УДК 622.268.13.622.281.74

В.А.ЗВЕЗДКИН, *канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, vzvezdkin@yandex.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)
В.Н.КАРЕЛИН, *заместитель директора, http://www.zf.norilsknickel.ru*
А.Г.АНОХИН, *главный инженер рудника «Октябрьский», anohin@tf.nk.nornik.ru*
Ю.Н.НАГОВИЦИН, *начальник отдела ЦГБ, nagovicynyn@nk.nornik.ru*
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)
V.N.KARELIN, *deputy director, http://www.zf.norilsknickel.ru*
A.G.ANOKHIN, *chief engineer of the mine «October», anohin@tf.nk.nornik.ru*
Y.N.NAGOVITSIN, *head of the BTF, nagovicynyn@nk.nornik.ru*
ZF OJSC «MMC «Norilsk Nickel»

УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫМ СОСТОЯНИЕМ БЛОЧНОЙ СТРУКТУРЫ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ МАССИВОВ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РУДНИКОВ ТАЛНАХА

Рассмотрены причины, осложняющие процессы отработки разделительных массивов глубоких рудников Талнаха. Приведен анализ формирования напряженно-деформированного состояния разделительных массивов при развитии очистных работ. Даны практические рекомендации по управлению деформациями и напряжениям при подработке блоковых структур разделительных массивов

Ключевые слова: рудник, разделительный массив, выемка, напряжения, деформации, управление горным давлением, рекомендации.

MANAGEMENT STRESS-STRAIN STATE BLOCK STRUCTURE PARTITION ARRAYS IN DIFFICULT GEOLOGICAL AND MINING ENGINEERING CONDITIONS OF MINE TALNAKH

The reasons that complicate the process of elaboration dividing arrays of deep mines Talnakh. The analysis of the formation of stress-strain state dividing arrays during the development of treatment work. Practical advice on management strains and stresses in underworking Block structures dividing arrays.

Key words: mine, dividing the array, seizure, stress, strain, managing rock pressure, recommendations.

В настоящее время геомеханическая обстановка при отработке богатых руд глубоких рудников Талнаха представляется крайне осложненной, во-первых, вследствие увеличения глубины разработки рудных залежей до 1000 м и более, во-вторых, из-за появления зон повышенного горного давления, связанного как с объективными, так и субъективными причинами. К объективным причинам следует отнести то, что в структурном плане Талнахский рудный узел представляет собой горно-геологический комплекс, состоящий из тектонически напряженных блоков, ограниченных нарушениями различного порядка. Субъективные причины связаны с тем, что принятые сис-

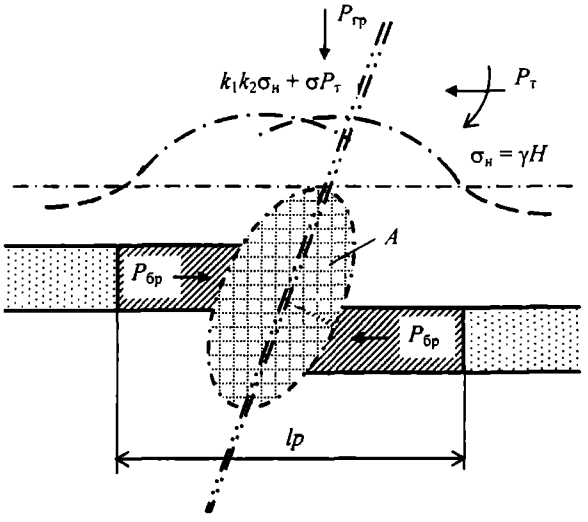


Рис.1. Схема формирования напряженного состояния разделительного массива
$P_{гр}$ – гравитационные силы; $P_т$ – тектонические силы, $P_{бр}$ – силы бокового распора; A – область опасных напряжений

темы подготовки и порядок отработки богатых руд привели к образованию разделительных массивов, отработка которых вызывает появление опасных зон напряжений, сформированных суперпозицией гравитационных и тектонических сил.

При ведении очистных работ на больших глубинах и развитии достаточно больших пролетов отработки область опорного давления, создаваемая гравитационными силами, может иметь значительную протяженность* Сама область, сформированная перераспределением первичных напряжений, неоднородна и имеет зоны максимальных напряжений, сравнимых с пределом прочности горных пород на сжатие, а также зоны, где напряжения могут превышать первичные и не достигать предела прочности горных пород. При развитии очистных работ наложение нескольких зон опорного давления, не обязательно с максимальными напряжениями, может вызывать появление так называемых техногенных зон повышенных напряжений. Техногенные зоны повышенных напряжений могут активизировать, особенно в горном массиве блочного строения, тектонические силы, а вследствие уплотнения горных пород сдвигающейся кровлей существенно повысить силы бокового распора, которые предопределяют деформирование горного массива в упругом режиме. Горный массив под действием этих сил может быть перенапряжен, а снятие повышенных внутренних напряжений может сопровождаться геодинамическими явлениями. Все это в полной мере проявляется при отработке разделительных массивов глубоких рудников Талнаха.

В начальной стадии выемки ширина разделительного массива значительно превышает области распространения зон повышенных напряжений, сформированных зоной временного и стационарного опорного давления. При этом предельные напряжения, которые могли бы вызвать геодинамические явления, проявляются в районе ведения очистных работ. Поэтому очистные работы ведутся с формированием защищенной зоны выемкой защитного слоя или бурением разгрузочных скважин** В остальной части рудного массива уровень напряжений определяется действием только гравитационных сил, так как тектонические блоки разделительных массивов вследствие незначительной подработки находятся в стадии предельного равновесия.

При трансформации разделительного массива в узкий целик и подработки тектонических блоков в формировании поля напряжений принимают участие не только гравитационные силы, но и тектонические силы, вызванные выходом тектонических блоков из условия предельного равновесия (рис.1). При этом наложение полей напряжений, сформированных гравитационными и тектоническими силами, формирует в районах разрывов разделительного массива

* *Герасименко В.И.* Особенности управления горным давлением при выемке опорных целиков / В.И.Герасименко, О.Н.Зайцев, А.Б.Юн // Горный журнал. 2002. № 5. С.27-28.

Gerasimenko V.I., Zaitsev O.N., Yong A.B. Features control of rock pressure at the seizure of supporting pillars // Mining Magazine. 2002. N 5. P.27-28.

** Указания по безопасному ведению горных работ на Талнахском и Октябрьском месторождениях, склонных и опасных к горным ударам. Норильск, 2001. 107 с.

Advice on safe mining at Talnakhskiy and Oktyabrsky deposits prone and dangerous to rock bursts. Norilsk, 2001. 107 p.

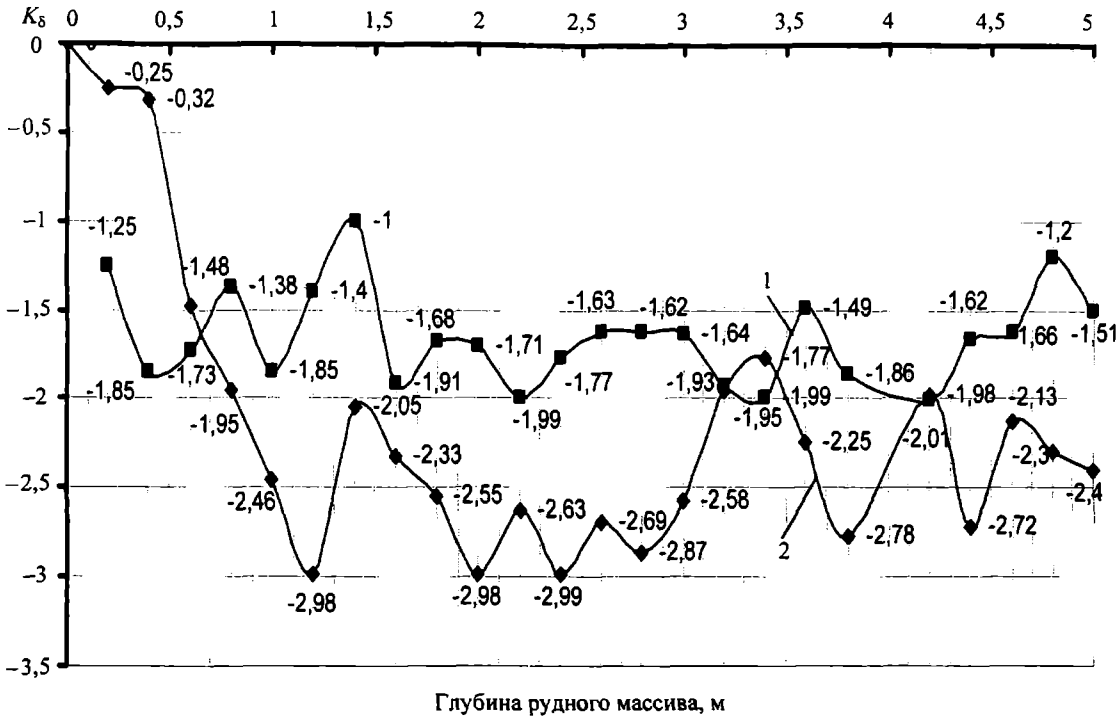


Рис.2. График распределения коэффициента объемной напряженности

область опасных напряжений, уровень которых способен вызвать геодинамические явления в форме техногенных трещин или подвижек тектонических блоков друг относительно друга. Появление такого уровня напряжений, очевидно, вызвано снижением естественной податливости рудного массива, так как сдвижение пород кровли из-за невысоких компрессионных свойств закладочного массива не прекращается, а продолжает развиваться в режиме монотонно нарастающего оседания. Уплотняющийся при этом рудный массив за счет закрытия естественных микро- и макротрещин способствует росту сил бокового распора с формированием в узлах разрыва блоков тектонически напряженных зон. При этом область опасных напряжений имеет тенденцию смещаться в почву разделительного массива, так она деформируется в условиях стесненных деформаций.

Формирование тектонически напряженных зон при уплотнении рудного массива подтверждается исследованиями объемной напряженности блоковых структур. Объемная напряженность блоковых структур в районе разрыва оценивалась показателем K_δ, представляющим собой соотношение средних величин нормальных и касательных напряжений, вызванных изменением формы и объема блоков. Критическое значение этого показателя для условий Октябрьского и Талнахского месторождений составляет –3.

Исследования показали, что на участках блоковых структур, где проводились мероприятия по формированию зон дополнительной податливости значения показателя объемной напряженности в районе разрыва не достигали критического значения (график 1 на рис.2). На участках блоковых структур, где не проводились такие мероприятия, значение этого показателя приближалось к критическому (график 2 на рис.2).

Повышение объемной напряженности блоковых структур при сокращении ширины разделительных массивов предопределяет деформирование рудопородного массива с накоплением упругой энергии, сброс которой может вызывать появление крупных сейсмособытий. Так, например, при отработке предохранительного целика стволов ВЗС-

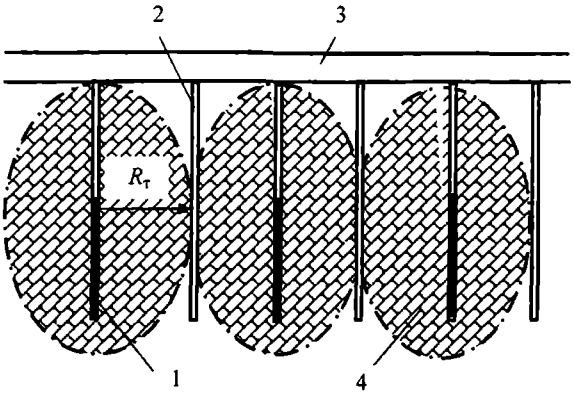


Рис.3. Формирования зон техногенных трещин камуфлетными взрывами

1 – удлиненный заряд ВВ; 2 – ранее забуренные скважины; 3 – выработка; 4 – зона интенсивного трещинообразования; $R_т$ – радиус зоны интенсивного трещинообразования

ВСС рудника «Октябрьский» в районе тектонического разрыва произошло выделение сейсмической энергии порядка 140 тыс.Дж.

Как следует из анализа результатов регионального прогноза, крупные сейсмособытия проявляются, в основном, на участках разделительных массивов, не попадающих в область влияния защищенной зоны. При этом отмечается и появление сейсмособытий на участках разделительных массивов с ранее забуренными скважинами. Эффективность разгрузочного действия таких скважин, очевидно, снижается вследствие временного фактора и перехода горных пород в режим деформирования с появлением пластических деформаций, превышающих предел ползучести горных пород. В этом случае, если скорость пригрузки массива горных пород (например, при приближении очистных забоев) превысит скорость релаксации напряжений вследствие ползучести, то не исключается вероятность хрупкого разрушения пород с динамическим сбросом упругой энергии.

Были проведены экспериментальные исследования по формированию на участках разделительного массива с ранее пробуренными скважинами более однородного поля напряжений способом наведения техногенной трещиноватости сотрясательным взрыванием (рис.3). Исследования показали, что этот метод по сравнению с бурением разгрузочных скважин обладает более масштабным эффектом формирования зон техногенных трещин, особенно в хрупких горных породах, к которым можно отнести породы интрузии. Так, например, при камуфлетном взрывании зарядов массой 30 кг радиус зоны интенсивного трещинообразования $R_т$ составил около 2,8 м. Для условий глубоких рудников Талнаха была установлена взаимосвязь между радиусом зоны интенсивного трещинообразования и радиусом заряда, выражающаяся эмпирическим уравнением $R_т = (25\text{-}30)R_з$, где $R_з$ – радиус заряда.

Оценка напряженности рудного массива, проведенная методом дискования керна, показала, что в зонах интенсивного трещинообразования, наведенных в массиве горных пород при таких параметрах сотрясательного взрывания, формируется более однородное поле напряжений с релаксацией напряжений до безопасного уровня.

По результатам исследований можно отметить, что отработка блоковых структур разделительных массивов глубоких рудников Талнаха не исключает появление тектонически напряженных зон, в которых существует вероятность появления геодинамических явлений. Для безопасной и эффективной отработки разделительных массивов требуется проведение в опережающем режиме работ по разгрузке тектонически напряженных зон от опасных напряжений.