

УДК 622.243

Докт. техн. наук ЧИСТЯКОВ В.К.

Санкт-Петербургский государственный горный институт, г. Санкт-Петербург, Россия

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВСКРЫТИЯ СКВАЖИНОЙ ПОДЛЕДНИКОВЫХ ТОЛЩ**

В последние десятилетия XX столетия интенсивные исследования развернулись по изучению самых обширных на нашей планете ледниковых покровов Антарктики и Гренландии, роль и влияние которых на атмосферу и Мировой океан при формировании климата, водного баланса и других глобальных природных процессов становятся все более определяющими. Одним из основных методов гляциологических исследований, занимающих особое место по информативности и комплексности изучения ледников и подледниковых толщ, является бурение скважин с отбором керна, которое быстро приобретает прикладное значение также для геологического изучения, инженерных изысканий, промышленного и хозяйственного освоения ледниковых областей. С открытием в Центральной Антарктиде подледниковых озер, в том числе и самого крупного озера, расположенное под российской антарктической станцией Восток, существенно активизировало внимание к буровым работам в этих районах, так как, по мнению ряда исследователей, в подледниковых озерах могут существовать реликтовые формы жизни, что придает особое значение их изучению. По данным геофизических исследований, проведенных Российскими учеными в 1994 – 1998 гг., при мощности ледникового покрова в 3750 м глубина подледникового озера в районе ст. Восток составляет 670 м, длина озера достигает 230 км, ширина - 50-60 км, а площадь - порядка 14.000 км<sup>2</sup>.

Специфические особенности бурения глубоких скважин в этих районах, характеризующиеся сочетанием наиболее экстремальных природно-климатических условий: сплошной ледяной покров, низкие отрицательные температуры, чрезвычайная отдаленность от пунктов снабжения, полное отсутствие инфраструктуры и др., сделали традиционные технологии и технические средства бурения скважин с отбором керна малоэффективными, а подчас и совсем неприменимыми. Поэтому отечественными и зарубежными исследователями для этих целей были разработаны облегченные передвижные и стационарные буровые установки с комплектом полуавтономных колонковых термобуровых или электромеханических снарядов на грузонесущем кабеле или шлангокабеле [2, 3]. При небольших размерах и массе технических средств, минимальных материальных, энергетических и трудовых затратах на их использование это обеспечивало возможность проходки скважин глубиной от несколько сотен до 3 - 4 тыс. метров с полным отбором керна.

Специфические особенности льда как нелинейной реологической системы, обладающей текучестью даже при небольших напряжениях, определили необходимость решения в качестве первоочередной проблемы бурения глубоких скважин – обеспечение длительной устойчивости ее ствола под действием избыточных внешних и внутренних давлений, возникающих при вскрытии ледяного массива скважиной уже на глубинах в несколько сотен метров. Успешное решение этой проблемы возможно только при заполнении скважины специальной низкотемпературной жидкостью, гидростатическое давление которой на ее стенки будет полностью или частично (в зависимости от напряженного состояния и температуры льда, технологии, продолжительности бурения и пр.) компенсировать внешнее горное давление [6].

Так как последствия загрязнения промышленными и бытовыми отходами в полярных районах, имеющих уникальное биологическое окружение, может иметь катастрофический, необратимый характер, необходимость незамедлительного решения вопросов,

связанных с экологической безопасностью проведения буровых работ, является также одной из первоочередных задач. Учитывая, что основным источником загрязнения при бурении являются материалы и реагенты, используемые для приготовления промывочной жидкости, особое значение приобретают требования к высокой экологической чистоты последней.

Промывочная жидкость, применяемая для бурения глубоких скважин во льду, должна удовлетворять необходимой плотностью, морозостойкостью, относительно низкой вязкостью, высокой стабильностью и химической инертностью, доступностью, соответствовать нормам производственной санитарии, технической, пожарной и экологической безопасности [4]:

В практике бурения глубоких скважин в ледниках (табл. 1) использовались только три типа органических промывочных жидкостей [2, 3, 4, 8]:

1. углеводородные жидкости, содержащие различного рода утяжелители;
2. водные растворы спиртов (этиленгликоля и этанола);
3. сложные эфиры (n-бутилацетат).

**Таблица 1** – Реестр глубоких скважин, пробуренных в Гренландии и Антарктиде

Год	Расположение	Организация, проект	Глубина, м	Промывочная жидкость
1966	Кэмп Сенчури, Гренландия	USA CRREL	1391	водный р-р этиленгликоля; дизельное топливо DF-A с трихлорэтиленом
1967 - 1968	ст. Берд, Антарктида	USA CRREL	2164	водный раствор этиленгликоля; дизельное топливо DF-A с трихлорэтиленом
1980 - 1981	ст. Дай-3, Гренландия	Университет Копенгагена, GISP	2037	авиационное топливо Jet с перхлорэтиленом
1980 - 1986	ст. Восток, Антарктида	Ленинградский горный институт	2202	авиационное топливо TC-1 с CFC 11
1983 - 1989	ст. Восток, Антарктида	Ленинградский горный институт	2546	авиационное топливо TC-1 с CFC 11
1990 - 1992	Саммит, Гренландия	Университет Копенгагена, GRIP	3029	растворитель D60 с CFC 113
1990 - 1993	Саммит, Гренландия	Университет Аляски, GISP2	3053	n-бутилацетат
1991 - 1993	Купол Лоу, Антарктида	Австралийская антарктическая экспедиция	1196	авиационное топливо Jet A1 с перхлорэтиленом
1996 - 1997	Лагерь NGRIP, Гренландия	Университет Копенгагена, NGRIP	1371	растворитель D60 с HCFC 141b
1996 - 1998	Купол F, Антарктида	Японская антарктическая экспедиция	2503	n-бутилацетат
1990 - 1998	ст. Восток, Антарктида	Санкт-Петербургский горный институт	3623	авиационное топливо TC-1 с CFC 11 и HCFC 141b
1998 - 1999	Лагерь NGRIP, Гренландия	Университет Копенгагена, NGRIP	1751	растворитель D60 с HCFC 141b и HCFC 123

Проведенный в Санкт-Петербургском государственном горном институте анализ показал, что ни одна из используемых жидкостей не удовлетворяет требованиям экологически безопасного бурения скважин во льду. Особенно остро эта проблема стоит при разработке технологии экологически чистого "вскрытия" озера Восток, центральное место в



которой должны занимать природоохранные мероприятия, исключая отрицательное воздействие компонентов промывочной жидкости на биологическую среду озера. По этой причине в 1998 г бурение самой глубокой в мире скважины во льду (3623 м) было приостановлено приблизительно в 100-120 м выше предполагаемой границы ледника с подледниковым озером Восток до разработки экологически чистой технологии вскрытия последнего.

Экологические аспекты технологии промывки скважины в этих условиях должны включать в себя следующие направления [5, 9]:

1. разработку биологически стерильной промывочной жидкости;
2. разработку безопасных систем транспортировки, хранения, приготовления и циркуляции промывочной жидкости;
3. сбор выносимых из скважины в процессе проведения спуско-подъемных операций бурового шлама и промывочной жидкости и их утилизацию.

С целью предотвращения возможного физического и биологического "загрязнения" изолированной в течение длительного геологического периода реликтовой среды подледникового озера Восток при вскрытии его скважиной предложено в качестве промывочной жидкости, непосредственно контактирующей с водой озера, использовать химически инертные и биологически стерильные низкотемпературные полиметилсилоксановые соединения (ПМС), относящиеся к классу кремнийорганических жидкостей [7].

Кремнийорганические жидкости широко используются в промышленности в качестве охлаждающих и гидравлических сред, способных работать при низких отрицательных температурах (до  $-100^{\circ}\text{C}$ ). Они легко доступны и обладают относительно невысокой стоимостью, способны долго сохраняться в широком диапазоне температур и давлений. Основные свойства низкомолекулярных ПМС приведены в табл. 2.

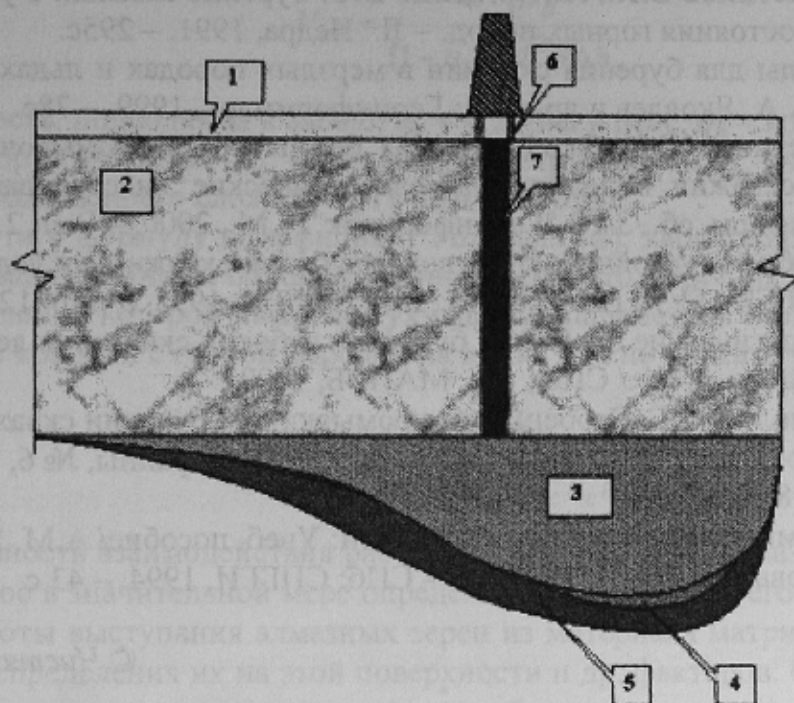
**Таблица 2** – Основные свойства низкотемпературных полиметилсилоксановых жидкостей [1]

Торговая марка	Молекул. масса	$\rho^*$ , кг/м <sup>3</sup>	$\mu^*$ , мПа·с	$T_{\text{заст.}}$ , $^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{вспыш.}}$ , $^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{воспл.}}$ , $^{\circ}\text{C}$
ПМС-1,5	260-300	850	1,5	-88	40	71
ПМС-2,0	340-370	870-878	2,0	-83	56	79
ПМС-5,0	690	920	$5,0 \pm 0,5$	-60	115	135,0

\*при температуре  $20^{\circ}\text{C}$

Однако возможности применения ПМС, наименее вязких из кремнийорганических жидкостей, ограничены относительно высокой их вязкостью при низких отрицательных температурах (более 12 мПа·с при  $-55^{\circ}\text{C}$ ), что существенно уменьшает скорость спуско-подъемных операций при бурении глубоких скважин снарядами на грузонесущем кабеле. Поэтому их использование возможно при снижении вязкости за счет добавок специальных разжижителей или при заполнении ими призабойного интервала скважины, где температура не превышает  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Для экологически чистого "вскрытия" озера Восток предлагается основную часть скважины заполнять гидрофобной углеводородной смесью (авиационного топлива) с хлорфторуглеродными утяжелителями, обеспечивающими необходимое гидростатическое противодавление на стенки скважины с целью сохранения их длительной устойчивости (рис. 1). В нижней части столба должна находиться гидрофобная кремнийорганическая жидкость на основе ПМС, экологически и биологически безопасная для проникновения в подледниковое озеро. Эти две жидкости будут разделяться гидрофильной буферной жидкостью, в качестве компонентов которой могут быть использованы водные растворы спиртов (этанола). Попадание промывочной жидкости в озеро исключается за счет созда-



**Рис.1** – Схема "вскрытия" подледникового озера:

1 – снежно-фирновые отложения; 2 – ледовая толща; 3 – вскрываемое озеро Восток; 4 – донные отложения; 5 – коренные горные породы; 6 – обсадная колонна; 7 – низкотемпературная жидкость.

ния отрицательного дифференциального давления в зоне забоя. Сужение призабойного интервала ствола скважины, которое может возникнуть в результате неполной компенсации внешнего бокового давления ледяной толщи на стенки скважины внутренним гидростатическим, предполагается предупреждать путем дополнительного его разбуривания (расширения). В интервале контакта стенок скважины с химически активной гидрофильной буферной жидкостью это возможно также за счет их управляемого растворения.

Для регулирования плотности и вязкости ПМС было предложено использовать в качестве добавок к ним хорошо зарекомендовавших себя озонобезопасных фторорганических соединений. С целью определения оптимальной концентрации этих добавок в лаборатории кафедры ТТБС СПГГИ были проведены экспериментальные исследования по установлению зависимости плотности и вязкости кремнийорганической жидкости от температуры и от концентрации фторорганических добавок.

В дальнейших научно-исследовательских работах планируется провести моделирование процесса бурения льда на экспериментальном стенде с промывкой жидкостями типа ПМС и пробное бурение скважин. Для надежного обоснования параметров промывочной жидкости необходимо уточнение состава, физических свойств, реологических параметров и температурного режима глубоких горизонтов ледниковой толщи и переходной зоны ледник-озеро.

#### Библиографический список

1. Алексеев П.Г., Скороходов И.И., Поварнин П.И. Свойства кремнийорганических жидкостей: Справочник./ М.: Энергоатомиздат, 1997. – 328 с.
2. Кудряшов Б.Б., Талалай П.Г., Чистяков В.К. Бурение скважин в снежно-фирновых и ледовых толщах за рубежом/ Техн. технол. и орг. геол.-разв. работ: Обзор. – М.: ВИЭМС, 1991. – 57с.



3. Кудряшов Б.Б., Чистяков В.К., Литвиненко В.С. Бурение скважин в условиях изменения агрегатного состояния горных пород. – Л.: Недра, 1991. – 295с.
4. Промывочные среды для бурения скважин в мерзлых породах и льдах / В.К. Чистяков, П.Г. Талалай, А.А. Яковлев и др. – М.: Геоинформмарк, 1999. – 78с.
5. Талалай П.Г., Чистяков В.К. Экологическая безопасность промывочных сред для бурения глубоких скважин в ледниках//Геозэкологические исследования и охрана недр. Науч.-техн. информ. сб./ЗАО "Геоинформмарк", – М., 2000. – Вып.2. – С. 47–57.
6. Чистяков В.К. Проблема устойчивости ствола глубокой скважины в ледяном массиве // В сб. "Наука в СПГГИ (ТУ)". Вып.3/ СПб.; изд. СПГГИ, 1998, с. 116–120.
7. Чистяков В.К. Экологические проблемы бурения глубоких скважин в ледниковых покровах.//В сб. науч. докл. конф./ СПб.; изд. МАНЭБ, 1999.
8. Чистяков В.К., Талалай П.Г. Особенности промывки при бурении скважин в ледниках и ледниковых покровах. – Сб. науч. тр. нац. гор. акад. Украины, № 6, т. 4.– Днепропетровск, 1999, с. 85 – 89.
9. Экологизация промывки при бурении скважин: Учеб. пособие/ А.М. Яковлев, В.С. Литвиненко, В.И. Коваленко, А.Н. Холодок – СПб: СПГГИ, 1994. – 43 с.

© Чистяков В.К., 2001

УДК 622.24.051

Докт. техн. наук. ЧИХОТКИН В.Ф.,

Крымский завод промышленного инструмента, г. Крымск, Россия

Докт. техн. наук СОЛОВЬЕВ Н.В., докт. техн. наук БАШКАТОВ Д.Н.

Московская государственная геологоразведочная академия, г. Москва, Россия

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЗАБОЙНЫХ ПРОЦЕССОВ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО АЛМАЗНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В современных условиях рынка по производству и реализации алмазного породоразрушающего инструмента в России решающее значение приобретают наукоемкие технологии по его разработке конкурентоспособных образцов, проведению достоверных экспериментальных исследований, доработке полученных рекомендаций по совершенствованию конструктивных параметров и гибкому внедрению в технологический процесс изготовления перспективных образцов такого инструмента. Для этого нами внедряется система программно-целевого управления процессом создания, производства и реализации алмазного породоразрушающего инструмента с целью своевременного удовлетворения потребностей рынка и получения прибылей.

Исследование призабойных процессов в алмазном бурении позволяет получить наиболее полные представления о механизме взаимодействия рабочего торца алмазной коронки с горной породой на забое за счет оперативного анализа показателей, оценивающих скорость разрушения горной породы и интенсивность изнашивания объемного слоя матрицы.

Установлено, что 97 – 98 % подводимой к забою мощности затрачивается на трение, результатом чего является изнашивание объемного слоя матрицы алмазной коронки. Это позволило рекомендовать оценивать интенсивность изнашивания объемного слоя матрицы с учетом энергоемкости процесса разрушения горной породы на забое. Нами предложен и апробирован критерий эффективности взаимодействия алмазной коронки с горной породой - удельный объемный износ, оцениваемый по формуле: