ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРНО-ДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

INNOVATIONS IN DESIGNING OF MINING PRANTS

УДК 622.268.13: 622.281.74

Ю.И.ЗУЕВ, *старший научный сотрудник, zuev_yui@spmi.ru*
С.Н.ЗЕЛЕНЦОВ, *канд. техн. наук, старший научный сотрудник, zelencov_sn@spmi.ru*
Е.И.КУЗНЕЦОВА, *старший научный сотрудник, kuznecova_ei@spmi.ru*
В.А.ЗВЕЗДКИН, *канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, vzvezdkin@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург
В.Н.КАРЕЛИН, *зам. директора, egorkinana@nk.nornik.ru*
ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель»

Yu.I.ZUEV, *senior research assistant, zuev_yui@spmi.ru*
S.N.ZELENTSOV, *PhD in eng. sc., senior research assistant, zelencov_sn@spmi.ru*
E.I.KUZNETSOVA, *senior research assistant, kuznecova_ei@spmi.ru*
V.A.ZVEZDKIN, *PhD in eng. sc., leading research assistant, vzvezdkin@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg
V.N.KARELIN, *deputy director, egorkinana@nk.nornik.ru*
ZF OJSC MMK «Norilsk nickel»

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ РУДНИКОВ ОАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»

Приведены результаты длительных исследований проблемы охраны стволов целиками сокращенных размеров в условиях Талнахского и Октябрьского месторождений. Доказана принципиальная возможность частичной отработки околоствольных целиков вентиляционного ствола № 3 и грузового ствола на руднике «Октябрьский». Даны конкретные рекомендации по оптимизации параметров околоствольных предохранительных целиков.

Ключевые слова: сдвижение горных пород, околоствольный целик, оптимизация параметров, охрана подрабатываемых объектов.

OPTIMIZATION OF PROTECTIVE PILLARS PARAMETERS OF MINE SHAFTS AT THE ORE MINES OF OJSC «MMK «NORILSK NICKEL»

The Article presents the results of long-term investigations of the problem concerning the protection of shafts with pillars of reduced sizes under conditions of the Talnakh and Oktiabrsky deposits. The principal potentiality of partial mining of shaft-bottom pillars VS-3 and GS has been proved at the Oktiabrsky ore mine.

Certain recommendations are given on optimization of parameters of shaft-bottom protective pillars.

***Key words*:** rock movement, shaft-bottom pillar, optimization of parameters, protection of undermined objects.

Одной из основных мер охраны стволов от вредного влияния очистных работ на месторождениях России до сих пор является оставление околоствольных предохранительных целиков, вынимаемых впоследствии при ликвидации горно-добывающего предприятия. Правила построения таких целиков прописаны в различных нормативно-методических документах по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок. Ввиду исключительной ценности руд, на рудниках ОАО «ГМК «Норильский никель» вопросы построения предохранительных целиков регламентируются «Указаниями по охране сооружений и природных объектов...»*, которые существенно отличаются от других нормативных документов.

В условиях рудников Талнахского и Октябрьского месторождений производится построение так называемых целиков сокращенных размеров. Основным параметром, определяющим размеры целиков в этом случае, является минимальное безопасное расстояние от рудного тела до охраняемой горизонтальной площадки в массиве

$$H_{\text{п}} = K_{\text{б}} m_{\text{э}},$$

где $K_{\text{б}}$ – коэффициент безопасности, безразмерная величина, $K_{\text{б}} = 150$; $m_{\text{э}}$ – эффективная мощность, м; $m_{\text{э}} = (1–A+AB)m_{\text{ср}}$; A – коэффициент заполнения выработанного пространства закладкой, безразмерная величина; B – коэффициент усадки закладки, безразмерная величина; $m_{\text{ср}}$ – средняя вынимаемая мощность, м.

Значение коэффициента A для условий отработки залежи сплошными системами принимают равным 0,98. Значение коэффициента B в зависимости от действующей удельной нагрузки на закладку g и прочности закладки определяют по формулам:

$$B = \chi \frac{g}{\sigma_{\text{сж}}}; \quad g = K_{\text{от}} \sqrt{L_{\text{п}} L_{\text{пр}}},$$

$$\sigma_{сж} = K_{\text{т}} \sigma_{\text{сж}}^{180},$$

где χ – эмпирический коэффициент сжимаемости закладки, равный 0,0085, безразмерная величина; $\sigma_{\text{сж}}$ – прочность закладочного массива, МПа; $К_{\text{от}}$ – коэффициент, учитывающий условия отработки, безразмерная величина, в данном случае равен $2{,}3 \cdot 10^{-2}$; $L_{\text{п}}$ и $L_{\text{пр}}$ – размеры выработанного пространства соответственно по падению и по простиранию рудного тела, м; $K_{\text{т}}$ – коэффициент для твердеющей закладки в возрасте более 5 лет, безразмерная величина, равен 1,7; $\sigma_{\text{сж}}^{180}$ – требуемая нормативная прочность закладки, принята равной 2,5 МПа.

Опыт эксплуатации шахтного подъема в существующих условиях оконтуренности горными работами целиков сокращенных размеров показал, что такие целики обеспечивают эксплуатационную способность стволов при отработке мощных пологопадающих залежей с твердеющей закладкой выработанного пространства.

Основные факторы, обеспечивающие функциональную способность крепи и армировки, следующие:

1. В действительности, целики стволов западного закладочного ствола (ЗЗС) на руднике «Комсомольский», вспомогательного закладочного ствола (ВЗС), вспомогательного скипового ствола (ВСС), грузового ствола (ГС), вентиляционного ствола № 3 (ВС-3) на руднике «Октябрьский» только наполовину являются целиками сокращенных размеров, поскольку стволы располагаются вблизи границ выработанного пространства и породного массива. Таким образом, можно считать, что максимально возможная деформация вертикального сжатия крепи ствола реализована только наполовину.

2. Значительная тектоническая нарушенность массива налегающих пород и собственно рудного тела, разделение толщи на отдельные тектонические блоки снижает вероятность зависания пород кровли на больших площадях, возникновение предельных напряжений в массиве, недопустимых деформаций крепи и армировки ствола.

* Указания по охране сооружений и природных объектов, находящихся в зоне влияния подземных горных работ на горных отводах Талнахского и Октябрьского месторождений. Норильск, 2006. 45 с.

Directions on protection of constructions and natural objects positioned within the zone of influence of underground mining operations at the divertions of the Talnakh and Oktiabrsky ore deposits. Norilsk, 2006. 45 p.

3. Большая продолжительность процесса сдвижения подработанных пород, сравнительно небольшая скорость подвигания фронта очистных работ в направлении подрабатываемых объектов, релаксация напряжений подработанного массива приводят к постепенному приспосабливанию крепи и армировки ствола к деформациям вмещающих пород и в конечном итоге уменьшению вредного влияния горных работ на подрабатываемый объект (в данном случае крепь и армировку ствола).

4. Опыт эксплуатации стволов в условиях охраны их целиками сокращенных размеров показал, что значения допустимых деформаций массива, принятые нормативными документами, как для бетонной, так и для тюбинговой крепи можно считать несколько заниженными.

5. Полная твердеющая закладка выработанного пространства позволяет перевести процесс сдвижения налегающих пород после выемки мощной рудной залежи в плавное, достаточно хорошо прогнозируемое оседание толщи над закладочным массивом с наименьшими деформациями подработанных слоев, а значит, и деформациями охраняемых объектов как в толще, так и на земной поверхности.

Последующие шаги по оптимизации размеров и формы околоствольных предохранительных целиков сокращенных размеров целесообразно проводить по следующим направлениям:

- построение целика для ствола двумя или тремя способами и получение в итоге целика минимальных размеров;
- скругление угловых частей целиков;
- уточнение принятых при построении предохранительных целиков углов сдвижения, особенно в условиях неполной подработки земной поверхности, когда значения их увеличиваются;
- учет и использование, в части уменьшения площади целика, естественных поверхностей (тектонических нарушений массива), экранирующих процесс сдвижения пород;
- на базе накопленной информации по отработке целиков расчет и построение целика оптимальных размеров проводить по допустимым для конструкций крепей и армировки деформациям.

Положительный опыт эксплуатации шахтного подъема стволов при охране их целиками сокращенных размеров, а также необходимость восполнения запасов богатых руд, выбывающих в ходе очистной выемки, привели к необходимости отработки целиков, как частичной, так и полной.

Частичная отработка богатых и медистых руд в целике ствола ЗЗС на руднике «Комсомольский» не привела к ухудшению состояния ствола и других капитальных выработок.

Частичная отработка богатых и медистых руд в целике клетевого стволов (КС) и скипового стволов (СС) на руднике «Маяк», с оставлением части неотработанных запасов в околоствольном массиве на расстоянии 25 м от ствола, также не привела к деформациям ствола, капитальных и подготовительных выработок. Необходимо отметить небольшую глубину залегания руд, прочную крепь стволов (чугунные тюбинги), применение более высокомарочной закладки (М40 и М60).

Отработка предохранительного целика стволов ВЗС-ВСС на руднике «Октябрьский» проходила и проходит в значительно более сложных условиях. Большая глубина, сильная тектоническая нарушенность массива, влияние опорного давления от отработанного пространства шахты 1 привели к деформациям крепи данных стволов на уровне рудного тела и выше, к деформированию капитальных выработок в целике. Кроме того, разрезка мощного рудного тела проведена в непосредственной близости от ВЗС.

Рассматривая возможность и способы отработки руд в предохранительном целике ВС-3 рудника «Октябрьский», можно отметить следующее:

1. В настоящее время ствол располагается в районе, имеющем близкое к максимуму опорное давление от выработанного пространства с юго-западной и юго-восточной границ целика. При этом произошло наложение зон опорного давления, что увеличивает деформации вертикального сжатия массива примерно в 2 раза. При развитии очистных работ в целике максимум опорного давления должен переместиться в северном направле-

нии (за ствол), при этом не исключено улучшение геомеханической ситуации в приствольном массиве, соответственно, и в горных выработках, включая ствол.

2. На состояние крепи и армировки ВС-3 отрицательное возмущающее воздействие оказывает и доработка северной части разделительного массива РМ-1. Форсированная отработка этой части залежи будет способствовать стабилизации геомеханической ситуации у северной границы выработанного пространства поля рудника. Поэтому целесообразно синхронизировать доработку северной части РМ-1 и целика ВС-3.

3. Совершенно очевидно, что отработка части богатых руд в предохранительном целике меньше всего повлияет на увеличение оседания земной поверхности в районе устья ствола. Наибольшие изменения геомеханической ситуации при отработке южной части целика произойдут в нижней части ствола. Отрезок ствола в пределах –(550-750) м окажется в зоне изгиба, а не в зоне опорного давления, как в настоящее время. Эта часть ствола уже не будет испытывать больших деформаций вертикального сжатия и горизонтального растяжения пород.

Дополнительным доказательством принципиальной возможности отработки богатых руд в целике ВС-3 могут служить следующие обстоятельства:

1. На рудниках Талнаха уже имеется опыт отработки предохранительных целиков при ведении очистных работ от границ целика к стволам (ЗЗС, КС-СС, ВСС) и разрезки по оси ствола (ВЗС). Положительный результат получен при отработке целика КС-СС на руднике «Маяк», где кроме поочередной (гармоничной) выемки руд применяли закладочные смеси повышенной прочности – 4-6 МПа;

2. Есть определенная аналогия в геомеханической ситуации, сложившейся в районе целика ВЗС-ВСС и целика ВС-3. Оба целика расположены примерно на одной линии простирания залежи Х(1)-О. Вблизи данных целиков дорабатываются южная и северная части РМ-1. Оба целика в зоне стационарного опорного давления от выработанного пространства, а также оба целика (в большей степени ВС-3) почти наполовину располагаются в безрудном массиве. Эти обстоятельства позволяют в определенной степени перенести опыт отработки целика ВЗС-ВСС на отработку целика ВС-3, с учетом горно-геологических условий в районе ВС-3.

Выводы

1. Накоплен уникальный положительный опыт эксплуатации стволов, охраняемых целиками сокращенных размеров, при отработке мощных залежей с твердеющей закладкой выработанного пространства. Дальнейшее совершенствование способа построения таких целиков позволит существенно повысить технико-экономические показатели разработки месторождения.

2. Доказана принципиальная возможность частичной отработки целиков сокращенных размеров ВС-3, ГС при сохранении полной или частичной эксплуатационной способности шахтного подъема.

3. В горно-геологических и горно-технических условиях разработки месторождений, аналогичных условиям Норильска и Талнаха, целесообразно использование опыта построения и дальнейшей отработки околоствольных целиков сокращенных размеров.