

Юнаков Ю.Л., Патачаков И.В., Фуртак А.А.  
 Сибирский Федеральный университета.  
 Институт горного дела геологии и геотехнологий  
 660025, г. Красноярск, пр. Вузовский, 3, ауд. 417 а.  
 E-mail: JJunakov@sfu-kras.ru

### Оценка устойчивости борта карьера Горевского Гока

В условиях Горевского ГОКа, борта которого сложены в основном скальными и полускальными породами, основными причинами образования оползней могут быть:

- большая крутизна откосов уступов и бортов карьеров, несоответствующая прочностным и деформационным свойствам массива горных пород;
- ослабление прочности пород вследствие изменения их физического состояния при увлажнении, выветривании, нарушении естественного сложения и т.д., а также в связи с развитием в породах явления ползучести;
- изменение напряженного состояния горных пород в прибортовой зоне в процессе дальнейшей углубки карьера в результате разгрузки массива;
- дополнительная пригрузка откосов, либо участков, прилегающих к их бровкам и др.;
- структурно-тектонические особенности горного массива;
- физико-механические свойства трещиноватого массива;
- технология ведения буровзрывных работ.

В практике наиболее часто отмечается совместное воздействие нескольких причин на нарушение устойчивости откосов, когда вследствие действующих в природе законов связей при развитии одних геологических процессов и явлений неизбежно возникают и развиваются другие [1]. Намеченная реконструкция борта карьера (рис.1) обусловила детальное его изучение.

Геологический разрез по Р.Л.3

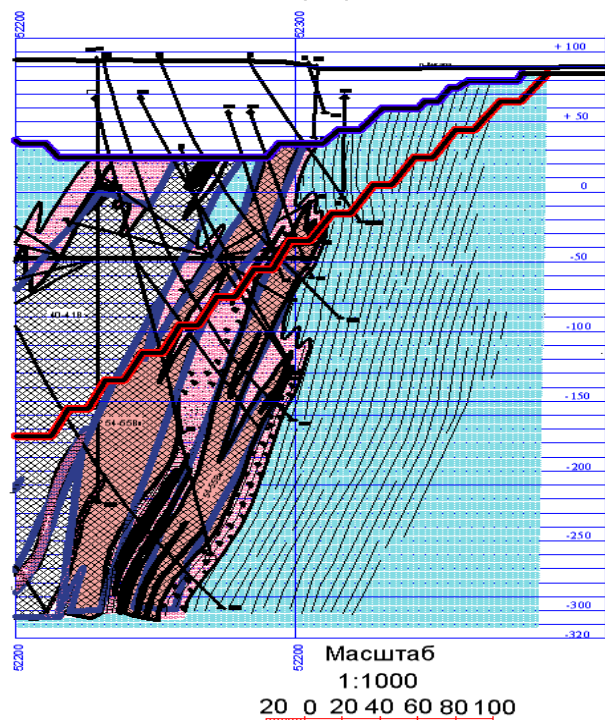


Рис. 1.. Геологический разрез по Р.Л. 3-3 (схема)

Анализ результатов фактических углов уступов бортов карьера показал, что дифференциация значений углов уступов имеет место, как по площади, так и с глубиной (по трем уступам). Она может быть связана как с элементами простирания общей структуры месторождения, так и элементами залегания отдельных пачек пород. Не меньшее влияние на

величину угла откоса уступа оказывает и степень выветрелости той или иной разновидности пород. Характеризуя углы откосов уступов С-3 и Ю-В рабочих бортов карьера, необходимо отметить, что эти борта карьера ориентированы вкрест простирания общей структуре месторождения, и элементам залегания непосредственно рудовмещающих пород. Сложены эти борта наиболее прочными сидеритовыми и кварц-сидеритовыми породами, и преимущественно свинцовыми рудами. прибортовой массив не находится в предельном состоянии (рис.1).

Угол откоса всех трех уступов в пределах С-3 и Ю-В бортов карьера в основном равен 50-60°, иногда снижаясь по первому уступу до 40° из-за процессов выветривания кварц-сидеритовых пород. Здесь мощность выветрелых пород невелика.

При постановке на проектный контур, глубина карьера значительно увеличится, угол откоса борта будет составлять 40-42, высота уступа 20м, а угол откоса 65, эти параметры инициируют необходимость определения устойчивых параметров откосов уступов и бортов карьера.

Основными характеристиками физико-механических свойств пород, используемыми при расчетах устойчивости карьерных откосов, являются плотность пород  $\gamma$ , угол внутреннего трения  $\varphi$  и сцепление  $c$ .

Нами на кафедре маркшейдерского дела СФУ, произведено обоснование расчетных показателей физико-механических свойств пород в массиве. Основной информацией при оценке степени устойчивости уступов и бортов карьеров являются физико-механические свойства горных пород и структурно-тектонические особенности прибортовых массивов, которые определяют напряженное состояние откосов, возникающее под влиянием внутренних и внешних сил. Основными показателями физико-механических свойств горных пород являются плотность  $\gamma$ , сопротивление сжатию  $\sigma_{сж}$  и разрыву  $\sigma_p$ , сцепление  $c$ , угол внутреннего трения  $\varphi$  массива и породных контактов  $c'$  и  $\varphi'$ .

Расчет устойчивости изотропных откосов производится по средневзвешенным физико-механическим характеристикам, определяемым по формулам:

$$c_{cp} = \frac{\sum c_i l_i}{\sum l_i}; \quad \varphi_{cp} = \arctg \frac{\sum tg \varphi_i l_i}{\sum l_i}; \quad \gamma_{cp} = \frac{\sum \gamma_i h_i}{\sum h_i},$$

где  $c_i$ ,  $\varphi_i$ ,  $\gamma_i$ , - сцепление, МПа, угол внутреннего трения, градус и плотность, т/м<sup>3</sup> каждого слоя;

$l_i$  - длина поверхности скольжения в данном слое, м;

$h_i$  - мощность слоев, слагающих откос, м.

Результаты для расчетов проектного борта карьера следующие:  $H=260$ м;  $\alpha=45^\circ$ ; средневзвешенные физико-механические характеристики пород прибортового массива составили:  $\varphi=30^\circ$ ;  $c=40$  т/м<sup>2</sup>;  $\gamma=2,7$  т/м<sup>3</sup>.

Для этих физико-механических показателей выполняем поверочные расчеты численно – аналитическим методом профессора П.С.Шпакова [1.2].

В результате решения по перечисленным программам на печать выдаются параметры предельного откоса (либо откоса с заданным коэффициентом запаса устойчивости), а также информация, необходимая для построения контура предельного откоса и поверхности скольжения, и графики зависимостей  $H(B) = f(\alpha, c, \gamma, n, \varphi)$  с таблицей их значений.

Расчеты показали, что проектный борт карьера высотой  $H=260$ м и углом наклона  $\alpha=45^\circ$  при средневзвешенные физико-механические характеристики пород прибортового массива  $\varphi=30^\circ$ ;  $c=40$  т/м<sup>2</sup>;  $\gamma=2,7$  т/м<sup>3</sup> будет иметь коэффициент запаса устойчивости  $n=1,22$ , т.е не будет отвечать требованиям инструкции по безопасности ВНИМИ, требующий чтобы борт карьера находился с  $n=1.3$ .

Для окончательного вывода были сделаны расчеты зависимости коэффициента запаса устойчивости от угла наклона при постоянной проектной высоте (рис.2) и высоты откоса при постоянном проектном угле откоса (рис.3).

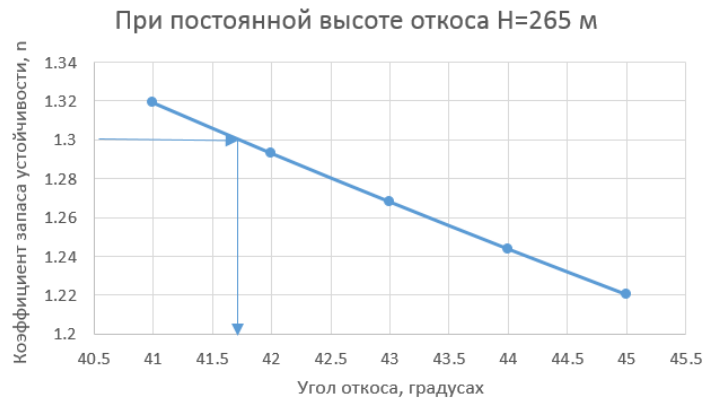


Рис.2. Зависимость коэффициента запаса устойчивости от угла наклона откоса

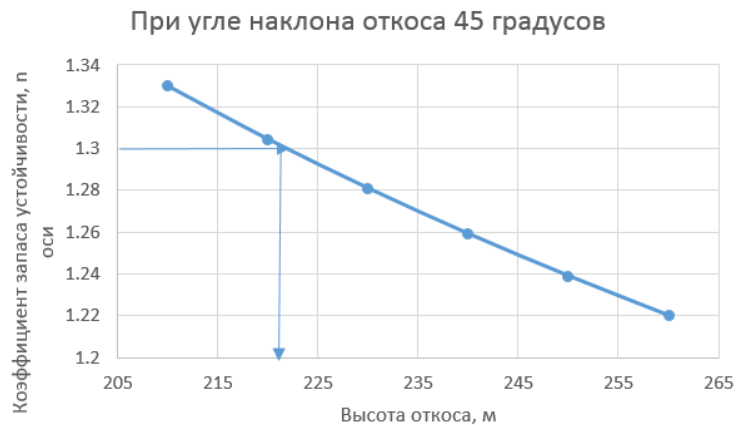


Рис.3. Зависимость коэффициента запаса устойчивости от высоты откоса

Таким образом, согласно расчетам (рис.1,2), для того чтобы проектный контур откоса борта карьера находился с  $n=1.3$ , необходимо, либо уменьшить высоту проектного контура до  $H=221$  м не изменяя проектный угол или уменьшить угол наклона откоса до  $\alpha=41,75^\circ$  не изменяя проектной высоты откоса  $H=260$  м.

### Литература

1. Попов В. Н., Шпаков П. С., Юнаков Ю. Л. Управление устойчивостью карьерных откосов :учеб. для вузов. – М. : Горная книга, 2008. – 683 с.
2. Шпаков П.С., Юнаков Ю.Л., Шпакова М.В. Расчет устойчивости карьерных откосов по программе STABILITY ANALYSIS. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 8. С. 56-63.