

## ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТООБРАЗНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ РУДЫ

Природно-минеральные ресурсы являются основным источником сырья для различных отраслей промышленности. Наряду с этим переработка полезных ископаемых является одним из наиболее интенсивных источников загрязнения природной среды отходами горнодобывающих предприятий.

Анализ существующих разведочно-эксплуатационных работ и проведенные экспериментальные исследования позволили разработать технологию буровзрывных работ и шарошечного бурения при проходке горно-разведочных выработок, на основе которой были предложены новые технологии, повышающие с 60 до 80 % извлечение полезного ископаемого.

The article deals with ecological consequences of decreasing dispersing of ores in underground mining unit operations. The authors made a new technology of drilling and blasting works that increases the amount of useful ore outputting from 60 to 80 percent. The main idea of article is the rational using of natural recourses and decreasing of radioactive ores coming environmental earth with waste rocks due to computer modeling of drilling and blasting works and using these results in outputting of ore.

Основной целью работы является моделирование процессов бурения и взрывания тонких пропластков рудных залежей с использованием полученных результатов при разработке подземной технологии их рациональной выемки с минимальными потерями при мощности залежей редкоземельных руд 0,1-0,2 м.

Работа выполнена для условий рудника «Карнасурт», разрабатывающего часть Ловозерского месторождения редкоземельных руд, представленную пологими (9-11°) пластообразными залежами. Эксплуатационная разведка и разработка производится путем проходки двух параллельных штреков на различных уровнях наклонного пласта и двух нарезных восстающих выработок. При такой технологии минимальная высота нарезных и очистных выработок должна быть не менее 1,8 и 1,1 м соответственно, что обусловлено присутствием людей в забое. Но такие размеры выработок увеличивают разубоживание руды до 500 %, что приводит к росту количества пустых пород, складируемых в отвалах, и потерям руды в штрековых и блочных целиках.

В настоящее время при мощности рудного тела от 0,1 до 0,2 м высота очистного пространства в забое составляет 1,1-1,2 м и работа в очистном блоке (лаве) людей затруднена особенно при бурении, чревата повышенными травматизмом и опасностью. Хотя радиоактивность руды невелика, разубоживание в таких размерах приводит к непроизводительным затратам, связанным с выемкой, транспортировкой, переработкой сырья на обогатительной фабрике и формированию отвала слаборадиоактивных пород в измельченном виде. В процессе эрозии поверхности отвалов переизмельченные остатки руды (пыль) с вмещающими породами разносятся ветром на большие расстояния, измеряемые сотнями километров, загрязняя рядом расположенные регионы. Породы отвала смываются дождями на прилегающие территории и попадают в местные реки и озера. Экологическая опасность такой технологии добычи и переработки руды очевидна как для работающих на руднике, так и проживающих на достаточно удаленных расстояниях.

В состав руды входят следующие оксиды, %: ниobia 7-11, тантала 0,5-1, тита-

на 40-42, стронция 0,5, натрия 8, калия 1, тория 0,4.

Одна из предлагаемых технологий разведочно-эксплуатационных работ основана на выбуривании руды параллельно-смежными скважинами, которые бурятся снизу вверх из транспортного штрека в вентиляционный. Диаметр скважин изменяется от 250 до 350 мм, поскольку мощность пласта, имеющего пологое залегание на участке работ, колеблется от 0,1 до 0,25 м, а длина скважин 20-30 м.

Эффективность процесса бурения шарошечным инструментом определяется следующими факторами:

- технологическими – осевая нагрузка на шарошку  $P = 0,5\text{-}20 \text{ кН}$ , частота вращения  $n = 0,1\text{-}1 \text{ м/с}$ , расход промывочной жидкости  $Q = (0,3\div180) \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

- конструктивными – площадь поперечного сечения зубцов шарошек  $S = (15\div100) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ , высота зубцов  $h = (5\div25) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ , количество зубцов на шарошке  $m = 13\text{-}500$ , расстояние между зубцами  $z = (15\div50) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ , угол наклона зубцов к поверхности забоя  $\alpha = 80\div90^\circ$ , угол наклона оси шарошек к диаметру выработки  $\beta = 0\div3^\circ$ , диаметр шарошек  $d = 0,05\div0,3 \text{ м}$ , конусность шарошек  $\gamma = 30\div60^\circ$ , длина шарошек  $l = 0,05\div0,4 \text{ м}$ ;

- физико-техническими – прочность на сжатие  $\sigma = 500\div2000 \text{ МПа}$ , пористость  $p = 1\div10 \%$ ; твердость  $\tau = 500\text{-}7000 \text{ МПа}$ .

При исследовании влияния перечисленных факторов на процесс бурения использован алгоритм на основе нейронных сетей, позволяющий установить их взаимовлияние.

В качестве основного параметра исследований была принята механическая скорость бурения, зависящая от технологии бурения, конструкции шарошек и физико-технических свойств пород. С учетом всех перечисленных факторов интегральная модель, определяющая скорость бурения, имеет вид

$$v = f(P, n, Q, S, h, m, z, m, \alpha, \beta, d, \gamma, l, \sigma, p, \tau).$$

В процессе моделирования были получены конкретные конструктивные парамет-

ры шарошек для бурения горно-разведочных выработок диаметром от 0,25 до 2,5 м в зависимости от свойств пород и режимов бурения. С учетом полученных результатов выбуривание можно производить передвижной установкой БГА-4ВМ, модернизированной к условиям рудника «Карнасурт». Для предотвращения отклонения первой скважины используются специальные центраторы, а для исключения попадания последующей скважины в ранее пробуренную применяются центраторы и стабилизаторы, связанные жестко с центраторами и движущиеся одновременно с ними в параллельной скважине. Снижение себестоимости добычи 1 т руды достигается уменьшением числа работающих и исключением операции дробления, так как шарошечное бурение обеспечивает этот процесс. Коэффициент разубоживания руды снижается с 5 до 0,5-1,0.

Такая технология позволяет снизить себестоимость 1 т концентрата на 20-30 % по сравнению с применяемым буровзрывным способом отработки пластов руды блоками с оставлением внутриблоковых целиков, имеющих минимальную высоту 1,1 м, а диаметр 1-1,5 м. Модернизировав буровую установку БГА-4В, можно обеспечить выбуривание руды из целиков, оставленных по обе стороны штреков. Это позволит повысить объем выемки руды из пластообразных залежей с 60-70 до 80-90 %.

С целью уменьшения количества пустых слаборадиоактивных пород, складируемых на поверхности, и снижения потерь сырья разработана новая технология буровзрывных работ. Для уменьшения разубоживания добываемого сырья, предлагается заменить существующую технологию буровзрывных работ на новую с элементами безлюдной выемки в очистном пространстве. Высота очистной лавы максимально приближается к мощности рудного тела и не превышает 0,2-0,4 м. Длина отрабатываемого блока по падению рудного 40-60 м, против существующей 100-120 м. Уменьшение длины блока объясняется необходимостью обеспечения точности бурения до 0,05 м. При снижении количества

пустых пород в руде в 3-5 раз, получаемая выгода при переработке руды значительно перекрывает затраты, связанные с проведением дополнительных нарезных горных выработок. Бурение взрывных и врубовых скважин может осуществляться станками типа БУ-50НБ, БУ-80НБ, либо аналогичными импортными. При этом диаметр взрывных скважин 42-65 мм, а диаметр врубовой 125-200 мм. По ширине лавы предполагается бурить не менее двух-трех врубовых скважин. Пневмозаряжание скважин осуществляется гранулированными ВВ с формированием в скважине заряда с осевыми воздушными полостями различной конфигурации. Параметры буро-

взрывных работ рассчитывались с позиций энергетической теории для обеспечения регулирования степени дробления горных пород взрывом.

Рекомендуемые технологии безлюдной выемки тонких рудных пластов (категория пород по крепости до XVI-XVIII категорий) позволяют уменьшить разубоживание в 3-5 раз, сократить потери сырья за счет более полной выемки рудного тела с последующей частичной закладкой на 10÷20 % и за счет выбуривания части полезного ископаемого из охранных штреековых целиков на 3-5 %, уменьшить воздействие слаборадиоактивных пород на окружающую среду в 2-3 раза.