

В большинстве случаев ВЗД не достигли порога МРП в связи с износом вала двигателя. Критические значения осевого люфта для данного типоразмера после ремонта составляют 4 мм, максимально допустимый при эксплуатации 8 мм. Исходя из таблицы гидравлические машины производства компании ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент» зарекомендовали как более износостойкие.

Резюмируя, сделан вывод, что анализ работы винтовых забойных двигателей производства компаний ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент» и ООО «Радиус-Сервис» на Дулисьминском нефтегазоконденсатном месторождении, производился в соответствии с действующими нормативными документами на отработку ВЗД ООО «ВОСТОК», действующими сведениями о наработке ВЗД и паспортами на представленное оборудование завода-изготовителя. Наиболее уязвимой частью рассмотренных ВЗД являются элементы рабочей пары ротор и статор, что подтверждает актуальность исследовательских работ в данном направлении.

#### Литература

1. Лебедев В.В. Учебник инженера по бурению горизонтальных скважин./ учебник – Москва. – 413 с.
2. ООО «Радиус-сервис». [Электронный ресурс]//Официальный сайт: <http://radius-s.ru> [дата обращения: 20.12.2016].
3. ООО «ВНИИБТ». [Электронный ресурс]//Официальный сайт: <http://www.vniibt-bi.ru> [дата обращения: 20.12.2016].
4. Паспорта винтовых забойных двигателей ООО «Радиус-Сервис», ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент»
5. Нефтяники.РФ [Электронный ресурс]/// Официальный сайт: [http://www.nftn.ru/oilfields/russian\\_oilfields/](http://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/) [дата обращения: 28.12.2016].
6. Сведения о наработке ВЗД на кустовых площадках ДНГКМ ООО «ВОСТОК» СННБ (суточные рапорта, протоколы осмотров).
7. Регламент на ревизию ВЗД ООО «ВОСТОК» СННБ.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИТРАТА КАЛЬЦИЯ НА СВОЙСТВА ТАМПОНАЖНОГО ЦЕМЕНТА

К.О. Мешкова

*Научный руководитель доцент А.Л. Неверов*

*Сибирский федеральный университет, институт нефти и газа, г. Красноярск, Россия*

Цементирование - самый сложный и ответственный этап при строительстве скважин, ведь от него зависит долговечность, качество и безопасность добычи углеводородов. Тампонирование может осуществляться в самых различных условиях (глубина скважины, климат, осложнения и прочее). Поэтому для регулирования свойств цемента используют различные добавки.

На сегодняшний день, самое большое потребление цемента приходится на строительную промышленность, далее на строительство мостов, дорог и только потом на нефтегазовую отрасль, а именно на строительство скважин и платформ. Исходя из этого, можно сказать, что все добавки для улучшения качества цемента (прочностные характеристики, время загустевания, коррозионная устойчивость и прочее) первоначально проектируются и исследуются для строительных цементов, и только потом «копируются» и подбираются для цементов других отраслей, в частности, для нефтегазовой. Следовательно, подбирая добавки для тампонажных цементов, следует сначала изучить спектр добавок для строительных.

Современный ритм жизни сегодня требует улучшения качества цементирования при высоких скоростях выполнения работ. Зачастую, не мало важно иметь бетон с достаточно высокой прочностью на ранних стадиях. Для получения такого бетон использовались различного рода добавки - ускорители. Хлорид кальция в этой индустрии был наиболее часто применяемой добавкой. Однако, как показала практика, присутствие хлорида у таких добавок подвергает коррозии металлические стержни, контактирующих непосредственно с бетоном. Вследствие чего ухудшалось качество бетона и безопасность таких конструкций. Это послужило причиной поиска, исследований и испытаний таких добавок - ускорителей, в составе которых не содержатся хлориды.

В нефтегазовой отрасли существуют такие же проблемы, как и в строительной индустрии – это усадка цемента, трещинообразование, коррозия (обсадных труб). Основной причиной потери герметичности обсадных колонн является коррозия по наружной поверхности, интенсивность которой определяется наличием и качеством цементного кольца за эксплуатационными колоннами. [1] Качественное цементирование существенно снижает интенсивность коррозии обсадных колонн за счет снижения термодинамической возможности коррозии вследствие высокого значения pH [2]. В промышленных условиях эксплуатации уменьшение потерь от коррозии может быть достигнуто при помощи введения в агрессивную среду специальных веществ, которые снижают коррозию. [3] Такие вещества называются замедлителями, или ингибиторами, коррозии. Таким образом при цементировании скважин так же следует обратить внимание на безхлористые добавки - ускорители, которые не будут вызывать коррозию обсадных труб.

Анализ публикаций Додсона, Найгаарда и Джастнеса и др. [4-9] показал, что нитрат кальция можно применять в качестве добавки - ускорителя, который помимо хороших прочностных показателей так же может выступать как замедлитель коррозии у металла, контактирующего с цементом и достаточно эффективен при низких температурах, т.е. вполне может выступать в качестве противоморозной добавки. Так же в 2012 г. на базе Красноярского машиностроительного завода были проведены исследования по получению комплексных

**СЕКЦИЯ 16. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
БУРЕНИЯ СКВАЖИН**

нитратных солей путем выщелачивания нефелинового шлама азотной кислотой [10], а в 2013 г. проведены лабораторные исследования по применению двух добавок НКШ-1 и ТНК-1 для строительных и тампонажных цементов, результаты которого были опубликованы в статье [11]. Было выявлено, что добавка НКШ-1 более технологична, способствует саморазогреву цементного раствора, благодаря чему подходит для использования в качестве противоморозной добавки.

В настоящее время нитрат кальция в качестве ускорителя твердения в основном используется в строительной индустрии, и самой популярной фирмой по производству этой добавки является норвежский концерн Yara Industrial, который выпускает продукт NITCAL.

Целью данной работы является исследование влияния на физико-механические показатели тампонажного цемента с применением нитрата кальция по стандарту API [12] и сравнение с наиболее часто применяемым ускорителем хлоридом кальция.

Методика исследований и результаты

Исследования проводились на базе лаборатории «Schlumberger» с использованием методов определения реологических показателей, времени загустевания, водоотделения и прочностных характеристик, опираясь на стандарт API [16] и техническое задание от Заказчика.

Для проведения эксперимента были задействованы следующие материалы:

- тампонажный цемент марок ПТЦ-50 и ПТЦ-100;
- вода водопроводная;
- добавка, улучшающая качество твердения цементного раствора, оксид кальция (CaO);
- добавка, ускоряющая твердение хлорид кальция (CaCl<sub>2</sub>);
- добавка, ускоряющая твердение нитрат кальция (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>).

Все опыты проводились на стандартном оборудовании американской фирмы Chandler Engineering, которая является ведущим производителем оборудования для испытания тампонажных цементов в соответствии со Спецификацией Стандарта API и Стандарта ISO 10426.

При цементировании скважин прокачка цемента ведется в две стадии – это облегченный и утяжеленный цементный раствор. Исследования проводились для обоих, и, соответственно при использовании различных цементов: ПТЦ-50 и ПТЦ-100. Для сравнения были выбраны две добавки: хлорид кальция и нитрат кальция в количестве 1,5-2,5% для облегченного и 2-4% для утяжеленного цементных растворов.

**Таблица**

**Результаты испытаний облегченного цемента**

Тип раствора	CaCl <sub>2</sub> _1.5% ПТЦ-50	CaCl <sub>2</sub> _1.5% ПТЦ-100	CaCl <sub>2</sub> _2.5% ПТЦ-100	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> _1.5% ПТЦ-50	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> _1.5% ПТЦ-100	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> _2.5% ПТЦ-100
<b>Реологические показатели после кондиционирования</b>						
300	82	57	63	74	70	57
3	32	22	23	24	22	24
10 сек. гель	35	24	23	30	28	30
10 мин. гель (<60)	49	41	34	41	49	40
Pv (сР) (15-35)	16.5	19.5	19.5	12	19.5	18
Ty (lbf/100ft <sup>2</sup> ) (10-25Па)	65.5 (31Па)	37.5 (18Па)	43.5 (20.8Па)	62 (29.7Па)	50.5 (24Па)	39 (18.7Па)
<b>Время загустевания</b>						
40 Вс, ч:мин (6:00)	6:30	7:26	7:26	8:36	10:04	9:02
70 Вс, ч:мин (7:30)	8:12	8:57	9:15	9:34	12:27	10:46
100 Вс, ч:мин(9:00)	9:24	10:32	11:08	11:29	16:09	13:12
<b>Водоотделение</b>						
Свободная вода, % (не более 0.8)	0.15	0.3	0.1	0.1	0.09	0.09
<b>Прочность на сжатие</b>						
24 часа, МПа (не менее 0.8)	0.96	0.62	0.3	1.07	0.78	0.62

По результатам исследований облегченного цемента видно, что Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> соответствует стандарту, а так же техническому решению по реологическим параметрам при использовании цемента ПТЦ-100 при концентрации добавки 1,5 и 2,5 %, по отделению свободной воды (как для ПТЦ-100, так и для ПТЦ-50), а так же по прочностным показателям при концентрации 1,5% (как для ПТЦ-100, так и для ПТЦ-50).

Аналогичные испытания были проведены и с утяжеленным цементом, результаты которых так же соответствует стандарту и техническому решению по реологическим параметрам при совместном использовании расширяющей добавки СаО (известь) и при концентрациях нитрата кальция 2–4%, по отделению свободной воды для всех концентраций, по прочностным показателям при концентрации 2%. Параметру время загустевания соответствуют только растворы при концентрации нитрата кальция 3 и 4% для 70 и 100 (Берден) соответственно.

#### **Выводы**

1. Нитрат кальция может быть использован в качестве добавки ускорителя при тампонировании скважин как для облегченного так и для утяжеленного цементов.

2. Са(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> интенсивно снижает водоотделение практически до нулевого уровня при любых концентрациях.

3. Подходит по реологическим и прочностным показателям.

4. Отмечено благотворное влияние нитрата кальция при совместном использовании расширяющей добавки оксида кальция (СаО).

Для более полного представления о действии нитрата кальция на свойства цементного раствора и цементного камня, а так же использования этой добавки на практике тампонирования скважин следует изучить прочностные характеристики при более долгих сроках твердения, склонность к высолообразованию, тепловыделение и пр.

#### **Литература**

1. Додсон. Бетонная смесь. Нью-Йорк: В.Н. Рейнхольд:1990.
2. Джастнес: «Ингибиторы коррозии для бетона», Труды Международного симпозиума по прочности бетона I памяти профессора доктора Раймундо, Ривера, 12-13 мая 2005, Монтеррей, Н.Л. Мексика, с. 179-199.
3. Джастнес: «Объяснение долгосрочной прочности на сжатие бетона при использовании нитрата кальция», Труды 11-го Международного конгресса по химии цемента (ICCC), 11-16 мая 2003 года, Дурбан, Южная Африка, с.475-484.
4. Джастнес, Найгаард «Влияние нитрата кальция на связывающую способность цемента и скорость индуцированной коррозии при использовании в строительных растворах». Труды международной конференции по проблемам коррозии и защиты от коррозии стали в бетоне. Великобритания: Шеффилд; 1994. с. 491-502.
5. Авдеенко А.П., Поляков А.Е. «Коррозия и защита металлов: Краткий курс лекций». – Краматорск: ДГМА, 2003. - 104 с.
6. Агзамов Ф. А., Измухамбетов Б. С. «Долговечность тампонажного камня в коррозионно - активных средах». СПб. : Недра, 2005. 318 с.
7. Исследования Цемента и Бетона, «NITCAL - комплексная добавка в бетоны» // ООО Элсвиер Сайенс.- Норвегия, 1995.
8. Научно-технический отчет: «Разработка технологических параметров процессов промышленного комплекса утилизации некондиционных окислителей ракетного топлива и получения активных комплексных нитратных солей для растворов бурения нефтегазовых скважин и добавок в бетон» // Открытое акционерное общество «Красноярский машиностроительный завод» - Химзавод – фил. ОАО «Красмаш», 2012 г.
9. Неверов А.Л., Вертопрахова Л.А., Баталина Л.С., Минеев А.В. «Исследования влияния добавок комплексных нитратных солей на свойства общестроительного и тампонажного цемента». Журнал «Инженерная геология», 2013, с. 64-71.
10. Нитрат кальция NitCal – комплексная добавка для бетонов. 10.2008 «Вестник строительного комплекса» № 59.
11. Сорокин Л. А. «Разработка расширяющихся тампонажных цементов для повышения качества цементирования скважин»: автореф. дис. канд. тех. наук. М., 2005. 17 с.
12. Стандарт API -10А и 10В.

### **ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТЕМЕ ОЧИСТКИ СТВОЛА НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОЙ СКВАЖИНЫ ОТ ШЛАМА**

**О.В. Муратов**

*Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

#### **Актуальность**

Как один из самых важных аспектов очистки скважин, особенно при направленном бурении, оптимизация выноса шлама способствует увеличению проходки и снижению затрат на бурение. Накапливание шлама в нижней части скважины во время бурения может стать причиной таких проблем, как прихват бурильной колонны, увеличение вращающего момента и главное – к значительному снижению проходки, что ведет к затягиванию сроков и увеличению стоимости бурения скважин. В свою очередь вынос шлама зависит от различных факторов, включая такие параметры бурения как расход промывочной жидкости, скорость вращения бурильной колонны, угол наклона скважины и других, причем, они должны учитываться одновременно. Проблеме очистки скважин посвящено много работ отечественных и зарубежных ученых, некоторые из них будут рассмотрены и обобщены в данной статье.