

УДК 622.231

**ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ВЫБОРА ТИПА КРЕПИ НАРЕЗНЫХ ВЫРАБОТОК  
В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ РУДНИКОВ ТАЛНАХА**

**А. П. Тапсиев, В. А. Усков**

*Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: atapsiev@misd.nsc.ru,  
Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия*

Изложены методические основы выбора типа крепи нарезных выработок при разработке медно-никелевых руд на рудниках Заполярного филиала ПАО “ГМК “Норильский никель”. Приведен пример выбора типа крепи для нарезной выработки в зоне влияния очистных работ рудника “Таймырский” для сплошной слоевой системы разработки с нисходящим порядком выемки слоев в защищенной зоне.

*Слоевая камерно-целиковая система разработки, очистная заходка, напряжения, разрушения*

Медно-никелевые сульфидные руды на руднике “Таймырский” Заполярного филиала (ЗФ) ПАО “ГМК “Норильский никель” добывают тремя вариантами сплошной слоевой системы разработки: слоевой системой с восходящим порядком выемки слоев; слоевой системой с комбинированным порядком выемки слоев и слоевой системой с нисходящим порядком выемки слоев. Сплошной слоевой системой разработки с нисходящим порядком выемки слоев (рис. 1) на руднике “Таймырский” отрабатывают порядка 40 % запасов [1]. На участках месторождения, опасных по горным ударам, в соответствии с п. 1.6 РТПП-009-2004 [2], создается защищенная зона для уменьшения напряжений в массиве, образуемая путем опережающей отработки подкровельного слоя руды с закладкой заходок твердеющими смесями (рис. 1). Участки месторождения, отнесенные к склонным по горным ударам, могут отрабатываться без формирования защищенных зон.

Согласно п. 6.3.3. РТПП-009-2004 [2], штреки перекрытия защитного слоя (рис. 1) относят к нарезным выработкам и проходят в зоне опорного давления, а подготовительные и нарезные выработки основных рудных слоев располагаются в защищенной зоне, граница которой простирается под углом 60° вниз от фронта надработки защитного слоя. Рудные слои отрабатывают и заполняют твердеющей закладкой в нисходящем порядке.

Особенность выбора типа крепи для нарезного штрека защитного слоя состоит в том, что с одной стороны, выработка проходится в зоне концентрации горного давления, а с другой — она имеет относительно небольшой срок службы (до 1 года), после чего заполняется закладкой. Многолетний опыт поддержания и охраны разведочных, капитальных, подготовительных, нарезных и очистных выработок на рудниках Талнаха обобщен в [3], но основанием для выбора типа крепи горной выработки должна являться классификация массива горных пород по устойчивости (табл. 1) [4]. Крепь, возводимая в выработке, должна предотвращать обрушение пород и сохранять необходимую площадь сечения выработки на протяжении всего срока службы, уменьшая скорость смещения контура выработки  $U$  [5].

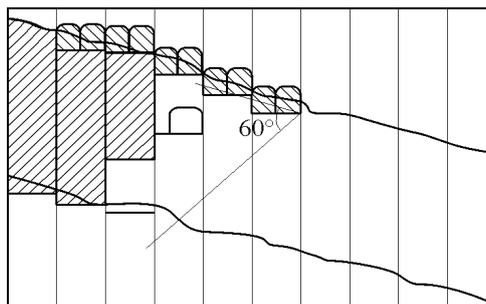


Рис. 1. Сплошная слоевая система разработки с твердеющей закладкой и нисходящим порядком выемки слоев в защищенной зоне, образованной штреками перекрытия на руднике “Таймырский”

ТАБЛИЦА 1. Классификация горных пород по устойчивости для подземных рудников ЗФ ПАО “ГМК “Норильский никель” и рекомендуемые типы крепи

Категория устойчивости пород	Оценка состояния устойчивости пород	Значения критерия $K$		Рекомендуемые типы крепи
		Осадочные породы (песчаники, аргиллиты, известняки и др.)	Изверженные породы (габбро-долериты, руды и др.)	
I	Устойчивое	До 0.5	До 0.4	Без крепи, набрызг-бетон, АК
II	Среднеустойчивое	0.5–1.0	0.4–1.0	АК, КК, АКР
III	Неустойчивое	1.0–2.1	1.0–2.0	АКР, УКК, АКР + ТБА
IV	Сильно неустойчивое	Свыше 2.1	Свыше 2.0	УКК + ТБА, арочная податливая крепь

Примечание. АК — анкерная крепь, КК — комбинированная крепь, АКР — анкерная крепь с решеткой, УКК — усиленная комбинированная крепь, АКР + ТБА — анкерная крепь с решеткой и трособетонными анкерами, УКК + ТБА — усиленная комбинированная крепь с трособетонными анкерами.

Опираясь на методику [6] и изучив влияние основных факторов на устойчивость горных выработок на рудниках “Октябрьский”, “Таймырский”, “Комсомольский” (включая шахты “Маяк” и “Скалистая”), “Заполярный», “Ангидрит” и “Известняков” ЗФ ПАО “ГМК “Норильский никель” [7–9], в ИГД СО РАН предложена эмпирическая формула для определения критерия устойчивости пород [10]:

$$K = \frac{K_k K_b \gamma H (\cos^2 \alpha + \frac{\mu}{1-\mu} \sin^2 \alpha)}{R K_\phi K_l K_{co} K_\psi}, \quad (1)$$

где  $K_k$  — коэффициент концентрации напряжений на контуре выработки;  $K_b$  — коэффициент влияния ширины выработки на устойчивость породного контура;  $\gamma$  — объемный вес налегающих пород, МПа/м;  $H$  — глубина отработки, м;  $\alpha$  — угол падения залежи (или наиболее развитой системы трещин), град;  $\mu$  — коэффициент Пуассона;  $R$  — среднее значение сопротивления пород в образце одноосному сжатию, МПа;  $K_\phi$  — коэффициент влияния угла встречи  $\phi$  оси выработки с наиболее развитой системой трещин;  $K_l$  — коэффициент длительной прочности;  $K_{co}$  — коэффициент структурного ослабления массива пород;  $K_\psi$  — коэффициент динамического воздействия взрывных работ.

Устойчивость закрепленной выработки обеспечивается при соблюдении условия  $U_o < U_d$ , где  $U_o$  и  $U_d$  — соответственно ожидаемые и предельно допустимые смещения пород на контуре выработки для применяемых видов крепи соответственно.

Методика [4] инженерной оценки устойчивости и безопасной эксплуатации выработок, разработанная на основе комплексного критерия  $K$ , учитывающего геомеханические характеристики массива пород: прочность, трещиноватость, напряженное состояние — (первичные факторы) и горнотехнические условия проходки и эксплуатации выработок: изменение конфигурации очистных пространств, взрывные работы, различные операции технологических циклов — (вторичные факторы), принята к использованию на рудниках ЗФ ПАО “ГМК “Норильский никель”.

В качестве примера проведем выбор типа крепи для условий разрезного штрека на момент отработки защитного слоя в ленте 217 рудника “Таймырский” (рис. 2). При оценке устойчивости разрезного штрека необходимо иметь в виду, что выработка попадает в зону опорного давления.

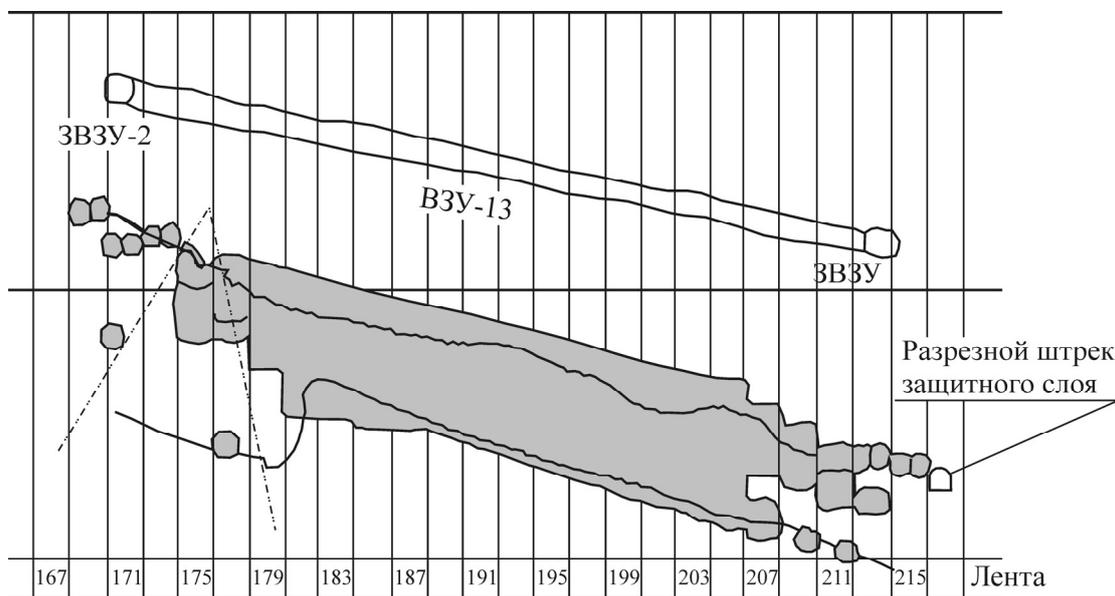


Рис. 2. Геологический разрез по ВЗУ-13 рудника “Таймырский” (ВЗУ-13 — вентиляционно-закладочный уклон № 13, ЗВЗУ — заезд на вентиляционно-закладочный уклон, ЗВЗУ-2 — заезд на вентиляционно-закладочный уклон № 2)

Выработка имеет площадь сечения в проходке  $S = 35.64 \text{ м}^2$ , ширину 6.5 м и высоту 6.0 м ( $K_{k1} = 2.4$ ;  $K_{k2} = 1.0$  [4]), проводится на глубине  $H = 1240$  м в сплошной сульфидной халькопирит-пирротиновой руде с пределом прочности при одноосном сжатии  $R = 120$  МПа. По характеру и степени воздействия очистных работ при слоевой системе разработки с нисходящим порядком выемки слоев  $K_{k3} = 1.2$  [4], а по характеру и степени концентрации напряжений от влияния тектонических сил  $K_{k4} = 1.0$  [4].

Коэффициент концентрации напряжений на контуре выработки  $K_k$  в формуле (1) характеризует действующее поле напряжений по следующим факторам: форма поперечного сечения выработки  $K_{k1}$ , влияние соседних и пересекающихся выработок  $K_{k2}$ , влияние очистного пространства  $K_{k3}$ :

$$K_k = K_{k1}K_{k2}K_{k3} = 2.88. \quad (2)$$

Коэффициент структурного ослабления  $k_{co} = 0.7$  [4]; объемный вес налегающих пород  $\gamma = 0.027$  МПа/м; угол падения залежи  $\alpha = 12^\circ$ ; коэффициент Пуассона  $\mu = 0.22$ ;  $\cos^2 \alpha + \frac{\mu}{1-\mu} \sin^2 \alpha = 1$ .

Разрезной штрек защитного слоя относится к категории выработок, погашаемых закладкой для создания защитного слоя, поэтому имеет относительно небольшой срок службы (до 1 года). Значение коэффициента длительной прочности  $K_t$  выбираем из табл. 2:  $K_t = 1.0$  [4].

ТАБЛИЦА 2. Коэффициент длительной прочности  $K_t$  в зависимости от срока службы выработки и гидрогеологических условий

Срок службы выработки, лет	Значение $K_t$ для пород	
	сухих	обводненных
До 1	1.1	1.0
1 – 5	1.0	0.95
5 – 10	0.9	0.8
Более 10	0.8	0.7

Значения коэффициента, учитывающего изменение предела прочности породы при динамических воздействиях взрывных работ на устойчивость породного контура, принимаем  $K_\psi = 0.85$ . Значения  $K_b = 1.2$  и  $K_\phi = 1.1$  принимаем согласно [4].

Критерий устойчивости определится по формуле (1):

$$K = 2.88 \times 1.2 \times 0.027 \times 1240 \times (1.0) / (120 \times 1.1 \times 1.0 \times 0.7 \times 0.85) = 1.34.$$

По табл. 1 магматические породы в окрестности выработки относятся к III группе устойчивости (неустойчивые). Ожидаемые смещения контура выработки [8] за срок службы (1 год) в кровле должны составлять порядка  $U = 117$  мм (рис. 3).

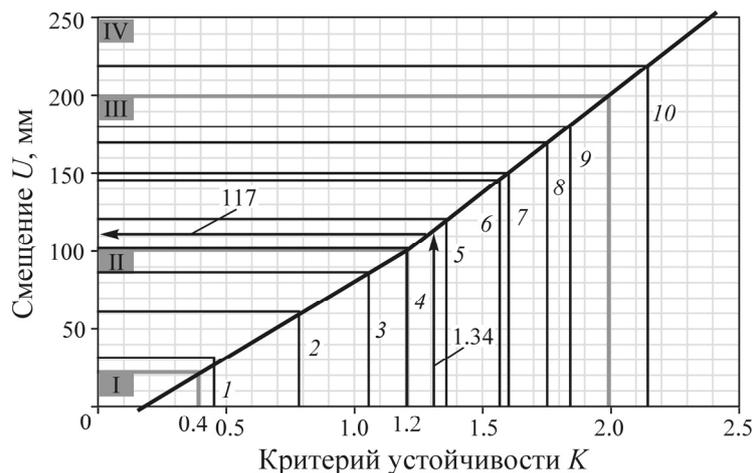


Рис. 3. Ожидаемые смещения контура выработки в магматических породах Норильских рудников в зависимости от значения критерия устойчивости: 1 — набрызг-бетон; 2 — железобетонные штанги; 3 — комбинированная крепь с железобетонными штангами; 4 — набрызг-бетон армированный; 5 — анкерная крепь с решеткой и железобетонными штангами; 6 — комбинированная крепь со сталепolyмерными анкерами; 7 — усиленная комбинированная крепь с железобетонными штангами; 8 — анкерная крепь с решеткой и сталепolyмерными анкерами; 9 — усиленная комбинированная крепь со сталепolyмерными анкерами; 10 — усиленная комбинированная крепь со сталепolyмерными и трособетонными анкерами; I–IV — категории устойчивости пород

В этом диапазоне смещений, согласно условию  $U_0 < U_d$ , по допустимым смещениям работоспособна крепь АКР (табл. 1) с железобетонными штангами и решеткой ( $U_d = 120$  мм) [3].

### ВЫВОДЫ

Выполненные исследования показали возможность оценки устойчивости пород в течение всего срока службы нарезной выработки в зоне влияния очистных работ посредством предложенного критерия устойчивости.

Определено значение коэффициента концентрации напряжений на контуре выработки. Приведен пример выбора типа крепи для условий разрезного штрека защитного слоя в зоне влияния очистных работ.

Рекомендуемые по критерию устойчивости расчетные типы крепи в одинаковых условиях не противоречат рекомендациям по креплению и поддержанию разведочных, подготовительных и нарезных выработок на рудниках ЗФ ПАО “ГМК “Норильский никель”, основанных на многолетнем опыте крепления выработок.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Опарин В. Н., Тапси́ев А. П., Богданов М. Н., Бадтиев Б. П., Куликов Ф. М., Усков В. А. Современное состояние, проблемы и стратегия развития горного производства на рудниках Норильска. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008.
2. РТПП-009-2004. Регламент технологических производственных процессов по применению слоевой системы разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими материалами и расположением очистных выработок в защитных зонах при выемке сульфидных руд на рудниках ЗФ ОАО “ГМК “Норильский никель”. — Норильск: ЗФ ОАО “ГМК “Норильский никель”, 2005.
3. Рекомендации по креплению, поддержанию и охране разведочных, капитальных, подготовительных, нарезных и очистных выработок на рудниках “Октябрьский”, “Таймырский” и “Комсомольский” ЗФ ОАО “ГМК “Норильский никель”. — Норильск, 2011.
4. Методика расчета параметров крепления нарезных и подготовительных выработок вне зоны влияния и в зоне влияния очистных работ для рудников ЗФ ПАО “ГМК “Норильский никель”. — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2012.
5. Усков В. А. Характеристика устойчивости пород по скорости смещения контура выработки // ФТПРПИ. — 1999. — № 6.
6. Трушко В. Л., Протосеня А. Г., Матвеев П. Ф., Совмен Х. М. Геомеханика массивов и динамика выработок глубоких рудников. — СПб.: СПГИ, 2000.
7. Бадтиев Б. П., Анохин А. Г., Марысюк В. П., Наговицын Ю. Н., Тапси́ев А. П. Совершенствование восходящей слоевой системы разработки с закладкой для выемки медистых руд // Цв. металлы. — 2007. — № 7.
8. Тапси́ев А. П., Усков В. А. Об основных критериях выбора типа крепи горизонтальной выработки в зоне влияния очистных работ рудника “Заполярный” // ФТПРПИ. — 2014. — № 4.
9. Тапси́ев А. П., Фрейдин А. М., Усков В. А., Филиппов П. А., Неверов А. А., Неверов С. А. Развитие ресурсосберегающих геотехнологий разработки мощных пологопадающих залежей полиметаллических руд в условиях Норильска // ФТПРПИ. — 2014. — № 5.
10. Наговицын Ю. Н., Кисель А. А., Тапси́ев А. П., Усков В. А. Критерии выбора типа и расчета параметров крепи горизонтальных выработок на рудниках Норильского промышленного района // Горн. журн. — 2015. — № 6.

Поступила в редакцию 19/X 2015