

Таблица 4
Минеральный состав кека от вскрытия исходной пробы руды

№	Минерал	Теоретическая формула	Содержание, масс. %
1	Гётит	$\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$	76
2	Монацит	$(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y}, \text{Sc})^{+3}\text{PO}_4$	7
3	Минерал группы крандаллита	$\text{RAI}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6$, где $\text{R}=\text{Ca}, \text{K}, \text{Ce}, \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Pb}$	3
4	Пироклор	$(\text{NaCa})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F})$	4
5	Рутил+анатаз	TiO_2	1
6	Минералы группы псиломелана	$m\text{Mn}^{2+}\text{O} \cdot \text{Mn}^{4+}\text{O}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	3
7	Пиролозит	MnO_2	—
8	Каолинит	$\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$	1
9	Кварц	SiO_2	1
10	Рентгеноаморфная фаза		4

земельных руд автоклавной азотнокислотной двухстадийной технологии с введением в выщелачивающий раствор восстановителя показали, что окислительно-восстановительные реакции в системе $\text{Mn}^{+4/+2}$ и $\text{Ce}^{+3/+4}$ — кислота — H_2O_2 обеспечивают повышение степени извлечения в раствор марганца при частичной потере РЗЭ вследствие окисления церия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин, В.И. Переработка руд месторождений кор выветривания карбонатитов — будущее редкометаллической промышленности России / В.И. Кузьмин, В.Г. Ломаев, Г.Л. Пашков и др. // Цветные металлы. — 2006. — № 12. — С. 62–68.
2. Кузьмин, В.И. Технологические аспекты переработки редкометаллических руд Чукотского месторождения / В.И. Кузьмин, В.Г. Ломаев, В.Н. Кузьмина и др. // Химия в интересах устойчивого развития. — 2010. — № 18. — С. 331–338.

© Лихникевич Е.Г., Пермякова Н.А., Сычева Н.А., 2016

Лихникевич Елена Германовна // Likhnikievich@mail.ru
Пермякова Наталия Анатольевна // permyakovana@mitht.ru
Сычева Надежда Александровна // nel-nadya@mail.ru

УДК 622. 24.051.01.5

Спирин В.И.¹, Будюков Ю.Е.¹, Соловьев Н.В.² (1 — АО «Тулское научно-исследовательское геологическое предприятие», 2 — МГРИ-РГГРУ)

СОЗДАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ АЛМАЗНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ БУРЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

Обобщены материалы исследований по вопросам создания и совершенствования алмазного породоразрушающего инструмента для бурения геологоразведочных скважин с учетом применения технических решений по авторским патентам на изобретения и полезные модели. При этом анализируется алмазный инструмент, созданный для различных условий и способов бурения. Приведены результаты производственных испытаний созданного алмазного породоразрушающего инструмента. **Ключевые слова:** исследование, разработка, алмазный инструмент, патент, изобретение, показатели, технология, изготовление.

Spirin V.I., Budyukov Yu.E. (Tula scientific-research geologic enterprise), Soloviev N.V. (MGRI-RGGRU)

THE CREATION AND IMPROVEMENT OF COMPLEXES OF DIAMOND ROCK CUTTING TOOL FOR DRILLING OF EXPLORATION WELL

*There was generalized the studies on the establishment and improvement of diamond rock cutting tool for drilling exploration wells, applying the technical solutions according to author patents for inventions and useful models. The analysis was conducted of diamond tool, designed for various conditions and methods of drilling. It was given the results of production tests created diamond rock cutting tool. **Keywords:** research, development, diamond tool, patent, invention, performance, technology, manufacturing.*

Традиционно АО «Тулское НИГП» работает в области создания и производства алмазного породоразрушающего инструмента (АПРИ) различного назначения. Начиная с 1968 г. и по настоящее время акционерное общество занимает ведущее положение среди производителей и поставщиков алмазного породоразрушающего инструмента России. Выполняет законченный цикл работ по созданию эффективного АПРИ, начиная с модернизации выпускаемого инструмента и завершая разработкой нового, его изготовлением, поставкой и технологическим сопровождением на производственных объектах.

В процессе создания АПРИ и совершенствовании технологии его изготовления используются технические решения по авторским свидетельствам и патентам на изобретения и полезные модели, благодаря чему инструмент отличается повышенной работоспособностью и обеспечивает высокое качество работ. В АО «Тулское НИГП» создано свыше 150 технических решений в виде авторских свидетельств и патентов на изобретения и полезные модели, которые использовались при создании и совершенствовании АПРИ.

Перспективным способом сооружения скважин является их проходка с применением алмазного породоразрушающего инструмента, в том числе и специального, предназначенного для бурения с отбором керна прогрессивными техническими средствами в сложных горно-геологических условиях: снарядами со съёмными кернаприемниками (КССК, ССК), снарядами для бурения с гидротранспортом керна (КГК), эжекторными снарядами, одинарными колонковыми снарядами с применением сжатого воздуха и пен, а также для бескернового и направленного бурения бесклиновыми снарядами. Существенное повышение геологической информативности бурения и эффективности технологии сооружения буровых скважин различного назначения в сложных геолого-технических условиях зависит от уровня научного обоснования основных конструктивных параметров специального алмазного породоразрушающего инструмента (САПРИ) и технологии его применения.

Вопросы повышения производительности качества и экономичности бурения путем создания, внедрения и совершенствования САПРИ имеют постоянную актуальность [1–4].

Начиная с 1970-х годов рост эффективности колонкового бурения связан с освоением и широким внедрением способа бурения снарядами со съёмными кернаприемниками (КССК, ССК), позволяющими существенно сокра-

тить время на выполнение спуско-подъемных операций и увеличить механическую, рейсовую, техническую и цикловую скорости бурения. Внедрение отечественных комплексов снарядов со съёмными керноприемниками проводилось в горно-геологических условиях большинства крупных месторождений полезных ископаемых России и стран СНГ, характеризующихся частым переслаиванием горных пород по твердости и абразивности. В связи с этим создание породоразрушающего инструмента для бурения КССК-76 шло в направлении разработки следующих типов алмазных коронок: основного — для бурения в перемежающихся по твердости горных породах VI–VIII категорий; вспомогательных — для бурения мягких пород V–VI категорий; трещиноватых пород VIII–IX категорий и твердых окварцованных пород IX–XI категорий по буримости. Аналогичным образом создавался инструмент для КССК-59.

Для бурения КССК-76 в породах первой группы наиболее эффективными оказались коронки с многоступенчатой формой торца (17А4, К-16, К-18, К-70, К-27, К-27С), в мягких породах — с зубчатой формой торца и развитой геометрией промывочной системы (К-30, К-30-0, К-31), а в твердых окварцованных породах — импрегнированные коронки с плоской и гребенчатой формой рабочего торца (К-41, К-45, КТ-76).

Для разработки комплекса АПРИ для снарядов со съёмными керноприемниками использовались технические решения наиболее значимых изобретений и полезных моделей, разработанные нами. Полученные технические решения предусматривают совершенствование АПРИ на основе учета комплекса факторов, влияющих на эффективность разрушения твердых горных пород и обеспечивающих повышение износостойкости элементов рабочего торца инструмента. Установлено, что на износостойкость алмазного породоразрушающего инструмента (коронки) значительное влияние оказывает форма его рабочего торца. Поэтому нами выполнены исследования по влиянию ступенчатой формы рабочего торца на распределение контактного давления и работы трения вдоль радиуса алмазной коронки как основных факторов, влияющих на износостойкость инструмента. Получено аналитическое выражение для работы трения (A_T) за один оборот алмазной коронки

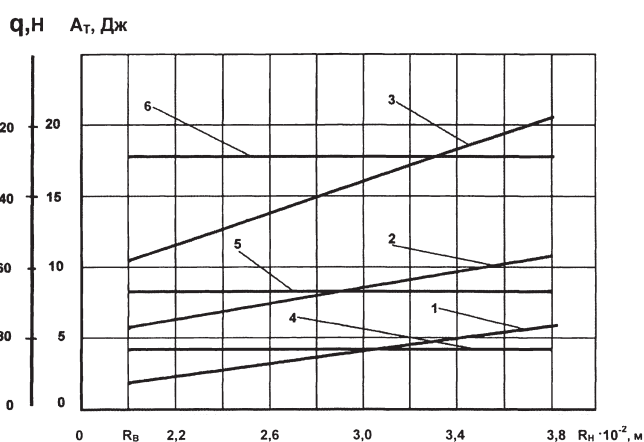
$$A_T = \frac{2\pi f R Q \cdot d_i \cdot V_i}{\sum_1^n K_i \cdot d_i \cdot V_i^2}, \quad (1)$$

где $V_i = (1 + y_i')^{\frac{1}{2}}$ — функция кривой, описывающей поперечный профиль торца алмазной коронки; q_i — нормальное давление ПА; Q — осевая нагрузка Н; d_i — диаметр i -го алмазного зерна, м; y_i' — первая производная функции кривой $y = f(R)$, описывающей профиль коронки (R — текущий радиус коронки, м); n — количество рядов алмазов на коронке, шт; K_i — количество алмазов в i -м ряду, шт.

С применением зависимости (1) выполнены расчеты нормального давления и работы трения для алмазной коронки 17А4-76 при осевой нагрузке 1600Н, общем количестве объемных зерен 212 штук и различным количеством объемных зерен, контактирующих с забоем

при условии, что $y' = 0$. Данные расчета показаны на рисунке. С использованием результатов расчетов построены графики зависимостей нормального давления и работы трения от величины радиуса алмазной коронки (в интервале от внутреннего до наружного радиусов). Анализируя графики, представленные на рисунке, можно сделать вывод, что уменьшение количества алмазных зерен, одновременно вступающих в контакт с забоем, приводит к значительным перегрузкам отдельных алмазов. При уменьшении количества контактирующих с забоем алмазов в 2 и 4 раза по сравнению с их общим количеством удельные нагрузки на алмазные зерна возрастают соответственно в 2 и 4 раза, что способствует интенсификации износа алмазных зерен в объемном слое коронки. Наибольшее значение работы трения при бурении коронками 17А4-76 наблюдается на отрезке радиуса $R = (3,0 \div 3,8)10^{-2}$ м, т.е. на ступенчатой части матрицы коронки при различных числах алмазных зерен, находящихся в контакте с забоем — 100, 50 и 25 % от их общего количества в инструменте. Это приводит к более интенсивному износу ступенчатой части матрицы относительно ее плоской части, что подтверждается характером износа алмазных ступенчатых коронок 17А4, отработанных в Норильской ГРЭ.

Следовательно, при разработке конструкции объемного слоя матрицы коронок необходимо, чтобы число алмазов, вступающих в контакт с горной породой, было постоянным и возможно большим или равным его количеству в объемном слое инструмента. Для этого следует повышать точность изготовления однослойного породоразрушающего инструмента, добиваясь максимального уменьшения разноразмерности алмазов, расположенных на одной окружности, а также секторов матрицы коронки и качественного нарезания резьбы коронки и расширителя. С целью получения равномерной стойкости коронки по всему рабочему торцу необходимо армировать ступенчатую часть матрицы алмазами с более высокой прочностью по сравнению с алмазами ее пилотной части. Другие конструктивные параметры специального ин-



Распределение нормального давления (q) и работы трения (A_T) вдоль радиуса ступенчатой коронки при различных значениях объемных зерен алмазов, контактирующих с забоем. 1, 2, 3 — работа трения при количестве контактирующих зерен 100, 50, и 25 % от общего количества объемных зерен соответственно; 4, 5, 6 — нормальное давление при количестве контактирующих зерен 100, 50 и 25 % от общего количества объемных зерен соответственно

струмента для КССК и ССК обосновывались на основании технических решений по авторским свидетельствам на изобретения и полезные модели.

Специальный алмазный породоразрушающий инструмент нашел применение во многих геологоразведочных организациях России, стран СНГ, а также в Болгарии. Обобщенные результаты его применения в производственных условиях приведены в таблице. Анализ данных позволил сделать вывод о том, что при использовании разработанного инструмента можно уменьшить удельный расход алмазов в 1,3–2,0 раза, увеличить механическую скорость бурения на 25–60 % и улучшить представительность керновых проб за счет увеличения линейного выхода керна на 16–22 % при бурении КССК, на 17–42 % при использовании эжекторных снарядов.

Для поискового, картировочного и разведочного бурения скважин на различные виды полезных ископаемых применяются комплексы технических средств для бурения скважин с гидротранспортом керна КГК-100 и КГК-300. Проведенный анализ опыта бурения позволил сформулировать основные требования к алмазным буровым коронкам для этих комплексов:

форма торца коронок и материал режущих элементов должны обеспечивать эффективное разрушение пород II–IX категорий по буримости;

промысловая система коронок должна способствовать удалению выбуренной породы в процессе бурения от периферии к центральному каналу при высоком качестве гидровыноса керна и охлаждении коронки;

ресурс коронки должен обеспечивать бурение скважин до проектной глубины.

В процессе исследований [2] установлено, что при выборе формы торца коронки следует учитывать то, что опорная поверхность коронки должна уменьшаться при повышении твердости породы для обеспечения постоян-

ных значений скорости бурения и мощности затрачиваемой на разрушение. При исследовании механизма разрушения горных пород установлено, что процесс их разрушения сопровождается образованием ядра уплотненной горной породы в передней и нижней частях профиля, образующегося контактирующей поверхностью реза с забоем при их взаимодействии. Для повышения эффективности разрушения горной породы необходимо разработать такую форму профиля торца коронки, кото-

Технико-экономические показатели бурения специальным алмазным инструментом

Тип и размер инструмента	Категория пород по буримости	Проходка на коронку, м	Механическая скорость бурения, м/ч	Расход алмазов, кар/м	Линейный выход керна, %
1	2	3	4	5	6
Инструмент для бурения КССК-76					
17А4	VI–VIII	95	1,9/1,4*	0,17/0,25*	90/85*
К-16	VIII–IX	71	1,7/1,2	0,33/0,46	92/81
К-18	VI–VIII	82	1,8/1,1	0,18/0,26	93/84
К-30	V–VII	105	2,4/1,8	0,09/0,16	91/87
К-31	V–VI	84	2,2/1,7	0,11/0,15	91/82
К-70	VIII–X	61	1,4/1,1	0,32/0,48	96/87
К-41	IX–XI	64	1,2/0,9	0,41/0,61	94/85
К-45	IX–XI	58	1,3/0,9	0,43/0,65	93/84
РКЦ-1	VI–XI	810	-	0,010/0,015	-
РКЦ-3	V–IX	600	-	0,012/0,018	-
Инструмент для бурения КССК-59					
К-61	VII–IX	67	2,4/1,8	0,22/0,33	95/83
К-62	V–VI	91	2,9/1,9	0,08/0,12	93/80
К-63	IX–X	59	1,8/1,3	0,29/0,44	97/85
РКЦ-7	VI–XI	510	-	0,008/0,12	-
Коронки для бурения эжекторными снарядами					
16И4-59 М	X–XI	14	1,2/0,8	0,91/1,3	82/45
16И4-76 М	X–XI	16	1,2/0,9	0,99/1,39	80/50
ДЭА-76 М	VIII–IX	22	1,3/0,8	0,83/1,16	75/33
ДЭИ-76 М	X–XI	21	1,1/0,7	0,91/1,18	78/40
ДЭА-93 М	VIII–IX	27	1,2/0,8	0,8/1,42	87/83
ДЭИ-93 М	X–XI	25	1,0/0,7	0,98/1,56	80/63
Коронки для бурения с продувкой и пенами					
МЦП1-76	VI–VIII	12	1,2/0,8	0,95/1,52	80/71
МЦПИ-76	VIII–IX	15	1,1/0,7	0,98/1,96	75/68
МЦПИМ-76	VIII–X	19	1,5/1,1	0,85/1,28	83/75
01АЗЖМ-59	VII–VIII	10	1,3/0,8	0,94/1,32	79/73
01АЗЖМ-76	VII–VIII	13	1,3/0,9	0,96/1,44	81/75
Долота для бескернового, направленного и многозабойного бурения					
09АЗ-59 М	IX–X	51	1,6/1,1	0,40/0,68	-
АДН-08 М	VIII–IX	17	0,60/0,39	-	-
ИДН-08 М	IX–X	15	0,51/0,32	-	-
АДН-22 М	VIII–IX	18	0,65/0,43	-	-
ИДН-12 М	IX–X	14	0,49/0,31	-	-
Коронки для бурения с гидротранспортом керна (КГК-84)					
В9	III–VIII	179	34,6/24,5	0,11	98/98
В9С	III–VIII	166	31,5/24,5	0,13	98/98
В14	IV–IX	98	14,2/9,3	0,17	98/98

* в числителе приведены данные для специального инструмента, в знаменателе — для базы сравнения.

рая обеспечит образование ядра минимальной плотности при разрушении горной породы. Установлено, что это условие достигается при использовании коронок, имеющих закругленную форму рабочего торца, при этом радиус закрепления должен составлять половину ширины рабочего торца коронки. Такой профиль рабочего торца коронки обеспечивает их максимальную износостойкость при бурении в породах средней твердости.

При использовании комплексов КГК предъявляются особые требования к промывочной системе буровых коронок. При этом конструктивные параметры промывочной системы должны обеспечивать эффективную транспортировку разрушенного материала горных пород в направлении от стенок скважины к центру породоразрушающего инструмента. Это обеспечивают коронки рабочего сектора в набегающей их части, выполненные по спирали.

Повышение эффективности разрушения горных пород породоразрушающим инструментом в составе КГК обеспечивалось выполнением других конструктивных параметров при реализации наших изобретений по авторским свидетельствам [2]. Наиболее сложными в температурном отношении являются условия бурения разведочных скважин с использованием в качестве очистных агентов сжатого воздуха и пен. Исследованиями, проведенными в АО «Тулское НИГП», установлено, что уменьшение теплонапряженности в зоне контакта алмазных зерен коронки и горной породы обеспечивается путем применения в коронках:

корпуса из биметаллического материала, пластификатора которого входит в состав материала;

тепловых труб с внутренним испарительным охлаждением;

рациональной насыщенности торца алмазами;

снижением контактной температуры от термодеструкции нетермостабильных компонентов алмазосодержащей матрицы коронок.

Установлено (Патент № 2373372) выражение для определения длины рабочего сектора матрицы по среднему диаметру коронки:

$$l \leq K_2 \frac{K_3 \cdot N_{\text{ПР}}}{K_1 \cdot P \cdot n \cdot m}, \text{ м} \quad (2)$$

где l — длина рабочего сектора матрицы, м; K_1 — постоянный коэффициент ($K_1 = 2 \cdot 10^{-5}$); K_2 — коэффициент, характеризующий отношение длины рабочего сектора к суммарной длине сектора и промывочного канала по среднему диаметру коронки ($K_2 = 0,3 \div 0,9$); $K_3 = 10^3 \cdot K_n$, где K_n — коэффициент нагрева коронки ($K_n = 0,9$); $N_{\text{ПР}}$ — предельное значение забойной мощности, Вт; P — осевая нагрузка на коронку, Н; n — частота вращения бурового снаряда, с^{-1} ; m — количество рабочих секторов коронки, шт.

С использованием результатов проведенных исследований и наиболее значимых изобретений по авторским свидетельствам и патентам разработаны алмазные коронки для бурения с продувкой сжатым воздухом и пенами типов МЦП1, МЦП2, МЦПМ, П-01, П-02, П-82-ИТ, П-82-ИС, П-98-ИТ, П-98-ИС, П-118ИС-4СВ, П-118-ИС-3СВ, 01А3ЖМ, применение которых позво-

лило повысить механическую скорость бурения и стойкость инструмента.

В настоящее время для корректировки трасс скважин, отклоняющихся от проектных, применяются отклонители различного типа. Однако эта технология не является эффективной, так как она предусматривает исправление уже допущенного брака при сооружении скважины. Более рациональным принципом является применение коронок специальной конструкции, стабилизирующих направление ствола скважины при бурении.

На основе выполнения исследований получена зависимость в процессе величины приращения угла наклона скважины от технологических и конструктивных параметров бурового инструмента в виде:

$$\text{tg} \alpha_i = \pm \frac{n \cdot l_2 P''}{a \pi P_0 m k \sqrt[3]{k l_1 V_M}}, \quad (3)$$

где α — угол наклона скважины на рассматриваемом участке в градусах; l_1 — высота контакта коронки со стенками забоя, м; P'' — усилие разрушения горной породы, Н; a — коэффициент пропорциональности; P_0 — условный предел прочности горных пород по штампу, МПа; m — масса алмазов, карат; k — зернистость алмазов, шт/кар; l_2 — длина скважины на участке контакта двух горных пород, м; V_M — механическая скорость бурения, м/с; n — частота вращения снаряда, с^{-1} .

Анализируя формулу (3) можно констатировать, что интенсивность искривления скважины возрастает при увеличении осевой нагрузки и частоты вращения, но уменьшается при увеличении твердости горных пород, в сторону которой искривляется скважина, механической скорости бурения и высоты породоразрушающей компоновки. Выполненными расчетами по формуле (3) установлено, что изготовление стандартных алмазных коронок с диаметром корпуса, равным диаметру матрицы, позволяет значительно уменьшить интенсивность искривления скважин.

С учетом проведенных исследований и использованием наиболее значимых изобретений и полезных моделей разработаны стабилизирующие алмазные коронки 02ИЗСТ и алмазные расширители РСА-СТ. Применение этого инструмента при бурении плановых скважин в Кольской ГРЭ позволило уменьшить интенсивность искривления в 4,8–4,9 раза.

В разные годы нами разработан и поставлен на серийное производство комплекс алмазных долот для бескернового бурения, включающий следующие типоразмеры: 08А3-46, 08ИЗ-46, 09А3-59 и 09А3-76. Эти долота имеют вогнутую форму рабочего торца с центральным отверстием, позволяющим повысить их работоспособность. Алмазные долота для бескернового бурения используются в геологоразведочных организациях и на горнорудных предприятиях.

Алмазные долота для направленного многозабойного бурения используются с отклонителями непрерывного действия. Это обуславливает специфические требования к их конструкции, связанные с ограниченными прочностными возможностями отклонителей, которые не позволяют производить бурение при повышенных значениях частот вращения и осевых нагрузок. Наиболее

важными конструктивными параметрами этих долот являются форма рабочего торца и величина площади рабочего торца. Форма рабочего торца в значительной степени определяется углом его конусности. Проведенными исследованиями установлено, что рациональный угол конусности торца долота составляет 150–180°.

На основании проведенных исследований были разработаны алмазные долота для направленного и многозабойного бурения типов АДН и ИДН, которые отработывались при искусственном искривлении скважин в ПГО «Иркутскгеология», «Центрказгеология», «Бурятгеология», «Дальгеология» при бурении в твердых породах, в которых ранее велось бурение шарошечными долотами.

Специфика алмазного породоразрушающего инструмента заключается в том, что показатели его применения во многом зависят от технологии изготовления, предусматривающей регулирование не только физико-механических свойств алмазосодержащей матрицы, но и конечную стоимость инструмента.

Технологический процесс изготовления алмазного инструмента в АО «Тульское НИГП» в графитопластмассовых формах включает в себя следующие операции:

- а) изготовление пресс-форм, изготовление корпуса;
- б) раскладка алмазов;
- в) приготовление шихты из твердосплавных порошков, пропиточного сплава и формирование матрицы;
- г) инфильтрация — пропитка заготовки инструмента;
- д) механическая обработка.

В последние годы выполнен значительный объем работ по модернизации алмазного породоразрушающего инструмента и технологии его изготовления. Совершенствование технологии изготовления алмазного инструмента происходило по следующим направлениям:

определение рационального состава шихты графитовых пресс-форм для изготовления инструмента для увеличения прочности пресс-форм путем установления оптимального объемного соотношения компонентов шихты;

увеличение производительности процесса прессования графитовых пресс-форм достигалось путем изменения режима термообработки стальной формы;

повышение эффективности горячего прессования при изготовлении алмазного инструмента за счет применения пуансона специальной конструкции и изменения режима термообработки инструмента;

повышение качества за счет улучшения закрепления алмазов в матрице при использовании активатора и пропиточного сплава на основе меди.

Разработана также новая технология изготовления алмазного породоразрушающего инструмента, отличающаяся тем, что после нагрева до температуры пропитки производится горячее прессование инструмента, а затем его охлаждение до отрицательных температур с изотермической выдержкой. Этот способ позволяет повысить износостойкость матрицы и надежность закрепления алмазных зерен. Большие объемы производственных экспериментальных работ по применению криогенной обработки алмазного породоразрушающего инструмента были выполнены в Кайраккумской ГРЭ, сотрудниками Томского политехнического университета, ВИТР, ПГО «Востказгеология». Испытания

проводились путем сопоставления фактического расхода коронок на 1 метр бурения в базовый (без криогенной обработки) и экспериментальный периоды, которые длились по одному году. Для бурения использовались в основном снаряды ССК-59 и КССК-76. Результаты этих испытаний показали, что криогенная обработка позволила существенно (от 11,3 до 95,3 %) повысить износостойкость 16 типов коронок.

Дальнейшим развитием технологии повышения качества алмазного инструмента явилось создание новых матричных композиций с пониженной температурой пропитки и с рациональной насыщенностью и расположением алмазов повышенного качества, в том числе синтетических зарубежного производства (фирма «Элемент Сикс»).

Были разработаны с применением синтетических алмазов алмазные коронки для ССК типов К-2СВМ, К-3СВМ, К-4СВМ, К-5СВМ диаметром 59,75 мм, типов 02И2СВМ, 02И3СВМ, 02И4СВМ диаметром 46, 59, 76 мм.

Впервые в отечественной практике алмазного бурения на двух геологических объектах (Самартинской и Тулуинской ГРП) ГРЭ «Бурятзолоторазведка» удалось провести производственные испытания инструмента АО «Тульское НИГП», «ЭЗТАБ», «Геогидротехники» и фирм Борт-Лонгир и Атлас-Копко в идентичных условиях и сопоставить их результаты. В Самартинской ГРП на одном участке средняя проходка на коронку АО «Тульское НИГП» и Борт-Лонгир была сопоставима, но по стоимости их расхода на метр бурения коронки ОАО «Тульское НИГП» дешевле на 65 %. На втором участке проходка на коронку диаметром 75 мм ОАО «Тульское НИГП» была выше, чем у коронок Атлас-Копко более чем в 2 раза, и по стоимости на метр бурения дешевле в 4–5 раз. В Тулуинской ГРП проходка на коронку АО «Тульское НИГП» диаметром 59 мм превосходила в 3–4 раза инструмент «Геогидротехники» и «ЭЗТАБ» и почти в 6 раз коронки фирмы Атлас-Копко.

Анализ отработки алмазных коронок АО «Тульское НИГП» в других районах показывает, что эффективность их применения в сравнении с инструментом других производителей в осложненных условиях существенно увеличивается.

Таким образом, производственные испытания алмазных коронок АО «Тульское НИГП», изготовленных по новым технологиям показали, что на многих объектах с осложненными горно-геологическими условиями они по эффективности существенно превосходят инструмент других отечественных производителей, а также инструмент известных зарубежных фирм. Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование отдельных конструктивных параметров алмазного породоразрушающего инструмента в соответствии с многочисленными патентами на изобретения и полезные модели, которые получены сотрудниками АО «Тульское НИГП», а также на использование композиционных материалов для армирования объемного и подрезных слоев такого инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власюк, В.И. Новые технологии в создании и использовании алмазного породоразрушающего инструмента / В.И. Власюк, Ю.Е. Бу-

дюков, Л.К. Горшков, А.И. Осецкий, С.Я. Рябчиков, В.И. Спирин. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. — 140 с.

2. Будюков, Ю.Е. Алмазный породоразрушающий инструмент / Ю.Е. Будюков, В.И. Власюк, В.И. Спирин. — Тула: ИПП «Гриф и К», 2005. — 288 с.

3. Будюков, Ю.Е. Алмазный инструмент для бурения направленных и многоствольных скважин / Ю.Е. Будюков, В.И. Власюк, В.И. Спирин. — Тула: «Гриф и К», 2007. — 176 с.

4. Власюк, В.И. Технические средства и технологии для повышения качества бурения скважин / В.И. Власюк, Ю.Е. Будюков, В.И. Спирин. — Тула: «Гриф и К», 2013. — 176 с.

© Спирин В.И., Будюков Ю.Е., Соловьев Н.В., 2016

Спирин Василий Иванович // nigrp-tula@mail.ru
Будюков Юрий Евдокимович // nigrp-tula@mail.ru
Соловьев Николай Владимирович // nvs@mgri-rggru.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

УДК 338.984: 553.04

Краснов О.С. (ФГУП «ВНИГРИ»), Салихов В.А.
(НФИ КемГУ)

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРОЕКТОВ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Дана классификация рисков, влияющих на экономическую эффективность проектов по извлечению цветных и редких металлов из техногенных месторождений. Даны формулы расчета экономического, экологического, социального и косвенного эффектов проектов по разработке этих объектов с учетом рисков, определяемых качественным и количественным методами. Также проведен анализ устойчивости проектов методом СВОТ. Ключевые слова: цветные и редкие металлы, техногенные месторождения, экономический эффект, риски, кумулятивный метод, метод СВОТ, объемы производства.

Krasnov O.S. (VNIGRI), Salihov V.A. (NFI KemGU)

THE RISK ASSESSMENT OF PROJECT FOR THE
EXTRACTION OF NONFERROUS AND RARE METALS
FROM WASTE DEPOSITS

It was given the risk classification, which affected the economic viability of projects for the extraction of nonferrous and rare metals from waste deposits. The formula for calculating the economic, environmental, social and indirect effects of projects on the development of these facilities are subject to risks defined qualitative and quantitative methods were defined. Also, analysis of the sustainability of projects by the SWOT was held. Keywords: non-ferrous and rare metals, technological field, the economic effect, risk, the cumulative method, SWOT, production volumes.

В начале XXI в. металлургическая промышленность так же, как и прежде, значительно влияет на развитие мировой экономики и во многом определяет эффективность экономического развития отдельных государств. Дальнейшее развитие самой металлургической промышленности невозможно без своевременного воспроизводства минерально-сырьевой базы (МСБ). Эта проблема актуальна для многих стран мира. При возрастающей потребности общества в сырье для металлургии и других перерабатывающих отраслей возрастает потребность в количестве, а главное, в качестве минерального сырья. В то же время наиболее богатые месторождения во многом исчерпаны, снижается качество

руд, ухудшаются условия их эксплуатации. Поэтому и в мире, и в России все более актуальной становится проблема ввода в эксплуатацию техногенных месторождений.

Одним из перспективных объектов для извлечения этих дефицитных металлов являются золо-шлаковые отвалы углей, накапливаемые на энергетических предприятиях. На энергетических предприятиях Кемеровской области ежегодно накапливается около 3 млн. т золо-шлаковых отходов (ЗШО). Площадь золоотвалов составляет несколько тысяч гектаров. Запасы таких металлов, как титан, цирконий, стронций, ванадий, галлий составляют тысячи и десятки тысяч тонн. Эти ЗШО соответствуют определению техногенных месторождений, как многотоннажных скоплений отходов добычи и переработки минерального сырья, которые можно использовать с народно-хозяйственным эффектом.

В настоящее время разработаны технологии извлечения из минерального сырья и отходов многих ценных металлов, прошедшие лабораторные и полупромышленные испытания. Ряд металлов извлекается в небольших количествах промышленным способом (германий, ванадий, титан, цирконий). Например, извлекаются из хибинских апатитовых месторождений нефелин, сфен для получения титановых продуктов, бадделейт для получения циркония. Имеется ряд опытно-промышленных технологий извлечения цветных и редких металлов из золо-шлаковых отходов углей. В целом промышленное извлечение попутных полезных компонентов проводится в малых объемах, что объясняется недостаточным финансированием НИОКР и высокой себестоимостью опытных технологий. Кроме того, следует учитывать риски, возникающие при реализации таких проектов. Основными из рисков являются [2, 3]:

коммерческие — снижение цен, объемов продаж, противодействие конкурентов;

финансовые — неплатежи, неоптимальное распределение финансовых ресурсов, большие объемы инвестиций в проект;

технологические, связанные с ошибками в проектировании, недостатками используемых технологий и оборудования, недостатками в управлении и квалификации работников, срывами поставок сырья и повышением цен на него;

политические — изменение таможенной политики, законодательства и т.д.;