© В.С. Марков, 2006

УДК 622. 232

В.С. Марков

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА КРЕПОСТИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ ПОРОД

НГ-2005, семинар № 3

Специалисты горного дела в России и за рубежом пользуются в своей повседневной практике коэффициентом крепости *f*, значением которого определяется выбор способов и средств разрушения горных пород.

Обобщенная относительная оценка горнотехнических свойств пород коэффициентами крепости была предложена более 90 лет назад классиком отечественной горной науки д.т.н., профессором М.М. Протодьяконовым и не потеряла своей значимости и в настоящее время [1].

Имеющиеся в настоящее время, методики определения коэффициентов крепости скальных пород достаточно апробированы и находят широкое применение в практике ведения горных работ.

Из существующих методов определения крепости пород *f* наиболее распространенным является метод испытания образцов пород на временное сопротивление их одноосному сжатию $\sigma_{сж}^{вр}$ с последующим вычислением его по известной формуле М.М. Протодьяконова [2]

$$f = \frac{\sigma_{сж}^{вр}}{10} \qquad (1)$$

Впоследствии формула (1) была уточнена Л.И. Бароном и представлена выражением (2):

$$f_Б = \frac{\sigma + 10\sigma_1}{60} + \sqrt{\frac{\sigma + 10\sigma_1}{12}} \qquad (2)$$

где σ и σ_1 – временное сопротивление образцов одноосному сжатию соответственно правильной и неправильной форм, МПа.

Общим недостатком формул (1) и (2) способов является то, что затруднительно получить достоверные показатели коэффициента крепости многолетнемерзлых крупнообломочных пород (МКП). Так, по результатам наших исследований временное сопротивление на сжатие (МКП) представленного супесчаным суглинком с галькой и щебнем с включениями кварцевых булыжников при температуре -5^0 равно 6 МПа [3]. Тогда по формуле (1)

$$f = \frac{5}{10} = 0,6,$$

а по формуле (2) при σ = 6,

$$\sigma_1 = 3,7 \quad f_Б = \frac{6 + 10*3,7}{60} + \sqrt{\frac{6 + 10*3,7}{12}} \approx 2,7.$$

Вместе с тем по шкале буримости горных пород предложенной Министерством Геологии СССР данные породы отнесены к V1-X категории с коэффициентом крепости 4-5 [4].

Результаты определения значений крепости пород

Название пород	Температура пород, °С	Влажность, %	Гран. состав, мм	Временное сопротивление на одноосное сжатие $\sigma_{сж}^{ср}$, МПа	Содержание в долях единицы	*f*	
						По Протодьяконову	По предлагаемой методике
Заполнитель							
Супесчаный суглинок	- 5°	15	<2	6	0,5	0,6	0,6
Твердые включения							
Кварцевые булыжники	- 5°	-	50-100	200	0,1	20	2
Галька, шебень песчанистых сланцев	- 5°	5	10-50	60	0,4	6	2,4

Результаты определения коэффициентов крепости пород по формулам (1) и (2) не отражают реальное физико-механическое состояние многолетнемерзлых крупнообломочных пород и дают заниженные данные о прочностных свойствах таких пород. Таким образом, определение коэффициентов крепости *f* по вышеприведенным формулам может привести к необоснованным техническим решениям по выбору техники и технологии разработки месторождений полезных ископаемых.

Авторами предлагается способ определения коэффициента крепости *f* осуществлять следующим образом: от массива пород, сложенных многолетнемерзлыми крупнообломочными породами, берутся пробы методом бороздового опробования. Вес одной пробы должен быть не менее 3 кг. Материал собирается на брезент, тщательно перемешивается и затем осуществляется отбор проб на определение гранулометрического состава методом квартования. Породу взвешивают, высушивают и просеивают по фракциям. Твердые включения более 2 мм отделяют от заполнителя, группируют по фракциям, определяют их процентное содержание относительно объема твердых включений в пробе, с учетом которого определяют коэффициенты крепости пород, составляющих образец. Сущность предлагаемого метода заключается в суммировании коэффициентов крепости заполнителя и твердых включений, составляющих образец из выражения:

$$f_{обр} = \frac{\sigma_{зап}}{10} + \left(\frac{\sigma_1^{сж} \cdot n_1}{10} + \ldots + \frac{\sigma_n^{сж} \cdot n_n}{10} \right) \text{ или}$$

$$f_{обр} = f_{зап} + \left(f_1^n + \ldots + f_n^n \right),$$

где $f_{зап} = \frac{\sigma_{зап}^{сж}}{10}$ - коэффициент крепости заполнителя; $f_1^n = \frac{\sigma_1^{сж} n_1}{10}$, $f_n^n = \frac{\sigma_n^{сж} n_n}{10}$ - коэффициент крепости пород отдельных составляющих испытываемого образца; $\sigma_{сж}$, $\sigma_1^{сж}$, $\sigma_n^{сж}$ - временное сопротивление на одноосное сжатие соответственно заполнителя, 1-й и n –й фракции крупнообломочных пород составляющих испытываемый образец; $n_1 \ldots n_n$ – содержание 1-й и n–й фракции крупнообломочных пород относительно общего объема.

Рассмотрим пример определения коэффициента крепости (МКП) представленных твердыми включениями (50%) и заполнителем (50%), характерных для россыпных месторождений Якутии. В таблице приведены результаты определения гранулометрического состава пробы, принятые и расчетные значения коэффициента крепости.

Значение коэффициента крепости кварцевых булыжников равно f = 20, но в данном примере с учетом его содержания в долях единицы относительно объема твердых включений составляющего всего 0,1, принимается значение f = 2. Таким же образом определяется значение коэффициента крепости для песчанистых сланцев, которое с учетом содержания пород в долях единицы с коэффициентом крепости f = 6, (0,4) принято f =2,4. Коэффициент крепости заполнителя (песок, супесь, суглинок) определяется прямым испытанием на сжатие или при наличии данных ранее проведенных исследований используются их значения в зависимости от отрицательной температуры и влажности пород с применением формулы $f = \frac{\sigma_{сж}^{вр}}{10}$. В нашем примере f = 0,6. Причем значения коэффициента крепости заполнителя определяется без учета процентного содержания, так как по нашим и по исследованиям В.Н. Тайбашева (ВНИИ-1) для пород, крупнообломочная фракция в которых составляет менее 70 % общего веса скелета породы, прочностные и деформативные свойства определяются только составом заполнителя [3, 5].

$$f_{обр} = f_{зап} + (f_1 n_1 + f_2 n_2),$$

$$f_{обр} = 0,6 + (20 \cdot 0,1 + 6 \cdot 0,4) = 5,$$

где $f_{зап}$ – коэффициент крепости заполнителя; f_1 – коэффициент крепости кварцевых булыжников; f_2 – коэффициент крепости гальки и щебня песчанистых сланцев; n_1 –содержание в долях единицы кварцевых булыжников относительно твердых включений; n_2 – содержание в долях единицы гальки и щебня песчанистых сланцев относительно твердых включений.

Итак, значение коэффициента крепости для МКП, представленных супесчаным суглинком с галькой и щебнем с включениями кварцевых булыжников равно 5.

Предлагаемый способ определения общего коэффициента крепости f позволяет получить достоверное значение крепости для данных пород. Еще одним немаловажным преимуществом такой оценки общего коэффициента крепости f является то, что его значение можно определить косвенным путем, зная состав отдельных фракций и их процентное содержание с помощью справочных материалов по прочностным свойствам с соответствующим коэффициентом крепости f, а затем их суммируя получить общий коэффициент крепости для многолетнемерзлых крупнообломочных пород.

Достоверность определения коэффициентов крепости МКП предлагаемым способом можно подтвердить на следующем примере: в Единых нормах выработки (времени) Министерства

геологии СССР на горнопроходческие работы 1969 г. принята единая классификация горных пород с разделением на 20 категорий, в которой многолетнемерзлые крупнообломочные породы отнесены к VI категории с коэффициентом 4-5 [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Барон Л.И.* Коэффициент крепости горных пород. М., Наука. -1972.- 175 с.
2. *Барон Л.И.* Горно-технологическое породоведение. М; Наука. 1977. 323 с.
3. *Марков В.С.* Исследование физико-механических свойств пород россыпных месторождений Кулара // Колыма. – 1987.- №11. - С. 11.-13.
4. *Справочник* горного мастера геологоразведочных партий.- М., Недра.- 1973.- 365 с.
5. *Тайбашев В.Н.* Физико-механичес-кие свойства мерзлых крупнообломочных пород / ВНИИ-1 золота и ред. металлов. - Магадан, 1973. -156 с.

Коротко об авторах

Марков В.С. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», Якутский госуниверситет им. М.К. Амосова.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ВЕРЖАНСКИЙ Александр Петрович	Развитие теории динамических процессов и выбор параметров рабочих органов мельниц для тонкого измельчения горных пород	05.05.06	д.т.н.
ДЬЯЧЕНКО Антон Вячеславович	Обоснование метода расчета напряженного состояния сыпучего груза и нагрузок на опорные элементы при формировании желоба трубчатого ленточного конвейера	05.05.06	к.т.н.
РАДЧЕНКО Сергей Александрович	Исследование параметров технологии внутреннего гидроотвалообразования на насыпном основании	25.00.22	к.т.н.