ISSN 0135-3500. Записки Санкт-Петербургского государственного горного института. 1994. Том 139

УДК 622.831.3:622.861

В.Н.КРАПИВИН

ПРОГНОЗ ПАРАМЕТРОВ САМООБРУШЕНИЯ И ГРАНИЦ РАЗВАЛА ПОРОД ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАЗРАБОТКЕ АПАТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрены вопросы оценки опасности развала обрушающихся пород при совместной по горизонтали подземной и открытой разработке участков апатитовых месторождений. Показано, что при известных параметрах самообрушения покрывающих пород и границах их развала появляются организационно-технологические возможности предотвращения опасности выброса пород в карьер путем выбора соответствующего порядка и параметров развития очистных работ в подземных условиях, а также места и времени выполнения защитных мероприятий.

При совместной разработке рудных месторождений, согласно приведенной в [4] классификации, возможно полное совмещение открытых и подземных работ в вертикальной плоскости, частичное совмещение и совмещение в горизонтальной плоскости. Примерами последнего варианта совмещения могут служить Лениногорский и Тишинский рудники, Южспорское крыло и Кукисвумчоррский участок Кировского рудника (рис.I) и др. Возникающие опасности при указанном на рис.I варианте совмещения разработки могут быть сведены к двум основным: выброс горной массы в карьер при массовых подземных взрывах;

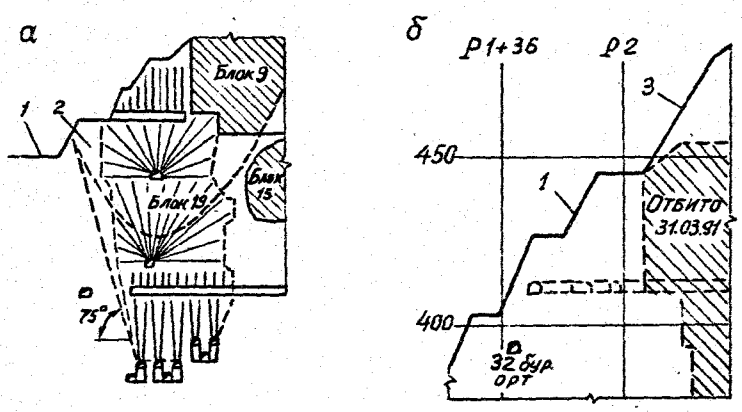


Рис.1. Примеры из практики совмещения открытых и подземных работ: а – Лениногорский рудник [4]; б – Южспорское крыло Кировского рудника 1 – контур карьера; 2 – воронка провала; 3 – покрывающие породы; Р1 + 36, Р2 – разрезы

прорыв в карьер обрушающихся пород покрывающей толщи при их подработке подземными работами с применением систем с обрушением.

Предотвращение проникновения обрушающихся пород в карьер и устранение таким образом угрозы коммуникациям, объектам и оборудованию сопряжено с решением таких взаимосвязанных задач, как прогноз параметров самообрушения покрывающих пород и границ их развала. Знание последних позволяет выбирать порядок развития подземных горных работ в непосредственной близости от борта карьера для управления обрушением пород, а также предусматривать инженерные защитные мероприятия. Остановимся на методической последовательности решения указанных задач.

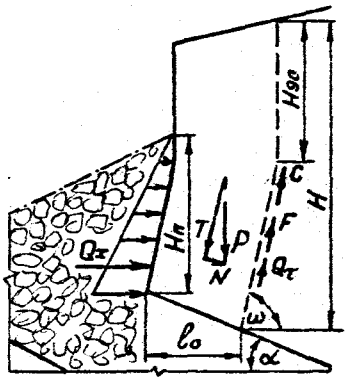


Рис.2. Расчетная схема для определения шага обрушения l_c: C – сцепление; F – сила трения по поверхности сдвижения; Q_x – подпор со стороны обрушенных пород; Q_τ – тангенциальная составляющая силы подпора; P – вес обрушающихся пород; α – угол падения рудного тела

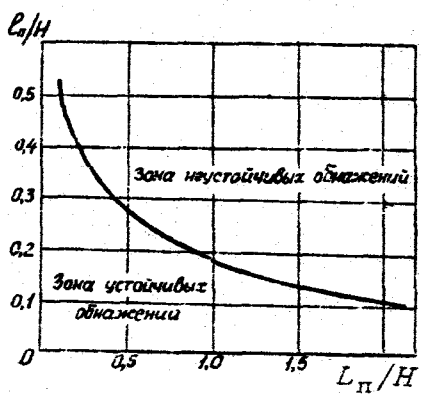


Рис.3. Кривая критических параметров подработки покрывающих пород

Для определения шага обрушения l_0 покрывающих пород мощностью H при применении систем разработки с массовым обрушением предлагается разработиная ранее [1] для условий подземных апатитовых рудников расчетная схема (рис.2), основанная на использовании теории предельного равновесия. При фронте работ по простиранию $L \geq H$ (плоская задача) аналитическое выражение для l_0 имеет вид

$$l_0 = \frac{C(H - H_{90}) + 0{,}5H_п^2 \gamma' \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho'}{2}\right)\sin^2\omega \operatorname{tg}\rho}{\gamma H(\sin\omega - \cos\omega \operatorname{tg}\rho)\sin\omega},$$

где C – сцепление в породном массиве; H – глубина разработки; H_{90} – глубина распространения вертикальной трещины отрыва; $H_п$ – высота подпора стенки обрушения навалом пород; γ' и ρ' – соответственно объемная масса и угол внутреннего трения обрушенных пород; γ и ρ – то же пород в массиве; ω – угол сдвижения породного массива.

При извес.ном шаге самообрушения l_0 для рассматриваемой глубины разработки H проверяется устойчивость покрывающих пород с учетом параметров их фактической подработки по простиранию $L_п$ и вкрест простирания $l_п$. Этот этап прогноза места, времени и параметров самообрушения пород наиболее ответственный, поскольку требует эмпирического определения соотношений параметров подработки $L_п/H$ и $l_п/H$, соответствующих или не соответствующих условиям развития самообрушения пород. Для условий мощных наклонных рудных тел апатитовых месторождений Хибин устойчивость обнажения пород может быть определена по графику (рис.3) [3].

Таким образом, зная шаг естественного самообрушения пород l_0, а также соотношения $l_п/H$ и $l_п/H$, соответствующие области неустойчивых обнажений покрывающей толщи, представляется возможным выбрать порядок развития фронта очистных работ и его параметры вблизи борта карьера, который может либо способствовать самообрушению пород, либо его задерживать. Появляется, таким образом, возможность организационно-технологического маневра по совмещению подземных и открытых работ.

Второй важной задачей обеспечения безопасных условий разработки при совмещении работ в горизонтальной плоскости является прогноз границ развала обрушающихся пород. Согласно приведенной на рис.4,а расчетной схеме [2], положение линии ED на разрезе в направлении, нормальном обрушению, подбирается под углом развала пород $\beta_р$ так, чтобы площадь $S_{ГЕДВ}$ была в $K_р$ раз больше площади $S_{АБВГ}$ (здесь $K_р$ - коэффициент разрыхления пород). Затем точки E_i с разрезов переносят на план и соединяют плавной кривой, которая определяет границу возможного развала пород при обрушении (рис.4,б).

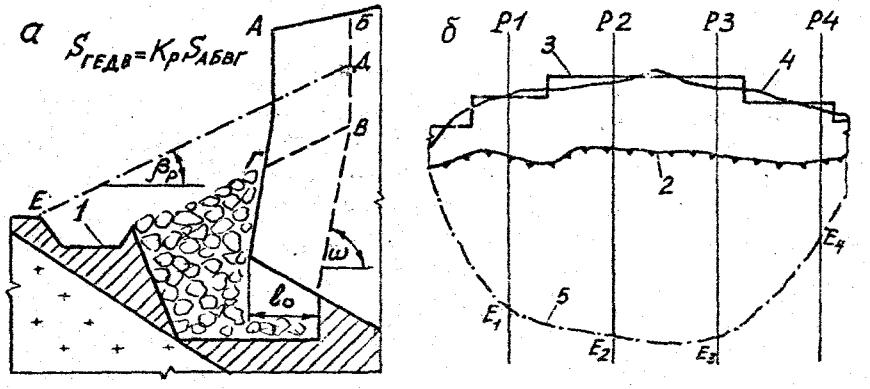


Рис.4. Расчетная схема для определения границы развала пород:
а - разрез; б - план
1 - контур карьера; 2 - бровка обрушения; 3 - граница подработки покрывающей толщи; 4 - граница самообрушения пород на поверхности; 5 - прогнозная граница развала пород; Р1-Р4 - разрезы

По приведенной выше методике были выполнены предрасчеты параметров обрушений покрывающих пород и определены границы их развала с целью оценки безопасности условий открытых горных работ для западного участка Коашвинского апатитового месторождения (1989 г.), Южспорского крыла (1991 г.) и Кукисвумчоррского участка Кировского рудника (1993 г.). В частности, для Коашвинского месторождения по условию возможного развала пород определена граница предохранительного целика в подземном руднике для охраны эксплуатационных уступов карьера; по условию самообрушения покрывающих пород обоснована центральная разрезка горизонта с последующим развитием фронта очистных работ к флангам; рекомендована система подэтажного обрушения с отбойкой руды из подэтажных штреков с торцовым выпуском руды вместо системы этажного принудительного обрушения.

Для Южспорского крыла Кировского рудника были спрогнозированы и в 1991 г. подтвердились на практике два безопасных обрушения покрывающих пород на участке, смежном с южным бортом Саамского карьера; определен порядок развития подземных работ вблизи борта карьера, способствующий самообрушению пород и формированию в процессе выпуска руды емкостей-ловушек в зоне обрушения, предотвращающих прорыв обрушающихся пород в Саамский карьер.

Для Кукисвумчоррского участка Кировского рудника, примыкающего к северному борту Саамского карьера, определены границы развала пород и показана его опасность для эксплуатируемых штолен № 21 и № 11, пройденных с берм карьера; рекомендовано мероприятие по защите подъездного пути к устью штольни № 11 в виде отсыпки на вышерасположенном уступе карьера породной дамбы; определены условия вывода на проектный контур проектируемых в настоящее время дополнительных открытых работ в северном борту карьера и существующей зоне обрушения.

Все рекомендации по управлению обрушением покрывающих пород и их развалом нашли отражение в проектной документации на совместную отработку названных участков апатитовых месторождений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галаев Н.З., Крапивин В.Н. Отработка месторождений системами с обрушением в условиях повышенного горного давления // Горный журнал. 1973. № 6.

2. Голованов В.А. Установление параметров процесса сдвижения и прогноз обрушений подработанной толщи пород при разработке Хибинских апатитовых месторождений: Автореф. дис. . . . канд. техн. наук / Ленингр. горн. ин-т . Л., 1984.

3. Указания по управлению обрушением покрывающих пород на подземных рудниках производственного объединения "Апатит" им. С.М.Кирова / КФ АН СССР. Апатиты, 1988.

4. Шнайдер М.Ф., Вороненко В.К. Совмещение подземных и открытых разработок рудных месторождений. М.: Недра, 1985.