УДК 622.831.32

В.А.ЗВЕЗДКИН, *канд. техн. наук*, *вед. науч. сотрудник*, *vzvezdkin@yandex.ru*
А.А.АНДРЕЕВ, *инженер*, *ст. науч. сотрудник*, *тел.* (*812*) *328-86-55*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

V.A.ZVEZDKIN, *PhD in eng. sc.*, *leading research assistant*, *vzvezdkin@yandex.ru*
A.A.ANDREEV, *engineer*, *senior research assistant*, *tel.* (*812*) *328-86-55*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ СОВМЕСТНОЙ ОТРАБОТКЕ БОГАТЫХ, МЕДИСТЫХ И ВКРАПЛЕННЫХ РУД ГЛУБОКИХ РУДНИКОВ ТАЛНАХА

Рассмотрены особенности формирования поля напряжений в рудоносной интрузии Октябрьского и Талнахского месторождений с учетом глубины залегания и образования тектонических нарушений. Исследовано влияние очистных работ на напряженное состояние рудоносной части интрузии.

Получены зависимости формирования поля напряжений в интрузии при ее подработке, надработке и совместной отработке нескольких рудных залежей.

Даны рекомендации по отработке свиты рудных залежей Октябрьского и Талнахского месторождений.

Ключевые слова: рудоносная интрузия, тектонические нарушения, поле напряжений, надработка, подработка, рекомендации по отработке свиты рудных залежей.

GEOMECHANICAL FOUNDATIONS OF THE SAFE EXTRACTION IN JOINT MINING OF RICH, COPPERY AND ORE PATCHES IN DEEP ORE MINES AT TALNAKH

The paper deals with the specific formation of stress fields in ore-bearing intrusions at the Oktiabrsky and Talnakh ore deposits with due account of depth of occurrence and formation of tectonic disturbances. The authors have investigated the influence of mining works on stress state of ore-bearing portion of the intrusion.

The relationships were obtained in terms of the formation of stress fields in the intrusion during its undermining, overmining and joint mining of several ore deposits.

Some recommendations are given for mining of series of ore formations at the Oktiabrsky and Talnakh deposits.

Key words: ore-bearing intrusion, tectonic disturbances, stress field, overmining, undermining, recommendation for mining of series of ore formations.

В ближайшие годы на рудниках ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель» предполагается сокращение объемов добычи полиметаллических руд из-за уменьшения общей протяженности очистных фронтов богатых руд. В первую очередь это ожидается на рудниках «Октябрьский» и «Комсомольский», где практически происходит доработка запасов богатых руд и начаты работы по промышленному освоению запасов медистых и вкрапленных руд. Решить проблему повышения добычи полиметаллических руд в сложившихся горно-технических условиях можно совместной отработкой богатых, медистых и вкрапленных руд. При этом следует отметить, что вопрос управления горным давлением при совместной отработке свиты полезных ископаемых достаточно обоснован для разработки угольных пластов; детально изучено взаимовлияние очистных работ в свите при спокойном залегании угольных пластов и в тектонически нарушенных зонах с определением границ и параметров влияния зон повышенного горного давления. Применительно к разработке ру-

доносной интрузии Октябрьского и Талнахского месторождений, склонной и опасной по горным ударам, этот вопрос практически не исследован; исследования проводились при слоевой и камерной отработке одиночной рудной залежи. Поэтому изучение этого вопроса для рудников ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель» своевременно и актуально.

Для регламентирования условий ведения очистных работ по степени опасности горных ударов при совместной отработке богатых, медистых и вкрапленных руд были проведены исследования, которые показали следующее.

Напряженное состояние рудоносной интрузии, включающей богатые, медистые и вкрапленные руды, определяется не только глубиной ее залегания, но и структурой интрузии, формирующейся тектоническими нарушениями. При этом распределение напряжений по глубине не подчиняется линейному закону, а носит более сложный характер, и может быть выражено уравнением вида $\sigma = H^2 + 0{,}02H + 0{,}01$ МПа, где H – глубина залегания участков рудоносной интрузии.

Исследования также показали сложный характер формирования поля напряжений на участках интрузии, сложенной клиновидными блоками. На этих участках может нарушаться прапорциональная связь между напряжениями

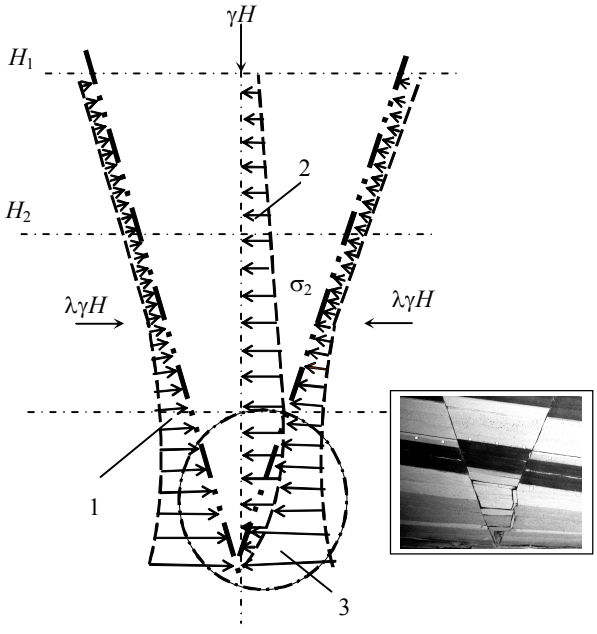


Рис.1.Напряженно-деформированное состояние клиновидной структуры

1 – эпюра нагружения клиновидной структуры;
2 – эпюра распределения нормальных напряжений;
3 – зональное разрушение клиновидной структуры

и глубиной залегания массива интрузии. Нарушение связи, по-видимому, вызвано неравномерно распределенной эпюрой нагружения клиновидных блоков, которая приводит к концентрации напряжений в угловой части блока и ее разрушению (рис.1). Также было установлено, что наведение в интрузии тектонических нарушений вызывает перераспределение поля первичных напряжений. Это связано с тем, что плоскость тектонического нарушения представляет собой трещину, в которой, согласно теории Гриффтиса, происходит перераспределение поля напряжений с появлением зон повышенных и пониженных напряжений. В нашем случае область повышенных напряжений формируется на участках интрузии, удаленных от плоскости тектонического нарушения от 2,5 до 20 м. В этой области напряжения могут превышать γH и достигать в максимуме $3{,}5\gamma H$. Протяженность области повышенных напряжений может достигать 10-15 м.

Рассмотрим напряженное состояние рудоносной интрузии при отработке свиты рудных залежей с междупластьем, которое не исключает взаимовлияние горных работ.

При подработке интрузии выемкой богатых руд на горизонте 700 м и более в зоне сдвижений вышезалегающий массив интрузии дезинтегрируется в форме расслоения с образованием мощных породных слоев, а в зоне опорного давления формируется область повышенных напряжений, величины которых приближаются к пределу прочности руды на одноосное сжатие. В 40-метровой зоне опорного давления, в которой при отработке рудных залежей Талнаха проводятся мероприятия по разгрузке массива, зона повышенных напряжений распространяется вверх до отметки 600 м и характеризуется напряжениями, составляющими более 0,7 предела прочности руды на одноосное сжатие. Такой уровень напряжений в массиве интрузии в бóльшей степени характерен для участков рудной залежи, вмещающих тектоническое нарушение. Опасный уровень напряжений на этих участках обусловлен взаимным наложением поля напряжений, сформированного тектоническим нарушением, и поля напряжений временного опорного давления от выемки богатых руд.

В горных выработках, пройденных в отметках горизонтов до 600 м, отмечаются

случаи геодинамических явлений в форме шелушения и стреляния. Напряженность массива интрузии, залегающей выше 600 м, была гораздо ниже; напряжение в соотношении к пределу прочности руды изменялось от 0,09 до 0,47 МПа, и в среднем составляло 0,16 МПа. Такой уровень напряженности рудоносной части интрузии не вызывал динамических форм разрушения в горных выработках.

Надработка массива интрузии выемкой вкрапленных руд на горизонте 500 м не создавала формирования зон опасных напряжений. Упругое восстановление массива интрузии сопровождалось релаксацией напряжений. Напряжение в массиве интрузии в границе залегания до 700 м в соотношении к пределу прочности руды изменялось от 0,18 до 0,35 МПа, и в среднем составляло 0,22 МПа. Такой уровень напряжений не способен вызывать динамические формы разрушения горных выработок.

Совместная отработка богатых и вкрапленных руд на горизонтах 500 и 700 м формирует между пластами поле повышенных напряжений (рис.2). В результате наложения двух зон опорного давления напряжение между пластами отрабатываемых залежей в соотношении к пределу прочности руды на одноосное сжатие ($\sigma / \sigma_{сж}$) может достигать 0,74 МПа. Такой уровень напряжений способен вызывать динамические формы проявления горного давления.

В результате анализа проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. При отработке рудоносной части интрузии Октябрьского и Талнахского месторождений при мощности междупластья, не исключающего взаимовлияние очистных работ, может формироваться сложное поле напряжений, которое обусловлено не только глубиной залегания рудных залежей, но и формированием в интрузии тектонических нарушений разрывного характера.



Рис.2. Напряженное состояние массива интрузии при совместной отработке богатых и вкрапленных руд на горизонтах 700 и 500 м

2. В бóльшей степени появление динамических форм разрушения краевых частей рудного массива прогнозируется при подработке интрузии. Динамические формы проявления горного давления могут происходить выше критической глубины залегания рудной залежи (700 м) – 600 м*.

3. Надработка рудоносной части интрузии вызывает релаксацию напряжений в массиве интрузии до безопасных величин в отметках ведения очистных работ от 700 м и более.

4. Совместная отработка рудных залежей вызывает наложение двух зон опорного давления с появлением в рудоносной части интрузии поля напряжений, которые в 40-метровой зоне не исключают возможность проявления динамических форм горного давления.

Таким образом, отработку рудных залежей интрузии глубоких рудников Талнаха целесообразно проводить в нисходящем порядке с надработкой массива интрузии. При совместной отработке свиты рудных залежей на горизонтах более 700 м проводить отработку с опережением очистного фронта одной из рудной залежи протяженностью не менее 40 м.

* Указания по безопасному ведению работ на Талнахском и Октябрьском месторождениях, склонных и опасных по горным ударам / ГГУ. Норильск, 2007.

Directions on safe mining at the Talnakh and Oktibrsky deposits prone to hazardous rock bursts. Norilsk. 2007.