

Д.Ю.ДОРДЖИЕВ, аспирант, *dimich_tpr-03@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

D.Yu.DORDZHIEV, post-graduate student, *dimich_tpr-03@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ КАМУФЛЕТНОГО ВЗРЫВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УДАРООПАСНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

На основе моделирования методом конечных элементов получены значения напряжено-деформированного состояния вокруг очистных выработок по мере отработки рудного тела нисходящими горизонтальными слоями с закладкой выработанного пространства. Результаты моделирования позволили обосновать параметры камуфлетного взрывания для приведения межполублочного целика в неудароопасное состояние.

Ключевые слова: напряжения, выработка, моделирование, тектоника, удароопасность, массив, уран.

SELECTION OF PARAMETERS CAMOUFLET BLASTING TO REDUCE BUMP HAZARD BY DEVELOPMENT URANIUM DEPOSITS

Simulation-based by the finite element values obtained stress strain state around the stope ore as ore body downstream horizontal layers with a mined-out space. The results of the simulation allowed to substantiate a contained blasting parameters to bring pillar to anti bump hazard state.

Key words: stress, mine, simulation, tectonics, bump hazard, massif, uranium.

Месторождение урановых руд находится на территории Восточного Забайкалья и расположено вблизи области сочленения крупнейшего планетарного подвижного пояса, «зажатого» между древними платформами – Сибирской и Китайской, что обуславливает высокую тектоническую активность этого региона. Характерной особенностью активизационных разрывных структур этого региона является сочетание разрывов с кольцевыми, дугообразными и коленообразными структурами.

Самое удароопасное месторождение «Антей» («А») представлено средне- и крупнозернистыми гранитами. Граниты имеют прочность от 180 до 250 МПа. Разлом 160, параллельный разлому 13, является основным рудовмещающим структурным элементом месторождения «А». Разлом имеет практически вертикальное падение.

В гранитах фундамента действуют горизонтальные сжимающие напряжения, наибольшие из которых в 2-3 раза превышают гравитационную составляющую от веса налегающей толщи пород*. Они указывают на наличие тектонических сил, действующих в массиве.

На месторождении применяется система разработки горизонтальными слоями в нисходящем порядке с твердеющей закладкой выработанного пространства.

Первые признаки горных ударов в виде динамического заколообразования были за-

* Поляков А.Н. Прогноз удароопасности горнотехнических ситуаций на перспективные глубины разработки // Горный журнал. 1993. № 4. С. 51-56.

Polyakov A.N. Forecast bump hazard management of mining the promising mining depth // Mining journal. 1993. № 4. P. 51-56.

регистрированы в начале 1981 г. в гранитах на 7 горизонте на глубине 414 м, т.е. уже более 25 лет назад. Геомеханической службой рудника «Глубокий» установлено, что с увеличением глубины разработки происходит рост числа проявления горного давления в динамической форме с одновременным увеличением интенсивности проявления.

В последние годы динамические явления стали приобретать угрожающий характер. В очистных заходках почва разрушается до 0,3 м, в выработках образуются трещины, обрушается закладочный массив, борта залежи мгновенно сближаются, сотрясение массива ощущается в горных выработках на расстоянии до 100 м, иногда колебания ощущаются на земной поверхности.

Основной причиной динамических проявлений является ведение горных работ в удароопасных целиках. После эффективного приведения целиков в неудороопасное состояние динамические явления прекращались.

Одним из эффективных способов снижения удароопасности целиков является их разгрузка с помощью камуфлетного взрывания.

При решении задачи применялось моде-

лирование методом конечных элементов. Моделировалась поэтапная отработка одного этажа для условий XIII горизонта с параллельной отработкой двух полублоков в нисходящем порядке до 4 слоя, так как напряжения в почве очистной выработки достигают значений, близких к пределу прочности и составляют 100 МПа, (рис.1). Поэтому необходимо проведение мероприятий по разгрузке данного целика.

Для реализации мероприятий предлагается проведение очистной выработки (заходки) с геометрическими размерами 3×3 м в тектоническом нарушении № 13 на уровне 3 слоя в основном рудовмещающем нарушении № 160 и проведение нисходящих камуфлетных скважин длиной 24 м и диаметром 105 мм. Для определения длины камуфлетной скважины, которая составила 24 м, строили прямые под углом 135° от краевых частей целика в сторону тектонического нарушения № 13. Данная длина полностью удовлетворяет условиям, чтобы межполублочный целик находился в разгруженной зоне.

Модель представляет собой участок тектонически-нарушенного массива размером 500×500 м. Размеры подбирались из незна-

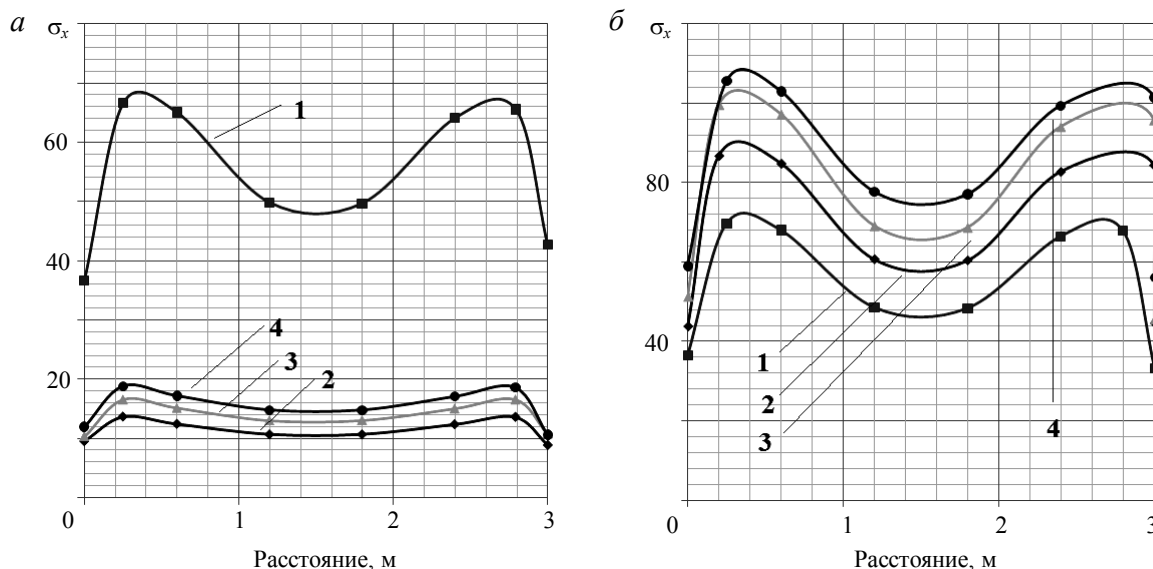


Рис.1. Закономерности изменения горизонтальных напряжений на контуре очистных выработок: а – кровля; б – почва

1 – вокруг очистной заходки 1-го слоя; 2 – вокруг очистной заходки 2-го слоя; 3 – вокруг очистной заходки 3-го слоя; 4 – вокруг очистной заходки 4-го слоя

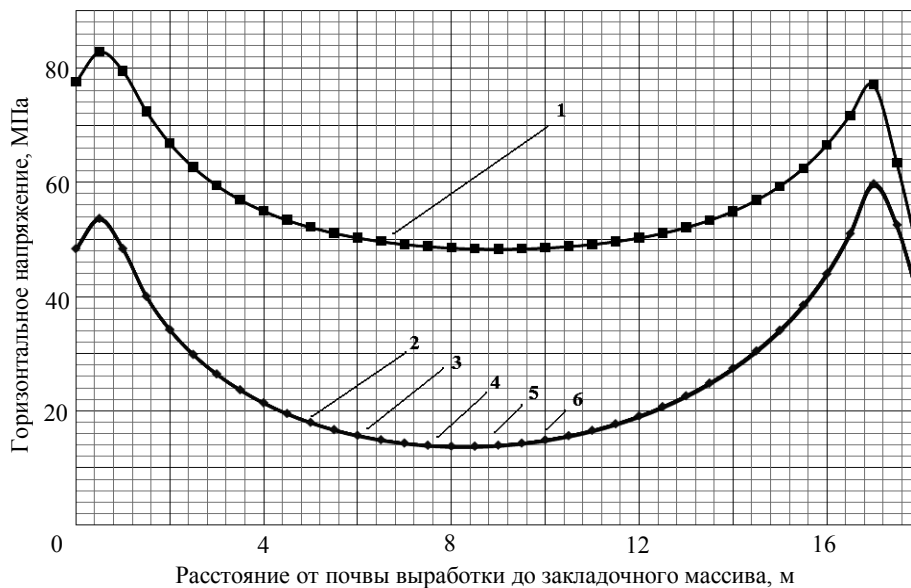


Рис.2. Закономерности изменения горизонтальных напряжений по вертикальному разрезу в середине межполублочного целика

- 1 – до разгрузки; 2 – после разгрузки при $E = 0,1E_{руды}$; 3 – после разгрузки при $E = 0,2E_{руды}$;
 4 – после разгрузки при $E = 0,3E_{руды}$; 5 – после разгрузки при $E = 0,4E_{руды}$;
 6 – после разгрузки при $E = 0,5E_{руды}$.

чительности влияния граничных условий на картину распределения напряжений. Массив моделировался изотропной линейно деформируемой средой, величины физико-механических характеристик пород принимались исходя из таблицы. Угол падения основного рудного тела принят 90° , тектонического нарушения – 80° , а мощность их – 3 м и 1 м соответственно. Расстояние между тектоническими нарушениями 10 м. Расчет велся на собственный вес с учетом давления вышележащих пород, равного $P_1 = \gamma H = 13,3$ МПа, а боковая нагрузка $P_2 = 3\gamma H = 39,3$ МПа.

Физико-механические свойства руд и пород

Грунт-породы	E, МПа	ν	γ , кН/м ³
Гранит	78000	0,21	27
Руда	45000	0,2	27
Тектоническое нарушение	10000	0,3	26
Закладка	7000	0,3	20

Граничные условия задавались следующим образом: боковой грани запрещались перемещения по оси Y , нижней грани – по

оси X . Модель разбивалась на элементы, размер которых в районе выработок и целика составлял 0,3 м, а по мере удаления увеличивался на границах модели до 3 м.

Камуфлетное и сотрясательное взрывание за счет изменения физико-механических, т.е. упругих удароопасных свойств одновременно, при эффективных параметрах позволяет снизить нагрузки на краевую часть массива или отрабатываемого целика по всей его площади.

Для моделирования камуфлетного взрывания в межполублочном целике необходимо учитывать зоны влияния трещинообразования.

Для определения радиуса зоны радиального трещинообразования* $b_0 = 0,5d_{зар} \times \sqrt{p_0 / \sigma_{рас}}$, где $d_{зар}$ – диаметр зарядной полости, м; p_0 – давление продуктов дето-

* Крюков Г.М. Теоретическая оценка степени взрывного дробления горных пород на карьерах при разных способах инициирования зарядов / Г.М.Крюков, Ю.В.Глазков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. № 8. С. 26-29.

Kryukov G.M. Theoretical evaluation of the explosion of rock crushing in quarries with different ways of initiation of charges / G.M.Kryukov, Y.V.Glazkov // Certain articles of the Mining information and analytical bulletin. 2003. № 8. P.26-29.

нации в зарядной полости сразу же после инициирования заряда (точке Жуге), Па; $\sigma_{рас}$ – предел прочности образцов пород на одноосное растяжение, Па;

Давление продуктов детонации в зарядной полости сразу же после инициирования заряда определяется: $p_0 = \rho_{ВВ} D^2 / (\gamma + 1)$; где $\rho_{ВВ}$ – плотность взрывчатого вещества, кг/м³; D – скорость детонации, м/с; $\gamma = 3$.

Расчеты показали, что зона радиального трещинообразования составляет 2 м. При моделировании модуль деформации руды в данной зоне задавался с диапазоном значений от 0,1 до 0,5 от E_p модуля упругости руды. То есть, изменяя модуль упругости, мы задавали условие трещинообразования после камуфлетного взрывания.

Из графиков, представленных на рис.1 видно, что горизонтальные напряжения в кровле и почве очистных заходок после проходки выработки 1 слоя напряжения в кровле и в почве достигают 60-70 МПа. После проведения выработки 2-го слоя максимум напряжений приходится на почву выработки

и достигает 80 МПа, а в кровле, где произведена закладка напряжения заметно снижаются. При проведении выработки 3-го слоя картина изменения схожая, а уже после проведения выработки 4 слоя значения горизонтальных напряжений в почве выработки составляют порядка 100-120 МПа. Можно отметить, что данные значения приближаются к критическим и возможны динамические проявления горного давления в целике.

На графиках, представленных на рис.2 видно, что горизонтальные напряжения до проведения мероприятий по разгрузке целика на контуре почвы очистной выработки имеют максимальные значения равные 80-85 МПа.

После проведения мероприятий по разгрузке целика горизонтальные напряжения снижаются на 40-50 %.

Расчеты показывают, что данный способ является эффективным при разгрузке межполублочных целиков в условиях месторождения «Антей» для глубоких горизонтов.