Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. /XXП, вып. 2, 1977 г.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ БЛОЧНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВОЧНОГО ГРАНИТА

С.И.ПОДОЙНИКОВ

Интенсивное развитие производства облицовочных материалов из гранита связано с проблемой поиска месторождений с достаточно высокой блочностью. За меру оценки блочности гранитов принят показатель, называемый выходом блоков из горной массы и характеризующий, в процентах или долях единицы, отношение количества блоков (товарная продукция) к горной массе, из которой они получены. Основная задача разведки заключается в определении значения этого показателя, существенно влияющего на экономические результаты работы блочного карьера.

Существующие способы определения выхода блоков[x] требуют дорогостоящей пробной добычи. Пробная добыча многочисленных маленьких участков месторождения гранитов в случае неподтверждения запасов наносит ущерб земной поверхности, что при современных требованиях к охране природы недопустимо.

В «Инструкции" разработку новых способов оценки блочности месторождений гранита предлагается основывать на изучении трещиноватости массива, учитывая технологические особенности способов разработки. Учитывая, что в процессе разведки невозможно определить точную картину трещин месторождения, для решения поставленной задачи представляет интерес использовать методы теории вероятностей.

Выход блоков, определяемый как отношение объема блоков, имеющих форму параллелепипедов, к объему естественных структурных отдельностей, из которых они вырезаются, зависит от трех факторов: I) неортогональности систем трещин друг к другу; 2) непараллельности трещин внутри отдельных систем; 3) расстояния между трещинами.

В случае, если все трещины внутри систем параллельны или, что одно и то же, их углы и азимуты падения постоянны (естественные отдельности принимают форму призм), выход блоков, определяемый только неортогональностью систем трещин, можно оценить по формуле, полученной в результате простых геометрических соображений:

---

[x] Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям естественных каменных строительных материалов. М., Госгеолтехиздат, 1955.

$$K = \frac{\left(b - a\cos\alpha_3 - \frac{h\cos\alpha_3}{\operatorname{tg}\alpha_1} - \frac{h}{\operatorname{tg}\alpha_2}\right)\left(a - \frac{h}{\operatorname{tg}\alpha_1}\right)}{ab}, \qquad (I)$$

где $\alpha_1 = \alpha_{II} - \alpha_I$; $\alpha_2 = \alpha_{III} - \alpha_I$; $\alpha_3 = \beta_{III} - \beta_{II}$;

h, a и b – средние расстояния (математические ожидания) между I, II и III системами трещин, $h < a \leqslant b$; α_1, α_2, α_3 – острые углы, образуемые пересечением систем, соответственно I и II, I и III, II и III; α_I, α_{II} и α_{III} – углы падения соответственно I, II и III систем трещин; β_{II} и β_{III} – азимуты падения II и III систем трещин.

Непараллельность трещин внутри систем приводит к вариации аргументов, входящих в выражение (I). Их значения становятся случайными и могут быть представлены в виде гистограмм распределений. Получение гистограмм не представляет труда при обработке результатов изучения трещиноватости массива, обязательно исследуемой при геологоразведочных работах.

Тогда, используя теорию вероятностей,[x] можно определить параметры, характеризующие центр и моменты распределения каждого аргумента: a, b, h, $\cos\alpha_3$, $\operatorname{tg}\alpha_2$, $\operatorname{tg}\alpha_1$. Имея такие данные о трещиноватости, с помощью методов теории вероятности можно найти математическое ожидание функции (I), т.е. выход блоков, учитывающий как неортогональность систем трещин, так и непараллельность трещин внутри каждой системы. Принимая во внимание незначительную корреляцию аргументов, имеем

$$M(K) = \frac{\left(b - a\cos\alpha_3 - \frac{h\cos\alpha_3}{\operatorname{tg}\alpha_1} - \frac{h}{\operatorname{tg}\alpha_2}\right)\left(a - \frac{h}{\operatorname{tg}\alpha_1}\right)}{ab} + \frac{1}{2}\sum \frac{\partial^2 K}{\partial x_i^2}\sigma_{x_i}^2, \qquad (2)$$

где $\frac{\partial^2 K}{\partial x_i^2}$ – вторые производные функции (I) по каждому аргументу x_i;
$\sigma_{x_i}^2$ – дисперсии этих аргументов.

В данном случае определяется выход блоков любой крупности, но технические требования ограничивают их размеры по длине $b' \geqslant 0{,}9$ м, ширине $a' \geqslant 0{,}9$ м и высоте $h' \geqslant 0{,}5$ м.

С учетом этих требований выход блоков

$$K_{теор} = M(K)(1-\rho_{b'})(1-\rho_{a'})(1-\rho_{h'}), \qquad (3)$$

где $\rho_{b'} = \frac{\sum b_i < 0{,}9\text{м}}{\sum b_i}$; $\rho_{a'} = \frac{\sum a_i < 0{,}9\text{м}}{\sum a_i}$; $\rho_{h'} = \frac{\sum h < 0{,}5\text{м}}{\sum h_i}$;

[x] Г. Хан, С. Шапиро. Статистические модели в инженерных задачах. М., „Мир", 1969.

$\rho_{b;a,h}$ – отношение суммарной длины интервалов меньше 0,9 м или 0,5 м к оцениваемой длине.

Выражение (3) дает возможность определить ожидаемый выход блоков, который снижается из-за особенностей применяемой в карьерах технологии добычи.

Для установления взаимосвязи между ожидаемыми и технологическими результатами на блочных карьерах были проведены исследования, позволившие определить значения параметров, входящих в формулу (3). Замеры проводились в различных частях забоев. Одновременно определялись объемы горной массы, блоков и рассчитывался их фактический выход.

Зависимость $K_{факт} = f(K_{теор})$, определенная методами математической статистики, с высокими значениями коэффициентов корреляции, для различных способов отделения монолитов имеет вид

$$K_{факт} = \gamma K^2_{теор} + \lambda K_{теор}, \qquad (4)$$

где γ и λ – эмпирические коэффициенты, значения которых изменяются в зависимости от способа отделения монолитов от массива:

	γ	λ
Сплошное вырезание бурением	0	0,98
Буро-клиновой	0,6	0,3
Огневой в сочетании с буровзрывным	0,4	0,4
Буровзрывной		
с использованием шпуров	0,5	0,2
с использованием скважин	0,5	0,1

Полученные эмпирические зависимости одновременно служат подтверждением соответствия теоретических прогнозов практическим результатам. Степень соответствия теории и практики в данном случае определяется коэффициентами корреляции, изменяющимися в пределах от 0,96 (для сплошного обуривания монолитов) до 0,78 (для буровзрывного способа с использованием скважин).

Предлагаемую методику определения выхода блоков можно проиллюстрировать на примере одного из участков карьера Каменногорского месторождения гранитов (см. таблицу), причем $\rho_{b'} = 0$; $\rho_{a'} = 0{,}08$; $\rho_{h'} = 0{,}12$.

Математическое ожидание выхода блоков с учетом их крупности

$$K_{теор} = \left[\frac{(8 - 3{,}5 \cdot 0{,}122 - \frac{1{,}7 \cdot 0{,}122}{5{,}67} - \frac{1{,}7}{8{,}14})(3{,}5 - \frac{1{,}7}{5{,}67})}{3{,}5 \cdot 8} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2}(-0{,}0132 \cdot 3{,}7 - 0{,}00234 \cdot 10{,}6 + 0{,}0015 \cdot 1{,}6 - 0{,}006 \cdot 53 - 0{,}001 \cdot 254 \right] \times$$

$$\times (1 - 0{,}08)(1 - 0{,}12) = 0{,}408.$$

Параметры, характеризующие распределения вероятностей трещиноватости

x_i	$M(x_i)$	$\sigma^2_{x_i}$	$\frac{\partial^2 K}{\partial x_i^2}$
a	3,5 м	3,7	-0,0132
b	8,0 м	10,6	-0,002345
h	м	1,6	0,0015
β_{II}	202,7°	0,087	
β_{III}	119,6°	0,053	
α_I	6,5°	0,04	
α_{II}	86,1°	0,0081	
α_{III}	89,65°	0,016	
α_1	80°	0,0481	
α_2	83°	0,056	
α_3	83°	0,15	
$\cos\alpha_3$	0,122	0,1476	0
$\mathrm{tg}\alpha_1$	5,67	52,96	-0,006
$\mathrm{tg}\alpha_2$	8,14	254,5	-0,001

Учитывая взаимосвязь ожидаемого и технологического выхода блоков при взрывной отбойке с использованием скважин, получим

$$K_{ФАКТ} = 0{,}5\,K_{ТЕОР}^2 + 0{,}1\,K_{ТЕОР} = 0{,}5 \cdot 0{,}408^2 + 0{,}1 \cdot 0{,}408 = 0{,}12.$$

Фактический выход блоков, определенный в дальнейшем как отношение их объема к горной массе, после ее переработки составил $K_{ФАКТ} = 0{,}14$.

Таким образом, взаимосвязь ожидаемого и технологического выхода блоков с достаточной степенью надежности может быть использована при планировании параметров и технико-экономических показателей работы проектируемых карьеров. Использование предлагаемого метода позволит существенно сократить объем работ по пробной добыче, а соответственно повысить эффективность геологоразведочных и добычных работ.