

БУРЕНИЕ СКВАЖИН ВО ЛЬДУ

Маскаев Андрей Юрьевич,

соискатель, Тюменский государственный нефтегазовый университет
articlevak@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены факторы современного состояния технологии бурения скважин в ледниках, связанные с перспективными теоретическими и экспериментальными методами и решениями, а также экологическими требованиями.

Ключевые слова: скважины, технология бурения, экология, факторы бурения.

DRILLING OF BOREHOLES IN THE ICE

Maskaev Andrey Yurievich,

Competitor, Tyumen State Oil and Gas University

Annotation. In article the factors of the current state of technology of drilling wells in glaciers, associated with advanced theoretical and experimental methods and solutions, as well as environmental requirements.

Keywords: well drilling technology, the environment, factors drilling.

Строительство скважин в ледниках существенным образом отличается от аналогичного производства в условиях горных пород. Это различие обусловлено не только отличием свойств ледников от горных пород, но и особыми требованиями к экологическим факторам.

Специалистами Австралии, Германии, Дании, Италии, Канады, Новой Зеландии, России, США, Франции, Японии и других стран разработаны десятки специальных буровых установок, предназначенных для сооружения скважин в ледниках. За последние 50 лет в ледниках пробурено около 110 тыс. пог. м скважин. [1-4].

Анализ современного состояния технологии бурения скважин в ледниках свидетельствует о низкой эффективности и высокой аварийности при проходке глубоких горизонтов ледниковых покровов [1]. Недостаточная надежность процесса бурения нередко приводила к наиболее тяжелым по последствиям авариям в скважине - прихватам буровых снарядов.

Известны два основных метода разрушения льда в процессе бурения - тепловой и механический [2]. При тепловом способе бурения лед на забое плавится под воздействием термобуровой коронки, при механическом – за счет разрушения льда коронками

резцового типа. Наиболее значимый вклад в развитие теплового способа бурения внесли российские ученые. Тепловой способ бурения привлекает, в первую очередь, относительной простотой буровых снарядов. В то же время метод плавления льда на забое требует большого количества энергии, что связано с фазовым переходом между твердым и жидким состоянием. Для плавления льда требуется в десятки раз большее количество энергии, чем при его механическом разрушении, что приводит к использованию грузонесущих кабелей большего диаметра, чем для механического бурения.

Оборудование для бурения скважин тепловым способом получается значительно более тяжелым и энергоемким, кроме того, качество керна при механическом бурении выше, чем при термобурении, что обусловило распространение этого метода бурения глубоких скважин.

Отечественными учеными из СПГГИ (ТУ) на основе более чем 30 лет опыта показано, что в настоящее время наиболее совершенным является способ глубокого бурения колонковыми электромеханическими снарядами на грузонесущем кабеле, в частности, типа КЭМС, с помощью которого на российской станции Восток в Антарктиде пройдена скважина 5Г рекордной глубины 3623 м.

В [1] прослежены основные затруднения, возникающие при бурении глубоких горизонтов ледников:

- главная проблема бурения глубоких горизонтов ледников - осложнения и аварии, вызванные налипанием частиц ледяного шлама на забойный буровой инструмент. Этот процесс обусловлен возникновением на поверхности льда при температурах, близких температуре плавления, квазижидкого слоя воды, изменением кристаллической структуры льда, а также теплотой, выделяющейся при разрушении льда на забое скважины;
- прихваты буровых снарядов как наиболее тяжелые по последствиям аварии в скважине – результат нерешенности вопросов надежности процесса бурения.

В качестве системных решений указанных проблем предложено [1]:

- для ликвидации прихватов электромеханических снарядов в скважине необходимо использование активных по отношению ко льду реагентов, например, этиленгликоля, теплофизические свойства которого позволяют опускать его в скважину в твердом (замороженном) состоянии;
- теоретические исследования теплового режима разрушения льда резанием позволяют выделить параметры режима бурения, при которых не происходит плавления отделяемого элемента льда, тем самым определяют возможности нейтрализации тепловых потоков, возникающих в зоне разрушения, и снижения интенсивности растепления льда;
- уточненная реологическая модель течения льда позволяет прогнозировать скорость сужения ствола скважины в ледяном массиве с учетом практически всех факторов, определяющих этот процесс - дифференциального давления на стенках скважины, особенностей строения и состава льда, начального диаметра скважины, длительности процесса.

Экологические факторы бурения скважин во льду [2,3]

Методы экологически безопасного вскрытия были применены на скважине 5Г, забой которой

находится приблизительно в 130 м от поверхности подледникового озера Восток, предположительно пресноводного и содержащего реликтовые формы жизни [2]. На глубинах свыше 3500 м при механическом бурении встретились серьезные затруднения, связанные с высокой вязкостью глубоководного аморфного базального льда. Кроме того, при механическом бурении трудно обеспечить стерильность процесса проникновения в подледниковое озеро. В связи с этим вновь возник интерес к предложенному в 1989 г. жидкостному тепловому снаряду (ЖТБС).

Задача исследования и разработки жидкостного теплового бурового снаряда на грузонесущем кабеле является актуальной, поскольку ее решение дает реальную возможность экологически безопасного вскрытия и опробования подледникового озера Восток, что имеет важное значение для широкого круга естественных наук.

Обоснован выбор рецептуры незамерзающей заливочной жидкости для предотвращения сужения ствола скважины под воздействием горного давления и повышающейся с глубиной естественной температуры льда, существенно изменяющей его вязкопластические свойства.

Высокие требования к экологической чистоте, предъявляемое к промысловым жидкостям, обусловлены характером и масштабом вероятных последствий воздействия на окружающую среду в полярных районах, имеющих уникальное сочетание природных условий.

При бурении скважин во льдах распространение получили три типа органических жидкостей:

- углеводородные жидкости, содержащие различного рода утяжелители;
- водные растворы спиртов;
- сложные эфиры (рис. 1).

Показано, что используемые в настоящее время промысловые жидкости наносят значительный ущерб объектам окружающей природной среды. Реальное улучшение экологической обстановки в районе проведения буровых работ достигается путем внедрения в практику проходки нового современного класса полимерных соединений - низкотемпературных олигодиметилсилоксановых жидкостей [3].

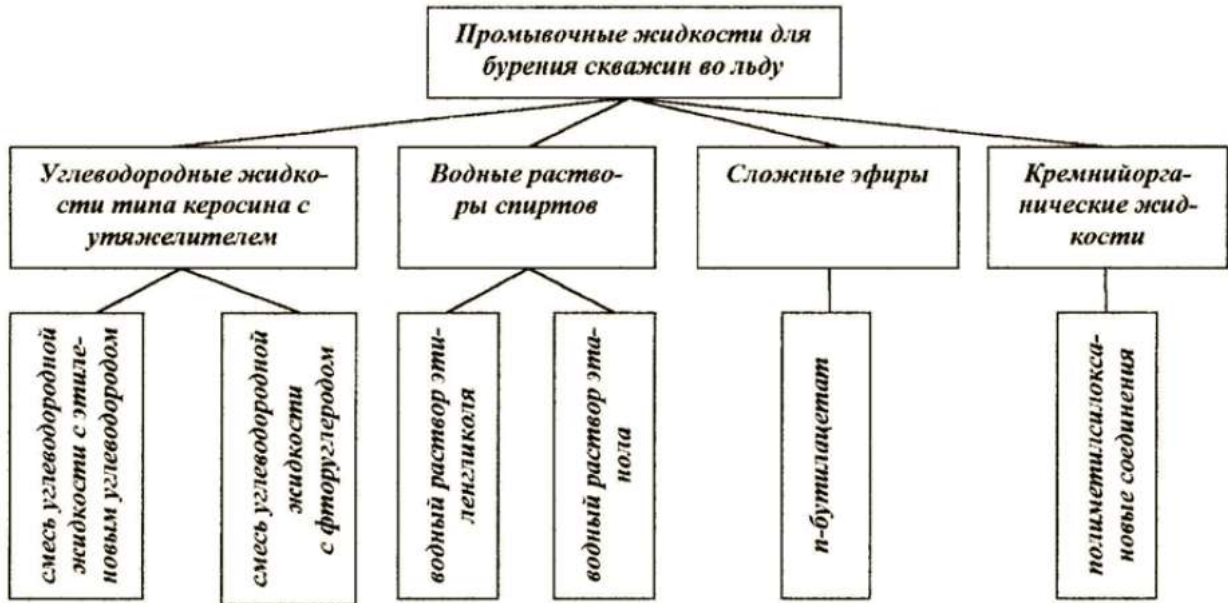


Рис. 1. Классификация промывочных жидкостей для бурения скважин во льдах

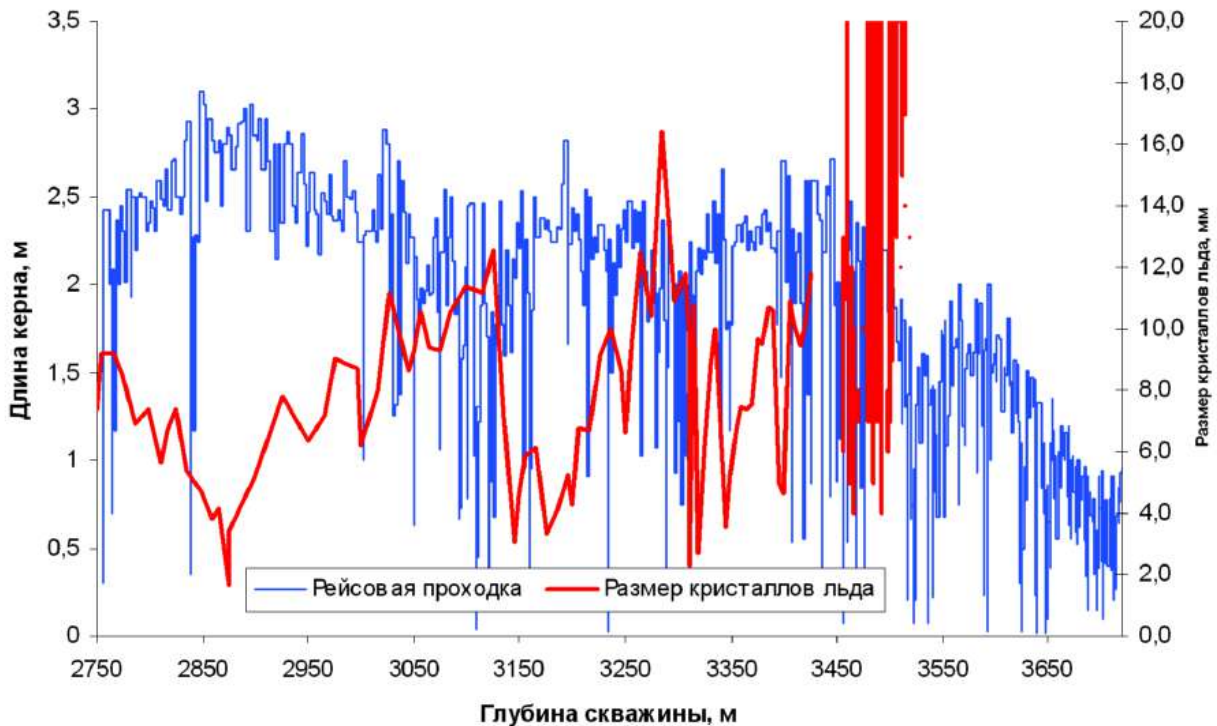


Рис. 2. Диаграмма изменения рейсовой проходки от глубины скважины

Анализ результатов буровых работ на глубокой скважине 5Г [2]

Выделены основные факторы, влияющие на процесс работы бурового снаряда на забое:

- геометрические характеристики резцов;
- скорость вращения буровой коронки (скорость резания);
- внедрение резцов в лед (толщина снимаемой стружки);
- конструкция фильтров и каналов для выноса шлама;
- параметры насоса, создающего призабойную циркуляцию заливочной жидкости.

Начало бурения скважины механическим способом характеризовалось постепенным ростом проходки (рис. 2), а начиная с глубины 2930 м, появилась увеличивающаяся с ростом глубины нестабильность процесса бурения. Имели место неожиданные заклинивания коронки, что было даже при очень низких скоростях подачи бурового снаряда на забой. Одновременно фиксировали постепенное снижение рейсовой проходки. Несмотря на все принятые меры, при достижении глубины 3350 м снова проявилась тенденция к снижению проходки, вплоть до полной остановки бурения. Длина рейса начинала катастрофически падать, и происходило зашламование коронки практически в самом начале рейса.

Похожие эффекты отмечали специалисты многих стран при бурении всех глубоких скважин в Антарктиде и Гренландии. Так как температура льда на больших глубинах приближается к точке плавления, появился термин «проблема бурения теплого льда».

В [2] сделано предположение, что в процессе резания льда появляется вода, что является причиной образования на резцах коронки ледяной корки, препятствующей его дальнейшему разрушению.

Проведенный нами анализ причин осложнений, возникших в процессе бурения скважины 5Г, пока-

зал наличие связи рейсовой проходки с изменением кристаллической структуры проходимого льда и его физико-механических свойств.

Масштабные эффекты прочности льда [5]

Представляет интерес изучение фактора масштабных эффектов прочности льда. Масштабный эффект имеет принципиальное значение при исследовании прочности и механизмов разрушения твердых тел. Природа масштабного эффекта связана с законом распределения критических дефектов, с которых начинается разрушение твердого тела. Чем больше размер испытываемого образца, тем ниже его прочность, поскольку выше вероятность появления критических дефектов разного рода.

В [5] описаны крупномасштабные испытания характеристик прочности торосистых образований, проведенные ААНИИ по контракту с компанией ExxonNeftegazLtd в 1998 г. на шельфе о. Сахалин.

Показано, что для определения прочности морского льда в объемно-напряженных условиях необходимо учитывать масштабный фактор. Испытания прочности образцов льда даже с учетом масштабного эффекта не в полной мере учитывают реальное поведение ледовых образований при разрушении, т.е. не отражают прочности льда в естественном состоянии

Отмечено, что прочность льда определяется в стесненных напряженных условиях локального объема льда, поэтому используется термин «локальная прочность льда».

Таким образом, на основе представленных выше данных можно заключить, что развитие современных технологий бурения скважин в ледниках связано со взаимодействием таких факторов, как аппаратное исполнение, уровень теоретической и экспериментальной отработки и экологические ограничения и требования.

Список литературы

1. Талалай П.Г. Научно-практические основы эффективной и экологически чистой технологии бурения глубоких скважин в ледниках: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург, 2007.
2. Васильев Н.И. Глубокое бурение антарктического ледникового покрова как метод исследования палеоклимата // Проблемы исследования Арктики и Антарктики. Л.: ААНИИ. – 2007. - №76. - С. 78–88.
3. Чистяков В.К., Талалай П.Г. Экологические проблемы бурения в Антарктиде // Рос.наука: грани творчества на грани веков: сб. науч.-попул. статей. М., 2000. - С. 397-404.
4. Никишин В.В. Основы технологии бурения скважин во льду жидкостным термоэлектробуровым снарядом: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербург, 1999.
5. Смирнов В.Н., Миронов Е.У. Исследования прочности, морфометрии и динамики льда в инженерных задачах при освоении шельфа в замерзающих морях // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2010. - №2 (85).