

- fracturing operations, J. Pet. Sci. Eng. 139, 254-263.
3. Tabatabaee Moradi S.Sh. and Nikolaev N.I., 2016. Optimization of cement spacer rheology model using genetic algorithm (research note), International Journal of Engineering (IJE), TRANSACTIONS A: Basics, Vol. 29, No. 1, 127-131.
  4. Tabatabaee Moradi S. Sh. and Nikolaev N. I., 2016. Considerations of well cementing materials in high-pressure, high-temperature conditions, International Journal of Engineering (IJE), TRANSACTIONS C: Aspects Vol. 29, No. 9, 1214-1218.
  5. Teodoriu C., Ugwu I. and J. Schubert. 2010. Estimation of casing-cement-formation interaction using a new analytical model. SPE Annual Conference and Exhibition, Barcelona, 2257 - 2270.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ

И.И. Абельхаеров, А.С. Курмангали, А.А. Апаев

Научный руководитель профессор Ф.А. Агзамов

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Важность качественного цементирования обусловлена тем, что это заключительный этап строительства скважин, поэтому неудачи при его выполнении могут свести к минимуму ожидаемый эффект. Стоимость строительства скважин, особенно глубоких, высока, а ущерб от некачественного их крепления, может быть еще большим. Процесс цементирования скважин – сложная необратимая операция, ремонт или восстановление связаны со значительными затратами средств и времени [2].

При цементировании необходимо учитывать ряд факторов, оказывающих влияние на конечный результат строительства скважин, одним из них является получение цементного камня с необходимыми механическими свойствами, обеспечение хорошего сцепления цементного камня с обсадной колонной и стенками скважины.

В наклонно-направленных и горизонтальных скважинах качество крепления хуже, чем в вертикальных, это связано с тем, что происходит седиментация твердых частиц, а также расслоение цементного раствора, в итоге это может привести к ухудшению сцепления цементного камня с обсадной колонной.

Седиментационной устойчивостью тампонажного раствора означает его устойчивость к действию гравитационных сил, приводящих к разделению дисперсной среды и дисперсионной фазы. Седиментационную устойчивость тампонажных растворов можно оценить величиной водоотделения - количеством выделившейся воды на поверхности тампонажного раствора.

Недостаточная седиментационная устойчивость тампонажных растворов приводит к развитию целого ряда явлений, таких как:

- увеличение проницаемости цементного камня вдоль направления движения восходящей при седиментации жидкости затворения, при этом прочность цементного камня в 3-4 раза меньше;
- нарушение сплошности тампонажного камня в затрубном пространстве в поперечном направлении в результате образования водяных «поясов»; в продольном направлении - в результате появления каналов различной протяженности, промытых восходящим потоком воды и др.

Поскольку большинство скважин являются наклонно-направленными, то вероятность образования каналов за счет седиментационного расслоения в цементном камне и на контакте цементного камня с обсадной колонной и горными породами очень велика [2].

Многочисленные примеры некачественных цементирований скважин в результате использования традиционных чистых тампонажных растворов показывают, что для условий крепления скважин необходимо в цемент вводить добавки, способствующие улучшению седиментационной устойчивости раствора повышая дисперсность цемента или вводя высокодисперсные добавки, которые будут связывать большее количество воды своей поверхностью. Седиментационная устойчивость также улучшается при повышении вязкости воды (добавками высокомолекулярных веществ).

Методика экспериментальных исследований заключается в проведении опытов с тампонажными растворами с различными добавками в вертикальных и наклонных цилиндрах. В вертикальном цилиндре оттесняемая при седиментации избыточная мобильная вода затворения стремится вверх, проходит через всю массу раствора (рис.1, а).

В наклонном цилиндре (рис. 1, б) вода, пройдя сквозь сравнительно небольшой слой раствора, доходит до внутренней поверхности цилиндра и, скользя вдоль нее, образует восходящий поток. Если наклонный цилиндр условно разделить на элементы, то в каждом из них вода поднимается вверх. При определенном угле наклона цилиндра скорость движения воды вдоль его верхней стенки максимальна. Водоотделение увеличивается с ростом наклона цилиндра и, как правило, в 2-3 раза выше, чем в вертикальных [1].

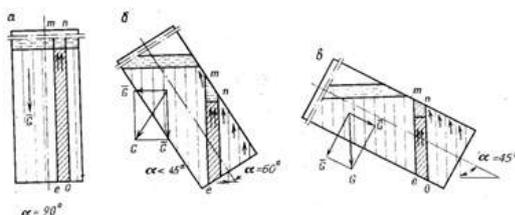


Рис. 1. Схемы вариантов седиментации тампонажного раствора в цилиндрах

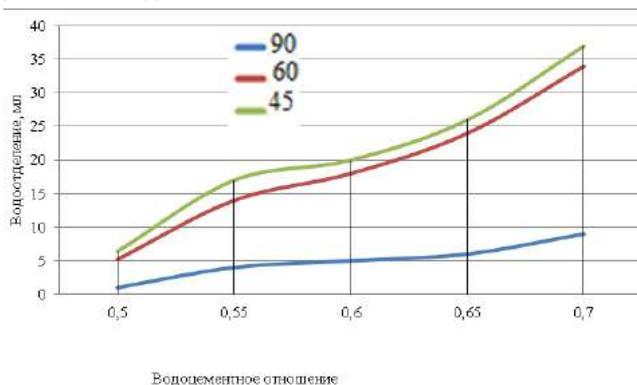
Для проведения испытания использовался экспериментальный стенд приведенный на рис.1 с объемами 0,5 л каждая. Данные цилиндры заполнялись приготовленным тампонажным раствором с заданными параметрами и оставались на 30 минут для определения количества воды, выделившегося на поверхности раствора.

В представленной работе были использованы портландцемент, а также такие добавки, как акриловый лигносульфонатный реагент (АЛС) и полиэлектролит ВПК-402.

Акриловый лигносульфонат- порошок коричневого цвета, применяется для улучшения свойств буровых глинистых растворов в отношении их вязкости, водоотдачи и термостойкости

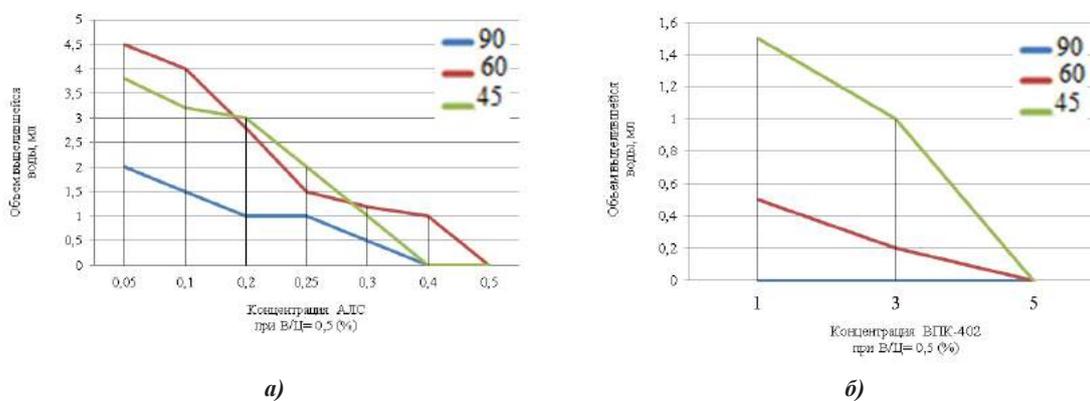
Полиэлектролит ВПК-402 выглядит как бесцветная или с желтым оттенком однородная жидкость без посторонних добавок и примесей, используется в роли коагулянта и диспергатора (для снижения вязкости дисперсных систем на водной основе с высокой концентрацией).

Первоначально во время испытания была проведена оценка влияния тампонажного раствора без добавок на водоотделение. Результаты исследования показали, что чем выше водоцементное отношение раствора, тем больше количество выделившейся воды.



**Рис. 2. Влияние водоцементного отношения на водоотделение цементного раствора**

Следующие испытания проводилось при добавке к портландцементу реагента АЛС и ВПК-402 при различных концентрациях, до получения минимального водоотделения (рис.3 а,б).



**Рис. 3. Влияние реагентов АЛС (а) и ВПК-402 (б) на водоотделение тампонажного раствора**

Проведенные эксперименты показали, что:

- с увеличением угла наклона скважины водоотделение возрастает;
- с увеличением водоцементного отношения водоотделение возрастает и в модели наклонных скважин образуется канал;
- применяемый реагент АЛС хорошо снижает водоотделение в вертикальных и наклонных скважинах, а в концентрации 0,5% водоотделение принимает нулевое значение, что является важным для наклонных скважин;
- применение реагента ВПК-402 в наклонных и вертикальных скважинах также показало положительные результаты;

Сформулированные выводы позволяют судить о том, что цель исследования достигнута.

#### Литература

1. Агзамов, Ф.А., Б.С. Измухамбетов, Э.Ф. Токунова. Химия тампонажных и промывочных растворов: учеб. пособие/ - СПб.: ООО «Недра», 2011.-268с.
2. Ахмадеев Р.Г., Данюшевский В.С. Химия промывочных и тампонажных жидкостей: учеб. пособие/ -Москва: ООО «Недра», 1981.-152с.