

УДК 622.83

**В.Е. Боликов, А.М. Никитин, М.В. Васильев**

**ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ  
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ТИПА И ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ \***

Семинар № 1

**В** массиве горных пород на железорудных шахтах Урала при достижении глубины горных пород 550 м и более резко усложняются условия устойчивости горных выработок. На этих глубинах отмечены аномально высокие напряжения, возникающие в массивах горных пород в окрестностях горных выработок, значительные деформации и нагрузки на крепь выработок. Объяснение этим явлениям можно дать, на наш взгляд, с точки зрения представления о запредельных деформациях, дилатационных и дезинтеграционных процессах, протекающих в массивах горных пород, в окрестности горизонтальной горной выработки.

В этих условиях необходимо применение конкретных методов определения нагрузок на крепь выработок, типичных для пород с нелинейными деформационными характеристиками.

Поэтому для оценки устойчивости пород в выработках используется соотношение ( $\eta$  – безразмерная величина).

$$\eta = \frac{\gamma \cdot H}{R_M},$$

где  $\gamma$  – плотность породы или руды, т/м<sup>3</sup>;  $H$  – глубина заложения выра-

ботки, м;  $R_M$  – прочность пород на сжатие в массиве, т/м<sup>2</sup>.

Поэтому для предварительной оценки устойчивости пород при проходке горной выработки рекомендуется использовать следующие соотношения:

если  $\gamma \cdot H \cdot R_M^{-1} < 0,3$  породы можно считать устойчивыми. При проведении выработок по породам, склонным к выветриванию, необходимо применять набрызгбетонную крепь толщиной 2-6 см;

при соотношении  $0,3 < \gamma \cdot H \cdot R_M^{-1} < 0,6$  породы можно считать среднеустойчивыми. Рекомендуемые виды крепи: набрызгбетонная, штанговая, комбинированная из набрызгбетона и штанг;

при соотношении  $0,6 = \gamma \cdot H \cdot R_M^{-1} = 0,7$  породы можно считать слабоустойчивыми и неустойчивыми. В этих условиях рекомендуется поддерживать следующие крепи: бетонная, деревянная, металлическая податливая.

Возможно применение смешанных крепей: штанговой крепи в сочетании с монолитной бетонной и металлической.

На основании вышеизложенного, рекомендуется следующая геомехани-

\*Работа выполнена при поддержке РФФИ и Совета по грантам Президента РФ ведущих научных школ.

Таблица 1

**Геомеханическая характеристика массива горных пород**

Безразмерный параметр $\frac{\gamma \cdot H}{R_M}$	? 0,3	0,4 – 0,5	0,6	0,7
Оценка в баллах	20	12	10	5
Состояние массива горных пород	Весьма устойчивый	Устойчивый массив	Средне устойчивый массив	Неустойчивый массив

Таблица 2

**Оценка в баллах по обводнённости**

Подземные воды	Отсутствуют	Мочажины	Слабый капёж	Сильный капёж	Струи воды
Оценка в баллах	15	10	7	4	0

Таблица 3

**Оценка в баллах элементов залегания трещин**

Простирающие трещины	Перпендикулярно оси выработки		Параллельно оси выработки		Независимо от простирающих трещин
Падение трещин	45-90 <sup>0</sup>	20-45 <sup>0</sup>	45-90 <sup>0</sup>	25-45 <sup>0</sup>	0-20 <sup>0</sup>
Оценка качественная	Очень благоприятное	Благоприятное	Очень неблагоприятное	Удовлетворительное	Неблагоприятное
Оценка в баллах	25	15	0	15	5

ческая характеристика массива горных пород по условию устойчивости (табл. 1).

Для окончательного прогноза устойчивости руд и пород в выработках рекомендуется использовать многопараметровую геомеханическую классификацию (табл. 7). По этой классификации учёту при оценке устойчивости подлежат: характеристика трещиноватости пород, обводнённость, срок службы выработки и напряжённое состояние массива горных пород (табл. 2–6).

По всем факторам, отмеченным в табл. 2–6, предложена классификация горного массива по устойчивости (табл. 7).

В зависимости от категории устойчивости массива горных пород рекомендуется классификация поддержания горных выработок в процессе

проходки и ведения очистных работ (табл. 8).

Проведение и крепление горных выработок осуществляется в соответствии с «Едиными правилами безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом». М. 2003 г. п.55. Допустимое отставание постоянной крепи от забоя при проходке выработок принимается на момент производства взрывных работ до 60 м для набрызгбетона и от 0,7 до 60 м для штанговой крепи. Для временной – 1 шаг принятого вида крепления выработки.

В табл. 9 представлены значения допустимого отставания крепи и допустимого времени обнажения пород в зависимости от категории устойчивости горного массива.

Таблица 4

**Оценка в баллах по форме структурного блока**

Форма блока	Призматическая прямоугольная	Плитчатая	Трапециевидная	Клиновидная	Хаотичная
Оценка в баллах	20	17	13	8	3

Таблица 5

**Оценка в баллах по сроку службы выработки**

Срок службы, лет	1,5	4	7	10	15
Оценка в баллах	8	6	4	2	0

Таблица 6

**Оценка в баллах напряжённого состояния массива горных пород**

Соотношение напряжений в массиве горных пород $\frac{\sigma_G}{\sigma_B}$	1,0	1,5	2,0	2,5
Оценка в баллах	15	10	5	0

$\sigma_G$  – горизонтальные тектонические напряжения, действующие в массиве пород.

$\sigma_B$  – вертикальные напряжения, на глубине расположения выработки.

Таблица 7

**Классификация горного массива**

Качественная оценка	Весьма устойчивые	Устойчивые		Средней устойчивости		Слабой устойчивости		Неустойчивые	
		IIa	IIб	IIIa	IIIб	IVa	IVб	Va	Vб
Категория	I								
Оценка в баллах	90 и более	90-85	75-70	70-65	55-60	50-40	40-35	30-35	25 и менее

Рекомендации по величине отставания крепи от забоя относятся к категориям II, III, IV. Первая категория – это вполне устойчивые породы и крепления, как правило, не требуют. Пятая категория – это весьма неустойчивые породы и крепление должно производиться вслед за уходкой до груди забоя.

Допустимое время обнажения пород изменяется от неограниченного для первой категории горного массива до одних суток для IV. Для V категории – крепление должно производиться вслед за подвиганием забоя.

Поэтому время обнажения пород в этом случае несколько часов.

При проведении выработок в удароопасных породах при возникновении стреляний горных пород применяется временная предохранительная крепь.

Сопряжения горизонтальных выработок должны быть закреплены в породах I-V категорий устойчивости. Способы крепления сопряжений следует выбирать в соответствии с классификацией пород по устойчивости, исходя из максимального пролёта сопряжений (табл. 10).

312 Таблица 8  
**Выбор крепи в зависимости от категории устойчивости массива горных пород**

Характеристика руд и пород	Категория устойчивости горного массива	Постоянная крепь				Временная крепь	
		Вид крепи		Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Вид крепи	Допустимое отставание от забоя
		Основной	Альтернативный				
1	2	3	4	5	6	7	8
Весьма устойчивые	I	Не требуется	-	-	-	-	-
Устойчивые	IIa	Набрызгбетон	-	Толщина набрызгбетона-3 см	После проходки	Не требуется	-
	IIб	Железобетонные штанги, тросовые штанги	Полимерные штанги	Сетка штанговая (тросовые, железобетонные) 0,7÷0,7 м, полимерные 1,0÷1,0 м. Глубина штангования-2,0 м	После проходки	Не требуется	-
Средней устойчивости	IIIa	Железобетонные штанги, тросовые штанги + набрызгбетон,	Полимерные штанги + набрызгбетон, армированный набрызгбетон	Сетка штанговая (тросовые, железобетонные, армированный железобетон) 0,7÷0,7 м. Набрызгбетон- 3 см. Глубина штангования-2,0 м.	Штанги-0,7 м, набрызгбетон-30 м, армированный набрызгбетон-15 м	Штанги постоянной крепи Набрызгбетон	0,7 м 15 м
	IIIб	Железобетонные, тросовые штанги, +сетка металлическая + набрызгбетон	Полимерные штанги+сетка металлическая+набрызгбетон	Сетка штангования (тросовые, железобетонные) 0,7÷0,7 м +металлическая сетка с ячейкой 0,1÷0,1 м +набрызгбетон 3÷5 см Глубина штангования-2,0 м	Штанги- 0,7 м. Сетка-30 м. Набрызгбетон-30 м. Глубина штангования-2,0 м.	Штанги +сетка + набрызгбетон	0,7 м 15 м

Слабой устойчивости	IVa	Железобетонные, тросовые штанги+сетка металлическая+набрызгбетон	Полимерные штанги+сетка металлическая+набрызгбетон	Сетка штангования 0,7÷0,7 м Глубина штангования-2,0 м. Металлическая сетка с ячейкой 0,1÷0,1 м. Набрызгбетон-5 см	Штанги- 0,7 м. Сетка+ набрызгбетон-30 м	Штанги, сетка+ набрызгбетон	0,7 м  15 м
	IVб	Железобетонные, тросовые штанги + сетка металлическая + набрызгбетон	Металлическая арочная крепь	Сетка штангования 0,7÷0,7 м Глубина штангования-2,0 м. Набрызгбетон-5 см. СВП 17, 22 трапециевидная через 1,0 м	Штанги- 0,7 м. Металлическая крепь-1,0 м.	Штанги +набрызгбетон+сетка Металлическая арочная с шагом 1,0 м	0,7 м 15 м  1,0 м
Неустойчивые	Va	Металлическая арочная	Монолитный бетон, железобетон	Металлическая арочная СВП-22, 27 через 0,5 м +железобетонная или металлическая затяжка	Металлическая арочная – 0,5 м	Металлическая арочная с шагом 0,5 м	Без отставания
	Vб	Бетонная, железобетонная	-	Металлическая арочная СВП-27, 33 или с опережающей крепью	Без отставания	Металлическая арочная с шагом 0,5 м	Без отставания

Таблица 9  
**Допустимое время обнажения горного массива  
и отставание постоянной крепи от забоя**

Категория устойчивости горного массива	Оценка степени устойчивости	Общая характеристика состояния пород	Допустимое время обнажения пород	Допустимое отставание постоянной крепи от забоя, м				
				Набрызгбетонная крепь	Штанговая крепь	Металлическая арочная крепь	Монолитная бетонная	Железобетонная
I	Весьма устойчивые	Вывалы отсутствуют	Практически неограниченное	-	-	-	-	-
II	Устойчивые	Возможны отдельные незначительные отслоения	До 6 мес.	60	60	-	-	-
III	Средней устойчивости	Возможно образование вывалов, как правило, из кровли выработки	10-15 суток	10-30	Вслед за подвижением забоя	-	-	-
IV	Слабой устойчивости	Образование вывалов вскоре после обнажения пород, возможно образование вывалов в боках выработки	Не более суток	10	Вслед за подвижением забоя	Вслед за подвижением забоя	20-30	-
V	Неустойчивые	Обрушение пород вслед за обнажением	Крепление вслед за подвижением забоя, применение опережающей крепи	-	-	-	20-30	20-30

Таблица 10

**Крепление сопряжений нарезных выработок**

Категория пород по устойчивости	Вид выработки	Ширина выработки, м	Вид и параметры крепи			Постоянный вид крепи
			Железобетонные, тросовые, полимерные штанги			
			Глубина штангования, м	Сетка штангования, м	Отставание крепи, м	
В породах и рудах: I-III категории устойчивости	Скреперные, буровые, вентиляционные	2,5-3,2	2,0	0,7÷0,7	0,7	-
В породах и рудах: IV-V категории	Скреперные, буровые, вентиляционные	2,5-3,2	Временные виды крепи			Специальные виды крепи

На основании данных исследований по выбору и определению крепи и её параметров разработана «Инструкция по креплению и поддержанию капитальных, подготовительных, нарезных и разведочных выработок на шахте С-Песчанская Богословского рудоуправления».

Данная инструкция прошла апробацию на шахте и сегодня используется как нормативный документ по выбору типа и параметров крепи в различных горно-геологических условиях. **ТИАБ**

**Коротко об авторах**

*Боликов В.Е., Никитин А.М.* – ИГД УрО РАН,  
*Васильев М.В.* – ОАО «Богословское рудоуправление».

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 1 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. *А.М. Гальперин*.

