

Н.И. ВАСИЛЬЕВ, д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник, *vasilev_n@mail.ru*
П.Г. ТАЛАЛАЙ, д-р техн. наук, доцент, *talalay@spmi.ru*
А.Н. ДМИТРИЕВ, канд. техн. наук, доцент, *andmitriev@spmi.ru*
С.В. ЯНКИЛЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент, *yalanka@mail.ru*
А.А. ПРОКАЗОВ, студент, *aprokazov@spmi.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)
В.Я. ЛИПЕНКОВ, канд. геол. наук, ведущий науч. сотр., *lipenkov@aari.nw.ru*
ГУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург

N.I. VASILIEV, Dr. in eng. sc., senior research assistant, *vasilev_n@mail.ru*
P.G. TALALAY, Dr. in eng. sc., associate professor, *talalay@spmi.ru*
A.N. DMITRIEV, PhD in eng. sc., associate professor, *andmitriev@spmi.ru*
S.V. YANKILEVICH, PhD in eng. sc., associate professor, *yalanka@mail.ru*
A.A. PROKAZOV, student, *aprokazov@spmi.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)
V.Ya. LIPENKOV, PhD in geol. and min. sc., leading research assistant, *lipenkov@aari.nw.ru*
GU «Arctic and Antarctic Research Institute», Saint Petersburg

НАПРАВЛЕННОЕ БУРЕНИЕ СКВАЖИН В ЛЕДНИКОВЫХ ПОКРОВАХ

Направленное бурение скважин в ледниковых покровах может применяться для получения дополнительного кернового материала и обхода аварийных снарядов. Экспериментальные работы, проведенные в глубокой скважине на станции Восток в Антарктиде, по забуриванию нового ствола 5Г-2 показали высокую эффективность технологии направленного бурения без применения специальных технических средств для выполнения отклонения.

Ключевые слова: скважина, ледниковый покров, направленное бурение, искусственное искривление.

DIRECTIONAL DRILLING IN ICE CAPS

Directional drilling technology can be used in glacier boreholes to obtain additional ice cores and to pass over sticking drills. Experimental sidetracking of 5G-2 hole in the deep borehole at Vostok station, Antarctica, showed the high efficiency of the directional drilling without using of special whip-stocks to deviate the hole.

Key words: borehole, ice cap, directional drilling, deviation.

Необходимость искусственного искривления скважин возникает при бурении многоствольных скважин для получения дополнительного кернового материала и обходе интервалов сложных аварий и осложнений. При бурении снарядами на грузонесущем кабеле, используемыми при бурении в ледниковых покровах, задача управления

траекторией бурящейся скважины существенно упрощается, а закономерности естественного искривления могут быть описаны строгими математическими выражениями. В данном случае отсутствуют такие трудно учитываемые факторы, как изгибающаяся колонна бурильных труб, кинематика ее движения и бурового инструмента, анизо-

тропия проходимых горных пород, низкая жесткость забойных компоновок.

Возможность бурения многоствольных скважин во льду достаточно активно обсуждалась и экспериментально исследовалась в университетах США, однако перейти от стадии эскизных проектов и лабораторных тестов к практической реализации в силу различных причин так и не удалось [4, 6].

Искусственное искривление скважин для обхода прихваченных снарядов или других не извлекаемых из скважины предметов неоднократно использовалось специалистами Горного института при бурении тепловыми снарядами на станции Восток в Антарктиде. Впервые технология отклонения для обхода прихваченного на забое снаряда испытывалась в 1971 г., в период работы 16-й Советской антарктической экспедиции [3]. Для искусственного искривления ствола был опробован стальной клин открытого типа с длиной наклонной части 3,5 м. Однако при искусственном отклонении в скважине образовались большие каверны, и при спуске снаряда попадал то в старый, то в новый ствол. Затем забой скважины был забутован искусственным льдом на высоту около 35 м от места первого отклонения, и ствол скважины был успешно искривлен тепловым снарядом. Таким образом впервые была доказана возможность отклонения скважины в ледниковом покрове без установки специальных клиньев.

В дальнейшем работы по отклонению ствола скважины тепловым способом неоднократно проводились в глубоких скважинах 3Г, 4Г и 5Г [5]. Причем технология искривления включала предварительную проработку ствола в месте искривления с последующей забуркой нового ствола за счет выполаживания скважины при стремлении бурового снаряда, подвешенного на гибкой нити (грузонесущем кабеле), к вертикали [2].

Для извлечения прихваченных в ледяной скважине буровых снарядов имеется другая альтернатива – доставлять в зону

прихвата органические соединения, этиленгликоль и его водные растворы, способные интенсивно растворять лед при отрицательных температурах [1]. Однако использование такой технологии не всегда приводит к положительному результату.

В сезонный период 54-й Российской антарктической экспедиции (декабрь 2008 г. – январь 2009 г.) подобная ситуация сложилась в скважине 5Г-1, в которой на глубине 3640 м был оставлен буровой снаряд, поскольку мероприятия по его извлечению с помощью раствора этиленгликоля оказались неэффективными. Было принято решение не пытаться извлечь буровой снаряд, а выполнить отклонение ствола скважины выше аварийного участка.

Отклонение выполнялось с использованием новой технологии без установки ледяной пробки над аварийным участком ствола. При выборе участка отклонения были приняты во внимание два фактора:

- интерес к керновому материалу на глубине 3600-3620 м, вызванный наличием во льду на этих глубинах большого количества минеральных включений;

- минимум потери глубины скважины.

Отклонение решено было начать на глубине 3580 м для получения керна полного диаметра глубже 3600 м.

В этом интервале зенитный угол равен примерно 6° и скважина имеет постоянный азимут. Для выполнения отклонения использовался штатный электромеханический буровой снаряд КЭМС-135 со специальной буровой коронкой, способной внедряться в стенки скважины и фрезеровать их. Буровая коронка для отклонения оснащена четырьмя резцами, имеющими режущие грани на боковых поверхностях. Для стабилизации процесса фрезерования стенок скважины коронки были снабжены ограничителями бокового внедрения резцов. Величина внедрения была выбрана равной 0,1-0,2 мм, но, как показали результаты работ, может быть увеличена, что позволяет повысить интенсивность набора кривизны бокового ствола.

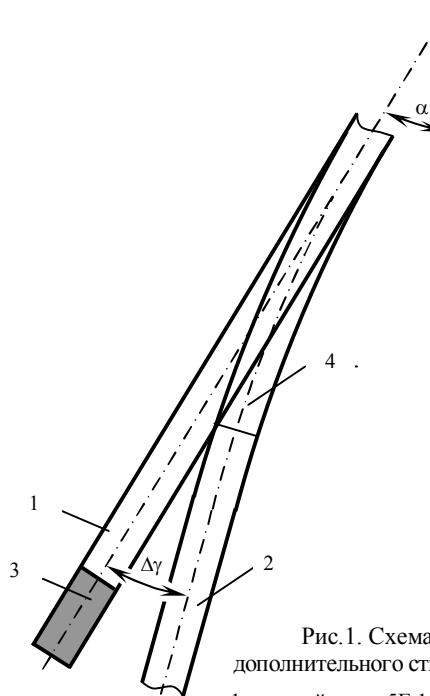


Рис.1. Схема образования дополнительного ствола при отклонении
1 – старый ствол 5Г-1; 2 – новый ствол 5Г-2;
3 – аварийный снаряд; 4 – участок с извлечением серповидного керна

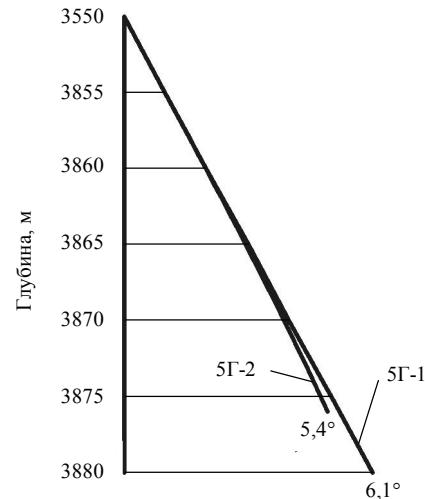


Рис.2. Профиль скважин 5Г-1 и 5Г-2 по результатам инклинометрии

Отклонение предусматривало формирование серповидного керна практически на всем участке отклонения (рис.1), что позволяло обеспечить дополнительный контроль процесса отклонения по величине керна и оценку состояния стенок старого ствола скважины.

Бурение с получением серповидного керна осложняется потерей контакта кернорвательных ножей с поверхностью керна. Встречаясь с поверхностью керна на другой стороне впадины, кернорвательный нож внедряется в тело керна и прорезает глубокие кольцевые канавки. Это не только ухудшает

качество керна, но и приводит к резким колебаниям момента на коронке, вплоть до остановки приводного электродвигателя.

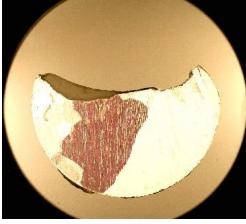
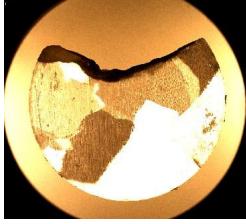
Для получения керна, пригодного для исследований, процесс непосредственного бурения выполнялся коронкой со снятыми кернорвательными ножами. В следующем рейсе кернорвательные ножи ставились на место, и производился срыв оставленного керна.

Контроль процесса отклонения состоял в сплошном измерении размеров получаемого керна (см. таблицу) и инклинометрия участка отклонения перед забуркой и дважды в процессе отклонения (рис.2).

Параметры серповидного керна

Дата	Глубина скважины 5Г-2 по керну, м	Номер рейса / номер рейса отклонения	Общая длина керна, м	Толщина керна (серпа), мм	Поперечное сечение керна в поляризованном свете
27.01.09	3592	88/2	0,30	30	

Окончание таблицы

Дата	Глубина скважины 5Г-2 по керну, м	Номер рейса / номер рейса отклонения	Общая длина керна, м	Толщина керна (серпа), мм	Поперечное сечение керна в поляризованном свете
28.01.09	3594	92/5	0,66	55	
29.01.09	3595	94/7	1,06	70	
31.01.09	3597,56	100/13	0,96	85	
01.02.09	3598,60	104/17	1,04	90	

На глубине 3598,6 м угол расхождения стволов скважин 5Г-1 и 5Г-2 составил 0,8°, что при соответствующей экстраполяции даст отклонение от скважины 5Г-1 на уровне верха прихваченного бурового снаряда (на глубине 3624 м) около 800 мм.

В ходе отклонения выполнено 17 рейсов и получено 3,5 м керна, пригодного для всесторонних анализов. Обнаружено два небольших минеральных включения. Экспериментальные работы по забуриванию нового ствола 5Г-2 показали высокую эффективность технологии направленного бурения без применения специальных технических средств для выполнения отклонения. Проходку нового ствола 5Г-2 планируется

продолжить в ближайший сезон 55-й Российской антарктической экспедиции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Н.И. Ликвидация осложнений и аварий при бурении глубоких скважин в ледниках / Н.И.Васильев, П.Г.Талалай, В.М.Зубков, А.В.Красилев, М.В.Зубков // Записки Горного института. СПб, 2008. Т.178. С.181-187.

2. Загривный Э.А. Осложнения и методы их устранения при бурении глубокой скважины на станции «Восток» / Э.А.Загривный, Б.С.Моисеев // Записки Ленинградского горного института. 1988. Т.116. С.87-93.

3. Фисенко В.Ф. Осложнения и аварии при глубоком бурении-протаивании, их ликвидация и предупреждение / В.Ф.Фисенко, Н.Е.Бобин, Г.К.Степанов, Н.И.Слюсарев, Г.Н.Соловьев, В.К.Чистяков // Антарктика: Докл. комиссии. 1974. Вып.13. С.161-166.

4. *Koci B.* Replicate coring. University of Wisconsin-Madison. Ice Coring & Drilling Service, USA. 2004. 14 p.
5. *Vasiliev N.I., Talalay P.G., Bobin N.E.,* etc. Deep drilling at Vostok station, Antarctica: History and last events // *Annals of Glaciology.* 2007. Vol.47. P.10-23.
6. *Zagorodnov V.S., Kelley J.J., Koci B.R.* Directional drilling // *Memoirs of National Institute of Polar Research.* 1994. Special issue № 49. P.165-171.
2. *Zagrivny E.A., Moiseev B.S.* Breakdowns and methods of their elimination at drilling of deep borehole at Vostok station // *Memoirs of Leningrad Mining Institute.* 1988. Vol.116. P.87-93.
3. *Fisenko V.F., Bobin N.E., Stepanov G.K., Sluy-sarev N.I., Solov'ev G.N., Chistyakov V.K.* Breakdowns at deep drilling-melting, their elimination and precaution // *Antarctica. Committee Reports.* 1974. Vol.13. P.161-166.
4. *Koci B.* Replicate coring. University of Wisconsin-Madison. Ice Coring & Drilling Service, USA. 2004. 14 p.
5. *Vasiliev N.I., Talalay P.G., Bobin N.E.,* etc. Deep drilling at Vostok station, Antarctica: History and last events // *Annals of Glaciology.* 2007. Vol.47. P.10-23.
6. *Zagorodnov V.S., Kelley J.J., Koci B.R.* Directional drilling // *Memoirs of National Institute of Polar Research.* 1994. Special issue № 49. P.165-171.

REFERENCES

1. *Vasiliev N.I., Talalay P.G., Zubkov V.M., Krasilev A.V., Zubko M.V.* Breakdown elimination at deep drilling in glaciers // *Memoirs of Mining Institute.* Saint Petersburg, 2008. Vol.178. P.181-187.