

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УТЯЖЕЛИТЕЛЕЙ В ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРАХ

А.Е. Попова, В.В. Кабанова

Научный руководитель – профессор О.В. Казьмина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

При цементировании нефтяных и буровых скважин с использованием буровых растворов плотностью 1,9 г/см³ и выше применяют утяжеленные цементные растворы. Для утяжеления цементных растворов к цементу добавляют порошкообразный утяжелитель. Свойства тампонажных растворов с утяжелителем, согласно требованиям ГОСТ 1581-96, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Требования к физико-механическим показателям тампонажного раствора с утяжелителем (ГОСТ 1581-96)

Марка цемента	Температура испытания, °С	Давление, МПа	Плотность, г/см ³	Время загустевания до консистенции 30 ВС, мин, не менее	Водоотделение, мл, не более	Прочность при изгибе, через 2 сут, МПа, не менее
ПЦТ Ш-Ут0	75±3	0,1	2,0 ± 0,04	90	10	2,0
ПЦТ Ш-Ут1	75±3	0,1	2,1 ± 0,04	90	10	2,0
ПЦТ Ш-Ут2	75±3	0,1	2,2 ± 0,04	90	10	2,0

В зависимости от количества, гранулометрического состава и влагоемкости утяжелителя плотность тампонажного раствора можно регулировать в широких пределах. В таблице 2 приведены физические свойства некоторых утяжелителей, плотность которых находится в пределах от 4 до 7 г/см³. Некоторые утяжелители могут иметь еще более высокие значения плотности, например, феррофосфор – 7,69 г/см³ [3]. В данной работе в качестве утяжелителя рассмотрен продукт, полученный путем выделения тонущей алюмосиликатной микросферы из золошлаковой пульпы.

Таблица 2

Некоторые физические свойства утяжелителей

Свойство	Утяжелитель			
	пиритные огарки	гематит	магнетит	ферросилиций
Плотность, г/см ³	4,29	4,35	4,52	6,52
Средняя плотность, г/см ³ : рыхлого уплотненного	1,87	1,89	2,39	2,12
	2,26	2,32	2,81	2,09
Максимальный размер зерен, мм	0,15	0,20	0,30	0,15

Качество утяжелителя цементных растворов оценивают по таким показателям, как удельная поверхность, плотность, отсутствие водопотребных добавок и гранулометрический состав. Для получения цементных растворов высокой плотности недостаточно иметь утяжеляющий материал высокой плотности, необходимо, чтобы он имел вполне определенную удельную поверхность и был чист. Наличие в составе утяжелителя посторонних примесей, как правило, требует введения в раствор излишнего количества воды. Для снижения количества воды с целью повышения плотности в раствор дополнительно вводят пластификатор [1].

Кроме того, плотность раствора при использовании одного и того же утяжелителя можно повысить в результате более грубого его помола, так как в этом случае на его смачивание требуется меньше воды. Часто крупнозернистый утяжелитель меньшей плотности обеспечивает возможность получения раствора с более высокой плотностью, чем тонкоизмельченный утяжелитель повышенной плотности. В таблице 3 приведены характеристики рассматриваемого утяжелителя, выделенного из золошлаковых отходов ТЭЦ г. Северска.

Таблица 3

Физические характеристики магнетитового утяжелителя

Показатель	Размерность	Нормативные требования	Результаты испытаний
Массовая доля общего железа	%	30-47	32,4
Насыпная плотность	кг/м ³	1800-1920	1870
Крупность, не более	мм	0,5	соответствует
Содержание магнитной фракции, не менее	%	90	92,6
Массовая доля влаги, не более	%	10,5	0,7

В таблице 4 приведены экспериментальные данные по влиянию утяжелителя на свойства тампонажного раствора и цементного камня в возрасте 2 суток. При оценке качества величина водоцементного отношения (далее В/Ц отношения) для ПЦТ 1-G-СС-1 строго регламентирована ГОСТ 1581-96 и равна 0,44. Для приготовления утяжеленных тампонажных материалов данная величина была уменьшена до 0,32 и 0,4. Содержание добавки магнетитового утяжелителя варьировалось от 50 до 70 процентов от общей массы смеси.

Таблица 4

Свойства цементного раствора при введении утяжелителя

Состав тампонажного раствора			Заданные параметры для проведения испытаний			Результаты испытаний				
марка цемента	добавки	% ввода	Температура испытания, °С	Давление, МПа	В/Ц отношение	Плотность, г/см ³	Растекаемость, мм	Время загустевания до консистенции 30 ВС, мин	Водоотделение, мл	Прочность при изгибе, через 2 сут, МПа
ПЦТ Ут1	III-ПЦТ 1-G-СС-1	50	75±3	0,1	0,32	2,10	250	120	8,0	3,75
	магнетит	50								
ПЦТ Ут0	III-ПЦТ 1-G-СС-1	50	75±3	0,1	0,4	2,006	250	140	8,5	3,2
	магнетит	50								
ПЦТ Ут1	III-ПЦТ 1-G-СС-1	40	75±3	0,1	0,32	2,15	250	120	9,0	3,7
	магнетит	60								
ПЦТ Ут0	III-ПЦТ 1-G-СС-1	40	75±3	0,1	0,4	2,06	250	210	10	2,9
	магнетит	60								
ПЦТ Ут2	III-ПЦТ 1-G-СС-1	30	75±3	0,1	0,3	2,2	320	более 360	18	1,9
	магнетит	70								

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что утяжелитель достаточно инертный материал, отрицательно не влияющий на такие параметры как: растекаемость и время загустевания. Стоит отметить, что все рецептуры с использованием данного утяжелителя обладают достаточно длительным временем загустевания, что позволяет использовать данные тампонажные материалы при умеренных и средних температурах без пролонгирующих добавок (НТФ, пластификаторы), снижающих прочностные характеристики цементного камня в процессе твердения.

Таким образом, установлен максимальный процент добавки утяжелителя, при котором плотность тампонажного материала соответствует требованиям ГОСТ 1581-96 и отвечает марке ПЦТ III-Ут1: 60 % магнетитового утяжелителя к 40 % ПЦТ 1-G-СС-1 при В/Ц = 0,32. При содержании утяжелителя в количестве 70 % (максимально допустимое содержание минеральных добавок по ГОСТ для утяжеленных тампонажных материалов) и максимально пониженном В/Ц соотношении – 0,3, плотность материала составляет 2,2 г/см³, что соответствует марке ПЦТ III-Ут2 [2]. Полученный цементный раствор марки ПЦТ III-Ут2 имеет недостаточную седиментационную устойчивость, что подтверждается большим водоотделением – 18 мл, при норме не более 10,0 мл. Данное обстоятельство обусловлено низкой гидрофильностью частиц. Кроме того, экспериментально установлено длительное время загустевания – более 6 ч, что превышает значения ГОСТ и среднестатистическое время цементного раствора – 5 ч. При проверке сходимости результатов испытаний было выявлено, что плотность образцов тампонажного раствора с одним и тем же содержанием утяжелителя расходится в диапазоне ±0,05 г/см³, что указывает на непостоянство насыпной плотности утяжелителя, это не влияет на иные характеристики тампонажного материала. Тампонажный камень, полученный с добавлением магнетитового утяжелителя, характеризуется повышенными прочностными свойствами, превышающими регламентируемые значения ГОСТ 1581-96, что дает возможность использования данного материала в качестве утяжеляющего наполнителя для тампонажных материалов, используемых при цементировании нефтяных и газовых скважин с повышенным пластовым давлением.

Литература

1. Булатов А.И., Данюшевский В.С. Тампонажные материалы. Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1987. – 280с.
2. Исачев Л.М. Промывочные жидкости и тампонажные смеси. Учебник для вузов. – М.: Недра, 2013. – 310с.
3. Рязанов Я.А. Энциклопедия по буровым растворам. – Оренбург, М.: Летопись, 1995. – 230с.