

УДК 622.023

**В.О. Шеховцова, В.С. Шеховцов, Т.В. Лобанова**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ ПОРОДНОГО МАССИВА  
ПРИ ОТРАБОТКЕ СЛЕПЫХ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ**

*Изложены методы расчета геометрических параметров свода обрушения, толщи пород над залежью без выхода воронки обрушения на земную поверхность, устойчивой толщины потолочины камер при отработке слепых рудных залежей.*

*Ключевые слова: слепые рудные залежи, самообрушение пород, геометрические параметры породного массива.*

---

**Н**аличие подземных пустот при выемке слепых рудных залежей представляет повышенную опасность ведения горных работ в связи с внезапностью обрушения налегающих пород зачастую без предшествующих признаков [1].

Применительно к горно-геологическим условиям отработки слепых рудных залежей на железорудных месторождениях Горной Шории и Хакасии разработана Инструкция [2], в которой изложена методика прогнозной оценки устойчивости обнажений вмещающих пород для выбора безопасного способа отработки слепых залежей.

Расчет устойчивости обнажений производится по методу эквивалентных пролетов, по критическим деформациям и по критическому напряжению.

В тех случаях, когда вслед за выемкой руды не происходит обрушение налегающих пород, не обрушившаяся толща пород может находиться в устойчивом, предельно устойчивом и неустойчивом состоянии.

Устойчивое состояние соответствует условию плоского устойчивого состояния обнажений выработанного

пространства, при котором крупные обрушения горного массива исключаются. В этом случае, каких либо мер по локализации пустот не требуется за исключением согласно требований правил безопасности заполнения рудоприемных выработок (воронок или траншей) раздробленной горной массой.

Предельно устойчивое состояние характеризуются процессом сводообразования, в результате которого возможны крупные самообрушения пород в пределах свода естественного равновесия.

Неустойчивое состояние определяет самообрушение налегающих пород, одновременно с массовым обрушением блоков, с выходом провала на земную поверхность.

В случаях предельно устойчивого и неустойчивого состояния обнажений рекомендуется создание предохранительной подушки.

В Инструкции [2] не приводятся расчеты геометрических параметров горного массива кроме метода расчета предохранительной подушки.

К таким параметрам можно отнести высоту свода обрушения, толщину пород над залежью без выхода воронки обрушения на земную поверх-

ность, устойчивую толщину потолочины камеры.

### Определение высоты свода обрушения

На основе анализа литературных данных применительно к рассматриваемым условиям отработки слепых рудных залежей на месторождениях Горной Шории и Хакасии для сопоставимости расчетов приняты зависимости Д.М. Казикаева и В.В. Куликова [3].

По Д.М. Казикаеву высоту свода обрушения ( $h_{св.обр.}$ , м) и показатель устойчивости пород ( $R$ , м) рекомендуется определять по следующим формулам:

$$h_{св.обр} = \frac{\gamma L^2}{[\sigma_p]} \quad (1)$$

$$R = \frac{[\sigma_p]}{8\gamma}, \quad (2)$$

где  $\gamma$  – плотность пород в массиве, кг/м<sup>3</sup>;  $\sigma_p$  – предел прочности пород на растяжение, МПа.  $L$  – пролет свода обрушения, м

По В.В. Куликову высоту свода обрушения и показатель устойчивости рекомендуется определять по формулам:

$$h_{св.обр} = \frac{L_{экв}^2}{8R}, \quad (3)$$

$$R = 1,7f \quad (4)$$

где  $L_{экв}$  – эквивалентный пролет свода обрушения, м;  $f$  – коэффициент крепости по М.М. Протодьяконову

### Определение безопасной толщины потолочины над камерой

Устойчивость потолочины над камерой зависит от многих факторов (прочности пород, слагающих потолочину; горизонтальных параметров камеры; трещиноватости горных по-

род в потолочине). Прочный размер толщины потолочины ( $h_n$ , м) рекомендуется [4] рассчитывать по формуле

$$h_n = 0,45b_k \left( \frac{0,034b_k \gamma_n}{[\sigma_p]} + \left[ \frac{\gamma_n H^I}{\sigma_{сж}} \right] \right)^{\frac{1}{2}} + \left( \frac{b_k}{\text{tg}\theta} W_0 \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (5)$$

где  $b_k$  – ширина камеры, м;  $\theta$  – угол образования трещины при разрушении пород на сжатие,

$$\theta = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}, \quad (6)$$

где  $\pi$  – в градусах;  $W_0$  – количество трещин на 1 м горизонтальной длины обнажения в потолочине, шт.;  $H^I$  – высота обрушенных пород над потолочиной, м.

При этом  $H^I \leq 4\tau$  ( $\tau$  – горизонтальная мощность выработанного пространства над потолочиной, м). Если  $H^I > 4\tau$ , то в расчетной формуле (5) берется значение  $H^I = 4\tau$ .

Безопасную толщину потолочины по В.В. Куликову рекомендуется [3] определять по выражению

$$h_n = \frac{K_3 L^2}{8R}, \quad (7)$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса прочности (рекомендуется принимать в пределах двух-четырёх).

### Оценка устойчивости налегающей толщи пород над залежью

Условие устойчивости налегающей толщи пород над залежью (без выхода воронки обрушения на земную поверхность) рекомендуется [3] определить по выражению

$$H_n > \frac{h_k}{K_p - 1}, \quad (8)$$

Таблица 1  
**Исходные данные для расчета устойчивости пород кровли над блоком № 170**

Высота свода обрушения $h_{св.обр.}$ , м		Безопасная толщина потолочины над камерой $h_{п.}$ , м		Условие сохранения поверхности $H_n > h_k / (K_p - 1)$
по Д.М. Казикаеву	по В.В. Куликову	по В.В. Куликову	по ВостНИГРИ	
15	13	15	13	Выход воронки обрушения на поверхность (370 < 530 м)

где  $H_n$  – мощность налегающей толщи пород над залежью, м;  $h_k$  – высота камеры (пустоты), м;  $K_p$  – коэффициент разрыхления пород принимается на основе результатов исследования, литературных данных или по эмпирической формуле

$$K_p = 1 + \frac{0,7h_k}{H_n} \quad (9)$$

Таблица 2  
**Результаты расчета геометрических параметров породного массива над блоком № 170 участка «Новый Шерегеш» Шерегешевского месторождения в этаже +185 – (+255) м**

Параметры	Значения
Глубина горных работ ( $H$ ), м	450
Глубина верхней выклики рудной залежи ( $H_n$ ), м	370
Размеры блока, м:	
высота	80
длина (мощность залежи)	35
ширина	90
Ширина камеры	20
Плотность пород ( $\gamma_n$ ), кг/м <sup>3</sup>	3000
Угол внутреннего трения ( $\varphi$ ), град.	35
Предел прочности пород на сжатие [ $\sigma_{сж}$ ], МПа	180
Предел прочности пород на растяжение [ $\sigma_p$ ], МПа	24
Количество трещин на один метр горизонтальной длины обнажения, шт/м	2,6

*Примечание.* Прочностные характеристики пород приняты по данным исследований [5]

При подработке устойчивых пород результаты расчета по формуле (8) будут завышенными [3].

Для блока № 170 участка «Новый Шерегеш» Шерегешевского железорудного месторождения в этаже +185 – (+255 м) выполнены расчеты свода обрушения, устойчивости поверхности над залежью и устойчивой толщины потолочины над камерой. Исходные данные для расчетов приведены в табл. 1.

Результаты расчетов предоставлены в табл. 2.

Из таблицы видно, что результаты расчета высоты свода обрушения по Д.М. Казикаеву и В.В. Куликову имеют хорошую сходимость.

Безопасная толщина потолочины над камерой по В.В. Куликову с учетом коэффициента запаса устойчивости равным трем согласуется с расчетами по исследованиям ВостНИГРИ [4].

Условие сохранения поверхности над залежью не выполняется так как  $H_n = 370 < 530$  м.

Выход воронки обрушения на земную поверхность подтверждается расчетами [6], выполненными по Инструкции [2].

### **Выводы**

1. При проектировании обработки слепых рудных залежей на железорудных месторождениях Горной Шории и Хакасии наряду с расчетами устойчивости обнажений вмещающих пород необходимо определять прогнозные геометрические параметры породного массива: высоту свода обрушения; толщину пород над залежью без выхода воронки обрушения на земную поверхность; устойчивую толщину потолочины над камерой.

2. Устойчивая толщина потолочины над камерой зависит прежде всего от прочности и трещиноватости пород, слагающих потолочину, горизонтальных параметров камеры.

3. Для сопоставимости расчетов и повышения безопасности принимаемых геометрических параметров породного массива при обработке слепых рудных залежей рекомендуется пользоваться двумя-тремя методиками, пригодными для условий разработки.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., ГК № 14.740.11.0507 от 1 октября 2010 г.

---

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Именитов В.Р.* Локализация пустот при подземной добыче руды [Текст] / В.Р. Именитов, В.Ф. Абрамов, В.В. Попов. – М.: Недра, 1983. – 192 с.

2. *Инструкция по условиям безопасной обработки слепых рудных залежей на железорудных месторождениях Горной Шории и Хакасии* [Текст]: Новокузнецк / ВостНИГРИ, 2006. – 58 с.

3. *Куликов В.В.* Выпуск руды [Текст] / В.В. Куликов. – М.: Недра, 1980. – 303 с.

4. *Шеховцов В.С.* Обоснование устойчивых конструктивных параметров системы этажного принудительного обрушения с увеличением глубины горных работ [Текст] / В.С. Шеховцов, Г.М. Бурмин, С.П. Эйсмонт // Изд. Вузов. Горный журнал. – 1993. – №12. – С. 24-29.

5. *Обзор горно-геологических и геомеханических условий эксплуатации железорудных месторождений Горной Шории и Хакасии, склонных к горным ударам* [Текст] / Сост. А.В. Дерюшев, В.И. Бояркин, А.М. Нохрин и др. – Новокузнецк, 1988. – 41 с.

6. *Лобанова Т.В.* Методы оценки устойчивости пород в обнажениях при обработке мощных крутопадающих слепых рудных залежей на железорудных месторождениях Горной Шории и Хакасии [Текст] / Т.В. Лобанова, В.С. Шеховцов, В.О. Шеховцова / Техника и технология разработки месторождения полезных ископаемых: Международный научно-техн. сб. Вып. 10. / Новокузнецк: СибГИУ, 2009. – С. 3-11.

---

### **КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

*Шеховцова Виктория Олеговна* – аспирант, ассистент кафедры разработки рудных месторождений, ГОУ ВПО «СибГИУ»

*Шеховцов Виктор Семенович* – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой разработки рудных месторождений, ГОУ ВПО «СибГИУ»

*Лобанова Татьяна Валентиновна* – доктор технических наук, зав. лабораторией сдвижения горных пород, ОАО «ВостНИГРИ».

E-mail:viktoriasH87@mail.ru

