

Бурение с помощью газожидкостных систем в условиях вечной мерзлоты.

В.А. Перфилов, Т.А. Сангаков

*Волгоградский государственный технический университет
Институт Архитектуры и Строительства*

Аннотация: Проблема бурения в условиях вечной мерзлоты до сих пор остаётся актуальной. Несмотря на значительный прогресс в виде применения термоизолирующих направлений обсадной трубы, вопрос в выборе бурового раствора остаётся неоднозначным, так как неправильно подобранный буровой раствор может привести к огромным последствиям. В этой статье даётся краткая характеристика многолетнемерзлых пород, рассматриваются проблемы бурения в условиях вечной мерзлоты, и методы их решения с помощью газожидкостных систем, и воздуха.

Ключевые слова: бурение, многолетнемерзлые породы (ММП), газожидкостные системы (ГЖС), бурение с продувкой воздухом.

Многолетнемерзлые породы (ММП) распространены более чем на половине территории России, мощность их доходит до нескольких сотен метров, температура достигает $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$, обычно $-5\text{...}6\text{ }^{\circ}\text{C}$. [1]. Различают три вида структуры мерзлых (криогенных) пород: массивную, слоистую и сетчатую, где основную проблему представляет массивная структура, сложенная галечниками, песками и сцементированным льдом [1,2]. Прочность мерзлой породы вырастает при снижении температуры от $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже, а при температуре до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ породы находятся в пластичном мерзлом состоянии. Помимо физико-химического взаимодействия, одним из основных факторов, влияющих на прочность стенок ствола скважины в многолетнемерзлых породах, является тепловое воздействие. Буровой раствор обычно имеет положительную температуру, это способствует расплавлению льда ММП, примыкающих к скважине, вследствие чего стенка скважины теряет устойчивость. Растепление пород может привести к интенсивному кавернообразованию, обваливанию устья, падению вышки, а замерзание бурового раствора к смятию обсадной колонны. Температура промывочной жидкости в каждой части скважины должна следовать условию

$t_{\max} \leq 0^{\circ}\text{C}$ [3], это даст полную гарантия от осложнений. Растепление многолетнемерзлых породы является не единственной проблемой. Помимо неё существует риск обратного примерзания прискважинной зоны. При длительных остановках в стволе скважины образуются ледяные пробки, в результате происходит примерзание ствола к стенкам – прихват [4]. При протаивании, обратный процесс кристаллизации воды приводит к увеличению объёма льда до 10%, это оказывает давление на обсадную трубу, что также может привести к смятию.

Тем не менее, установлено что в интервале температур $0 - 5^{\circ}\text{C}$ темп протаивания ледяной структуры увеличивается прямо пропорционально росту минерализации жидкой фазы [5], то есть буровой раствор должен быть пресным, это ставит под сомнение применение общеизвестных промывочных жидкостей, используемых в «повседневном бурении». Благодаря многочисленным исследованиям, начавшимся еще в прошлом веке, были выявлены основные способы, при которых практически устраняются основные осложнения, связанные с таянием и обратным промерзанием мерзлых пород.

Наиболее распространённым является буровой раствор на бентонитовой основе с добавлением Na_2CO_3 (Карбонат натрия) и NaOH (Гидроксид натрия) в качестве противоморозных добавок. Тиксотропные свойства данного раствора являются достаточно стабильными и почти не отличаются с истечение определённого количества времени. Использование данного раствора вызывает появление застойных зон, благодаря чему темп растепления стенок снижается, а также уменьшается объём каверн.

Большой интерес также представляют полимерные растворы с добавлением этилен и пропиленгликолей [6]. Ввод гликолей обеспечивает значительной снижение теплопроводности и теплоёмкости раствора. Происходит подавление набухания глинистых частиц, улучшаются

характеристики фильтрационной корки, то есть снижаются фильтрационные потери бурового раствора. Также увеличивается скорость проходки.

Газожидкостные системы (ГЖС), на данный момент не нашедшие широкого применения в России, но тем не менее с точки зрения предотвращения растепления многолетнемерзлых пород они являются наиболее эффективными и экономически выгодными. Газожидкостные системы делятся на аэрированные растворы, пены, а также туманы.

Аэрированные растворы представляют собой низкоконцентрированные дисперсные системы, дисперсионная среда которых представлена жидкостью, а дисперсная фаза - сжатым воздухом. Говоря простым языком, их получают путем ввода газа или воздуха в промывочные растворы. Эти растворы занимают промежуточное положение между жидкими и газообразными очистными агентами. В качестве жидкости может использоваться любой буровой раствор, в том числе на углеводородной основе, а при вскрытии продуктивных пластов – дополнительно поверхностно-активные вещества (ПАВ) [7]. Аэрация раствора производится механическим или химическим путем. Для механической аэрации требуется установка дополнительного компрессора и аэрирующего устройства, при этом химическая аэрация не требует установки доп. оборудования, растворы более устойчивы [8], тиксотропные свойства хорошо регулируются. Рецепт химически аэрированных растворов состоит из жидкости, пенообразующего ПАВ, а также структурообразователя.

Пены – это сверхконцентрированные низкодисперсные системы, состоящие из ячеек-пузырьков воздуха (дисперсная фаза), разделенных пленками жидкости (дисперсионная среда) [8,9]. Также в состав рецептуры входят пенообразующее ПАВ и оксиэтилированные высшие жирные спирты. Пресная основа пен может замещаться противоморозными добавками в

зависимости от температуры породы. Жидкая фаза, при бурении ММП должна быть максимальной незначительной, её следует уменьшать. Механизм получения пены заключается в гидратации поверхностно-активных веществ, которые образуют прочное кольцо гидратной оболочки вокруг пузырьков воздуха [9]. На пути от устья до забоя пена является пластической сжимающейся жидкостью [9,10], а от забоя до устья – расширяющейся, вследствие увеличения размеров пузырьков при снижении давления и последующего увеличения своего объёма. Технология промывки при закачивании скважин с использованием пен предусматривает обязательное пеногашение на поверхности перед очередной закачкой в скважину для повышения КПД работы буровых насосов. Ввиду низкого гидростатического давления, пены обладают повышенной скоростью бурения. Случаи коррозии и прихватов бурового инструмента сводятся к минимуму. Пены гарантируют лучшее сохранение коллекторских свойств продуктивного пласта по сравнению с глинистыми растворами и не требуют предварительного охлаждения [10]. Главным преимуществом является высокая несущая способность.

Наилучшим промывочным агентом с точки зрения растепления мёрзлых пород является **сжатый воздух**, который не замерзает при бурении [11]. Расходы воздуха, необходимые для чистки скважины, значительно меньше, чем при бурении с помощью промывочной жидкости. Также стоит отметить, что воздух обладает низкой удельной теплоёмкостью. В совокупности все эти факторы уменьшают опасность осложнений при протаивании пород. Дисперсионной средой является сжатый воздух, а дисперсной фазой – водяной пар. Для предотвращения взрывоопасных условий, связанных с окислением углеводородов под землей, широко используется азот или природный газ. Выходя из компрессора, воздух имеет повышенную температуру (около 80 °С), в результате наблюдается



протаивание мерзлоты. Также, имеются особые осложнения, связанные с выпадением конденсата из воздуха, поэтому требуется использование эффективной системы охлаждения и осушения сжатого воздуха. Наиболее простым является принудительное охлаждение воздуха за счет теплообмена с атмосферным, но наиболее результативным применением компактного ребристо-трубчатого холодильника, который обладает большей площадью теплообмена холодного атмосферного воздуха в совокупности с циркуляцией с помощью вентилятора. В летний период температура воздуха в условиях вечной мерзлоты может достигать 25 – 30 °С. Для получения оптимальной температуры бурового раствора требуется применение второй ступени охлаждения. При этом в зимний период используется лишь одна ступень.

Бурение с продувкой воздухом и пеной часто и эффективно применяется для борьбы с поглощением бурового раствора. На данный момент тенденции применения этих систем в качестве очистного агента при бурении мерзлых пород не наблюдается ввиду малого количества исследований. Тем не менее, вследствие постоянного изменения криолитозоны в связи с глобальным потеплением климата, актуальность газожидкостных систем повышается.

Литература

1. Охлопкова Т.В., Гурьянов Г.Р., Плотников А.А. Строительство и проектирование зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты // Инженерный вестник Дона, 2018, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5258.

2. Перфилов В.А., Дмитриенко И.А. Особенности строительства свайных фундаментов в зонах вечной мерзлоты на объектах нефтегазовой отрасли: обзор // Инженерный вестник Дона, 2019, №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6122.

3. Darley H. C. H., Gray George R. Composition and properties of drilling and completion fluids (fifth edition). 1988. – 643 p.
4. Eppelbaum Lev V., Kutasov Izzy M. Well drilling in permafrost regions: dynamics of the thawed zone. 2019, 8 p.
5. Логинова М.Е., Агзамов Ф.А., Султанов Д.Р. Распределение температуры в многолетнемерзлых породах при креплении скважин тампонажными материалами различной теплопроводности. 2017. – 8 с.
6. Овчинников В.П., Аксенова Н.А., Грошева Т.В., Рожкова О.В. Современные составы буровых промывочных жидкостей. ТюмГНГУ, 2013. – 156 с.
7. Кудряшов Б.Б., Чистяков В.К., Литвиненко В.С. К 88 Бурение скважин в условиях изменения агрегатного состояния горных пород. Л.: Недра, 1991.—295 с. :ил. ISBN 5–247–00670–4.
8. Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин: Учебник для нач. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 352 с.
9. Рязанов Я.А. Энциклопедия по буровым растворам. – Оренбург: издательство «Летопись», 2005 – 664 с.
10. Медведский Р.И.: Строительство и эксплуатация скважин на нефть и газ в вечномерзлых породах. – М.: Недра, 1987, – 230 с.
11. Кудряшов Б.Б. Нормализация температурного режима скважин при бурении по многолетнемерзлым породам с очисткой забоя воздухом. Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, LVII, вып. 2, 1969 – 11 с.

References

1. Okhlopko T.V., Gurianov G.R., Plotnikov A.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5258.
2. Perfilov V.A., Dmitriyenko I.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019, №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6122.

3. Darley H. C. H., Gray George R. Composition and properties of drilling and completion fluids (fifth edition). 1988, 643 p.

4. Eppelbaum Lev V., Kutasov Izzy M. Well drilling in permafrost regions: dynamics of the thawed zone. 2019, 8 p.

5. Loginova M.E., Agzamov F.A., Sultanov D.R. Raspredeleniye temperatury v mnogoletnemerzlykh porodakh pri kreplenii skvazhin tamponazhnymi materialami razlichnoy teploprovodnosti [Temperature distribution in permafrost formations when cementing wells with grouting materials of different thermal conductivity], 2017. 8 p.

6. Ovchinnikov V.P., Aksenova N.A., Grosheva T.V., Rozhkova O.V. Sovremennyye sostavy burovnykh promyvochnykh zhidkostey [Modern Drilling Fluid Compositions]. TyumGNGU 2013. 156 p.

7. Kudryashov B.B., Chistyakov V.K., Litvinenko V.S. K 88 Bureniye skvazhin v usloviyakh izmeneniya agregatnogo sostoyaniya gornykh porod [Drilling wells under conditions of changes in the aggregate state of rocks], 1991. 295 p.

8. Vadetskiy Y.V. Bureniye neftyanykh i gazovykh skvazhin: Uchebnik dlya nach. prof. obrazovaniya [Drilling of oil and gas wells]. Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 2003. 352 p.

9. Ryazanov Y.A. Entsiklopediya po burovym rastvoram [Encyclopedia of Drilling Fluids]. Orenburg: izdatelstvo «Letopis», 2005. 664 p.

10. Medvedskiy R.I.: Stroitelstvo i ekspluatatsiya skvazhin na neft i gaz v vechnomerzlykh porodakh [Construction and operation of oil and gas wells in permafrost formations], 1987. 230 p.

11. Kudryashov B.B. Normalizatsiya temperaturnogo rezhima skvazhin pri burenii po mnogoletnemerzlym porodam s ochkoy zaboya vozdukhom [Normalization of the temperature mode of wells when drilling through permafrost formations with bottom-hole air cleaning], 1969. 11p.
