Зап[illegible] кт-Петербургского горного института.
Т. [illegible] СПб, 1993

УДК 622.243.3 (031)

Ю.М.ПАРИЙСКИЙ, М.БАНДИ
(Санк.-Петербургский горный ин-т)

ОЦЕНКА ОСЛОЖНЕННОСТИ УСЛОВИЙ АЛМАЗНОГО БУРЕНИЯ

Осложненность условий алмазного бурения геолого-разведочных скважин является одним из существенных факторов, влияющих на его эффективность [4]. В связи с оптимизацией процессов бурения возникает необходимость разработки объективных количественных оценок степени осложненности условий бурения. По нашему мнению, для этого необходимо: 1) выделить природные факторы, которые вызывают снижение технологических показателей бурения по сравнению с их нормативными значениями; 2) с учетом выделенных факторов сформировать количественный показатель осложненности условий бурения, который объективно отражал бы влияние особенностей геологического строения данного месторождения на показатели алмазного бурения. Такое исследование проведено применительно к флюоритовым месторождениям Юго-Восточной Монголии, в геологическом строении которых широко представлены трещиноватые, часто перемежающиеся по твердости породы.

При изучении влияния тех или иных природных факторов на средние значения технических показателей бурения нами использованы методы дисперсионного и регрессионного анализа. В качестве факторов, определяющих осложненность условий бурения, предварительно были выбраны такие, как динамическая прочность, степень трещиноватости по керну, перемежаемость пород по твердости, абразивность и устойчивость пород, оцениваемая по коэффициенту кавернообразования. В качестве технического показателя, отражающего влияние этих факторов, был выбран удельный расход алмазов. С целью изучения физико-механических свойств горных пород было отобрано более 240 образцов пород на флюоритовых месторождениях.

Изучение трещиноватости и перемежаемости по твердости проводилось по методике ВИТР [7], а динамическая прочность и абразивность – по методике ЦНИГРИ [5]. Устойчивость пород оценивалась по состоянию стенок скважины помощью кавернограмм.

Трещиноватость горных пород определялась по формуле

$$w = \frac{D_к K_у \lambda}{t_g \beta}, \qquad (1)$$

где $D_к$ – диаметр керна, мм; $K_у$ – удельная кусковатость керна, шт./м; λ – опытный безразмерный коэффициент, учитывающий степень вторичного дробления породы; β – угол встречи плоскости трещины с осью скважины, град.

Перемежаемость по твердости пород оценивалась коэффициентом перемежаемости [3]

$$\varphi = n(K_{max} - K_{min})/K_{ср}\, l_р, \qquad (2)$$

где K_{min} и K_{max} - максимальное и минимальное значения категорий пород по буримости в данной рейсовой проходке; $K_{ср}$ – средневзвешенное значение категории пород по рейсу; n – число прослоев пород в рейсовой углубке; $l_р$ – углубка за рейс, м.

Устойчивость горных пород оценивалась по коэффициенту кавернообразования, предложенного К.Т.Паусом [6],

$$k = \frac{D_ф^2}{D_т^2}, \qquad (\ )$$

где $D_ф$ и $D_т$ – фактический и теоретический диаметры ствола скважины.

Для определения абразивности и динамической прочности пород отбирались образцы из предварительно выделенных различных типов пород, где зафиксированы фактические данные по бурению скважин.

Динамическая прочность определялась по методу толчения на приборе ПОК:

$$F_д = \frac{20n}{l}, \qquad (4)$$

где n – число сбрасывания груза; l – высота столбика раздробленной породы, мм.

Определение абразивности горных пород основано на установлении потери массы свинцовой дроби в результате истирания последней раздробленной породой, полученной толчением при определении ее динамической прочности.

Коэффициент абразивности пород определяется по формуле

$$k_a = 0{,}01\,\Delta Q, \qquad (5)$$

где ΔQ – потеря массы дроби, мг.

С целью изучения влияния степени тех или иных факторов при бурении алмазными коронками (кроме расхода алмазов) в течение рейса фиксировались и другие показатели бурения – режимные параметры, механическая скорость, износ коронок по высоте матрицы и т.д. Ниже приведен результат дисперсионного анализа степени влияния природных факторов на показатели алмазного бурения:

Природные факторы	Степень влияния на удельный расход алмазов, %
Показатель трещиноватости пород	32,0
Перемежаемость по твердости	24,3
Устойчивость горных пород	18,4
Динамическая прочность	10,6
Абразивность пород	5,7

Результаты анализа показывают, что главными природными факторами, влияющими на показатели алмазного бурения в условиях флюоритовых месторождений Юго-Восточной Монголии, являются трещиноватость, перемежаемость по твердости и устойчивость горных пород.

В качестве количественного показателя степени осложненности условий бурения предлагается ввести коэффициент осложненности, отражающий совокупное влияние выбранных факторов. Для этого целесообразно воспользоваться обобщенной шкалой желательности Харрингтона, которая является психофизической шкалой и широко используется в различных отраслях техники [1, 2].

Частные желательности d определяются с учетом характера ограничений, накладываемых на тот или иной показатель конкретными условиями бурения скважин. Ограничения могут быть двусторонними и односторонними. Желательность показателей трещиноватости w, перемежаемость по твердости пород φ устойчивости k с их увеличением монотонно понижается, т.е. эти параметры имеют одностороннее ограничение.

В этом случае частное значение желательности показателя

$$d = 1 - \exp\left[-\exp(-\bar{y})\right], \qquad (6)$$

где $\bar{y}$ – кодированное значение натурального показателя, связанное с натуральным уравнением

$$\bar{y} = a_0 + a_1 y. \qquad (7)$$

Для определения коэффициентов a_0 и a_1 задаются двумя значениями желательностей (например, $d = 0{,}8$ и $d = 0{,}37$) и из уравнения (6) находят соответствующие им значения $\bar{y}$. Заданным частным желательностям ставят в соответствие натуральные значения показателя и составляют систему из двух уравнений вида (7). Решая эту систему, находят значения коэффициентов a_0 a_1. После этого по формуле (7) рассчитывают $\bar{y}$ для всех других натуральных значений факторов, а по формуле (6) находят соответствующие им значения d.

Количественная оценка осложненности условий бурения проведена применительно к флюоритовым месторождениям Юго-Восточной Монголии с учетом значений факторов осложненности, полученных для типичных пород (табл.1).

Частные желательности d_1, d_2, d_3 рассчитывались для каждого показателя осложненности (табл.2) с использованием данных табл.I. Обобщенный показатель желательности определяется по формуле [2]

$$D = \sqrt[n]{d_1 d_2 d_3, \ldots, d_n} \qquad (8)$$

С учетом принятой зависимости частных желательностей от натуральных показателей осложненности условий бурения величина D будет стремиться к единице по мере приближения условий бурения к нормальным, что позволяет принять за показатель осложненности условий алмазного бурения коэффициент осложненности

$$C = 1 - D. \qquad (9)$$

Таблица

Значения факторов осложненности для типичных пород

Горные породы	Показатель трещиноватости w	Коэффициент перемежаемости φ	Коэффициент кавернообразования k
Брекчии окремненных пород	0,92	1,7	1,9
Сланцы	1,2	1,5	1,7
Кварц-флюоритовая руда зернистой текстуры	1,48	1,3	1,65
Эффузивные породы	1,4	0,6	1,3
Известняки	0,85	1,8	1,6
Кварц-флюоритовая руда	1,75	0,7	2,15
Андезитовый порфирит	0,77	0,8	1,8
Кварциты с прослойками сланцев	0,42	0,4	1,30
Сиениты плотные	0,88	0,9	1,30
Окремненные брекчии с включением глин	1,3	0,91	1,60
Измененные гранитные дайки	0,76	0,52	1,25
Диориты	0,5	0,36	1,2
Граниты	0,51	0,7	1,2
Измененные ороговикованные сланцы	1,32	1,2	1,5

Таблица 2

Результаты расчета показателя осложненности условий бурения

Горные породы	Частные значения желательности			Обобщенный показатель желательности D	Коэффициент осложненности C
	d_1	d_2	d_3		
Брекчии окремненных пород	0,675	0,18	0,24	0,31	0,69
Сланцы	0,63	0,25	0,32	0,37	0,63
Кварц-флюоритовая руда зернистой текстуры	0,41	0,21	0,27	0,28	0,72
Эффузивные породы	0,55	0,67	0,03	0,61	0,39
Известняки	0,76	0,27	0,37	0,42	0,58
Кварц-флюоритовая руда	0,32	0,37	0,14	0,22	0,78
Андезитовый порфирит	0,78	0,63	0,27	0,51	0,49
Кварциты с прослойками сланцев	0,86	0,80	0,63	0,76	0,24
Сиениты плотные	0,76	0,57	0,63	0,65	0,35

Окончание табл.2

Горные породы	Частные значения желательности			Обобщенный показатель желательности D	Коэффициент осложненности C
	d_1	d_2	d_3		
Окремненные брекчии с включением глин	0,39	0,57	0,27	0,39	0,61
Измененные гранитные дайки	0,78	0,76	0,72	0,75	0,25
Диориты	0,85	0,87	0,72	0,81	0,10
Граниты	0,85	0,69	0,72	0,75	0,25
Измененные ороговикова: сланцы	0,60	0,37	0,51	0,48	0,52

Для оценки значимости коэффициента осложненности условий бурения был сделан анализ удельного расхода алмазов в зависимости от категории пород по буримости и величины коэффициента осложненности, рассчитанного по изложенной выше методике. Использован полный факторный анализ типа 2^2 (табл.3, 4).

Таблица 3

Матрица полного факторного эксперимента

Номер опыта	Кодированные значения факторов			Удельный расход алмазов, кар/м			
	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	$\bar{x}_1\bar{x}_2$	q_1	q_2	$\bar{q}$	$\hat{q}$
				0,892	0,858	0,875	0,867
2				0,828	0,804	0,816	0,823
				0,842	0,812	0,827	0,833
4				0,809	0,783	0,796	0,789

Таблица 4

Интервалы варьирования факторов

Фактор	Уровень			Интервал варьирования
	основной	нижний (-)	верхний (+)	
Категория пород по буримости x_1	9,5	8	11	1,5
Коэффициент осложненности x_2	0,5		0,3	0,2

Уравнение регрессии по данным табл.3 получено в следующем виде:

$$\hat{q} = 0,8[illegible] + 0,022\bar{x}_1 + 0,017\bar{x}_2 + 0,007\bar{x}_1\bar{x}_2 \qquad (10)$$

Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии по критерию Стьюдента для уровня значимости $\alpha = 0{,}05$ показала, что коэффициент, учитывающий взаимодействие факторов, не значим, что позволяет исключить четвертый член в правой части уравнения (10). Адекватность уравнения оценивалась по критерию Фишера и была подтверждена для уровня значимости $\alpha = 0{,}05$.

Анализ полученного уравнения регрессии показывает, что введенный коэффициент осложненности условий алмазного бурения применительно к принятым для его оценки породам оказывает существенное влияние на расход алмазов, количественно примерно равное влиянию категории пород по буримости. Изложенный подход к оценке осложненности условий алмазного бурения получил подтверждение опытными данными, что позволяет рекомендовать его для практического использования при проектировании и нормировании буровых работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976.

2. Алеутский Е.В., Владиславлев В.С., Киселев А.Т. Применение функции желательности для оценки качества процесса бурения // Методика и техника разведки / ВИТР. Л., 1981, № 138.

3. Каулин В.А., Васильев В.В. Количественный критерий оценки степени перемежаемости горных пород // Совершенствование технических средств ССК и повышение эффективности их внедрения / ВИТР. Л., 1987.

4. Кудряшов Б.Б., Яковлев А.М. Бурение скважин в осложненных условиях. М.: Недра, 1987.

5. Любимов Н.И. Классификация горных пород и рациональное применение буровой техники. М.: Недра, 1977.

6. Паус К.Ф. Буровые растворы. М.: Недра, 1973.

. Понамарев П.П. Алмазное бурение трещиноватых пород. Л.: Недра, 1985.