

того, данная марка стали широко распространена, однако при отсутствии можно подобрать отечественные аналоги: 09Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С [2].

На полученную конструкцию надевают фрагмент тела обсадной трубы, диаметром равной спускаемой ОК. На фрагменте обсадной трубы на концах наносят разрезы определенной формы (рис. 2). Полученные зубья трапецевидной формы загибают с нагревом до температуры 750–900 °С и, прижимая к телу УБТС, обваривают по швам. Требования к качеству сварного шва основываются на особенностях эксплуатации устройства. А именно: работа в агрессивной среде, максимальные напряжения на растяжения и эксплуатация в климатическом поясе, где температура воздуха опускается ниже –40 °С [3]. Особое внимание при создании калибратора уделялось центровке тела, так как при роторном вращении нарушение соосности по осям ведет к преждевременному и неравномерному износу, дополнительным рискам незапланированной зарезки второго ствола.

Обоснование конструктивных и технологических параметров расширителя

Одной из основных причин недоспуска обсадной колонны до проектной глубины является неудовлетворительное состояние ствола скважины из-за наличия в них местных сопротивлений (уступов, сужений, локальных искривлений, перегибов и др.). Поэтому проработка (повторное прохождение пробуренного интервала) ствола скважины является одной из ключевых подготовительных операций перед спуском колонны обсадных труб. Проработку рекомендуется проводить роторным способом, так как при этом гарантируется постоянное вращение долота, а вращающая колонна бурильных труб улучшает условия выноса шлама из скважины [4].

После завершения всех исследовательских и измерительных работ (каротаж, кавернометрия, инклинометрия, опробование перспективных объектов и т.д.) по данным каверномера определяют участки сужения ствола. Скорость проработки ствола скважины в этих участках не должна превышать 12–15 м/ч; подача инструмента должна быть равномерной, непрерывной с усилием 20–40 кН, не допуская длительной работы долота на одном месте для предотвращения забуривания нового ствола. При проработке ствола расход и скорость восходящего потока бурового раствора, частота

вращения ротора должны быть такими же, как и при бурении последнего интервала.

При недостаточно тщательной и несвоевременной проработке ствола скважины или при ее отсутствии на стенках скважины остаются места посадок, а при нарушении рецептуры технологических растворов происходит отложение глинистой корки с налипшим шламом. Глинистая корка также образуется из-за перепада давления в системе скважина-пласт, наличия проницаемого пласта, временного фактора и др.

Выводы

Анализ данных подтверждает, что полученные опытно-промышленным путем результаты применения устройства для калибровки стенок ствола скважины позволяют говорить о целесообразности применения шаблон-калибратора в осложненных геологических разрезах, представленных мергелями, доломитами, аргиллитами, известняками, солями, алевролитами, при размывах устья и стенок скважины, сужении ствола скважины в интервалах залегания гипсов и кавернозных доломитов, осыпях и обвалах стенок скважины, поглощениях и т.д.

Таким образом, в результате прикладных исследований разработана универсальная конструкция шаблон-калибратора и описана методика изготовления устройства в полевых условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булатов А.И., Проселков Ю.М., Шаманов С.А. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учебник для вузов. — М.: Недра, 2003 — 211с.
2. ГОСТ 5058-65. Государственный стандарт. Сталь низколегируемая конструкционная, 1972.
3. СП 105-34-96. Свод правил. Производство сварочных работ и контроль качества сварных соединений. — М., 1996.
4. Руководство по креплению разведочных скважин в условиях многолетнемерзлых пород в районах Якутской АССР, 1972.

© Коллектив авторов, 2015

Атласов Ринат Александрович // atlasov.rinat@mail.ru
Скрябин Рево Миронович // yakutsk_09@mail.ru
Иванов Александр Геннадиевич // iag-sakha@mail.ru
Леверьев Семен Алексеевич // ndsvfu@mail.ru

УДК 622.245.422.4

Бердыев С.С., Иванов А.Г., Тарасов Д.М., Скрябин Р.М., Туги Э.Р. (Северо-Восточный федеральный университет)

О ПОСЛЕГИДРАТАЦИОННОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕ-МЕРЗЛЫХ ПОРОД

В современной буровой практике одну из ключевых ролей играет крепление скважины. Качественный цементный раствор, быстрые сроки схватывания, короткое время ожидания затвердевания цемента (ОЗЦ) — залог успешного строительства скважины. Однако, как и на любом этапе строительства скважины, этап крепления сопровождается различными осложнениями. Одним из таких осложнений является снижение прочности цементов после гидратации. В особенности это актуально для северных районов страны, в которых распространены много-

Таблица 2

Анализ данных кавернограмм разведочных скважин Ча-яндинского НГКМ после проработки ствола скважины шаблон-калибратором перед спуском ОК

№ Скважины	Диаметр шаблон-калибратора, мм	Кавернозность
321-63	324	1,16
	245	1,07
321-42	324	1,2
	245	1,23
321-62	324	1,22
	245	1,04
321-66	324	1,17
321-67	324	1,11

летнемерзлые породы (ММП). **Ключевые слова:** многолетнемерзлые породы, цементирование, гидратация, цементный раствор, противоморозные добавки.

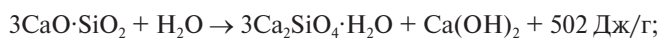
Berdyev S.S., Ivanov A.G., Tarasov D.M., Skryabin R.M., Tugi E.R. (North-Eastern federal university)

ABOUT INSTABILITY OF SLURRIES AFTER HYDRATION IN CONDITION OF PERMAFROST

*In modern drilling practice, one of the main roles played by cementing. High-quality mortar, fast setting time, short waiting time on cement — the key to the successful construction of the well. However, as at any phase of well construction, mounting phase is accompanied by various complications. One such complication is the reduction in strength after cement hydration. This is especially true for the northern regions of the country, where widespread permafrost. **Key words:** permafrost, cementation, hydration, cement slurry, antifreeze.*

Гидратацией цементного раствора называют сложный физико-химический процесс, основанный на взаимодействии клинкерных составляющих цемента и воды, который сначала приводит к образованию густой пластичной массы, а затем к потере пластичности и твердению [1].

Ниже приведено химическое описание процесса схватывания на примере алита (1) и алюмината (2), как одних из наиболее распространенных фаз клинкера (табл. 1):



В процессе твердения образовавшийся гидроксид кальция под воздействием углекислого газа превращается в карбонат кальция, а гидроалюминаты кальция с гипсом — в двойные основные сульфаты [3].

В условиях многолетней мерзлоты процесс гидратации сопряжен с рядом определенных проблем, связанных с температурным режимом в скважине. Установлено, что при температуре 10 °С гидратация цементного раствора резко замедляется, при температуре 4 °С — практически останавливается, а при температуре ниже 0 °С цементный раствор замерзает до конца схватывания. Такой цемент становится неоднородным и не обладает необходимой прочностью, а замерзшая вода затворения оказывает механическое воздействие на стенки обсадных труб, что приводит к их смятию. Все это нарушает герметичность обсадной колонны.

Для решения проблемы замерзания цементного раствора предлагается использовать так называемые быстросхватывающиеся цементы. В свою очередь, снижение времени схватывания и ускорение твердения обес-

печиваются путем добавления в состав цемента специальных химических реагентов, которые снижают температуру замерзания жидкости затворения. Эти реагенты называют противоморозными добавками (ПМД). В качестве одной из таких ПМД в 1974 г. было предложено использовать поташ (K_2CO_3). Он наиболее эффективен при использовании цементов с повышенным содержанием алита и трехкальциевого алюмината. Примечательно, что при отрицательной температуре в результате их взаимодействия образуется карбоалюминат кальция $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaCO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, а это приводит к увеличению прочности цементного камня.

Не менее эффективным цементным раствором является так называемый калийно-щелочной раствор (КЩР), образующийся путем добавления специальной ПМД — калийно-щелочной добавки ($\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot \text{KOH}$). В отличие от множества ПМД, в состав которых входит хлористый кальций или хлористый натрий, КЩР не оказывает вредное коррозионное воздействие на обсадные трубы. Также он не подвержен замерзанию при температуре до -10 °С [3]. Калийно-щелочной раствор готовится обычным затворением цементного раствора при непрерывном перемешивании с минерализованной жидкой фазой. При этом должна быть обеспечена растекаемость 18 см и водоцементное отношение 0,5–0,9 [2].

Также для получения быстросхватывающейся смеси в качестве ускорителя твердения широко используются хлористый кальций (CaCl_2) и хлорид алюминия (AlCl_3). Они выступают в роли добавки в жидкость затворения, которая становится 6 %-ным раствором хлорида. Это позволяет снизить температуру замерзания цементного раствора до 0 °С. При этом важно отметить, что хлорид кальция вызывает небольшую коррозию обсадных колонн на контакте жидкость-металл [5]. В табл. 2 приведены показатели времени схватывания различных цементных растворов в зависимости от выбранной жидкости затворения, а также при различных температурных условиях.

Эффективная гидратация цементов в криолитозоне также может быть обеспечена путем поддержания в скважине соответствующих тепловых условий. Для этого необходимо, чтобы температура цементного раствора находилась в пределах от 4,4 до 7,2 °С. Одним из вариантов выполнения данного условия является циркуляция теплой промывочной жидкости в скважине в течение процесса схватывания цемента. Вторым вариантом является предварительный нагрев небольшого слоя горных пород вокруг скважины непосредственно перед цементированием обсадной колонны. Суть метода заключается в накоплении за счет нагрева входящего бурового раствора определенного запаса тепла, который

в дальнейшем создаст благоприятные условия для гидратации цементного раствора. Данный метод рекомендуется применять только в устойчивых ММП при отсутствии слабосцементированных льдом горных пород, поскольку при увеличении температуры в скважине, а также при выделении тепла в

Таблица 1
Основные фазы клинкера

№ п/п	Фаза клинкера	Химическое название	Химическая формула	Содержание, %
1	Алит	Трехкальциевый силикат	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_3S)	50–70
2	Белит	Двухкальциевый силикат	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S)	15–30
3	Алюминатная фаза	Трехкальциевый алюминат	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	5–10
4	Ферритная фаза	Четырехкальциевый алюмоферрит	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	5–15

Таблица 2
Время схватывания цементных растворов, ч

Жидкость затворения	Температура, °С					
	–5	0	5	10	15	20
6 % раствор AlCl_3						
Начало	9	6	4	3	2,5	2
Конец	15	12	9	6	5	4
6 % раствор CaCl_2						
Начало	15	13	10	8	7	5
Конец	24	18	14	11	9	6
Вода H_2O						
Начало	—	34	24	16	12	10
Конец	—	48	34	23	17	14

процессе гидратации может произойти растепление стенок скважин, последующее появление осыпей и обвалов и, как следствие, образование каверн.

Протаивание мерзлых пород и растепление стенок скважин в результате гидратации является одной из важных проблем цементирования скважин в условиях ММП, требующих постоянного поиска решения. В частности, рекомендуется применять цементные растворы с низкой теплотой гидратации и низкой теплопроводностью.

Вышеуказанными свойствами обладают цементные растворы на основе природного гипса ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Существуют несколько вариаций процентного соотношения гипса и цемента, но наиболее широкое распространение получила смесь, состоящая из 60 % гипса и 40 % цемента. Суть таких смесей в том, что гипс обеспечивает раннее увеличение прочности, в то время как цемент — увеличение прочности на поздних этапах гидратации. Схватывание такого цемента может происходить при низкой температуре (до -9°C). Наибольшее тепловыделение происходит спустя 2–3 часа после цементирования. При этом максимальная температура цементного раствора при гидратации достигает 10°C — это свидетельствует о схватывании цемента на основе гипса.

Недостатком гипсоцементных растворов является то, что смеси, содержащие соль для понижения точки замерзания и соль для ускорения гидратации, могут разрушаться в результате ионной диффузии, т.е. взаимного проникновения ионов (главным образом Ca^{2+} и SO_4^{2-}) [4].

В целом проблема качественного цементирования скважин в условиях ММП все еще требует постоянного совершенствования: в универсальности, в простоте применения, в стоимости и т.д. Можно выделить следующие основные требования к цементу при креплении скважин в многолетнемерзлых породах:

- короткое время ожидания затвердевания цемента;
- затвердевание цементного раствора до необходимой прочности;
- способность схватываться без подогрева цементной смеси;

- способность схватываться, выделяя при гидратации небольшое количество тепла.

Вышеперечисленные условия предполагают постоянное совершенствование как методик крепления скважин, так и рецептов тампонажных растворов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андреева Н.А. Химия цемента и вяжущих веществ: Учеб. пособие. — СПб.: СПбГАСУ, 2011. — 67 с.
2. Бакшуттов В.С. Минерализованные тампонажные растворы для цементирования скважин в сложных условиях. — М.: Недра, 1986. — 272 с.
3. Ремизов В.В. Геолого-технологические принципы освоения нефтегазоконденсатных месторождений Тюменского севера. — М.: Недра, 1996. — 367 с.
4. Овчинников В.П., Аксенова Н.А., Овчинников П.В. Физико-химические процессы твердения, работа в скважине и коррозия цементного камня: Учеб. пособие для вузов. — Тюмень: Экспресс, 2011. — 368 с.
5. Овчинников П.В., Кузнецов В.Г., Фролов А.А. и др. Специальные тампонажные материалы для низкотемпературных скважин. — М.: Недра, 2002. — 115 с.

© Коллектив авторов, 2015

Бердыев Саид Сангинмуродович // sidbersan@gmail.com
Иванов Александр Геннадьевич // iag-sakha@mail.ru
Тарасов Дмитрий Михайлович // Yakutsk_09@mail.ru
Скрябин Рево Миронович // Yakutsk_09@mail.ru
Туги Эвальдт Раймондович // Yakutsk_09@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

УДК 622.24.063.2

Иванов А.Г., Скрябин Р.М., Бердыев С.С., Атласов Р.А., Николаева М.В., Атласов А.Е. (Северо-Восточный федеральный университет)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО РЕАГЕНТА НА ОСНОВЕ ТАЛЛОВОГО ПЕКА В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Приведены результаты применения комбинированного реагента на основе таллового пека. Большинство осложнений и аварий, возникающих при бурении в осложненных условиях, так или иначе, связано с применением бурового раствора. Плохая очистка ствола скважины, прихваты бурового инструмента, нарушение

устойчивости стенок скважины, потеря циркуляции, осложнения при спуске инструмента и другие проблемы могут быть следствием несоответствия бурового раствора условиям бурения. **Ключевые слова:** буровой раствор, бурение, скважина, талловый пек, нефть, газ.

Ivanov A.G., Scryabin R.M., Berdyev S.S., Atlasov R.A., Nikolaeva M.V., Atlasov A.E. (North-Eastern federal university)

PROSPECTS OF USE OF THE COMBINED REAGENT ON THE BASIS OF TALL PITCH IN THE COMPLICATED CONDITIONS

Results of use of the combined reagent on the basis of tall pitch are given. The majority of the complications and accidents arising when drilling in the complicated conditions, anyway,