

**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/см<sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> | 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/см<sup>3</sup>. Некоторые утяжелители могут иметь еще более высокие значения плотности, например, феррофосфор – 7,69 г/см<sup>3</sup> [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 <sup>3</sup>                                      | 4,29            | 4,35    | 4,52     | 6,52         |
| Средняя плотность, г/см <sup>3</sup> :<br>рыхлого<br>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 <sup>3</sup> | 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 <sup>3</sup> | 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/см<sup>3</sup>, 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 расходитя в диапазоне ±0,05 г/см<sup>3</sup>, 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.