

## СЕКЦИЯ 10. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

ковшесбором становится неэффективным.

Основными недостатками при бурении скважин большого диаметра колонковыми бурами являются проблемы с отрывом и удержанием керна внутри колонковой трубы. Но в основном эти осложнения возникают при бурении скважин по монолитным скальным породам или по слабо цементированным крупнообломочным отложениям. Как утверждают производители при бурении колонковыми бурами по благоприятным разрезам, в 60-70% керн без проблем отрывается от забоя и остается внутри колонковой трубы. В тех случаях, когда керн невозможно оторвать от забоя, его разбураивают с помощью шнека.

В настоящий момент при проходке скважин большого диаметра под фундаменты зданий или мостов, набирает популярность бурение с помощью кластерных пневмоударников. Конструкция этого снаряда представляет собой корпус, внутри которого размещены несколько погружных пневмоударников, расставленные так чтобы при вращении бурового снаряда разрушение породы происходило по всей площади забоя. Разрушенная порода продувается вверх по кольцевому зазору и оседает в «шламоулавливающей корзине». Из недостатков следует отметить, что для эффективной работы кластерного пневмоударного снаряда с диаметром около 600-700 мм потребуются подача воздуха в районе 80-100 м<sup>3</sup>/мин. Это значит, что для работы такого снаряда необходимо будет провести воздушную магистраль объединив две или три самых мощных передвижных компрессоров с дизельными двигателями от компании Atlas Copco XAS 1600 CD6, каждая из которых обеспечивает подачу воздуха равную 45 м<sup>3</sup>/мин при рабочем давлении 8 атмосфер. Решить этот недостаток можно путем совершенствования конструкции воздухораспределителя кластерного пневмоударного снаряда, сделав так, чтобы пневмоударники внутри снаряда работали строго поочередно и с высокой частотой.

Также большой интерес вызывает метод бурения с обратной циркуляцией воздушного очистного агента (Reverse Circulation Drilling), который завоевывает все большую популярность среди горнорудных компаний по всему миру. Для бурения применяются двойные бурильные трубы. Разрушение породы происходит как правило с помощью пневмоударника, но иногда применяют и шарошечные долота. Сжатый воздух от компрессора подается на забой по межтрубному пространству двойной бурильной трубы, а разрушенная порода выносится на дневную поверхность вместе с отработанным воздухом по внутренней трубе. В настоящий момент данным способом можно бурить скважины с диаметром до 600 мм. Основным преимуществом RC-бурения является возможность опробования шлама одновременно с буровым процессом и высокая скорость проходки. Теоретически к недостаткам можно отнести, осложнения, которые могут возникнуть при бурении мерзлых пород с большим содержанием льда, вследствие теплового воздействия бурового процесса на лед и их последующего примерзания внутри трубы.

Таким образом, в статье предложены современные существующие способы бурения скважин большого диаметра, которые представляют большой интерес для дальнейшего исследования при разработке новых способов и техники разведки или заверки россыпных месторождений полезных ископаемых в условиях распространения многолетнемерзлых пород.

### Литература

1. Брылин В.И. Бурение скважин на россыпи: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. - 104 с.
2. Курилко А.С. Моделирование тепловых процессов в горном массиве при открытой разработке россыпей криолитозоны. - Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2011. - 139 с.
3. Скрыбин Р.М., Тимофеев Н.Г. Разработка бурового снаряда для бурения скважин большого диаметра (Ø 500 мм и более) на разведке россыпных месторождений Севера // Вестник Северо - Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, 2012. Т.9, №1. - С. 85 - 90
4. Чемезов В.В. Образование техногенных россыпей - результат неполного выявления и использования запасов целиковых // Маркшейдерский вестник, 2007. № 1, - С. 14 - 9.

## ОСЛОЖНЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОДАХ, И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМИ

**Н. С. Ефименко**

**Научный руководитель д.т.н., профессор В. М. Подгорнов  
Российский государственный университет нефти и газа (национальный  
исследовательский университет) имени И. М. Губкина, Москва, Россия**

Месторождения газа Западной и Восточной Сибири расположены в зоне повсеместного распространения вечномерзлых пород, где традиционные технические и технологические решения по освоению месторождений часто неэффективны, а иногда и вообще неприемлемы.

Анализ фактических материалов по бурению в различных геолого-географических и мерзлотных условиях показывает, что основными препятствиями для бурения скважин в мерзлых породах являются:

- Разрушение ( растепление ) мерзлых стенок скважин и возникновение обвалов породы;
- неудачи при цементировании скважин в толще мерзлых пород;
- частые явления смятия обсадных труб в скважинах;
- трудности оборудования устья скважин в мерзлых породах;
- неудовлетворительная организация работ, часто без учёта специфики районов Крайнего севера.

Технология бурения скважин в вечномерзлых горных породах, сцементированных льдом, резко отличается от технологии бурения аналогичных пород, не подвергающихся промерзанию. Во время бурения скважины,

при растеплении мерзлых пород за счет конвекции лед, заполнявший пустоты (поры или трещины и каверны) переходит в жидкое состояние – воду, занимающую меньший объем, образовавшуюся пустоту заполняет промывочная жидкость с положительной температурой. Между частицами рыхлых пород силы сцепления резко уменьшаются и ранее сцементированная кристалликами льда масса теряет связь, происходит осыпание или обвал пород.

Первым важнейшим условием предупреждения осложнений и инцидентов при бурении скважин в криолитозоне и ледниках является обоснованный выбор типа бурового раствора и его показателей.

Для повышения качества строительства скважин в многолетнемерзлых породах, применяются различные буровые растворы для промывки скважин. Проведенные исследования [4] показали, что большинство применяемых буровых растворов в условиях многолетнемерзлых пород имеет невысокую эффективность, обусловленную физико-химическими свойствами применяемых буровых растворов, что может привести к образованию каверн и нарушению целостности стенок скважины и не обеспечивает длительного сохранения ствола скважины в устойчивом состоянии. Авторы утверждают, что повышение эффективности бурения скважин в многолетнемерзлых породах может быть достигнуто за счет использования незамерзающего при отрицательных температурах полимерглинистого раствора имеющего:

- улучшенные псевдопластические свойства, обеспечивающие повышение удерживающей транспортирующей способности и степени очистки стенок скважины;

- сниженную скорость растепления многолетнемерзлых пород, что предотвращает кавернообразование и разрушение стенок скважины и как следствие – обеспечивает длительное сохранение ствола скважины в устойчивом состоянии;

- пониженную фильтрацию в результате высокой скорости формирования низкой проницаемой фильтрационной корки, препятствующей загрязнению пласта и способствующей сохранению ее коллекторских свойств.

Показатель фильтрации является одной из важнейших характеристик пригодности бурового раствора для проводки скважин в мерзлых породах, так как увеличение количества отфильтрованной в стенке скважины жидкости существенно повышает интенсивность разрушения льда. Фильтрационная корка, образующаяся из частиц дисперсной фазы раствора, замедляет процесс проникновения фильтрата в мерзлую породу и препятствует эрозии оттаявших частиц при гидродинамическом воздействии циркуляционного потока на стенки скважины [6].

Вторым важнейшим условием предупреждения осложнений при бурении скважин в криолитозоне и ледниках является обоснованный выбор тампонажного раствора. Вследствие длительных сроков схватывания и седиментационной неустойчивости цементных растворов, а также неполного замещения скопившихся в затрубном пространстве водосодержащих объемов может возникнуть обратное промерзание, приводящее к смятию колонн обсадных труб. Кроме того, из-за нестабильности тампонажных смесей зачастую происходит их недоподъем до проектных отметок. Для крепления обсадных колонн используются быстротвердеющие, седиментационно-устойчивые, безусадочные с низкой теплопроводностью цементные смеси, способные свести к минимуму риски возникновения указанных осложнений. Вместе с тем должны применяться тампонажные растворы малой плотности, так как на территориях с наличием ММП нередко встречаются зоны с аномально низким пластовым давлением (АНПД).

В качестве тампонажных материалов для ММП предпочтительней использовать газожидкостные тампонажные смеси (ГЖТС). Целесообразность их применения выражается, прежде всего, в низкой плотности и теплопроводности, в хорошей седиментационной устойчивости, при которой жидкость затвердения надёжно удерживается между пузырьками смеси. Для приготовления ГЖТС требуется незначительное количество воды, т.к. её повышенное содержание в тампонажном растворе может явиться причиной образования прожилок льда в цементном камне и, как следствие, его разрушения и повышения теплопроводности [1,7].

Для крепления интервалов залегания ММП авторами работы [2] предлагается использовать специальный тампонажный цемент марки CemFrost. Целесообразность его применения, доказывается преимуществами по сравнению с другими марками цемента: низкое тепловыделение при гидратации; быстрый набор прочности при низких температурах; высокая морозоустойчивость; высокая седиментационная устойчивость и т.д.

Другими авторами [3] в качестве повышения эффективности крепления нефтяных и газовых скважин предлагается использовать противоморозные добавки к тампонажным растворам с полыми стеклянными микросферами (ПСМС). Авторы утверждают, что такие растворы будут обладать требуемыми показателями, в том числе прочностью в период ожидания затвердевания цемента (ОЗЦ). Результаты проведенных исследований показывают, что прочность цементного камня растёт в результате применения различных добавок; уменьшается водоотделение и тепловыделение, а также наблюдается уменьшение сроков схватывания.

Третьим важнейшим условием предупреждения осложнений является теплоизоляция конструкции скважины. Для теплоизоляции конструкции скважин зон ММП применяется пассивная теплоизоляция с использованием теплоизолированных НКТ, лифтовых труб (ЛЛТ), обсадных труб (ТОТ), а также заполнение заколонных пространств материалами с пониженной теплопроводностью, например, облегченными тампонажными, пакерующими составами. На скважинах осуществляют активную теплоизоляцию за счет циркуляции хладагентов (растворы этиленгликоля, холодный воздух в зимний период, специальные газообразные агенты и др.) и используют холодильные машины или при естественной их конвекции с обеспечением циркуляции хладагентов как в зоне конструкции скважины, например, в двухтрубном направлении, так и в специальных мерзлотных скважинах в окружающих ММП, например, со спуском сезоннодействующих охлаждающих устройств (СОУ) [5].

Для теплоизоляции труб и их стыков используют теплоизоляционные материалы: пенополиуретан,

вакуумированные теплоизоляционные материалы-покрытия, включающие керамические микросферы и другие современные теплоизоляционные материалы – СТМ, обеспечивающие расчетную теплопроводность слоя теплоизоляции не выше  $0,033 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ . Теплоизоляцию наносят на всю длину обсадных стальных труб, за исключением их нетеплоизолированных концевых участков длиной 1000 мм, включающих резьбу, которые теплоизолируются после соединения ТОТ в колонну перед её спуском в скважину. Длина нетеплоизолированных концов стальных труб может изменяться в зависимости от технологии соединения (резьба, сварка и др.) труб в колонну. Длина нетеплоизолированных концов ТОТ уменьшается при использовании сварных ТОК и может составлять не более 0,20 м.

В современной практике теплоизоляции конструкций, теплоизоляционными материалами считаются материалы с теплопроводностью не выше  $0,175 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ , причем, по теплопроводности изоляционные материалы подразделяют на классы: материалы с низкой теплопроводностью до  $0,06 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$  – класс А; со средней теплопроводностью до  $0,115 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$  – класс Б и с повышенной теплопроводностью до  $0,175 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$  – класс В.

Можно сделать вывод, что главной проблемой бурения в условиях Крайнего Севера остаётся тепловое взаимодействие системы скважина-пласт, вызывающее протаивание прилегающих к стволу скважины пород; обратное промерзание, и в ряде случаев размыв устья с образованием приустевой воронки. Поэтому одной из важнейших задач остаётся минимизация теплового влияния посредством различного ряда мероприятий (подбор специальных цементов и промывочных жидкостей; поддержание температурного режима в процессе бурения и эксплуатации, применение ТЛТ, ТН, СОУ и т.д.), направленных на поддержание мерзлоты при её естественной температуре.

#### **Литература**

1. Мерзляков М.Ю., Яковлев А.А., Оценка теплофизических свойств азрированных тампонажных смесей и получаемого камня для крепления скважин в многолетнемёрзлых породах. // Инженер-нефтяник. – М: ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2014, № 4, с. 8-14.
2. Новые технологические решения ЗАО Гранула // Тампонажный цемент для крепления интервалов залегания многолетнемёрзлых пород. – 2008. – С. 31.
3. Орешкин Д.В., Семенов В.С., Розовская Т.А. Облегченные тампонажные растворы с противоморозными добавками для условий многолетнемёрзлых пород // Нефтегазовое хозяйство. – МГСУ. – 2014. - № 4. – С. 42 – 45.
4. Перейма А.А., Черкасова В.Е. Биополимерные промывочные жидкости для бурения скважин в мерзлых породах // Газовая промышленность. – 2010. - № 3. – С. 66 – 68 .
5. Полозков К.А., Близиюков В.Ю., Полозков А.В., Гафтуняк П.И. Теплоизоляция конструкций добывающих скважин в зонах распространения многолетнемёрзлых пород // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2009. - № 11. – С. 14 – 17 .
6. Стригоцкий С.В., Мельцер М.С., Шпильковская Л.В. Влияние концентрации коллоидного компонента твёрдой фазы глинистого материала в растворе на интенсивность разрушения мерзлых пород // Вопросы повышения качества и ускорения строительства скважин в Тюменской области: сб. науч. тр. – Тюмень: Тюменский индустр. Ин-т, 1988. – С. 87 – 95.
7. Яковлев А.А. Газожидкостные промывочные и тампонажные смеси (комплексная технология бурения и крепления скважин) СПб.: СПГГИ, 2000. -143 с.

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ШАРОСТРУЙНЫМ СПОСОБОМ**

**Е.Д. Исаев**

*Научный руководитель старший преподаватель В.А. Шмурыгин*

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

Диапазон условий бурения постоянно расширяется, что приводит к необходимости применения более эффективных решений, создания принципиально новых технических средств и технологий. Одним из таких решений может стать применение шароструйного способа бурения.

Принципиальная возможность бурения скважин шароструйным способом была доказана в работах [1, 3]. Преимуществами данного способа являются возможность реализации на забое скважины больших мощностей, отсутствие необходимости в создании осевых нагрузок, возможность бурения без вращения колонны бурильных труб, простота конструкции бурового снаряда, высокая скорость проходки по твердым горным породам [2, 3, 4]. Данные преимущества позволяют говорить о потенциальной эффективности применения данного способа там, где бурение скважин вращательным и вращательно-ударным способами затруднительно, или не представляется возможным, или показывает низкую эффективность.

Однако промышленного внедрения шароструйное бурение на данный момент не получило. На наш взгляд, причиной этого является отсутствие готовых технических решений и, как следствие, недостаточная технологическая проработка данного способа. Таким образом, необходимо разработать принципиальную схему буровой установки для шароструйного бурения скважин.