

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ОБЛЕГЧЕННЫХ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН ПРИ НОРМАЛЬНЫХ И УМЕРЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

И. БЕЛЕЙ, Н. ЩЕРБИЧ, В. ШТОЛЬ, Н. ДОЛГУШИНА, ООО «ТюменНИИгипрогаз»
 В. КОНОВАЛОВ, В. ЛАЗАРЕВ, А. КУЛЯБИН, Филиал «Тюменбургаз»
 Е. ЦЫПКИН, ООО «Гранула»

При цементировании обсадных колонн в эксплуатационных и поисково-разведочных скважинах на большинстве газовых и газоконденсатных месторождений Севера Тюменской области применяются тампонажные системы пониженной плотности [1]. В связи с появлением новых облегчающих добавок, обеспечивающих получение качественных тампонажных растворов с плотностью 1000 — 1400 кг/м³, добывающие организации и буровые подрядчики проявляют большой интерес к технологии одноступенчатого цементирования обсадных колонн в скважинах с АНПД и наличием пластов с низкими градиентами давления гидроразрыва. Данная технология позволяет сократить количество случаев негерметичности колонн за счет исключения из оснастки муфт ступенчатого цементирования, а в отличие от комбинированного способа (прямой — обратной заливки) — обеспечить однородность заполнения затрубного пространства тампонажным раствором и сократить время на цементирование.

В качестве базового тампонажного материала для приготовления легких и сверхлегких тампонажных растворов широко применяются смеси портландцемента и различных типов микросфер: искусственных стеклянных, керамических или полимерных; продуктов переработки золы уноса ТЭЦ, так называемых зольных алюмосиликатных микросфер [2,3,4].

Уникальность данных материалов заключается в высокой облегчающей способности при небольших добавках к цементу и стандартных водосмесевых отношениях, что позволяет даже при плотности растворов менее 1400 кг/м³ получать облегченный тампонажный камень с прочностными характеристиками, удовлетворяющими или превышающими требования отраслевых нормативных документов, что важно при цементировании глубоких скважин в одну ступень на месторождениях Крайнего Севера, когда разность температур на забое в верхних интервалах довольно значительна вследствие наличия многолетнемерзлых пород (ММП). Поскольку для получения требуемого времени загустевания в условиях высоких динамических температур и давлений предусматривается ввод в облегченные растворы замедляющих добавок, в последующем при снижении температуры в период ОЗЦ до 15 — 20° С (в зоне расположения ММП) указанные облегченные системы решают проблему быстрого формирования камня с достаточной несущей способностью [3]. Основным недостатком облегченных систем на основе портландцемента и микросфер в случае одноступенчатого цементирования обсадных колонн является ограничение по глубине применения, что связано, прежде всего, с недостаточной прочностью оболочки зольных алюмосиликатных микросфер — наиболее

часто применяемых в качестве основного облегчающего компонента тампонажных растворов. В результате экспериментов в ООО «ТюменНИИгипрогаз» и тампонажном управлении Филиала «Тюменбургаз» установлено, что при избыточном давлении водной суспензии от 20,0 до 40,0 МПа происходит разрушение и осаждение 30% — 50% микросфер в зависимости от их диаметра и завода-изготовителя. При этом часть микросфер «всхлapyвается» с разрушением частиц на отдельные фрагменты, а у большей части происходит, по-видимому, образование микротрещин на поверхности. Поэтому в случае большого избыточного давления эти микросферы не разрушаются, но их полости по микротрещинам заполняются жидкостью затворения и происходит осаждение частиц вследствие большей, нежели дисперсионная среда, плотности их оболочки (от 2500 до 2650 кг/м³). Наблюдается уменьшение объема тампонажной суспензии и, соответственно, увеличение ее плотности.

В случае большого содержания микросфер в облегченных тампонажных растворах возможно значительное изменение плотности в забойных условиях и консистенции, обусловленное уменьшением количества «свободной» жидкости затворения и создающее опасность преждевременного загустевания растворов или гидроразрыва горных пород на забое, потери циркуляции и недоподъема облегченного тампонажного раствора до устья скважины [4].

С учетом этих факторов в ООО «ТюменНИИгипрогаз» разработаны новые составы облегченных тампонажных растворов на основе комплексной облегчающей добавки КОД-1. Сухие облегченные тампонажные смеси, включающие тампонажный портландцемент, комплексную облегчающую добавку КОД-1 и специальные компоненты, выпускаются ООО «Гранула» под общим названием «Цемент тампонаж-

Табл. 1. Физико-механические показатели цемента тампонажных облегченных стабилизированных ЦТОС-4 и ЦТОС-5 по ТУ-5734-001-74364232-2006

Наименование показателя	Норма для марок	
	ЦТОС-4	ЦТОС-5
Водосмесевое отношение	0,75 — 0,8	0,7 — 0,75
Плотность тампонажного раствора, г/см ³	1,4 ± 0,02	1,5 ± 0,02
Водоотделение, мл, не более	5	
Растекаемость, мм	210 — 250	
Время загустевания, мин, не менее: при 22° С и 0,1 МПа при 75° С и 0,1 МПа	200 90	
Прочность камня при изгибе через 2 сут., МПа, не менее: при 22° С и давлении 0,1 МПа при 75° С и давлении 0,1 МПа	1,2 2,0	1,5 2,5
Выход тампонажного раствора, м ³ /т, не менее	1,2	1,15



Табл. 2. Влияние добавок Е-29651 на фильтрацию в забойных условиях облепченных тампонажных растворов на основе ЦТОС-4

ПЦТ 1 — 100	Состав раствора, %			В/С	Температура, °С	Плотность, кг/м ³	Растекае- мость, мм	Водоотделе- ние, мл	Водоотдача за 30 мин при перепаде 4,0 МПа, см ³
	КОД-1	НТФ (от массы)	Е 29651						
75	25	0,04	—	0,8	75	1420	253	1,1	495
75	25	0,04	0,2	0,8	75	1390	250	0,2	462
75	25	0,04	0,4	0,8	75	1390	233	0	396
75	25	0,04	0,6	0,8	75	1390	235	0	271
75	25	0,04	0,8	0,8	75	1390	217	0	184
75	25	0,04	1,0	0,8	75	1400	223	0	154
75	25	0,04	1,5	0,8	75	1420	238	0	78

Режим испытаний: выход на режимную температуру (Т = 75 °С) — 60 мин.; кондиционирование раствора на режиме — 30 мин.; определение водоотдачи при перепаде 4 МПа

ный облепченный стабилизированный» (ЦТОС) ТУ-5734-001-74364232-2006. Разработаны две разновидности данного цемента: ЦТОС-4 и ЦТОС-5, соответственно предназначенные для приготовления облепченных тампонажных растворов плотностью 1400 ± 20 кг/м³ и 1500 ± 20 кг/м³.

Растворы с КОД-1 обладают высокой стабильностью и менее сжимаемы при больших давлениях благодаря использованию нескольких разномодальных облепчивающих компонентов при минимальном содержании отсортированных микросфер МС-400. Наличие высокодисперсной составляющей, являющейся промежуточной по размеру фракцией в тампонажном растворе и обладающей высокой стабилизирующей способностью и активным взаимодействием с компонентами портландцемента, обеспечивает однородность структуры камня, термо- и коррозионную стойкость его, снижение показателя водоотделения и фильтрации облепченного раствора. Сочетание указанных свойств позволяет повысить качество крепления глубоких скважин за счет формирования однородного камня по всему интервалу размещения ОТР.

По основным физико-механическим характеристикам облепченные растворы на основе ЦТОС-4 и ЦТОС-5 соответствуют, а по прочностным показателям камня превышают требования ГОСТ 1581-96, предъявленные к облепченным портландцементом типа ПЦТ III Об-4-50 (100) и ПЦТ III Об-5-50 (100) (табл. 1).

Изменение предела прочности камня при сжатии (по ультразвуковому анализатору 5265) в процессе твердения облепченных растворов на основе ЦТОС-4 и ЦТОС-5 при нормальных и умеренных температурах в условиях избыточных давлений приведены на рис. 1 и 2.

Как следует из рис. 1, при нормальной температуре реакции гидратации через 24 час. полностью не завершаются, и отмечается тенденция к дальнейшему увеличению

прочности во времени. Прочность камня облепченного тампонажного раствора на основе ЦТОС-5 закономерно выше по сравнению с прочностью камня раствора на основе ЦТОС-4, что объясняется меньшим водосмесевым отношением суспензии с плотностью 1500 кг/м³.

При умеренной температуре основной набор прочности камня происходит в течение 10 — 15 час. твердения, далее сохраняя тенденцию к дальнейшему увеличению прочности (рис. 2). Несмотря на большее водосмесевое отношение в случае ЦТОС-4 и, соответственно, меньшую плотность облепченного раствора, значения прочности камня выше по сравнению с камнем на основе ЦТОС-5. Это связано с большим содержанием КОД-1 в цементе ЦТОС-4 и возможностью образования гидросиликатов кальция в количествах, обеспечивающих формирование однородной структуры камня с высокой степенью упаковки частиц и заполнением дисперсными новообразованиями пор кристаллизующейся фазы.

Для облепченных тампонажных растворов ЦТОС-4 и ЦТОС-5 характерно значительное ускорение реакции гидратации при умеренных температурах в случае создания избыточного давления, а также сочетания факторов избыточного давления и перемешивания. Исследования процесса загустевания растворов на консистометре высокого давления показали, что для получения облепченных систем со временем загустевания 4 — 5 час. требуется от 0,06% до 0,1% нитрилтриметилфосфоновой кислоты — добавки высокого замедляющего действия.

Добавки НТФК влияют, в основном, на время загустевания и начала формирования камня и в меньшей степени — на интенсивность набора прочности камня в последующем. Поэтому, даже при значительных сроках начала схватывания растворов с НТФК, по истечении 48 час. (время ОЗЦ для обсадных колонн в глубоких скважинах)

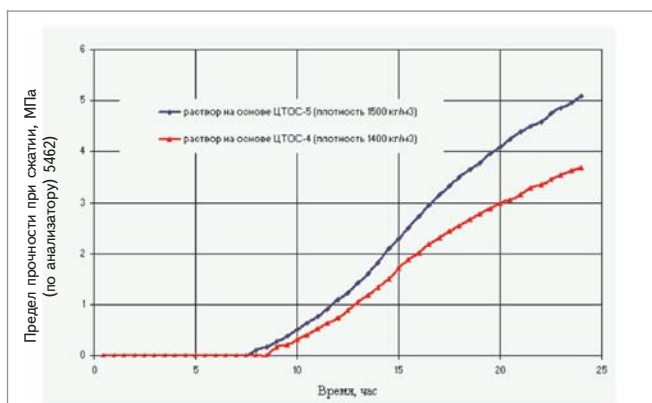


Рис. 1. Изменение во времени прочности камня облепченных растворов на основе ЦТОС-4 и ЦТОС-5 при нормальной температуре (давление 20 МПа)

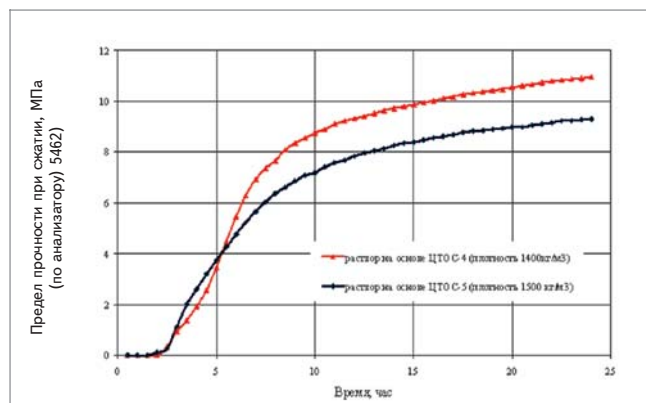


Рис. 2. Изменение во времени прочности камня облепченных растворов на основе ЦТОС-4 и ЦТОС-5 при нормальной температуре (давление 20 МПа)

камень характеризуется прочностью, сопоставимой с прочностью камня, сформированного из раствора без замедляющей добавки.

Особенностью облегченных тампонажных растворов на основе ЦТОС-4 и ЦТОС-5 является их низкая усадка в процессе твердения и наличие эффекта незначительного расширения камня (до 0,53%), в том числе в процессе твердения без доступа воды.

По сравнению с облегченными тампонажными растворами на основе обычных смесей ПЦТ и зольных микросфер предлагаемые системы изначально характеризуются пониженной (в 1,5 — 2 раза) фильтрацией. Для получения растворов с более низкими значениями показателя фильтрации в забойных условиях может быть использована оксиэтилцеллюлоза типа Е 29651. Результаты исследований фильтрационных свойств ОТР с плотностью 1400 кг/м³ при умеренных температурах приведены в табл. 2.

Опытно-промысловые испытания облегченных тампонажных растворов на основе облегченного стабилизированного цемента типа ЦТОС-4 были проведены при цементировании эксплуатационной колонны в скв. 5469 Уренгойского месторождения и второй промежуточной колонны в разведочной скв. 185 Ямбургского месторождения. Предусматривались определение возможности применения технологии приготовления ЦТОС-4 в условиях специализированного цеха тампонажного управления, отработка технологии приготовления облегченного тампонажного раствора с использованием ЦТОС-4 в случае затворения по принятой («закрытой») технологической схеме и оценка качества цементирования обсадных колонн по сравнению с применяемыми составами на основе ПЦТ и зольных микросфер.

В валанжинской скв. 5469 эксплуатационная колонна диаметром 168 мм была спущена на глубину 2994 м. В соответствии с планом работ интервал размещения ОТР от 0 до 2118 м, а тампонажного раствора нормальной плотности — от 2994 до 2118 м. На основании контрольных лабораторных испытаний для цементирования были подобраны две рецептуры тампонажных растворов: плотностью 1420 кг/м³ на основе ЦТОС-4 с добавкой 0,07% замедлителя НТФК (от массы смеси); плотностью 1870 кг/м³ на основе ПЦТ I-G-CC-1, расширяющейся добавки и 0,03% замедлителя НТФК.

После окончания подготовительных работ в скважину закачено 6 м³ моющей (вытесняющей) буферной жидкости с одновременным приготовлением и усреднением в УСО-20 облегченного тампонажного раствора с плотностью от 1420 до 1440 кг/м³. После выравнивания плотности

ОТР и накопления его в УСО-20 в объеме 8 м³ начата закачка раствора в скважину с производительностью 10 л/с и дальнейшим затворением остального ЦТОС-4 в усреднительную емкость.

Каких-либо осложнений в процессе затворения по «закрытой» схеме отмечено не было, а колебания плотности на выходе из затворяющей гидворонки не превышали ± 20 кг/м³ при постоянном расходе жидкости затворения. Стабильность плотности в процессе затворения и усреднения ОТР свидетельствует о достаточно однородном составе сухой смеси, поскольку в противном случае необходима постоянная корректировка подачи жидкости затворения или количества сухого компонента.

Было приготовлено 50 м³ облегченного тампонажного раствора, а расход сухого облегченного цемента составил 40 тонн. После закачки ОТР по аналогичной технологической схеме было приготовлено и закачено в скважину с производительностью 10 л/с 12,8 м³ тампонажного раствора с плотностью 1870 кг/м³. Продавка тампонажных растворов производилась с использованием бурового раствора при производительности цементировочных агрегатов от 15 до 16 л/с. Объем закачанной продавочной жидкости составил 53,4 м³, а рабочее давление в конце продавки 16 МПа (давление стоп 17,1 МПа), что соответствовало расчетным значениям. На затворение, закачку и продавку тампонажных растворов потребовалось 3 час. 50 мин.

На устье скважины в конце закачки продавочной жидкости вышел облегченный тампонажный раствор сначала с плотностью 1320 кг/м³, которая постепенно повышалась и к моменту окончания цементирования стабилизировалась в пределах 1420 кг/м³. Всего на устье вышло около 5 м³ облегченного тампонажного раствора на основе ЦТОС-4.

Через 48 час. ОЗЦ тампонажный раствор поднят до устья, а контакт тампонажного камня облегченного тампонажного раствора на участке 0 — 2118 м оказался частичным. В интервале открытого ствола (1347 — 2118 м) частичный контакт камня чередуется с жестким, в интервале межколонного пространства — с небольшими участками плохого с отсутствием сцепления камня с колонной, из-за воздействия многолетнемерзлых пород.

В интервале применения облегченного тампонажного раствора на основе ЦТОС-4 качество цементирования оказалось выше, чем в скважинах, зацементированных в сопоставимых условиях стандартно применяемыми растворами (рис. 3). В особенности это касается интервалов межколонного пространства, в которых, как правило, качество сцепления камня с колоннами неудовлетворительное.

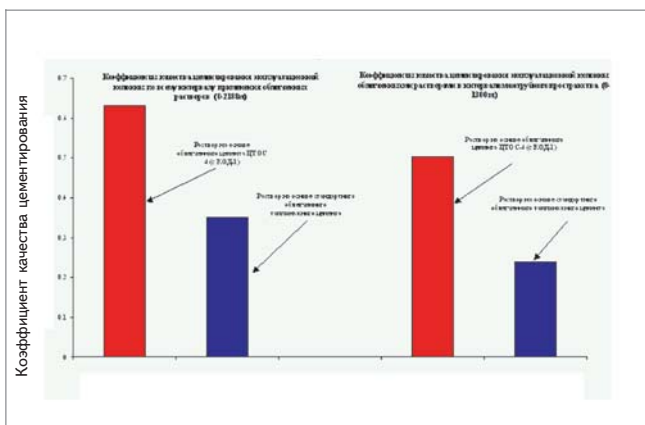


Рис. 3. Сравнительные данные качества цементирования эксплуатационных колонн облегченными тампонажными растворами на Уренгойском ГКМ

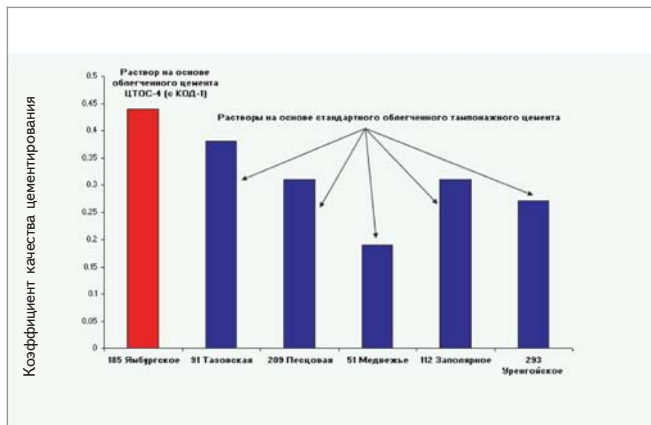


Рис. 4. Сравнительные данные качества цементирования второй промежуточной колонны в поисково-разведочных скважинах различными облегченными тампонажными растворами в интервале 0 — 2900 (2200) м



В опытной скв. 5469 коэффициент качества крепления по всему интервалу применения ОТР на основе ЦТОС составляет 0,63 против 0,35 по другим скважинам куста, пробуренным и зацементированным по стандартной технологии. Коэффициент качества крепления в интервале межтрубного пространства также в скв. 5469 выше и составляет 0,503, в то время как по другим скважинам — 0,240.

Результаты оценки качества цементирования промежуточной колонны в скв. 185 по сравнению с другими разведочными и поисковыми скважинами приведены на рис. 4. Более высокие значения коэффициентов качества цементирования наблюдались по всему интервалу размещения ОТР на основе ЦТОС-4 и, в особенности, в межколонном пространстве.

Таким образом, облегченные тампонажные растворы, приготавливаемые с использованием цемента тампонажного облегченного стабилизированного (ЦТОС-4 или ЦТОС-5), рекомендованы для цементирования эксплуатационных колонн в валанжинских скважинах и вторых промежуточных колонн в поисково-разведочных скважинах.

Указанные виды цемента могут быть приготовлены непосредственно в цехе (на базе тампонажного управления) путем смешивания тампонажного портландцемента (ПЦТ I-G-CC-1, ПЦТ I-100) и комплексной облегчающей добавки КОД-1 с использованием механических систем перемешивания и транспортировки в цементовозах (или СМН-20) или устройств с использованием сжатого воздуха. Для получения облегченного цемента с высокой степенью стабильности состава более предпочтительным является применение механических систем смешивания.

Цементы типа ЦТОС-4 и ЦТОС-5, а также комплексная облегчающая добавка КОД-1 для данных цемента производится предприятием ООО «Гранула» (г. Екатеринбург). На стадии изготовления цемента, согласно ТУ-5734-001-74364232-2006, предусмотрен также ввод специальных армирующих, кольматирующих, расширяющихся добавок в зависимости от требований заказчика.

Литература

1. А. А. Фролов, И. И. Белей. Практика цементирования скважин на месторождениях Крайнего Севера. Известия вузов. Нефть и газ. 2000, №5. С. 47 — 52.
2. В. И. Вяхирев, В. В. Ипполитов, Д. В. Орешкин, Г.А. Белоусов, А. А. Фролов, В. Ф. Янкевич. Облегченные и сверхлегкие тампонажные растворы // М., «Недра-Бизнесцентр», 1999. 180 с.
3. И. И. Белей, В.Ф. Штоль, Н.Е. Щербич. Типы применяемых облегченных тампонажных растворов для крепления скважин на газоконденсатных месторождениях Севера Тюменской области. НТЖ Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2005, №3. С. 30 — 32.
4. Р. Р. Лукманов, Д.Л. Бакиров, В.А. Бурдыга, С.М. Трачев. Метод прогноза изменения свойств и предупреждения осложнений при цементировании скважин с использованием тампонажных растворов с микросферами. НТЖ Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2005, №8. С. 38 — 42.



РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО И ПОСТАВКИ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ДОБАВОК ДЛЯ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН

(343) 338-10-27
(343) 338-10-27



granula@s-mail.com

- » микросферы алюмосиликатные МС-400, МС-500
- » комплексная облегчающая добавка КОД-1
- » цемент тампонажный расширяющийся облегченный стабилизированный ЦТРОС
- » цемент тампонажный облегченный расширяющийся для низких температур ЦТРО
- » цемент тампонажный высокотемпературный ЦТТС
- » цементы тампонажные облегченные со специальными видами добавок

620039 г. Екатеринбург ул. Лукиных, 5, офис 33
тел/факс: (343) 338-10-27, тел (343) 338-10-27