

УДК 622.2:622.343.5:658.5

Э.Ю. Мешеряков

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ОСВОЕНИЯ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО УРАЛА

Представлены принципы создания и результаты внедрения ресурсосберегающей подземной физико-технической геотехнологии на уральских горнодобывающих предприятиях, осваивающих медноколчеданные месторождения. Ресурсосбережение обеспечивается путем совершенствования процессов крепления на проходческих работах, управления горным давлением, обоснования порядка развития фронта горных работ.

Ключевые слова: подземные горные работы, открыто-подземная разработка, медноколчеданное месторождение, крепление выработок, управление горным давлением, порядок развития фронта горных работ.

Более 70 % медноколчеданных руд месторождений Южного Урала, являющихся одними из основных источников меди, цинка, серы, и др. ценных полезных компонентов для отечественной промышленности, извлекается подземными горными работами в сложных горнотехнических условиях, определяемых неравномерным распределением полезных и вредных компонентов, наличиемрудовмещающих метасоматически измененных пород и различных охраняемых объектов (рабочих участков карьеров, рек и озер, горно-капитальных выработок, рудных залежей верхних ярусов). Особенностью метасоматически измененных пород является интенсивное разупрочнение при их обнажении, наличие охраняемых объектов предопределяет широкое применение систем разработки с твердеющей закладкой. Анализ калькуляции затрат на подземных рудниках показал, что наибольший удельный вес (до 30—40 %) в себестоимости горнoproходческих работ занимает крепление выработок, в себестоимости очистных работ — управление гор-

ным давлением и отбойка руды. Объемы утилизируемых пород не превышают 20—30 % объемов отвалов. Отклонения от сплошного порядка разработки, обусловленные высокими требованиями по наращиванию производственных мощностей при неравномерном распределении содержания металлов, приводят к разрывам фронта работ, снижению их концентрации, формированию деструктивных вторичных полей напряжений, увеличению протяженности поддерживаемых горнoproходческих выработок, росту объемов оборотных средств.

Решение проблемы ресурсосбережения предусматривается путем сокращения: себестоимости горнoproходческих работ в результате совершенствования способов крепления и упрочнения метасоматически измененных пород; себестоимости очистных работ за счет совершенствования способов управления горным давлением, определения рациональных границ применения способов искусственного, естественного поддержания очистного пространства и обру-

шения руд и вмещающих пород, разработки мероприятий по интенсификации добычи руд, создания адаптивных вариантов систем разработки и обоснования параметров буровзрывных работ; потерю руды и ситуационных издержек за счет обоснования порядка развития фронта горных работ; объемов отвальных пород путем вовлечения их в процесс управления горным давлением.

Проведен анализ горно-геологических, горнотехнических и геомеханических условий и опыта освоения ряда уральских медноколчеданных месторождений: Учалинское; Узельгинское; Гайское; Молодежное; Октябрьское; Чебачье; Озерное; Западно-Озерное; Джусинское. Результаты анализа показали, что медноколчеданные месторождения обладают в целом общими генетическими признаками, литолого-петрографическим составом, наличием метасоматически измененных пород, иерархично-блочной структурой массива, полями естественных напряжений с преобладанием тектонической составляющей. Контакты руд с породами по висячему боку четкие, по лежачему отмечается постепенный переход от сплошных руд к вкрашенным и далее к метасоматитам.

Наряду с весьма важным в рудообразовании значением процессов метасоматоза, серьезной проблемой является обеспечение устойчивости метасоматитов, обнажаемых подземными выработками. Применяемая на рудниках железобетонная штанговая, набрызгбетонная и комбинированная крепи не обеспечивают надежного и долговременного поддержания выработок. Вывалы, как в кровле, так и в боках выработок, зачастую, происходят вместе с анкерами.

На основе установленной взаимосвязи прочностных свойств метасома-

тилов, плотности и содержания пирита предложена классификация метасоматически измененных пород медноколчеданных месторождений [1].

По результатам математического моделирования напряженно-деформированного состояния массива, вмещающего подземную выработку, для определенных типов метасоматитов, различной глубины заложения выработки и тектонических напряжений определены величины зон неупругих деформаций в кровле и бортах. Предложены многопараметрические уравнения для определения величин зон неупругих деформаций (ЗНД). Полученные значения глубин ЗНД имеют удовлетворительную сходимость с параметрами вывалообразований, зафиксированными в выработках рудников ряда медноколчеданных месторождений.

Так как в условиях метасоматически измененных пород, обладающих повышенной степенью трещиноватости и низкими прочностными свойствами, поникающимися с течением времени, работа железобетонных анкеров по схеме «сшивание» оказалась неэффективной, на основе конструктивных решений, предложенных Алипбергеновым М.К. и др. [2] для условий рудников Жезказгана, были разработаны анкеры с самозаклинивающимся устройством, обеспечивающие их работу по схеме «подвешивание». Длина самозаклинивающихся анкеров определена по глубине ЗНД для соответствующих условий (1,5—2,5 м). Результаты опытно-промышленных испытаний показали, что самозаклинивающиеся анкеры непосредственно после их установки в шпуры способны нести нагрузку $q = 2,3—2,4$ т. При установке анкеров с бетонным заполнителем по истечении семи суток их несущая способность достигает $q = 7,2$ т. Расчеты

нагрузки на анкеры показали возможность увеличения расстояния между ними, при использовании металлической сетки рабицы с размерами ячеек $0,1 \times 0,1$ м, с 0,5 м до 0,7—0,8 м.

Для воздухо- и гидроизоляции метасоматически измененных пород обосновано применение в составе раствора для установки анкеров и набрызг-бетона модифицирующей добавки типа «Акватрон-6» в количестве 3 % от массы цемента. Результаты опытно-промышленных испытаний модифицированного набрызгбетона с 3% полимерной добавкой «Акватрон-6» показали, что помимо обретения им гидроизолирующих свойств отмечается увеличение прочности образцов крепи на сжатие, растяжение и чистый сдвиг в 2÷6 раз, что позволяет уменьшить толщину набрызг-бетонной крепи с 4—6 до 1—2 см.

За счет сокращения толщины набрызг-бетона, расхода шпурометров и металла для анкерной крепи обеспечено сокращение себестоимости крепления выработок, пройденных по метасоматитам, в среднем на 16%. Сокращение срока операций по креплению за счет снижения объемов набрызг-бетонирования и времени твердения бетонного раствора в железобетонных анкерах с 7 до 2 часов позволило повысить в 1,3 раза скорость проходки горизонтальных выработок. Переход от БВР на проходку выработок с применением комбайна 2КВ на Учалинском руднике обеспечил более долговременное сохранение устойчивости и увеличение скорости проведения восстающих в метасоматитах в 1,5 раза.

Сокращение времени и затрат на подготовительно-нарезные работы достигается в том числе переходом на технологию формирования отрезных щелей без проходки восстающих. Формирование отрезного простран-

ства осуществляется короткозамедленным взрыванием скважинных зарядов на горизонтальную подсечку и массив твердеющей закладки соседней камеры.

Освоение уральских медноколчеданных месторождений осуществляется подземным и открыто-подземным способами. С позиций геомеханики разница между подземной и открыто-подземной разработкой заключается в близости к подземным горным работам в последнем варианте открытой поверхности — карьерного пространства. В прибрежном массиве отмечается разгрузка по нормальным сжимающим напряжениям, в придонном — концентрация сжимающих напряжений. Для определения размеров зон геомеханического влияния карьера на напряженно-деформированное состояние (НДС) массива предложены математические зависимости [3, 4].

Ряд исследователей, опираясь на результаты теоретических изысканий, отмечает достоинства восходящего порядка разработки с закладкой выработанного пространства [5—7]. Однако натурные наблюдения свидетельствуют о существенном разупрочнении массива при его подработке системами с твердеющей закладкой [8, 9]. Негативные последствия комбинированного (нисходящее-восходящего) порядка отработки запасов, реализованного при отработке Тишинского и Учалинского месторождений, а также отсутствие аналогичных примеров ведения горных работ в зарубежной практике, свидетельствуют о нецелесообразности дальнейшего его применения.

Исследования [10—12] и практика открыто-подземной разработки указывают на целесообразность применения в условиях как разгрузки, так и концентрации сжимающих напряжений сплошного порядка разработки.

Для прибортового массива рекомендуется сплошной нисходящий порядок от массива к откосу борта карьера [4]. В условиях отработки запасов в основании карьеров также следует ориентироваться на сплошной порядок отработки. Следует отметить отсутствие исследований влияния формы карьера, порядка выемки запасов в горизонтальной плоскости на геомеханическое состояние массива и устойчивость бортов.

Основой для выработки технологических решений являются знания свойств и структуры конструктивного элемента геотехнологии — горного массива, с этой целью на медноколчеданных месторождениях проведены комплексные геомеханические и квадратиметрические исследования по оценке первичных и вторичных полей напряжений и деформаций, свойств руд и пород в горном массиве, содержания полезных компонентов, строения участков недр. Установлена взаимосвязь минералогического состава руд, содержания в них основных полезных компонентов, прочностных и деформационных свойств — от лежачего к висячему боку рудных тел отмечается переход от вкрапленных руд к сплошным медным и медно-цинковым, сопровождаемый ростом значений прочностных и деформационных характеристик руд, содержания меди и цинка. С учетом выявленных особенностей НДС и свойств рудного массива выполнены рекомендации по порядку разработки прикарьерных запасов Учалинского и Ново-Сибайского месторождений. Геомеханическое обоснование рекомендованного порядка разработки позволяет исключить ситуационные издержки при ведении горных работ.

В условиях одновременной открытого-подземной разработки запасов рекомендуется применение технологий,

обеспечивающих сокращение затрат на наиболее ресурсоемкие процессы отбойки и управления горным давлением за счет применения невзрывчатых разрушающих составов и бутобетонной закладки [13, 14]. Реализация данных технологических решений обеспечивает также сохранение устойчивости бортов и утилизацию пород внутренних отвалов карьера.

Повышение интенсивности подземных горных работ при применении камерной системы разработки с твердеющей закладкой и сплошным порядком выемки запасов достигается применением обоснованной последовательности отработки камер, обеспечивающей за счет ориентации лент согласно линии простирации залежи и применения фронта работ уступной формы совмещение подготовительно-нарезных работ и операций по формированию отрезного пространства во вновь вводимых выемочных единицах с процессом твердения закладочного массива в смежной камере. Применение указанного порядка ведения работ при выемке запасов рудного тела № 4 Узельгинского месторождения обеспечило повышение производственной мощности рудника на 30%, сокращение себестоимости извлекаемых руд, за счет снижения доли условно-постоянных затрат, на 12 %.

Таким образом, проведение комплексных исследований по выявлению закономерностей распределения полезных компонентов, влияния геомеханических факторов и интенсификации добычи для условий применения камерной системы разработки при сплошном порядке выемки запасов позволяет определять рациональный порядок развития фронта горных работ, обеспечивающий безопасность и интенсивность работ, широкие возможности управления качеством и оперативное реагирование на конъ-

юнктуру рынка за счет вовлечения руд с максимальным и минимальным отклонениями содержания металлов от среднего.

Для условий отработки рассредоточенных медноколчеданных залежей разработан алгоритм выбора способа управления горным давлением. Алгоритм опирается на методику определения высоты зоны деформирования налегающих пород при формировании свода естественного равновесия, предложенную В.И. Пушкаревым и А.Ф. Илимбетовым [15], и апробированную при отработке линзообразных медноколчеданных залежей, а также установленные нами зависимости для определения высоты зоны деформирования налегающих пород на закладочный массив [16]. С использованием вышеуказанного алгоритма обосновано возможность использования систем с открытым очистным пространством при отработке рассредоточенных залежей Октябрьского подземного рудника. Геомеханически обоснованный переход от систем с твердеющей за-

кладкой к системам с открытым выработанным пространством обеспечил снижение себестоимости добычи руд на 16 %. Установлены границы участка основного рудного тела месторождения «Чебачье» для применения систем с обрушением руд и вмещающих пород. Применение на начальном этапе эксплуатации рудника системы подэтажного обрушения с торцевым выпуском позволило сократить срок строительства рудника на 8 месяцев, снизить себестоимость добычи на 14% по сравнению с основной системой — камерной с твердеющей закладкой, при незначительном ухудшении показателей извлечения — повысить прибыль на 8%.

Предложенный комплекс ресурсосберегающих технологических решений направлен на сохранение и развитие производственного потенциала уральских подземных рудников, осваивающих медноколчеданные месторождения в современных нестабильных макроэкономических и горнотехнических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мещеряков Э.Ю., Сараскин А.В. Обоснование способов и параметров крепления метасоматически измененных пород медноколчеданных месторождений. Горный информационно-аналитический бюллетень. — М., 2005. — № 5. — С. 206—209.
2. Алипбергенов М.К., Есенбаев С.Е., Аманжолов Э.А. и др. Совершенствование анкерной крепи на рудниках Жезказгана. Горный журнал, 2002. — № 5. — С. 76—78.
3. Мещеряков Э.Ю. Совершенствование способа управления состоянием прикарьерного массива при подземной разработке ценных руд (на примере Учалинского месторождения): Дис.... канд. техн. наук. — Магнитогорск, 1998.
4. Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н., Рыльникова М.В. Комбинированная геотехнология. — М.: Руда и металлы, 2003. — 550 с.
5. Калмыков В.Н. Обоснование параметров выемки запасов прикарьерных зон системами разработки с закладкой. Дисс.... д-ра техн. наук. — М., 1995.
6. Подземная геотехнология разработки с восходящей выемкой / Волков Ю.В., Смирнов А.А., Соколов И.В. и др. Известия ВУЗов. Горный журнал. 2003. — № 3. — С. 34—40.
7. Минаев Д.Ю. Технология комбинированного восходяще-нисходящего порядка отработки кругопадающей рудной залежи тундрового месторождения Кольской ГМК. Дисс. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2007. — 304 с.
8. Елисовецкий И.Я. Исследование устойчивости обнажений подработанных рудных массивов и выбор технологических схем их выемки (на примере Талнахского место-

- рождения). Дисс.... канд. техн. наук. — М., 1980. — 190 с.
9. Голованов А.И. Повышение полноты и качества извлечения руд подработанных залежей: на примере рудника «Маяк». Дисс.... канд. техн. наук. — М., 1995. — 266 с.
10. Казибаев Д.М. Геомеханика подземной разработки руд. М.: МГТУ. — 2005. — 542 с.
11. Рыльникова М.В. Обоснование параметров комбинированной геотехнологии освоения медно-колчеданных месторождений Урала / Дисс.... д-ра техн. наук. — М., 1999.
12. Мещеряков Э.Ю. Совершенствование технологии подземной разработки медно-колчеданных месторождений Южного Урала. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ». 2007. — 140 с.
13. Калмыков В.Н., Рыльникова М.В., Мещеряков Э.Ю. Технология возведения комбинированного искусственного массива в условиях последовательной открыто-подземной разработки Горный информационно — аналитический бюллетень. — М., 1999.— № 3. — С. 62—65.
14. Мещеряков Э.Ю., Угрюмов А.Н., Григорьев В.В. Технология выемки запасов рудных «треугольников» при открыто-подземной разработке месторождений Горный информационно-аналитический бюллетень. — М., 2009. — № 10. — С. 361—363.
15. Пушкарев В.И., Илимбетов А.Ф. Расчеты параметров свода естественного равновесия // Освоение запасов мощных рудных месторождений. Межвуз. сб. научн. трудов. Магнитогорск, 2000. — С. 50—55.
16. Мещеряков Э.Ю., Иванов А.А. Методика выбора технологических схем при освоении ярусно залегающих рудных тел. Вестник МГТУ. — Магнитогорск: МГТУ, 2003. — № 4. — С. 16—19. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Мещеряков Эдуард Юрьевич – доцент, кандидат технических наук, ed_mesherykov@mail.ru
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.



**Р У К О П И С И ,
ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»**

ВЫЯВЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОЛИНОМОВ ЦИКЛИЧЕСКОГО ИЗБЫТОЧНОГО КОДИРОВАНИЯ

(№ 979/09-13 от 15.07.13, 17 с.)

Волошиновский Кирилл Иванович — ассистент кафедры АТ, gas7dev@gmail.com,
Московский государственный горный университет

CRC GENERATING POLYNOMIALS PARAMETERS DETERMINATION

Voloshinovskiy Kirill Ivanovich