

УДК 622.24.051.01.5

Ю. Е. Будюков, д-р техн. наук, **В. И. Спирин**, д-р техн. наук¹, **В. В. Кубасов**²

¹ОАО «Тульское научно-исследовательское геологическое предприятие», Россия

²Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго
Орджоникидзе, г. Москва

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ ГЛУБОКИХ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН В НОРИЛЬСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ

Описаны особенности технологии бурения глубоких скважин в Норильской ГРЭ. Приведены технико-экономические данные результатов применения новых алмазных коронок для бурения КССК-76.

Ключевые слова: бурение, глубокая скважина, снаряд КССК-76, алмазная коронка, конструкция скважин.

Цель геологоразведочных работ в Норильском рудном районе обеспечить минерально-сырьевую базу Норильского горно-металлургического комбината. Разведочные скважины бурят для поиска богатых медно-никелевых руд на глубоких горизонтах с учётом данных сейсморазведки, которые свидетельствуют, что медно-никелевые руды могут залежать на глубине более 3000 м.

Особенность технологии бурения (которая разрабатывалась ООО «Норильскгеология» с участием ОАО «Тульское НИГП», СКБ «Геотехника» и РГГУ) скважин в Норильском районе состоит в том, что его осуществляют комбинированным способом: для эффузивной толщи базальтов используют бескерновый способ бурения шарошечными долотами, для осадочных пород тунгусской серии и девона – алмазное бурение с применением съёмных керноприёмников КССК-76 с комплектом алмазного породоразрушающего инструмента конструкции ОАО «Тульское НИГП».

Глубокие скважины бурили в два этапа: до 2000 м – с помощью станка ЗИФ–1200 МР, до проектной глубины – с помощью агрегата СКБ-8, смонтированного в блочном исполнении.

На основе анализа бурения первых глубоких скважин в Норильском районе определен алгоритм разработки проекта конструкции скважины из двух последовательных этапов: составление предварительного проекта конструкции скважины и его уточнение. На первом этапе предусматривается изучение объективных факторов, определяющих конструкцию скважины, а именно целевых факторов, определяющих глубину бурения и конечный диаметр бурения, и геологических, определяющих количество обсадных колонн и глубину их постановки.

Результаты анализ фактических конструкций скважин, пробуренных в Норильском районе, показали (табл. 1), что они сравнительно просты и не металлоёмки. Значительная часть ствола скважины остаётся открытой в течение всего процесса проводки скважины.

Как указывалось, верхнюю часть разреза (базальтовую толщу мощностью 2000 м и более) бурили бескерновым способом шарошечными долотами ДДА-76 с бурильными трубами комплекса КССК-76 и 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» испытали новый алмазный породоразрушающий инструмент конструкции ОАО «Тульское НИГП» и РГГРУ: алмазные коронки с торцевыми каналами оптимального диаметра (К-30-0; 17А4-0, К-16-0), заявка на изобретение № 2011 1048 75, алмазные коронки с защитными элементами породоразрушающей части для

предотвращения износа коронки заявка на полезную модель № 2010 1490 17. Также применялись алмазные разбурники Р-2 (патент на полезную модель № 10767).

Из-за обрушения стенок скважин, зашламливания и других причин дальнейшее бурение пород осадочной толщи, осложненной аргиллитами, песчаниками, доломитами, мергелями и ангидритами общей мощностью 600–900 м, производится с полным отбором керна с применением съёмных керноприёмников. В качестве промывочной жидкости используют многосолевые гидрогельмагниевого раствора.

В производственных условиях был прослежен характер изменения механической скорости от времени бурения коронками 17А4-0-76 песчаников двух разновидностей по абразивности со значениями коэффициента 1,15 и 1,48, определёнными согласно ОСТ 41-83-74. После обработки данных наблюдений методами математической статистики определили формулу для вычисления изменения механической скорости во времени:

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

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

С учётом зависимости (1) определили формулу для вычисления средней механической скорости, которую использовано для взаимосвязи углубления за один оборот коронки с параметрами режима бурения и шириной рабочего торца:

$$h_{об.} = V_M / n, \quad (2)$$

где $h_{об.}$ – углубка за один оборот коронки; V_M – механическая скорость бурения; n – частота вращения коронки.

Для определения оптимального момента снятия алмазной коронки при бурении КССК принят экономический критерий – величина углубления на коронку, при которой стоимость 1 м бурения ниже аналогичного показателя по базе сравнения. С учётом этого определили формулу для вычисления конечной механической скорости бурения V и углубления на коронку S , соответствующих моменту прекращения рейса по предложенному критерию:

$$S = \frac{C(A-B) + t \cdot m}{t \left(Q - \frac{K \cdot C}{t \cdot V} - \frac{C \cdot B}{t \cdot p} \right)}, \quad (3)$$

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

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

где C – стоимость одной станко-смены за исключением стоимости истирающих; K – коэффициент дополнительного времени, $K = 1,06$; t – продолжительность одной станко-смены, ч; Q – стоимость 1 м бурения по базе сравнения; 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; $e = 0,37$ ч; H – глубина скважины, м; P – проходка за цикл, м; m – стоимость коронки.

При внедрении нового алмазного инструмента на ряде объектов ООО «Норильскгеология» производили оптимизацию режимов бурения. Рациональные значения параметров режимов бурения приведены в табл. 2.

Таблица 1. Конструкция глубоких скважин

Номер скважины	Конечная глубина, м	Конструкция скважины					Интервал осложнений, м				Интервалы цементирования, м
		Кондуктор		Диаметр бурения, мм	Диаметр расширения, мм	Интервал крепления обсадными трубами, м	Породы, склонные к желобованию	Солебенные пластины	Аргил-литы разветвленной свиты		
		Длина, м	Диаметр, м								
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	2253,7–2280,9	–	–	1390–1470 1750–1850 2259–2287
СГ-3	2681	13,2	127	76	93	1984,1–2040,5	1360–1400	2015,5–2039,3	–	–	1993–2052
СГ-4	2243	29,8	127	76	93–112	1450,0–1770,0	1733–1765	–	2079–2153	–	1451–1771
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	–	–	–
СГ-25	2580	–	–	76	93	2197,0–2320,0	–	–	2165–2350	–	–
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 бури-мости	Группа пород по трещиноватости	Тип породоразрушающего инструмента	Параметры режима бурения		
			осевая нагрузка, даН	частота вращения, мин ⁻¹	объем 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.

Результаты испытаний в ООО «Норильскгеология» экспериментальных образцов новых коронок К-30-0, 17A4-0, К-16-0 в сравнении с данными отработки стандартных коронок приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты сравнительных испытаний алмазных коронок

Тип коронок	Количество отработанных коронок, шт.	Прогходка на коронку	Средне-взвешанная категория пород	Выход керна	Средняя механическая скорость, м/ч	Расход алмазов, карат/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

Из анализа данных табл. 3 следует, что бурение новыми коронками К-30-0, 17A4-0, К-16-0 по сравнению с бурением стандартными эффективнее по всем показателям.

Важное значение имеет вопрос о сохранности керна при бурении новыми алмазными коронками, в которых благодаря разделению потока промывочной жидкости снижается его разрушающее воздействие на керна. Применение новых коронок обеспечивает эффективное разрушение горной породы и её удаление с забоя при минимальном износе рабочей части коронки, максимальной скорости бурения и высокой сохранности керна.

Описано особенности технологии бурения глубоких свердловин в Норильской ДРЕ. Наведено технико-экономические данные результатов застосування новых алмазных коронок для бурения КССК-76.

Ключові слова: буріння, глибока свердловина, снаряд КССК-76, алмазна коронка, конструкція свердловин.

Describes deep drilling technologies in Norilskoj GRE Provides technical and economic results given the impact of new diamond crowns bits for drilling KССК-76.

Key words: drilling, deep well, the projectile KССК-76, diamond crown, construction of wells.

Литература

Анализ опыта бурения глубоких разведочных скважин КССК-76 в Норильском районе. Приоритетные направления развития науки и технологий / Е.В. Бучковский, Ю.Е. Будюков, В.И. Власюк, О.В. Рудой // докл. IX Всерос. науч.-техн. конф.; под общ. ред. Э.М. Соколова. – Тула: Инновационные технологии, 2011. – 228 с.

Поступила 06.06.14

УДК 622.276.4:276.66:279.4

Б. Н. Васюк, канд. техн. наук

Общество изобретателей и рационализаторов Украины, г. Днепропетровск

НОВЫЙ СПОСОБ ЛОКАЛЬНОГО НАПРАВЛЕННОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Показана эффективность применения гидроразрыва продуктивного пласта при добыче нефти и газа; представлен новый способ локального направленного гидроразрыва пласта, обеспечивающий повышенную эффективность и экологическую безопасность добычных работ.

Ключевые слова: добыча нефти и газа; направленный гидроразрыв пласта.

Традиционные месторождения нефти, газа и газового конденсата приурочены к структурным ловушкам, которые включают пласт-коллектор и покрышку из непроницаемых пород. Продуктивные пласты представлены пористыми, трещиноватыми и кавернозными породами: песчаниками, алевролитами, известняками и др. Разработка этих месторождений производится за счёт пересечения продуктивных пластов вертикальными или наклонными скважинами, которые могут включать один или несколько горизонтальных стволов. В начальные периоды разработки месторождений с высоким пластовым давлением интенсивное поступление углеводородов в скважины и наземные трубопроводы без применения специальных методов. По мере эксплуатации месторождений, что может продолжаться 20 и более лет, пластовое и устьевое давление, а соответственно и дебит скважин снижаются. В таком случае для интенсификации добычи углеводородов применяют специальные методы: гидроразрыв пласта с заполнением созданных трещин расклинивающим материалом (крупнозернистым песком), дополнительную прострелочную перфорацию скважин и др. Такие же технологии применяют, для месторождений с ухудшенной структурой коллекторов, характеризующихся наличием застойных зон.

Актуальные месторождения сланцевого газа не относятся к традиционным, характеризуются повышенным содержанием глинистой фракции в породах продуктивного пласта с пониженной пористостью и проницаемостью. Эффективная разработка этих месторождений стала именно при использовании технологии гидроразрыва пласта.