УДК 622.268.13:622.281.74

А.Н.ШАБАРОВ, *д-р техн. наук, директор Научного центра – проректор, Shabarov_an@spmi.ru*
В.А.ЗВЕЗДКИН, *канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, vzvezdkin@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург
А.Г.АНОХИН, *главный инженер рудника «Октябрьский», anohin@tf.nk.nornik.ru*
ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель»

A.N.SHABAROV, *Dr. in eng. sc., director of Research center – prorector Shabarov_an@spmi.ru*
V.A.ZVEZDKIN, *PhD in eng. sc., leading research assistant, vzvezdkin@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg
A.G.ANOKHIN, *chief engineer of the mine «October», anohin@tf.nk.nornik.ru*
ZF OJSC MMK «Norilsk Nickel»

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ИНТРУЗИИ ПРИ СОВМЕСТНОЙ ОТРАБОТКЕ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ОКТЯБРЬСКОГО И ТАЛНАХСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ, СКЛОННЫХ И ОПАСНЫХ ПО ГОРНЫМ УДАРАМ

Рассмотрены особенности формирования поля напряжений в рудоносной интрузии Октябрьского и Талнахского месторождений с учетом глубины залегания рудных залежей и формирования тектонических нарушений. Выполнен анализ напряженности подработанной и надработанной горными работами интрузии. Получены зависимости формирования поля напряжений при совместной отработке рудных залежей интрузии.

Даны рекомендации по совместной отработке рудных залежей интрузии Октябрьского и Талнахского месторождений.

***Ключевые слова*:** рудоносная интрузия, тектонические нарушения, поле напряжений, надработка, подработка, рекомендации по ведению очистных работ.

STUDIES OF THE STRESS-STRAIN STATE OF INTRUSION IN THE PROCESS OF JOINT MINING OF ORE DEPOSITS OF THE OKTYABRSKIY AND TALNAKHSKIY DEPOSITS

Features of the stress field in the ore-bearing intrusions of the October and Talnakhskiy deposits, with taking into account the depth of the ore deposits and the formation of tectonic disturbances are considered. Analysis of tension underworked and overworked intrusion. The dependencies of stress field formation in the intrusion in the joint working out of intrusion ore deposits are obtained.

Recommendations on joint working out of intrusion ore deposits Oktyabrskiy and Talnakhskiy deposits are given.

***Key words*:** ore-bearing intrusion, tectonic disturbances, stress field, overworking, underworking, recommendation for carrying out stoping.

В ближайшие годы на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» ожидается сокращение объемов добычи руды вследствие уменьшения общей протяженности очистных фронтов богатых руд. Для поддержания объема добычи руды на должном уровне в отработку вовлекаются залежи медистых и вкрапленных руд. При этом не исключается ситуация, предусматривающая совместную отработ ку богатых, медистых и вкрапленных руд.

Сложность вопроса поддержания уровня добычи руды связана с тем, что начиная с глубины 700 м рудные залежи Октябрьского и Талнахского месторождений отнесены к склонным и опасным по горным ударам [1], а совместная отработка богатых, медистых и вкрапленных руд предопределяет формирование сложного напряженно-деформированного состояния рудоносной части интрузии.

Формирование сложного напряженно-деформированного состояния интрузии при совместной отработке богатых, медистых и вкрапленных руд будет вызвано не только глубиной ведения горных работ, но и наложением зон временного опорного давления и зон опорного давления, сформированных подработкой или надработкой элементов интрузии. При подработке или надработке интрузии будет формироваться зона полных сдвижений, зоны прогиба и сжатия массива. В зоне сжатия массива при развитии пролетов подработки или надработки интрузии могут формироваться области с уровнем напряжений, опасным с позиции динамических форм разрушения обнажений горных пород. Наряду с этим не исключается и участие в формировании напряженного состояния интрузии сил, возникающих при сдвижении подработанных блоковых структур, образованных тектоническими нарушениями просадочного и разрывного характера. Так, например, медистые руды рудника «Октябрьский» представляют собой многоярусную, часто кулисообразную зону оруденения, как осадочного, так и интрузивного происхождения, подработка которой может сопровождаться формированием как вертикальных, так и горизонтальных межблоковых контактных сил. При этом в интрузии вполне можно ожидать формирование асимметричного поля напряжений с различной ориентацией главного вектора напряжений.

В связи с этим исследования, связанные с обоснованием и разработкой рекомендаций по ведению горных работ при совместной отработке участков богатых, медистых и вкрапленных руд по условиям удароопасности, являются своевременными и актуальными.

Исследование напряженно-деформированного состояния интрузии при совместной отработке богатых, медистых и вкрапленных руд проводилось на примере горно-геологических и горно-технических условий рудника «Октябрьский» в границах ведения горных работ (500 м и более). Напряженность рудоносной интрузии исследовалась методом дискования керна и моделированием на моделях из эквивалентных материалов [2] в районах действия опорного давления, тектонических нарушений, подработки или надработки интрузии выемкой рудных залежей.

Керновое бурение скважин на руднике «Октябрьский» проводилось в следующих условиях: массив богатых руд – глубина ведения горных работ 575-850 м, напряженность в зоне опрного давления 64-112 МПа, средняя 96 МПа, отношение к пределу прочности руды на сжатие 0,8-1,4 МПа, среднее 1,2; массив медистых руд – глубина ведения горных работ 520-600 м, напряженность вне подработанной зоны 65-80 МПа, средняя 72 МПа, отношение к пределу прочности руды на сжатие 0,8-1,0, среднее 0,9.

Приведенные данные показывают, что уровень напряженности при совместной отработке богатых и медистых руд приближается к пределу прочности руды на сжатие и даже может превышать его, что не исключает вероятность проявления горного давления в динамической форме.

Исследованиями напряженного состояния интрузии, не тронутой горными работами, было установлено, что уровень нормальных напряжений в реальном массиве существенно отличается от уровня нормальных напряжений, определяемых теоретическими зависимостями (рис.1). Значительное отклонение теоретических значений нормальных напряжений от полученных экспериментальным путем (графики 1 и 2 на рис.1) связано в

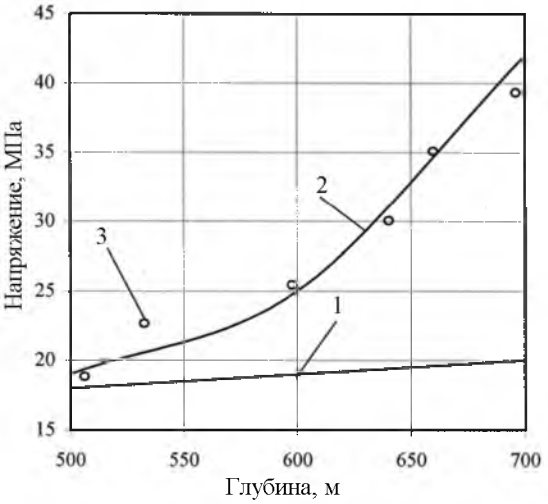


Рис.1. Распределение нормальных напряжений по глубине рудоносной интрузии

1 – теоретическая зависимость;
2 – по данным моделирования на эквивалентных материалах;
3 – по данным дискования керна



Рис.2. Формирование поля напряжений в районе тектонического нарушения

1 – по данным моделирования; 2 – по данным дискования керна

первую очередь с осреднением прочностных и деформационных характеристик горной среды. Кроме того, было установлено, что напряженное состояние интрузии существенно зависит не только от глубины ее залегания, но и от структуры, формирующейся разрывными тектоническими нарушениями. Причем в более сложном напряженно-деформированном состоянии находятся блоки клиновидной формы. Появление в угловых чстях клиновидных блоков зон повышенных напряжений вызвано неравномерным распределением сил бокового распора и тектонических сил. Причем подработка таких блоков не исключает вероятность разрушения угловых частей и просадок блоков в динамическом режиме.

Исследования также показали сложный характер формирования поля напряжений в районе тектонических нарушений разрывного характера.

В районе таких нарушений (рис.2), наряду с зонами пониженных напряжений, появляются зоны повышенных напряжений, значения которых могут быть соизмеримы с пределом прочности пород на сжатие и даже превышать его.

Исследованиями было установлено, что подработанная часть интрузии расслаивается на мощные слои, сдвижение которых вызывает появление в зоне влияния опорного давления области повышенных напряжений.

Так, например, при подработке массива интрузии выемкой залежи богатых руд на горизонте 700 м (рис.3) в зоне влияния опорного давления напряжения приближаются к пределу прочности руды на сжатие.

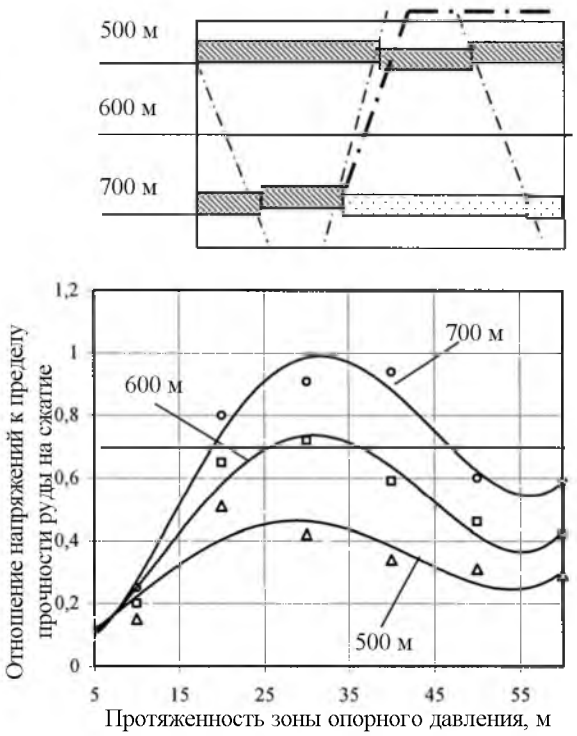


Рис.3. Напряженное состояние интрузии, подработанной выемкой богатых руд

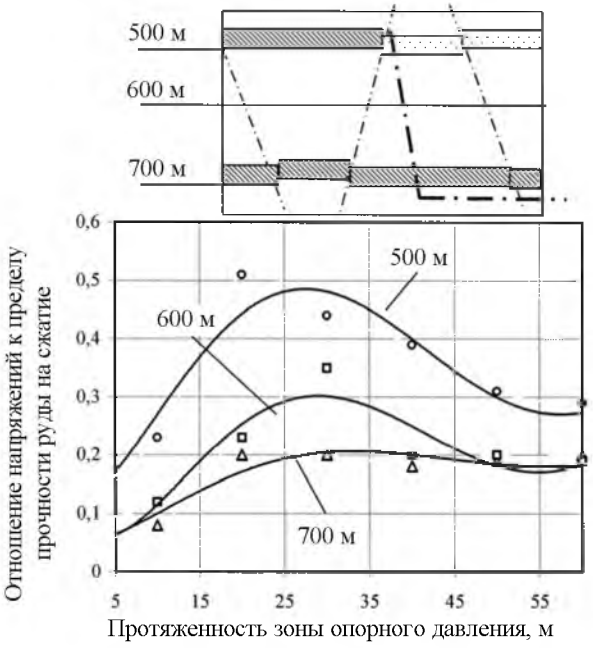


Рис.4. Напряженное состояние интрузии, надработанной выемкой медистых руд

При этом не исключается появление зон опасных напряжений и в массиве интрузии, расположенной на глубине 600 м. В этой толще интрузии отношение напряжений к пределу прочности руды на сжатие приближается к 0,7. При таком соотношении напряжений и прочности руды не исключается вероятность проявления горного давления в динамической форме [3].

При подработке в вышележащей толще интрузии до отметки 500 м не отмечается появление зон с опасным уровнем напряжений.

Надработка интрузии выемкой медистых или вкрапленных руд (рис.4) вызывает перераспределение поля первичных напряжений без формирования зон опасных напряжений. Упругое восстановление приводит к разуплотнению массива интрузии и релаксации напряжений до безопасных значений. В зоне опорного давления по глубине интрузии значение напряжения не превышает 0,7 предела прочности руды на сжатие.

Совместная отработка рудных залежей формирует в интрузии зоны повышенных напряжений (рис.5). Сравнительно высокий уровень напряженности массива интрузии при совместной отработке медистых и богатых руд вызван наложением зон опорного давления. Так, например, напряженность интрузии в районе отметки 600 м характеризуется отношением значений напряжений к пределу прочности руды, изменяющимся от 0,39 до 0,84. Верхний предел этого отношения не исключает вероятность появления динамических форм горного давления.

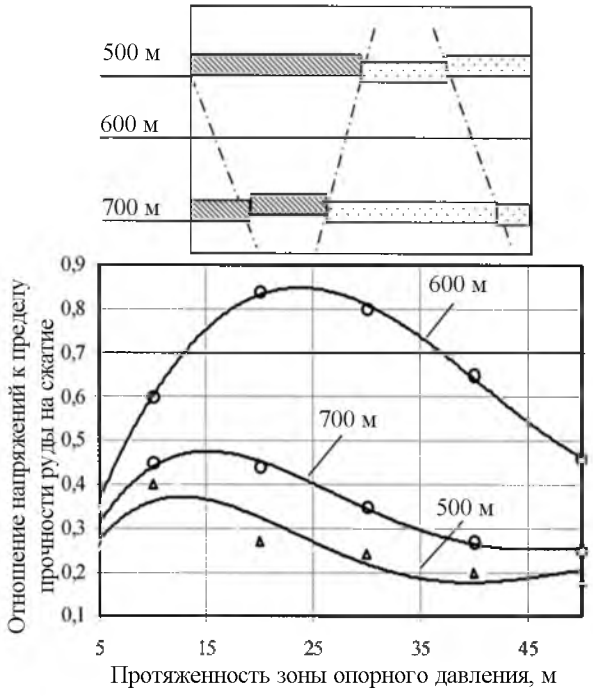


Рис.5. Напряженное состояние интрузии, при совместной отработке ее рудных залежей

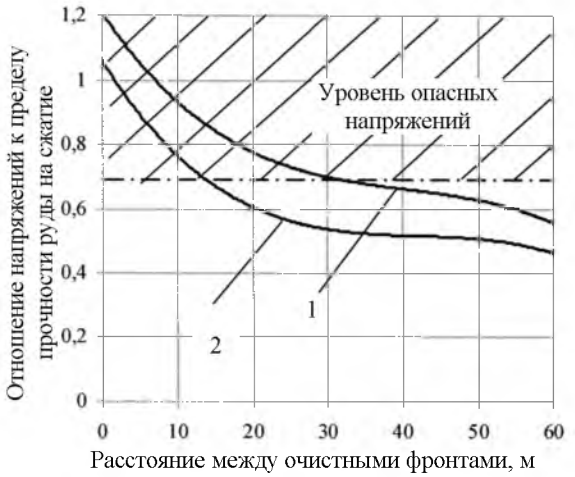


Рис.6. Напряженное состояние интрузии при различном положении очистных фронтов рудных залежей

1 – при подработке; 2 – при надработке

Проведенные исследования показали, что на напряженность массива интрузии существенное влияние оказывает положение очистных фронтов отрабатываемых рудных залежей друг относительно друга.

Были определены зависимости напряженности интрузии от положения фронтов отрабатываемых рудных залежей (рис.6). Исследования показали, что очистные работы в рудной залежи, подрабатываемые интрузию, должны вестись с опережением выемочных работ по отношению к вышележащей рудной залежи на расстояние не менее 40 м (рис.6, график 1). Опережение очистных работ в рудной залежи, надрабатываемых массив интрузии, по отношению к выемочным работам по нижележащей рудной залежи должно быть не менее 20 м (рис.6, график 2).

Таким образом, проведенные исследования позволили установить следующее.

Горно-геологические и горно-технические условия совместной отработки рудных залежей интрузии Октябрьского и Талнахского месторождений, не исключающие взаимо-

влияние очистных работ, формируют сложное поле напряжений в массиве интрузии.

В большей степени появление опасных напряжений прогнозируется при подработке интрузии. В этом случае динамические формы проявления горного давления могут происходить выше критической глубины залегания рудных залежей, установленной для Октябрьского и Талнахского месторождений (700 м). Надработка интрузии вызывает релаксацию напряжений и исключает появление динамических форм горного давления при ведении горных работ выше критической отметки.

Совместная отработка рудных залежей вызывает наложение зон опорного давления с появлением в массиве интрузии поля со значениями напряжений, которые не исключают возможность проявления динамических форм горного давления.

Безопасное ведение очистных работ при совместной отработке рудных залежей определяется взаимным расположением очистных фронтов вовлеченных в отработку рудных залежей друг относительно друга. Опережение очистных работ при подработке интрузии должно быть не менее 40 м, при надработке – не менее 20 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам. РД06-329-99. М., 2003. 81 с.

2. Моделирование в геомеханике / Ф.П.Глушихин, Г.Н.Кузнецов, М.Ф.Шклярский и др. М.: Недра, 1991. 240 с.

3. Указания по безопасному ведению горных работ на Талнахском и Октябрьском месторождениях, склонных и опасных по горным ударам. Норильск, 2007. 99 с.

REFERENCES

1. Instructions for mine safety in ore and metal-nkerudnyh storozhdeniyah, objects, construction of underground structures, slopes and dangerous on the mountain bumps. RD06-329-99. Moscow, 2003. 81 p.

2. *Glushihin F.P.*, *Kuznetsov G.N.*, *Shkliarsky M.F.* etc. Simulation in geo-mechanics. Moscow: Nedra, 1991. 240 p.

3. Advice on safe mining at Talnakh and Oktyabrsky fields prone and dangerous on the mountain bumps. Norilsk, 2007. 99 p.