УДК 622.268.13

В.А.ЗВЕЗДКИН, *канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник, vzvezdkin@yandex.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)
А.Г.АНОХИН, *гл. инженер рудника «Октябрьский», (3919) 37-21-25*
Р.Б.ГАЛАОВ, *первый заместитель начальника, гл. инженер, (3919) 40-61-12*
ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель»

V.A.ZVEZDKIN, *PhD in eng. sc., leading research assistant, vzvezdkin@yandex.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)
A.G.ANOKHIN, *chief engineer at the Oktiabrsky ore mine, (3919) 37-21-25*
R.B.GALAOV, *first deputy head, chief engineer, (3919) 40-61-12*
The Norilsk Nickel Co

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ОТРАБОТКИ ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ ГЛУБОКИХ РУДНИКОВ ТАЛНАХА

Рассмотрены причины, осложняющие процессы отработки околоствольного целика и охраны крепи ствола. Приведен анализ формирования напряженно-деформированного состояния предохранительного целика и вмещающих его пород. Даны практические рекомендации по управлению деформациями и напряжениями в околоствольном массиве при отработке предохранительных целиков глубоких рудников Талнаха.

Ключевые слова: рудник, стволы, предохранительный целик, выемка, сдвижение, напряжения, управление горным давлением.

PROVIDING OF SAFE CONDITIONS FOR MINING OF SHAFTBOTTOM PROTECTIVE PILLARS IN DEEP ORE MINES AT TALNAKH

Consideration is given to the causes complicating the mining of shaftbottom pillar and protection of shaft lining. The analysis is given to the formation of stress-strain state of the protective pillar and its enclosing rocks. Practical recommendations are given for control of deformation and stresses in the shaftbottom mass during extraction of protective pillars in deep ore mines at Talnakh.

***Key words*:** ore mine, shafts, protective pillar, extraction, movement, stresses, rock pressure control.

Одним из путей решения проблемы рационального использования природных ресурсов и наиболее полного извлечения их из недр является расконсервация запасов, сосредоточенных в предохранительных целиках. Это связано с тем, что выемка запасов из предохранительных целиков экономически более выгодна, чем освоение новых месторождений. Кроме того, действующий закон об охране недр требует как можно более полной выемки полезного ископаемого. При этом для повышения эффективности ведения работ в горных отводах рудников необходимо решить вопрос, связанный с сохранением эксплуатационного состояния стволов при выемке предохранительных целиков.

Для решения поставленной цели были проведены исследования, которые показали следующее.

Проблема отработки предохранительных целиков связана с объективными и субъективными причинами. К объективным причинам следует отнести сложные

горно-геологические условия залегания предохранительных целиков рудников Талнаха. Например, глубину залегания целиков (более 700 м), которая не исключает вероятность проявления динамических форм разрушения краевой части рудного массива и сложное строение рудопородного массива – наличие в массиве почвы и кровли систем рудного тела, сложенных из низко- и высокомодульных горных пород, и систем тектонических нарушений дизъюнктивного характера. Субъективными причинами, во-первых, следует считать сравнительно большие пролеты отработки запасов богатых руд, предопределяющих сложный процесс сдвижения подработанного массива горных пород, и во-вторых, принимаемый порядок отработки околоствольного предохранительного целика.

В первом случае механизм деформирования подработанного массива горных пород подобен изгибу породных балок, который в критических условиях сопровождается появлением в массиве опасных горизонтальных и вертикальных деформаций, способных вызывать разрушение пород околоствольного массива и крепи ствола. При этом из-за сокращения площади предохранительного целика растет нагрузка на почву, которая, деформируясь в условиях стесненных деформаций, может разрушаться с выделением значительной энергии во внешнюю среду.

Во втором случае порядок отработки предохранительного целика определяет качественные и количественные параметры поля напряжений; на поле естественных напряжений накладывается поле техногенных напряжений, наводимых в массиве опорным давлением. При этом не исключается вероятность формирования поля напряжений наложением зон стационарного и временного опорного давления с уровнем напряжений при проявлении горного давления в динамической форме. При выемке околоствольного предохранительного целика существенное влияние на его напряженное состояние оказывает также ориентация и направление подвигания фронта очистных работ. Ведение очистных работ по направлению на массив горных пород сопровождается формированием поля с неопасными по величине напряжениями, а при ведении очистных работ на выработанное пространство ситуация резко меняется. В этом случае отрабатываемая часть предохранительного целика трансформируется в узкий целик, а сам процесс отработки вызывает появление в нем и во вмещающих его горных породах зон опасных напряжений и деформаций.

Рассмотрим динамику сдвижения массива горных пород при отработке предохранительного целика, используя соотношение отработанной площади предохранительного целика к его общей площади.

После разрезки предохранительного целика при соотношении не более 0,14 процесс сдвижения подрабатываемого массива горных пород характеризуется незначительным оседанием. При соотношении отработанной и неотработанной части предохранительного целика более 0,14 интенсивность процесса сдвижения подработанного массива горных пород резко возрастает. При этом оседание массива горных пород может достигать значительных размеров (800 мм и более), а сам процесс сдвижения, как показал анализ наклона интервалов мульды сдвижения, сопровождается появлением в массиве критических вертикальных и горизонтальных деформаций. Критические деформации вызывают появление в массиве техногенных трещин. При этом резко возрастает сейсмоактивность рудопородного массива, особенно почвы предохранительного целика.

Исследованиями также было установлено, что при отработке предохранительного целика подрабатываемый массив горных пород дезинтегрируется в форме расслоения с образованием мощных породных слоев, склонных к зависанию (рис.1). Геомеханическое состояние сложившейся ситуации можно сравнить с формированием и последствиями проявления горного давления при отработке угольных пластов с труднообрушаемыми кровлями. Как показали исследования, за-

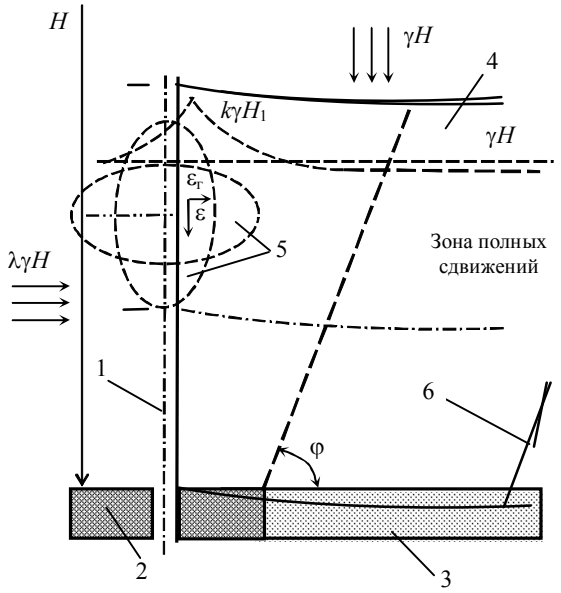


Рис.1. Геомеханическая модель напряженно-деформированного состояния околоствольного массива при отработке предохранительного целика

1 – ствол; 2 – предохранительный целик; 3 – закладочный массив; 4 – породный слой; 5 – зоны опасных деформаций; 6 – образование трещин с проявлением сейсмособытий



Рис.2. Сдвижение породного слоя до (1) и после (2) бурения вертикальных скважин

висание труднообрушаемой кровли при отработке угольных пластов приводит к резкому нагружению и деформированию краевых частей очистного забоя, подготовительных выработок и их крепей, а резкие осадки такой кровли способны вызывать и динамические формы проявления горного давления. В нашем случае зависающие на больших пролетах мощные породные слои разрушают околоствольный массив, армировку и крепи ствола.

В практике управления горным давлением в таких ситуациях широко применяется метод разупрочнения. Физический смысл метода заключается в снижении нагрузочных свойств зависающего массива горных пород принудительным его разделением на блоки. При этом давление исскуственно сформированных блоков дифференцированно распределяется на опорные элементы, например, на краевые части горного массива, крепь, обрушенные породы или закладочный массив.

В нашем случае негативное воздействие на крепь ствола зависших мощных породных слоев может быть снижено бурением в них из околоствольных выработок вертикальных скважин. Для обеспечения условий разрушения межскважинных целиков и формирования отрезных щелей, разделяющих зависший породный слой на блоки, шаг бурения скважин рекомендуется рассчитывать по формуле

$$t \le \sqrt{\frac{d_c l_c k_c \sigma_c}{6\lambda\gamma H k_з k_н}},$$

где d_c – диаметр скважины; l_c – длина скважины, k_c – коэффициент структурного ослабления; σ_c – предел прочности горных пород на одноосное сжатие; $k_з$ – коэффициент заделки межскважинного целика; $k_н$ – коэффициент, учитывающий тектонические силы; H – абсолютная отметка залегания предохранительного целика; λ – коэффициент бокового распора.

Опытно-промышленная проверка этого технического решения была проведена при отработке предохранительного целика стволов ВЗС и ВСС рудника «Октябрьский». Проверка показала эффективность разупрочнения подработанного массива горных пород. Без бурения вертикальных скважин (рис.2) значение сдвижения подработанного массива горных пород в среднем составляло 140,3 мм, а после бурения скважин не более 37,9 мм. Изменился и характер сдвижения подработанного массива горных пород, о чем свидетельствуют приведенные на рисунке графики тренда

(кривая 3). Приращение величин сдвижения подработанного массива горных пород без бурения скважин оценивается кривой второго порядка, а с бурением скважин подчиняется линейному закону.

Таким образом, в проведенных исследованиях установлено, что отработка предохранительных целиков глубоких рудников Талнаха приводит к формированию сложного напряженно-деформированное состояния целика и вмещающих его горных пород. При этом сохранить ствол в эксплуатационном состоянии без мер охраны крепи ствола практически невозможно. Для безопасного ведения горных работ и обеспечения эксплуатации стволов требуется проведение профилактических мероприятий по охране крепи ствола и управлению напряженно-деформированным состоянием рудопородного массива.