



АКТИВНАЯ
ТЕРМОМЕТРИЯ

ВОЗВРАЩЕНИЕ
ЭЛЕКТРОБУРЕНИЯ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЦЕМЕНТНЫХ
РАСТВОРОВ

Нефтегаз.RU

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

ИНТЕРЕСНО О СЕРЬЕЗНОМ

ISSN 2410-3837

7 [127] 2022

СОВРЕМЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ
ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ
НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ
С ТРИЗ



Входит в перечень ВАК

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ для глубоких, высокотемпературных наклонно-направленных скважин

**Орленкова
Ева Витальевна**

ФГБОУ ВО «Российский
государственный геологоразведочный
университет имени Серго
Орджоникидзе» (МГРИ),
студент

**Соловьев
Николай Владимирович**

ФГБОУ ВО «Российский
государственный геологоразведочный
университет имени Серго
Орджоникидзе» (МГРИ),
заведующий кафедрой современных
технологий бурения скважин, д.т.н.,
профессор, научный руководитель

**Щербакова
Ксения Олеговна**

ФГБОУ ВО «Российский
государственный геологоразведочный
университет имени Серго
Орджоникидзе» (МГРИ),
преподаватель кафедры современных
технологий бурения скважин

**Овезов
Батыр Аннамхаммедович**

ФГБОУ ВО «Российский
государственный геологоразведочный
университет имени Серго
Орджоникидзе» (МГРИ),
преподаватель кафедры современных
технологий бурения скважин

ПРОЦЕДУРЫ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ГЛУБОКИХ СКВАЖИН В ОСНОВНОМ ТАКИЕ ЖЕ, КАК И ДЛЯ БОЛЕЕ МЕЛКИХ СКВАЖИН. ОДНАКО ИЗ-ЗА РЯДА УСЛОВИЙ И БОЛЕЕ СЛОЖНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ГЛУБОКИЕ СКВАЖИНЫ ОБЫЧНО СЧИТАЮТСЯ КРИТИЧЕСКИМИ. СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ДИЗАЙН ЦЕМЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ТАКЖЕ МОЖЕТ БЫТЬ СЛОЖНЫМ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЛОЖНОГО НАБОРА ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ, ПОНИЗИТЕЛЕЙ ВОДОУДАЧИ, ПЛАСТИФИКАТОРОВ, КРЕМНЕЗЕМА. КАКОЙ ДОЛЖНА БЫТЬ ЦЕМЕНТНАЯ СИСТЕМА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ НАДЛЕЖАЩЕЕ РАЗМЕЩЕНИЕ И ПОДДЕРЖКУ ЗОНАЛЬНОГО ИЗОЛИРОВАНИЯ НА ПРОТЯЖЕНИИ ВСЕГО СРОКА СЛУЖБЫ СКВАЖИНЫ?

THE CEMENTING PROCEDURES FOR DEEP WELLS ARE MOSTLY THE SAME ONES AS FOR LESS DEEP WELLS. HOWEVER, DUE TO A NUMBER OF CONDITIONS AND MORE COMPLEX ARCHITECTURE, DEEP WELLS ARE USUALLY CONSIDERED CRITICAL. THEREFORE, THE DESIGN OF THE CEMENTING SYSTEM MAY ALSO BE COMPLEX, USING A COMPLEX SET OF RETARDERS, FLUID LOSS REDUCERS, PLASTICIZERS, AND SILICON DIOXIDES. WHAT CEMENTING SYSTEM SHOULD BE IN PLACE TO ENSURE ADEQUATE ZONARY THROUGHOUT THE LIFE OF THE WELL?

Ключевые слова: *наклонно-направленная скважина, горизонтальная скважина, цементирование, термостойкость, цементный раствор.*

При проектировании цементных растворов для глубоких, высокотемпературных скважин очень важно использовать точную статическую и циркуляционную температуру. Такие данные могут быть получены от испытаний, логов, специальной записи температуры скважинными приборами или пробы раствора при циркуляции.

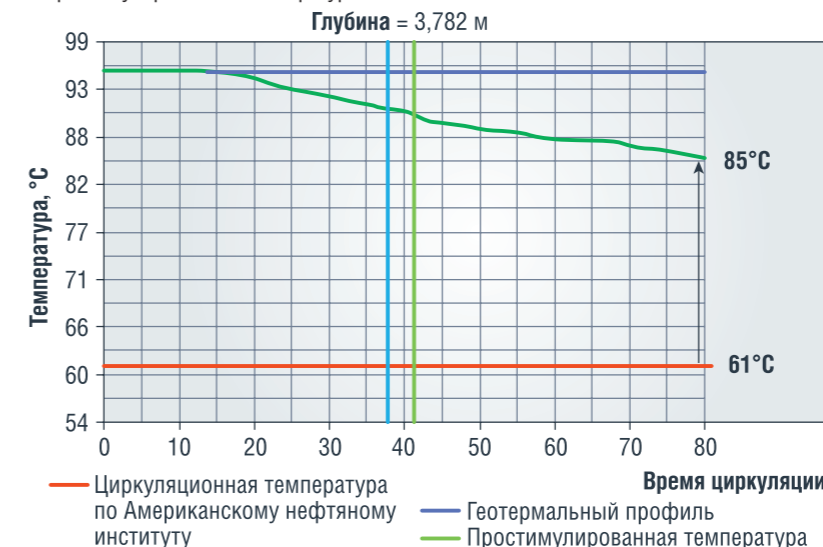
Компьютерные симуляторы также были разработаны для лучшего прогнозирования температуры скважины. Если раствор циркулирует в скважине в течение нескольких часов до цементирования, температура в скважине может значительно снижаться. В таких случаях необходимо быть осторожным, чтобы недооценить температуру циркуляции и увеличить время застывания цементного раствора [1].

Для всех типов цементных работ необходимо учитывать несколько свойств цементного раствора для успешного цементирования.

Температура

Таблицы циркуляционных температур, созданные американским нефтяным институтом, были основаны на вертикальных скважинах, расположенных на земле, с температурным градиентом ниже 1,9 °C/30 м. Эти таблицы не применяются для наклонно-направленных, глубоководных морских скважин и скважин с аномально высокой температурой. Сегодня американский нефтяной институт рекомендует использовать температурные симуляторы при условиях, находящихся за пределами «диапазона АНИ». Температура АНИ всегда недооценивает, когда речь идет о горизонтальных скважинах. В длинных горизонтальных скважинах циркуляционная температура находится очень близко к статической температуре, поэтому не редкость использование статической температуры для испытания цемента в горизонтальных скважинах. Симулятор температуры,

РИС. 1. Разница температур между значением Американского нефтяного института и простимулированной температурой



основанный на математической и физической модели температурного обмена, точно вычисляет циркуляционную температуру в зависимости от геометрии скважины и формации, литологии, геологический градиент температуры, свойства жидкостей, скорость насоса и время циркуляции и т.д. На рисунке 1 показана циркуляционная температура согласно АНИ (61 °C) по сравнению с имитированной температурой (85 °C) и статическая температура (96 °C) в типичной горизонтальной скважине (3,660 м с горизонтальной секцией 1070 м). Симулированная температура намного выше, чем АНИ [4].

Реология

Основной критерий для цементного раствора заключается в том, чтобы реология соответствовала удалению бурового раствора. Реология может быть увеличена за счет использования загустителей, таких как бентонит, понизителя седиментации. Однако можно использовать раствор без добавок, если они имеют умеренную пластическую вязкость и напряжение сдвига, чтобы гарантировать, что правильная иерархия реологий бурового, буферного и цементного раствора была достигнута.

Механические свойства

Важным свойством цементного раствора является его механические свойства. Но в последнее время все усилия научно-исследовательских работ в цементировании были сконцентрированы на цементах,

когда он находится в жидком состоянии. Сегодня же больше внимания уделяется свойствам цемента, когда он застывает, поскольку цементный камень должен выдерживать бурение, капитальный ремонт и условия эксплуатации скважины в течение всего срока службы скважины, а иногда и после ликвидации.

Сегодня индустрия также ищет и изучает другие свойства цементного камня, такие как модуль Юнга и прочность на растяжение. Модуль Юнга измеряет гибкость цемента, а прочность на растяжение обычно более важно, чем прочность на сжатие, поскольку цементный камень обычно разрушается при растяжении, а не при сжатии.

Поскольку в большинстве горизонтальных скважин, особенно тех, которые пробурены в газовых сланцах, при гидроразрыве пласта наблюдается повышенное давления в стволе скважины (до 41,1 Мпа, иногда до 82,7 МПа). Это давление будет оказывать значительное влияние на цементный камень и разрушать его, если цемент не обладает достаточно хорошими механическими свойствами.

Как правило, по мере увеличения температуры, чувствительность систем цемента к мельчайшим химическим и физическим различиям между раствором и добавками также увеличивается. Поэтому все лабораторные испытания должны выполняться с образцами воды, цемента и добавками, которые будут использоваться во время работы [2].

Контроль водоотдачи необходим для сохранения химических и физических характеристик цементного раствора и предотвращения образования фильтрационной корки, которая может вызвать забивание в кольцевом пространстве. Для большинства случаев цементирования хвостовиков скорость потери водоотдачи, согласно АНИ 50 мл/30 мин, как правило, считается адекватной.

Типичная композиция раствора для глубокой, высокотемпературной скважины состоит из цемента класса G, 35 % диоксида кремния, пластификатора, понизителя водоотдачи, замедлителя, понизителя седиментации и водоотстоя. Как показывает практика, замедлители с высокой чувствительностью к концентрации могут привести к катастрофическим последствиям в виде преждевременного схватывания цемента или слишком долгого застывания.

Есть большие во всех этих свойствах проблемы регрессии прочности, которые могут быть предотвращены путем уменьшения массового соотношения оксида кальция (CaO) к диоксиду кремния (SiO₂) (отношение C/S) в цементе. Для этого в портландцемент добавляем кварц, обычно в виде мелкозернистого песка кремнезема или обыкновенного кремнезема. Фаза C-S-H имеет переменное отношение CaO/SiO₂, составляющее в среднем соотношение около 1,5. Конверсию в α-C₂S-H при 110 °C можно предотвратить добавлением от 35 % диоксида кремния (по массе цемента), уменьшая CaO/SiO₂ соотношение до 1,0. На этом уровне образуется минерал, известный как тоберморит (C₅S₆H₇), этот минерал сохраняет высокую прочность на сжатие и низкую проницаемость. Когда температура увеличивается до примерно 150 °C, тоберморит обычно превращается в ксонотлит (C₆S₆H) и небольшое количество гиролита (C₆S₃H₂) с минимальным ухудшением характеристик цемента. При 250 °C начинает образовываться траскоттит (C₇S₁₂H₃). При увеличении температуры до 400 °C как и ксонотлит, так и траскоттит находятся вблизи максимального предела их стабильности. При более высоких температурах ксонотлит и траскоттит обезвоживаются, что приводит к распаду цементного камня.

РИС. 2. Набор прочности цемента без добавления диоксида кремния

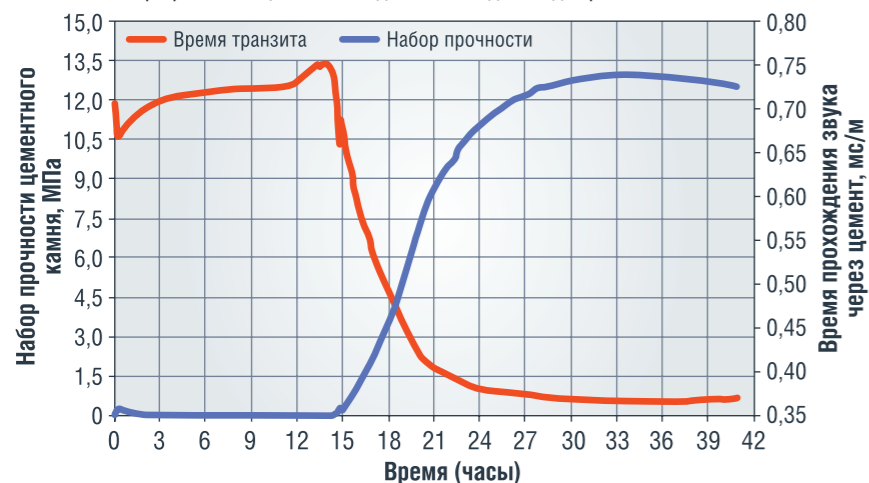
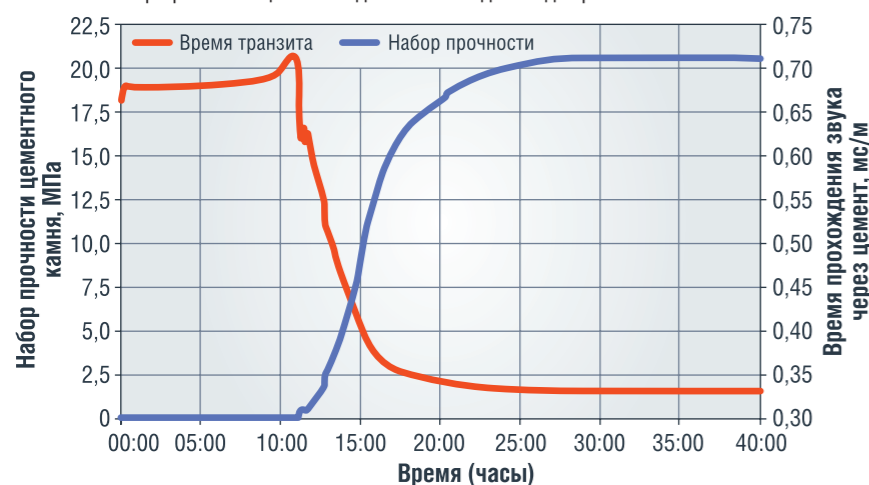


РИС. 3. Набор прочности цемента с добавлением диоксида кремния



Цементы, содержащие значительные количества трикоттата, обычно характеризуются низкой проницаемостью. Образование пектолита, гидрата силиката натрия сопровождается расширением цемента; к тому же пектолит, по-видимому, делает цементы более устойчивыми к коррозии высокосолёными рассолами. Скаутит показал, что повышают прочность на сжатие цемента, когда присутствует в небольших количествах. В общем цементы, которые состоят преимущественно из гидратов силиката кальция с соотношениями C/S, меньшими или равными до 1,0, как правило, имеют более высокую прочность на сжатие и более низкую водопроницаемость.

Вышесказанное показывает сложность гидротермального поведения гидратов силиката кальция. Производительность цемента зависит не только от температуры в скважине, но также и от наличия подземных флюидов и других минералов. В результате преобразования, полученные

при стандартных условиях, не всегда наблюдаются в скважине. Следовательно, установленный цемент должен рассматриваться как метастабильный, потому что его состав может развиваться по мере изменения условий скважины.

Если проанализировать реагирования цементности на высокие температуры, то результат на ультразвуковом цементном анализаторе без добавления кварца при температуре 125 °С будет показан на рисунке 2. Как видно на графике, на тридцать третьем часе был пик набора прочности, после чего прочность начала падать. Связано это с тем, что при температурах выше 110 °С фаза C-S-H превращается в фазу, называемую альфа гидрат дициклоидный силиката (α -C₂SH). α -C₂SH является высоко кристаллическим и более плотным, чем C-S-H-фаза. В результате происходит усадка матрицы, которая негативно влияет на прочность цементного камня, что мы и видим на графике.

После добавления в сухой цемент 35% диоксида кремния в виде обыкновенного кремнезема результат станет лучше (рисунок 3). Как видно на графике, цементный камень набрал прочность на сжатие на двадцать шестой час и продолжал сохранять ее на том же уровне в течение последующих часов. В результате по графикам можно сделать вывод, что в краткосрочной перспективе цементная система с добавлением диоксида кремния лучше набирает и сохраняет прочность на сжатие.

В ходе исследования двух графиков получаем следующие данные. Цементная система без добавления диоксида кремния после 33 часов имела прочность цементного камня 13 МПа, после чего она начала постепенно падать. Однако при добавлении диоксида кремния с концентрацией в 35% наблюдаем лишь совсем незначительную потерю прочности при тех же самых условиях.

В результате проведенного анализа обнаружили, что добавление диоксида кремния в цементную систему в виде кремнезема может предотвратить снижение прочности цементного камня в долгосрочной перспективе.

По данным результатам установлено, что добавление диоксида кремния в концентрации 35% от веса сухого цемента, стабилизирует прочность и непроницаемость цементного камня при температурах более 110 °С. Без добавления диоксида кремния цементный камень в затрубном пространстве при высокой температуре будет иметь тенденцию к постоянному снижению прочности. Включение в раствор специальных добавок увеличит прочность со стабильным сохранением. ●

Литература

1. Калинин А.Г., Никитин Б.А., Солодкий К.М., Султанов Б.З. Бурение наклонных и горизонтальных скважин. – М.: Недра 1997. – 648 с.
2. Д.Л. Бакиров [и др.] / Тампонажный материал для температурного диапазона 160–300 °С – М.: Society of Petroleum Engineers, 2016. – 16 с.
3. Vearden, W.G.: «Влияние температуры и давления на физические свойства цемента», «Практика цементирования нефтяных скважин» в США, Вашингтоне, США, Американский нефтяной институт (1959) 49–59.
4. Erik B. Nelson and Dominique Guillot: «Цементирование скважин» // Elsevier – 3-е издание. 2012.

KEYWORDS: directional well, horizontal well, cementing, heat resistance, cement mortar.



Siyam World – остров возможностей, меняющий традиционное представление об отдыхе на Мальдивах

- Siyam Water World – самый большой плавучий надувной аквапарк в Индийском океане
- Единственный остров на Мальдивах с собственной конюшней-ранчо размером более чем 15 000 м²
- Более дюжины баров и ресторанов, среди которых каждый гурман найдет свой любимый
 - Отель работает на плане питания WOW!All Inclusive!
- В пакет входят 4 ресторана и 4 бара, неограниченный ассортимент безалкогольных и алкогольных напитков и, помимо питания, большой список активностей: от аквааэробики до вечеринки у бассейна
- Детский клуб Kidz World на острове – это отдельный мир детского рая и веселья!
- 19 категорий для проживания: 8 видов вилл на воде, 10 на земле, включая абсолютно невероятные 7 категорий резиденций из коллекции Beach House
 - Коллекция Beach House – это потрясающие резиденции, которые имеют собственные привилегии: завтрак на вилле, эксклюзивный доступ в японский ресторан, бар и многое другое. Это островной отдых по системе «все включено», который предлагает множество вариантов, начиная от ресторанов, развлечений и спа

Siyam World – природный остров площадью 54 гектара, один из крупнейших курортов на Мальдивах, созданный самой природой и сохранивший 6-километровый домашний риф и его обитателей нетронутыми

