

УДК 622.432.24

Ю.Е.БУДЮКОВ, д-р техн. наук, *nigp-tuva@mail.ru*

В.И.СПИРИН, д-р техн. наук, *nigp-tuva@mail.ru*

ОАО «Тульское НИГП»

В.П.ОНИЩЧИН, д-р техн. наук, профессор, *spti@mail.wplus.net*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Y.E.BUDUKOV, Dr. in eng. sc., *nigp-tuva@mail.ru*

V.I.SPIRIN, Dr. in eng. sc., *nigp-tuva@mail.ru*

OJSC «Tulskoe NIGP»

V.P.ONISHCHIN, Dr. in eng. sc., professor, *spti@mail.wplus.net*

National Mineral Resources University (University of Mines), Saint Petersburg

БУРЕНИЕ ГЛУБОКИХ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН В НОРИЛЬСКОМ РАЙОНЕ

На основе анализа бурения первых глубоких скважин в Норильском районе составлен алгоритм разработки проекта конструкции глубоких скважин при бурении снарядами со съемными керноприемниками. Показано, что применение новых алмазных коронок конструкции ОАО «Тульское НИГП» повышает эффективность бурения снарядами со съемными керноприемниками.

Ключевые слова: скважина, съемный керноприемник, алмазная коронка, бурение, керн.

DRILLING OF DEEP GEOLOGICAL PROSPECTING WELLS IN NORILSK REGION

Algorithm of projecting of deep wells construction, based on analysis of drilling of first deep wells in Norilsk region is composed. Article shows, that usage of new diamond bits improve efficiency of drilling.

Key words: well, diamond bit, drill core.

На современном этапе геологоразведочного бурения под глубокими понимаются скважины свыше 1500-2000 м и достигающие глубин 3000-3500 м. Анализ работ, опубликованных многими исследователями, показал, что технология бурения скважин на твердые полезные ископаемые до глубин 1000-1500 м разработана достаточно хорошо, что подтверждается высокими технико-экономическими показателями их бурения. Ряд новых проблем, связанных с освоением технологии бурения глубоких горизонтов начинает появляться уже с глубин 1500-1700 м. Поэтому особенности бурения таких скважин рассматриваются для

интервалов глубин 1500-3500 м. На глубинах выше 1500-2000 м начинают в возрастающей мере проявляться факторы горного давления: рост прочностных свойств горных пород, уменьшение вертикальных нормальных напряжений вблизи стенок скважины, обуславливающее выпучивание пород во внутрь этой выработки, возрастание гидростатического давления, затрудняющее очистку забоя от продуктов разрушения, зависимость качества керна от правильного выбора плотности бурового раствора и соответствие конструкции керноприемного устройства осложненным геологическим условиям [1].

Анализ этих факторов указывает на сложность разведки глубоких горизонтов буровыми скважинами, что вызывает необходимость совершенствования всего комплекса технологических вопросов их сооружения. Выполненный комплекс исследований позволил усовершенствовать технологию алмазного бурения глубоких разведочных скважин на месторождениях Норильского района.

Геологоразведочные работы в Норильском рудном районе ведутся с целью обеспечения минерально-сырьевой базы Норильского горно-металлургического комбината. Разведочные скважины бурятся для поиска богатых медно-никелевых руд на глубоких горизонтах, с учетом данных сейсморазведки, которые свидетельствуют, что глубина залегания медно-никелевых руд может быть более 3000 м.

Особенностью технологии бурения (которая разрабатывалась ООО «Норильскгеология» с участием ОАО «Тульское НИГП» и СКБ «Геотехника») скважин в Норильском районе является то, что оно осуществляется комбинированным способом: по эфузивной толще базальтов используется бескерновый способ бурения шарошечными долотами, по осадочным породам тунгусской серии и девона – алмазное бурение с применением съемных керноприемников КССК-76 с комплектом алмазного породоразрушающего инструмента конструкции ОАО «Тульское НИГП».

Бурение глубоких скважин выполнялось в два этапа: до 2000 м бурение ведется с применением станка ЗИФ-1200 МР, затем до проектной глубины – агрегата СКБ-8, смонтированного в блочном исполнении.

На основе анализа бурения первых глубоких скважин в Норильском районе составлен алгоритм разработки проекта конструкции скважины, состоящей из двух последовательных этапов: составление предварительного проекта конструкции скважины и его уточнения. На первом этапе предусматривается изучение объективных факторов, определяющих конструкцию скважины, а именно изучение целевых факторов, определяющих глубину бурения и конечный

диаметр бурения, и изучение геологических факторов, определяющих количество обсадных колонн и глубину их постановки.

Анализ фактических конструкций скважин, пробуренных в Норильском районе показывает (табл.1), что они отличаются сравнительной простотой и не высокой металлоемкостью. Значительная часть ствола скважины остается открытой в течение всего процесса проводки скважины.

Как уже указывалось бурение верхней части разреза (базальтовой толщи мощностью 2000 м и более) осуществляется бескерновым способом с применением шарошечных долот ДДА-76 и бурильных труб комплекса КССК-76 с очисткой забоя газожидкостными смесями.

Использование бурильных труб КССК-76 позволяет не только сократить потери времени на замену снаряда, но и осуществить бурение шарошечными долотами на оптимальном режиме с минимальными геологическими осложнениями.

В ООО «Норильскгеология» был испытан новый алмазный породоразрушающий инструмент конструкции ОАО «Тульское НИГП»: алмазные коронки с торцевыми каналами, алмазные коронки с защитными элементами породоразрушающей части.

Из-за обрушения стенок скважин, зашламливания и других причин дальнейшее бурение пород осадочной толщи, осложненной аргиллитами, песчаниками, доломитами, мергелями, ангидритами общей мощностью 600-900 м, проводится с полным отбором керна с применением съемных керноприемников, в качестве промывочной жидкости используется многосолевые гидрогельмагниевые растворы.

В производственных условиях был прослежен характер изменения механической скорости от времени при бурении коронками 17А4-0-76 по песчаникам двух разновидностей по абразивности со значениями коэффициента 1,15 и 1,48, определенными по ОСТ 41-83-74.

После обработки этих наблюдений с применением методов математической статистики Е.В.Бучковским найдено выражение для изменения механической скорости во времени:

Таблица 1

Конструкция глубоких скважин

Номер скважины	Конечная глубина	Конструкция скважины				Интервалы осложнений, м			Интервалы цементирования, м
		Кондуктор		Диаметр бурения, мм	Диаметр расширения, мм	Интервал крепления обсадными трубами, м	Породы, склонные к желообразованию	Солебрекчи и солевые пласти	
		Длина, м	Диаметр, мм						
СГ-1	3009	20,0	127	76	93	1990,0-2181,4	-	2146,0-2162,0	-
СГ-2	2631	18,7	127	76	93	2205,0-2279,0	1350-1470 1754-1765	2253,7-2280,9	-
СГ-3	2681	13,2	127	76	93	1984,1-2040,5	1360-1400	2015,5-2039,3	-
СГ-4	2243	29,8	127	76	93 112	1450,0-1770,0	1733-1765	-	2079-2153
СГ-5	2262	13,5	127	76	-	-	2379,9-2384,0	2379,9-2384,0	-
СГ-6	2605	37,9	108	76	-	-	-	-	-
СГ-7	2767	-	-	76	-	-	-	-	-
СГ-9	3047	31,2	108	76	-	-	-	2841,9-2853,0	-
ЛБТ-3	2701	24,0	146	76	93	-	1984-210	-	2250-2433

Таблица 2

Рекомендуемые типы коронок и параметры режима бурения КССК-76 в ООО «Норильскгеология»

Категория пород по буримости	Группа пород по трещиноватости	Тип породоразрушающего инструмента	Параметры режима бурения		
			осевая нагрузка, даН	частота вращения, мин ⁻¹	количество промывочной жидкости, л/мин
VI-VIII	I-II	17A4 (17A4-0)	1250-1400	400-500	40-60
	III-IV	17A4 (17A4-0)	800-1200	200-350	50-70
VIII-IX	I-II	K-16 (K-16-0)	1500-1800	450-500	40-60
	III-IV	K-16 (K-16-0)	900-1100	200-300	50-70
V-VII	I-II	K-30 (K-30-0)	800-900	450-500	40-60
	III-IV	K-30 (K-30-0)	600-800	200-300	50-80

Примечание. Для калибровки скважин со всеми типами коронок применяются алмазные расширители РЦК; алмазные коронки выполняются с защитными элементами.

Таблица 3

Результаты сравнительных испытаний алмазных коронок

Тип коронок	Количество отработанных коронок	Проходка на коронку	Средневзвешенная категория пород	Выход керна	Средняя механическая скорость, м/ч	Расход алмазов, кар/м
K-30-0	5	120,5	6,5	98	1,92	0,10
K-30	10	85,7	6,5	89	1,53	0,14
17A4-0	5	73,5	7,3	95	1,74	0,24
17A4	8	56,6	7,3	80	1,58	0,32
K-16-0	5	54,2	8,2	92	1,51	0,37
K-16	8	40,3	8,2	81	1,15	0,49

$$V_T = V_0 e^{-\sqrt{L}t}, \quad (1)$$

где V_0 – начальная механическая скорость, м/с; V_T – текущая механическая скорость в момент времени t , м/с; L – опытный коэффициент.

С учетом зависимости (1) найдено выражение для средней механической скорости бурения. Установлена взаимосвязь углубки (h_{ob}) за 1 оборот коронки с параметрами режима бурения

$$h_{ob} = V_M / n. \quad (2)$$

Для определения оптимального момента снятия алмазной коронки при бурении КССК принят экономический критерий – величина углубки на коронку, при которой стоимость 1 м бурения ниже аналогичного показателя по базе сравнения [2, 3].

С учетом этого получено выражение для конечной механической скорости бурения V и углубки на коронку S , соответствующих моменту прекращения рейса по предложенному критерию:

$$S = \frac{C(A-B)+tm}{t\left(Q - \frac{KC}{tV} - \frac{CB}{tp}\right)}, \quad (3)$$

$$A = a \frac{H}{2} + d, \quad B = b \frac{H}{2} + e$$

$$V = \frac{SKC}{t(SQ-m)-C(A-B)-\frac{SCB}{p}}, \quad (4)$$

где C – стоимость одной станко-смены за исключением стоимости истирающих, руб.; K – коэффициент дополнительного времени, равный 1,06; t – продолжительность одной станко-смены, ч; Q – стоимость 1 м бурения по базе сравнения, руб.; V – средняя механическая скорость бурения, м/ч; a, d, b, c – опытные коэффициенты, равные соответственно $a = 3,4 \cdot 10^{-3}$ ч/м; $d = 0,72$ ч; $b = 1,5 \cdot 10^{-3}$ ч/м; $c = 0,37$ ч; H – глубина скважины, м; P – проходка за цикл, м; m – стоимость коронки, руб. При внедрении нового алмазного инструмента на ряде объектов ООО «Норильскгеология» производилась оптимизация режимов бурения, рациональ-

ные значения параметров режимов бурения приведены в табл.2.

Результаты испытаний в ООО «Норильскгеология» экспериментальных образцов новых коронок К-30-0, 17А4-0, К-16-0 в сопоставлении с данными отработки стандартных коронок приведены в табл.3.

Анализ данных табл. 3 показывает, что применение новых коронок К-30-0, 17А4-0, К-16-0 по сравнению с бурением стандартными коронками эффективнее по всем показателям. Важное значение имеет вопрос о сохранности керна при бурении новыми алмазными коронками, в которых благодаря разделению потока промывочной жидкости уменьшается его разрушающее воздействие на керн. Применение новых коронок обеспечивает эффективное разрушение горной породы и ее удаление с забоя при минимальном износе рабочей части коронки, максимальной скорости бурения и высокой сохранности керна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бучковский Е.В., Будюков Ю.Е., Власюк В.И., Спирин В.И., Соловьев Н.В. Новый высокоэффективный алмазный породоразрушающий инструмент // Приоритетные направления развития науки и технологий: Доклады IX Всероссийской научно-техн. конф. / Под общ. ред. проф. Э.М.Соколова. Тула, 2007.

2. Онишин В.П. Определение затрат времени при бурении съемным породоразрушающим инструментом // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – Вып.13. – Киев, ИСМ им. В.Н.Бакуля, НАН Украина, 2010. С.20-25.

3. Будюков Ю.Е., Власюк В.И., Спирин В.И. Алмазный инструмент при бурении направленных и многоствольных скважин. – Тула: Гриф и К, 2007. 176 с.

REFERENCES

1. Buchkovsky E.V., Budykov Y.E., Vlasjuk VI., Spirin VI., Solov'yov N.V. New highly effective diamond rock cutting tool. In compilation «Priority directions of development of science and technologies»: reports of IX all-Russian scientific technical conference: under recension of prof. E.M. Sokolova. Tula, 2007.

2. Onischin V.P. Determination of time costs during drilling with removable rock cutting tool. In compilation «The rock cutting and metal-working instrument – engineering and technology of its manufacture and application» – Vol. 13, – Kiev, ISM name of V.N. Bakulya, NAS of Ukraine, 2010. P.20-25.

3. Budykov Y.E., Vlasjuk VI., Spirin VI. Diamond tools during drilling of direction and multi-barreled wells. – Tula: Grif & K, 2007. 176 p.