

УДК 622.83

А.А. Козырев, И.Э. Семенова, А.В. Земцовский
АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РЕАЛИЗАЦИИ ГОРНОГО
УДАРА НА РАСВУМЧОРРСКОМ РУДНИКЕ
14 ФЕВРАЛЯ 2012 г.

Представлены результаты численных исследований напряженно-деформированного состояния с учетом фактического состояния горных работ в момент реализации горного удара на Расвумчоррском руднике ОАО «Апатит» 14.02.2012 г. Проанализировано перераспределение напряжений в приконтурном массиве выработка при бурении разгрузочных скважин. Предложен оптимальный угол при повторном бурении разгрузочной строчки скважин.

Ключевые слова: распределение напряжений, подземная очистная выемка, численное моделирование, удароопасность, горный удар, разгрузочная строчка скважин.

Обработка подземных запасов на Кировском и Расвумчоррском рудниках ОАО «Апатит» происходит в сложных геомеханических условиях, связанных прежде всего с действующими в массиве пород высокими тектоническими напряжениями, а также гористым рельефом дневной поверхности и значительной глубиной ведения горных работ. Выемка ведется в основном с применением двух систем: системы поэтажного принудительного обрушения с торцевым выпуском руды с применением высокопроизводительного самоходного оборудования и системой этажного принудительного обрушения с массовой отбойкой руды и самообрушением покрывающих пород.

Управление геомеханическими процессами в последние годы происходит с учетом данных экспертных систем прогнозной оценки изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива пород в окрестности развивающихся горных работ [1]. Разработанное и установленное в

службах прогноза и предупреждения горных ударов программное обеспечение SigmaGT с численными геомеханическими моделями месторождений (Кукисвумчоррского, Юкспорского и Расвумчоррского), обрабатываемых подземным способом позволяет рассчитывать перераспределение НДС в зависимости от фактического и планируемого порядка горных работ, а также параметров отбиваемых секций.

Одним из важных направлений по управлению горным давлением является анализ геомеханических и горнотехнических условий при фиксации горных ударов на рудниках. Верная интерпретация события и выявление ее причин помогают в дальнейшем предотвратить аналогичные ситуации.

14 февраля 2012 года на гор. +452 м Расвумчоррского рудника ОАО «Апатит» во время бурения второй разгрузочной строчки в выработке ТШ 18 и на ее сопряжении с ВТО 1/9 (М.+550, Р.9—9+18м) произошел выброс горной массы на участке 20 м (рис.1). Событие квалифициро-



Рис. 1. ТШ 18 после выброса горной массы
Фото зам. главного инженера Расвумчоррского
рудника по геодинамической безопасности А.В.
Пантелеева

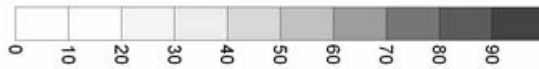
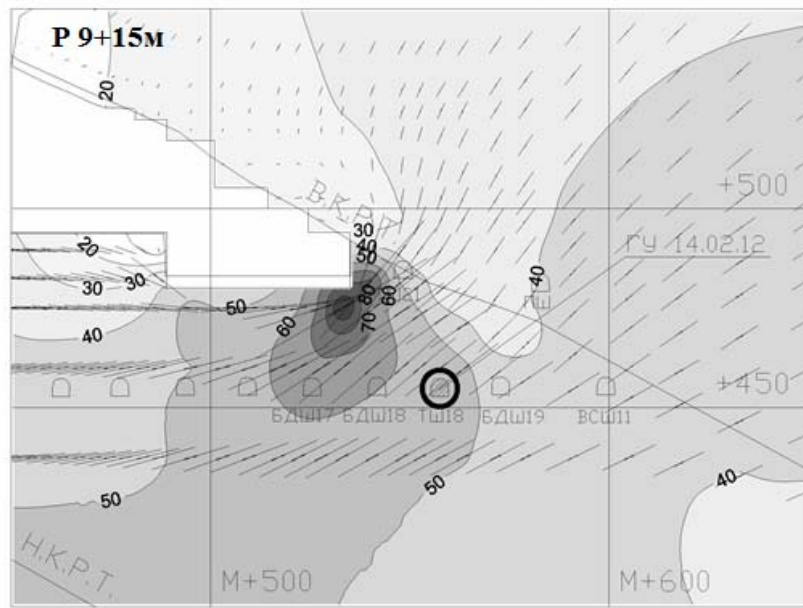
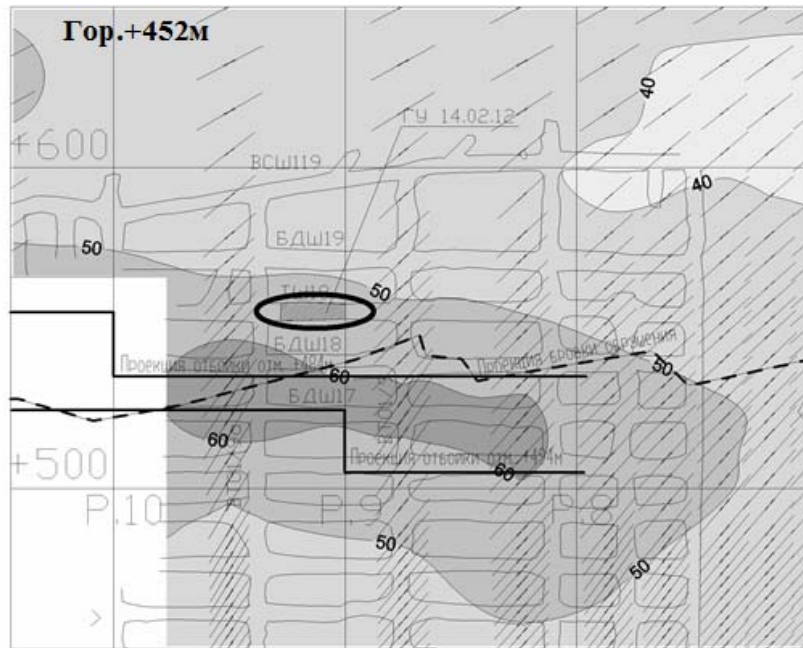
вано комиссией как горный удар в связи с выведением из строя бурового оборудования. Для исследования распределения напряжений в районе события были проведены численные расчеты НДС с конфигурацией горных работ, соответствующей данной дате. Результаты расчетов приведены в виде распределения σ_{max} и векторов ее действия (рис. 2).

Горно-тектонический удар произошел в месте наибольшей концентрации сжимающих напряжений (около 55 МПа) в висячем боку рудной залежи в зоне опирания консольного зависания подработанных пород, под фронтом отбойки вышележащего го-

ризонта +484 м. Наиболее значительные разрушения были реализованы в ТШ 18, однако проявления горного давления в виде заколообразования отмечены также в БДШ 18 и БДШ 17, которые находятся в зоне с уровнем σ_{max} более 60 МПа. Важным фактором, кроме перечисленных выше, является направление действия σ_{max} в этом районе, которое обуславливает большую удароопасность выработок штрекового направления. Все перечисленные выработки попадают в зону с расчетной категорией Д (наиболее удароопасной) [2].

Кроме перечисленных факторов следует отметить, что расстояние между стенками штреков в районе горного удара составляет всего 11м, а с учетом разрушения стенок и сопряжений и того меньше. Расстояние между осями выработок 16м, что менее 4D. В п.7.1.3 «Указаний...» [2] гово-

рится, что расстояние между осями выработок, перпендикулярных максимальному напряжению, должно быть не менее 4D. Формально этот пункт не нарушен, так как в целом по месторождению Апатитовый цирк максимальная компонента сжимающих напряжений ориентирована по простиранию рудной залежи. Однако в дальнейшем следует учитывать, что в окрестности очистных пространств происходит переориентировка действующих напряжений, что может привести к нежелательным последствиям в виде повышения удароопасности выработок и разрушения целиков между ними. Чтобы предусмотреть подобную



- проекция фронтов очистной выемки вышележащих подэтажей
- место горного удара
- вектора σ_{max}

Рис. 2. Распределение максимальной сжимающей компоненты напряжений σ_{max} в массиве пород Расвумчоррского рудника в районе горного удара 14.02.2012

ситуацию, необходимо проводить прогнозные расчеты НДС при перспективном и годовом планировании горных работ. Для этих целей в 2012 году разработана новая геомеханическая модель Расвумчоррского рудника с детальной разбивкой для поэтапного моделирования отработки запасов горизонта +450 м.

Интересен тот факт, что в соседних выработках (БДШ 18 и БДШ 17), где уровень σ_{max} еще выше (более 60 МПа) и отмечались проявления горного давления в виде заколообразования, подобных крупных вывалов не происходило. Почему же событие произошло в ТШ 18. По мнению комиссии, «горный удар спровоцирован пригрузкой приконтурной части целика при бурении второй разгрузочной строчки в напряженном массиве».

В соответствии с решением комиссии по горным ударам было проведено численное моделирование НДС массива пород в окрестности выработки при различных вариантах расположения строчек разгрузочных скважин. Была разработана крупномасштабная модель, учитывающая типовые размеры выработок. Граничные условия задавали в виде перемещений из мелкомасштабной модели Расвумчоррского рудника. Имитировали повторное бурение разгрузочных скважин под углами 0°, 11°, 22°, 33° к горизонту. Первая строчка разгрузочных скважин расположена под углом 45° к горизонту. Результаты моделирования рассмотрим в вертикальном поперечном сечении выработки – вид с востока на запад, представлены максимальная и минимальная компонента главных напряжений (σ_{max} и σ_{min}).

Как видно на рис. 2, а, расчетные зоны концентраций σ_{max} на контуре

выработок совпадают с их фактическим положением на сопряжении южной стенки с кровлей, причем более высокие значения на контуре БДШ 18. Минимальная компонента сжимающая, со значениями не более 10 МПа. Данные моделирования влияния первых строчек скважин показали эффект разгрузки контура от повышенных сжимающих напряжений. Значения σ_{max} в зоне концентрации сжимающих напряжений на сопряжении стенки и кровли выработки снизились с 65 МПа до 20 МПа (то есть более чем в 3 раза). В тоже время следует отметить появление зон растяжения в приконтурном массиве стенок и сопряжений выработок. Направление площадок, на которые действуют растягивающие напряжения в южной стенке выработки близко к горизонтальному. Поэтому даже при формировании трещин отрыва в некоторой части приконтурного массива вывалы в породы в выработку маловероятны (рис. 2, б).

Далее моделировали разбуривание целика между выработками ТШ18 и БДШ18 встречными горизонтальными строчками скважин (рис. 3, а), то есть имитировали ситуацию, при которой и произошло событие 14.02.2012. В этом случае, увеличивается размер зоны с $\sigma_{max} < 20$ МПа. На породы в этой зоне продолжают действовать растягивающие напряжения σ_{min} . В случае проработки второй строчки, возможно раскрытие субгоризонтальных трещин в стенке и трещин, перпендикулярных контуру на сопряжении стенки и кровли. То есть, создаются условия для реализации вывалов нарушенного объема пород в выработку. Что собственно и произошло.

Варьировали угол, под которым бурится вторая строчка скважин: 11°

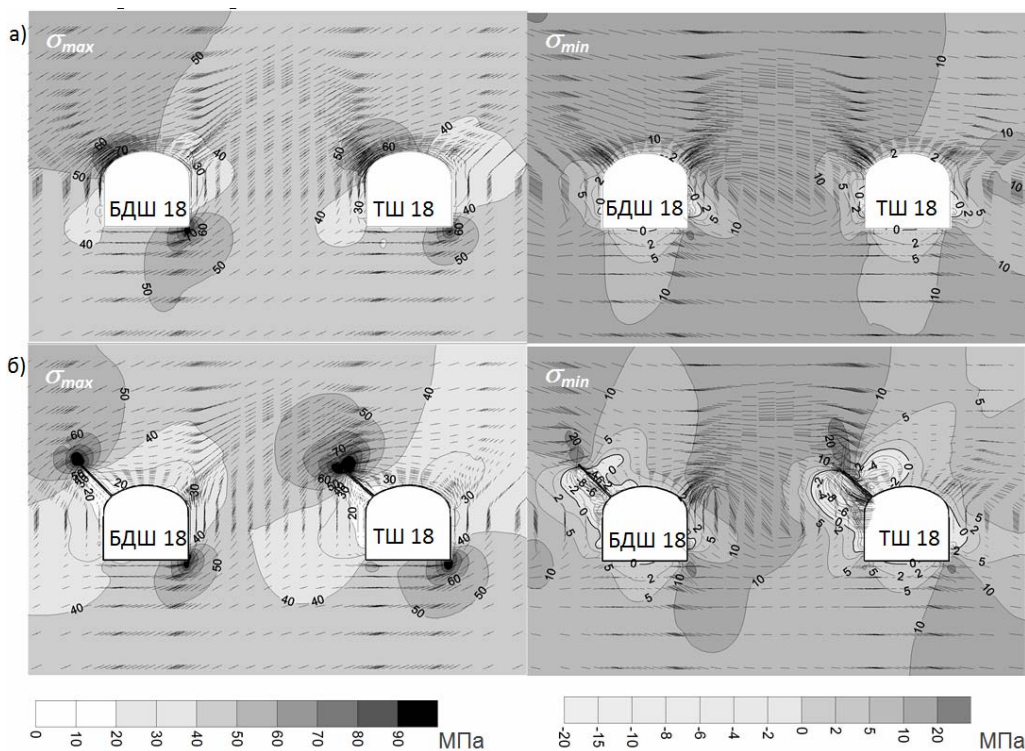


Рис. 3. Перераспределение напряжений в окрестности ТШ 18 и БДШ 18: а) после проходки выработок; б) при бурении строчек разгрузочных скважин в зонах концентрации σ_{max} .

(рис. 3, б), 22° и 33° . Как видно, наиболее благоприятные условия формируются на контуре выработки при угле второй скважины с горизонтом 11° . В этом случае уровень растягивающих напряжений в массиве пород между двумя скважинами снижается, то есть уменьшается вероятность раскрытия трещин и реализации разрушения.

Из других просчитанных вариантов наиболее предпочтительным является вариант с углом наклона второй скважины — 22° к горизонту.

Таким образом, численное моделирование НДС участка массива Расвумчоррского рудника с пройденными выработками и имитацией разгрузочных мероприятий в виде

бурения строчек разгрузочных скважин в два этапа при различном угле наклона второй скважины к горизонту показало:

- эффективность первой разгрузочной скважины;
- создание условий для реализации разрушений на контуре выработки при бурении второй строчки скважин (горизонтальной), причем не за счет пригрузки приконтурной части целика, а вследствие появления трещин отрыва и создания условий для их раскрытия;
- наиболее оптимальное расположение второй строчки скважин, снижающей уровень растягивающих напряжений в приконтурном массиве под углом 11° к горизонту;

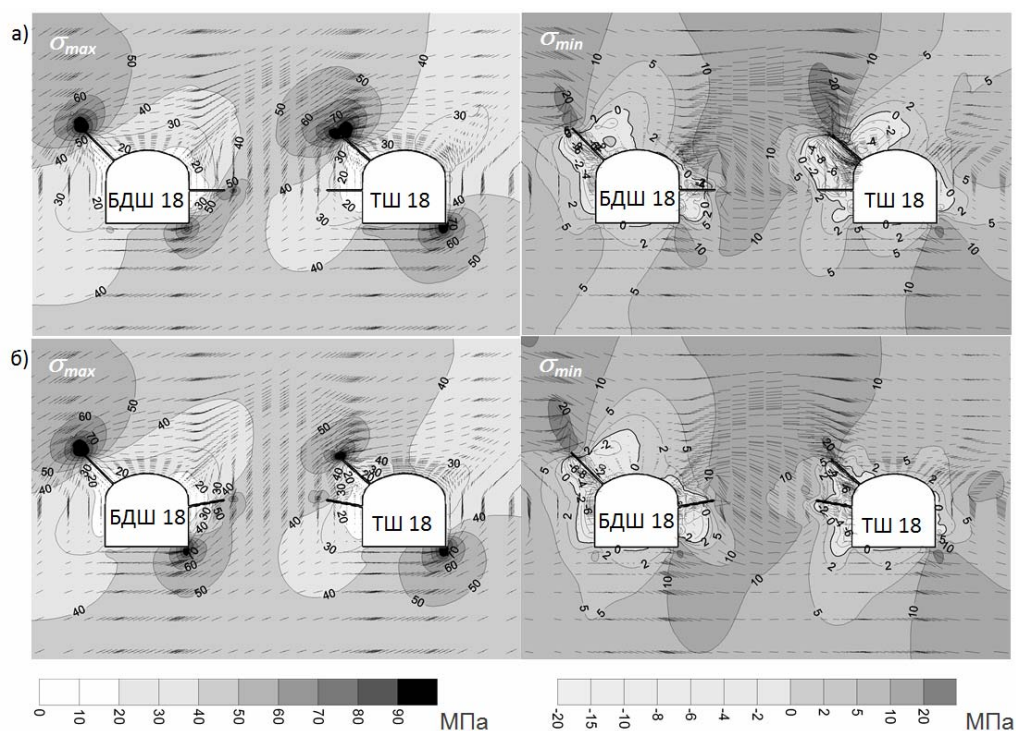


Рис. 4. Перераспределение напряжений в окрестности ТШ 18 и БДШ 18 при дополнительном бурении строчек разгрузочных скважин а) горизонтальная строчка; б) строчка под углом 11° к горизонту

— возможно, в данном конкретном случае бурить вторую строчку скважин было нецелесообразно.

Подобное перераспределение напряжений в приконтурном массиве при проведении разгрузочных мероприятий

характерно не только для данного конкретного случая и участка, поэтому выводы применимы и к другим выработкам подземных рудников ОАО «Апатит» с проявлениями удароопасности на сопряжении стенки и кровли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козырев А.А., Панин В.И., Семенова И.Э. Управление геодинамическими рисками на Хибинских апатитовых рудниках. ГИАБ №12 2010, с. 347-359.

2. Козырев А.А., Мальцев В.А., Федотова Ю.В., Панин В.И., Рыбин В.В., Семенова И.Э. и др. Указания по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам (Хибинские апатит-нефелиновые месторождения) – Апатиты-Кировск; 2010. – 117 с. **ГИАБ**

нова И.Э. и др. Указания по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам (Хибинские апатит-нефелиновые месторождения) – Апатиты-Кировск; 2010. – 117 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Козырев Анатолий Александрович — доктор технических наук, профессор, зам. директора, kozar@goi.kolasc.net.ru,

Семенова Инна Эриковна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, innas@goi.kolasc.net.ru,

Земцовский Александр Васильевич — научный сотрудник, zemtsovskiy@yandex.ru, Горный институт Кольского научного центра РАН.