подписка») или свяжитесь с нами по телефону (495) 371-05-74, 371-01-74, (499) 270-55-25. Также Вы можете прислать информацию по факсу (495) 371-01-74 (см. Подписной купон)

СТОИМОСТЬ И УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ

Стоимость подписки на печатную/электронную версии*:

на год – 5830 рублей.

на полугодие – 3790 рублей.

* Минимальное количество приобретаемых электронных версий журнала – 3.

Скидки при оформлении корпоративной подписки:

- От 10 до 20 экземпляров – скидка 5%
- От 21 до 30 экземпляров – скидка 10%
- От 31 и более экземпляров – скидка 15%



ПОДПИСНОЙ КУПОН

☐ ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ☐ ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ

Фамилия _____ Имя _____ Отчество _____

Должность _____

Название и юридический статус компании _____

Количество экземпляров журнала _____

Адрес доставки журнала:

Индекс _____ Адрес _____

Код города, телефон, факс _____

E-mail _____ Сайт _____

Менеджер отдела подписки – **Дарья Мирончикова**

Тел.: **+7 (495) 371-01-74, +7 (499) 270-55-25**

E-mail: **info@glavteh.ru**