

И.Ю.РАССКАЗОВ, *д-р техн. наук, профессор, директор, rasskazov@igd.khv.ru*

М.И.РАССКАЗОВА, *мл. науч. сотрудник, adm@igd.khv.ru*

В.И. МИРОШНИКОВ, *канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, adm@igd.khv.ru*

Б.Г.САКСИН, *д-р техн. наук, гл. науч. сотрудник, adm@igd.khv.ru*

Институт горного дела ДВО РАН, г.Хабаровск

I.Yu.RASSKAZOV, *Dr. in eng. sc., professor, director, rasskazov@igd.khv.ru*

M.I.RASSKAZOVA, *junior research assistant, adm@igd.khv.ru*

V.I.MIROSHNIKOV, *PhD in eng. sc., senior research assistant, adm@igd.khv.ru*

B.G.SAKSIN, *Dr. in eng. sc., chief research assistant, adm@igd.khv.ru*

Institute of Mining, the Far-East Office of RAS, Khabarovsk

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ КРУТОПАДАЮЩИХ РУДНЫХ ТЕЛ УДАРООПАСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Приведены результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния в конструктивных элементах систем разработки, применяемых на опасных и склонных к горным ударам месторождениях Дальнего Востока.

Рассмотрены некоторые установленные закономерности формирования техногенного поля напряжений и геомеханических процессов, протекающих в массивах обрабатываемых месторождений, позволяющие обосновать комплекс мероприятий по предотвращению динамических проявлений горного давления.

Ключевые слова: объемное математическое моделирование напряженно-деформированного состояния, потенциально опасные элементы системы разработки и параметры рудного тела, связь НДС с региональным тектонически активным Амурским блоком, комплекс методов безопасного ведения горных работ.

MODELING OF GEOMECHANICAL PROCESSES IN MINING THE STEEPLY PITCHING ORE BODIES OF ROCKBURST- HAZARDOUS DEPOSITS

The article contains the results of numerical modeling of stress-strain state in constructive elements of mining systems, applied at hazardous and prone to rock bursts deposits of the Far-East. Consideration is given to some stated regularities of forming of technogenic stress field and geomechanical processes proceeding in rock mass of minable deposits which allow to substantiate a complex of measures for prevention of dynamic rock pressure manifestations.

Key words: volumetric mathematical modeling of stress-strain state, potentially hazardous elements of the mining system and parameters of ore body connection of stress-strain state with the regional tectonically active Amur block, complex of methods for safe mining.

В Дальневосточном регионе разрабатывается и готовится к освоению большое количество месторождений руд цветных и благородных металлов, ряд которых отнесен к категории опасных или склонных к горным ударам. Месторождения характеризу-

ются различными и, как правило, сложными горно-геологическими и геомеханическими условиями, включая большую глубину оруденения, значительную тектоническую нарушенность, потенциальную удароопасность пород и руд, высокий уровень действующих в

массиве напряжений. Особую группу залежей составляют месторождения жильного типа, к которым относится Южное, Березовское, Забытое, Южно-Хинганское и др.

Среди перечисленных наиболее удароопасным является Южное полиметаллическое месторождение, где первые сильные горные удары имели место уже на глубине 170 м [2]. Для снижения удароопасности первоначально применяющаяся технология отработки месторождения системой с магазинированием отбитой руды и отработкой очистных блоков в направлении снизу вверх на уменьшающийся подштрековый целик была заменена на технологию отработки очистных блоков системой подэтажных штреков с отработкой подэтажей сверху вниз [1]. В связи с изменением на глубоких горизонтах элементов залегания рудных тел (угла падения и мощности жил) была предложена технология с комбинированием двух систем разработки: подэтажными штреками (для отработки верхней части блока) и с распорной крепью (в нижней части). При этом формируются временные и охранные рудные целики, которые под влиянием очистной выемки испытывают значительную нагрузку и могут разрушаться в динамической форме.

Результаты объемного математического моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) методом конечных элементов (МКЭ) показали, что отработка месторождения по комбинированной схеме приводит к формированию сложного техногенного поля напряжений. Наиболее высокий уровень напряжений отмечен в двух верхних

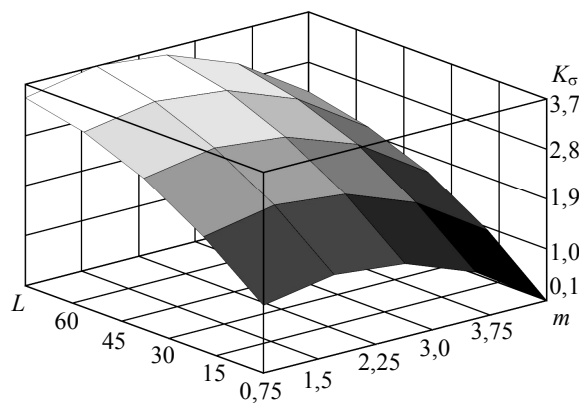


Рис. 1. Изменение K_{σ} в рудном надштрековом целике в зависимости от длины выработанного пространства и мощности рудной жилы

надштрековых и охранных целиках в области, граничащей с выработанным пространством. Величина нормальных и касательных напряжений растет прямо пропорционально увеличению длины выработанного пространства, достигая максимума (до 120 МПа и более) при полной отработке блока.

Важное практическое значение имеют выявленные в процессе исследований закономерности изменения напряженного состояния в конструктивных элементах применяемой системы разработки в условиях высокой изменчивости параметров залегания рудных жил.

На рис.1 показано изменение коэффициента концентрации нормальных напряжений K_{σ} от двух наиболее значимых факторов (мощности рудного тела m и длины выработанного пространства L) при постоянном угле залегания $\beta = 40^{\circ}$ для краевых участков верхних надштрековых целиков. Установлено, что максимальная концентрация напряжений в целиках наблюдается при мощности жилы в 1,5 м, увеличиваясь по мере отработки блока.

Моделирование геомеханических процессов широко использовалось также при решении задач по оценке склонности к горным ударам и обоснованию системы разработки новых месторождений на предпроектной стадии. Одним из них являлось расположенное в северо-восточной части Приморского края месторождение вольфрамовых руд Забытое, отработку которого первоначально предполагалось вести с применением системы разработки с магазинированием руды, со шпуровой или скважинной отбойкой слоями в направлении снизу вверх.

При обосновании граничных условий использовались как данные лабораторных и натуральных наблюдений, так и результаты ранее выполненных исследований регионального поля напряжений восточной части тектонически активного Амурского геоблока, в пределах которого расположено большинство удароопасных месторождений Дальнего Востока [3]. С привлечением данных GPS, наблюдений и метода аналогий было реконструировано поле напряжений в районе месторождения «Забытое», в котором преобладают субгоризонтальные сжимающие на-

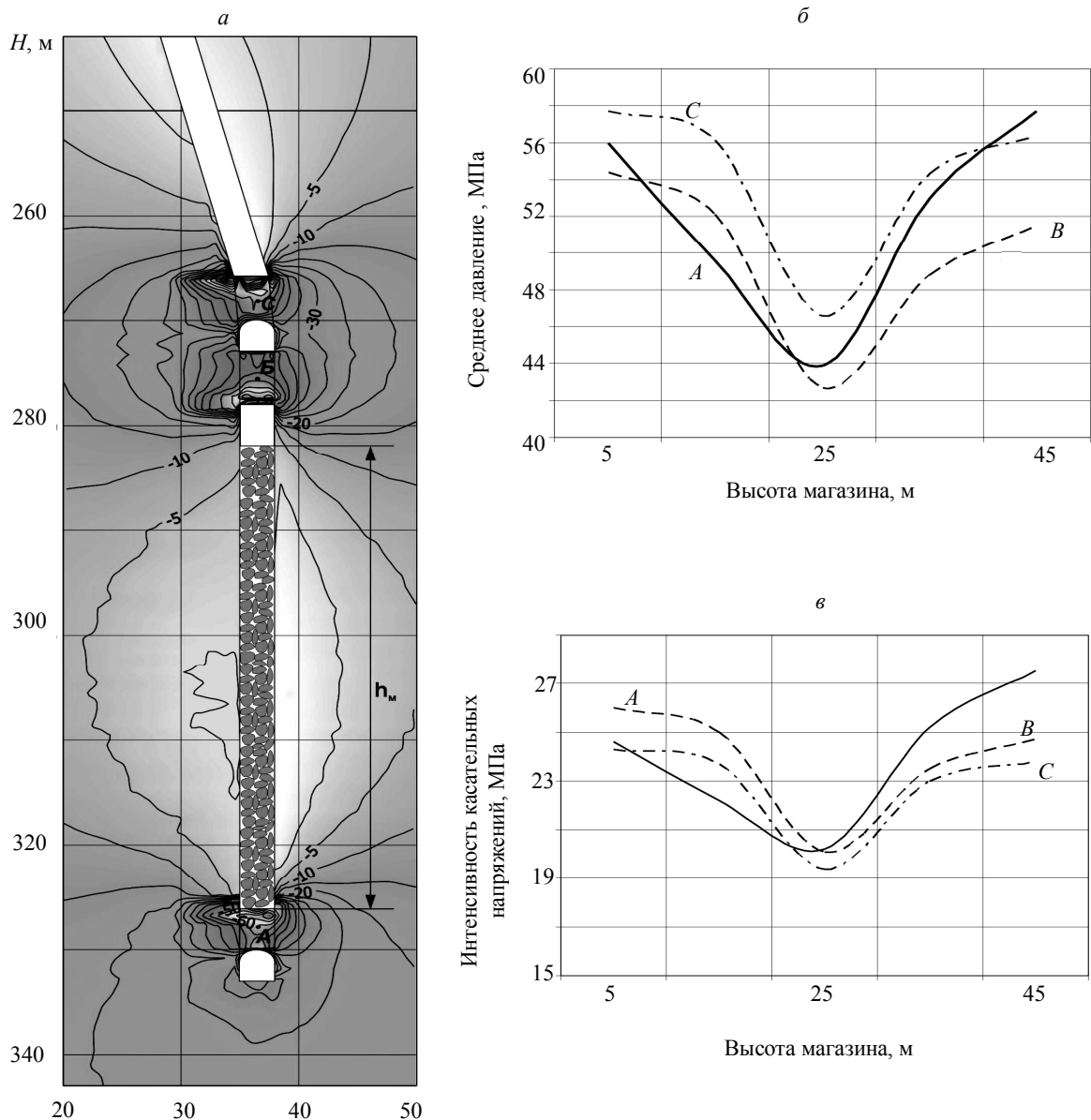


Рис.2. Распределение напряжений в элементах системы разработки с магазинированием руды месторождения «Забывтое»: *а* – распределение $\sigma_{ср}$ вокруг выработанного пространства; *б* и *в* – изменение напряжений $\sigma_{ср}$ и $\tau_{инт}$ в над- и подштрековых целиках при различной высоте магазина h_m

пряжения, ориентированные в субширотном направлении и в 1,8-2,5 раза превышающие гравитационную составляющую.

Математическим моделированием напряженно-деформированного состояния разрабатываемого массива горных пород установлено, что под влиянием очистной выемки происходит формирование техногенного поля напряжений, характеризующегося наличием как областей разгрузки (преимущественно в

бортах выработанного пространства), так и появлением зон концентрации напряжений в различного рода целиках. Значительное (в 2,5 раза и более) увеличение первоначальных напряжений наблюдается в образующихся над- и подштрековых целиках размером 4-5 м (рис.2).

Наибольшая концентрация напряжений ($\sigma_{ср} = 95$ МПа, $\tau_{инт} = 70$ МПа) отмечается в надштрековом целике на горизонте 170 м (глубина от поверхности 270 м) при

полной отработке вышележащих запасов и погашении целиков.

Полученные результаты показали, что относительно благоприятные условия сохраняются только при отработке верхней (нагорной) части месторождения, в пределах которой напряженное состояние формируется под действием только гравитационных сил. Отработка нижней части месторождения, отнесенного ниже глубины 200 м, склонным к горным ударам, потребует перехода на систему разработки подэтажными штреками с отработкой подэтажей сверху вниз, а в отдельных случаях применения специальных профилактических мероприятий.

Установленные по результатам исследований закономерности распределения техногенных напряжений в разрабатываемых массивах горных пород и в элементах систем разработки месторождений Дальневосточного региона позволили выполнить геомеханическое обоснование комплекса методов по безопасному ведению горных работ в удароопасных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы контроля и управления горным давлением на рудниках ОАО «МГК «Дальполиметалл» / И.Ю.Рассказов, Г.А.Курсакин, А.М.Фрейдин, В.Н.Черноморцев, С.П.Осадчий // Горный журнал. 2006. № 4. С.35-38.
2. *Рассказов И.Ю.* Контроль и управление горным давлением на рудниках Дальневосточного региона. М.: Горная книга, 2008. 329 с.
3. *Рассказов И.Ю.* Численное моделирование современного поля тектонических напряжений в области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов // Тихоокеанская геология. 2006. № 5. Т.25. С.104-114.

REFERENCES

1. *Rasskazov I.Yu., Kursakin G.A., Freydin A.M.* et.al. Methods for monitoring and management of rock pressure at Open Stock Society «GMC «Dalpolimetal mines»» // Mining Journal. 2006. N.4. P.35-38.
2. *Rasskazov I.Yu.* Control and management of rock pressure at ore mines of Russian Far East region. Moscow: Publishing house «Mining book», 2008. 329 p.
3. *Rasskazov I.Yu.* Numerical modelling of a modern field of tectonic pressure in the area of joint of the Central-Asian and Pacific belts // Pacific Geology. 2006, N.5. V.25. P.104-114.