

### Методика изучения трещиноватости массива облицовочного камня

Трещиноватость (степень развития в камне трещин) – важный показатель, характеризующий комплексные свойства природного камня. В процессе добычи она влияет на блочность, при обработке на пооперационный выход продукции, а в процессе эксплуатации на долговечность. Следовательно, учет трещиноватости позволяет рационализировать технологические режимы добычи и обработки и сократить потери ценного сырья.

Повышенная трещиноватость горных пород исключает возможность их использования в качестве сырья для облицовочных материалов. Так, например, ГОСТ 9479-84 не допускает на блоках более одной трещины, просматриваемой на двух смежных гранях, длиной до 1/3 размера граней; стандарт на бортовые камни (ГОСТ 6666-81) предусматривает изготовление этой продукции из горных пород, не имеющих открытых трещин. В существующих нормативно-технических документах [3,4] приведено подробное описание методов определения трещиноватости блоков камня, то есть уже после добычи. Но, как показывает практика камнедобычи, трещиноватость оказывает влияние на выход блоков, что обуславливает необходимость правильного выбора технологической схемы добычи и геометрических параметров блока. Поэтому в настоящей работе рассматривается именно трещиноватость массива.

Трещиноватость в той или иной степени, присуща любому массиву облицовочного камня. На основе обобщения литературных данных [1-4], нами предлагается следующая классификация трещин в массиве природного камня:

Признак классификации	Виды трещин	Краткая характеристика
<i>по происхождению</i>	1. <i>прирожденные (первичные)</i>	являются результатом усадки и разрыва горной породы в процессе ее образования
	2. <i>тектонические (вторичные)</i>	появляются в результате воздействия тектонических процессов на уже сформировавшийся массив пород. В переводе от греческого <i>тектоникос</i> - созидательный, т.е. вызывающий деформации или разрыв земной коры при ее движении.
	3. <i>трещины выветривания</i>	образуются в результате длительного воздействия на верхние участки литосферы группы разнообразных факторов, объединяемых понятием «выветривание» (атмосферных, водных, температурных, химических, биологических и др.).
	4. <i>искусственные</i>	их возникновение обусловлено технологической деятельностью человека (например, взрывными работами).
<i>по размерам</i>	1. <i>микротрещины (волосяные)</i>	имеют ширину (В) менее 0,05 мм
	2. <i>макротрещины</i>	по размерам подразделяются на: <i>очень тонкие</i> (В= 0,05÷0,25 мм, длиной до 100 мм), <i>тонкие</i> (В=0,25÷1,0 мм, Д=100÷1000 мм), <i>миллиметровые</i> (сквозные), шириной более 1 мм.
<i>по ориентации в пространстве</i>	<i>I - меридиональная, II - северо-западная, III - субширотная, IV - широтная, V - наклонная, VI - пологая</i>	

Блочность - размеры и процент выхода кондиционных блоков из горной массы,- определяющая возможность использования горной породы в качестве облицовочного камня, зависит от частоты и характера распределения трещин.

Для определения блочности изучают трещиноватость пород избранного участка путем размеров расположения и частоты трещин. Обычно для этих целей используют горный компас. Измерения производятся в наиболее хорошо обнаженных частях месторождения таким образом, чтобы охватить все главные направления трещиноватости. Измерениям непременно должен предшествовать визуальный осмотр пород в выработках. В результате такого осмотра предварительно устанавливают общий характер и степень развития трещиноватости породного массива. При этом оценивают, насколько однородно и равномерно развита трещиноватость пород в пределах изучаемого массива.

На месторождениях неэксплуатировавшихся, где нет еще выработок, обычно наиболее сложно бывает измерить пологопадающие и субгоризонтальные трещины, однако сделать это необходимо. Поэтому для них приходится закладывать так называемый пробно-эксплуатационный карьер объемом около 100 м вне пределов выветрелой зоны.

Затем производится измерение расстояний между трещинами по системам, для чего рулеткой отмеривается участок обнажения и на нем подсчитывается частоты трещин одного направления. Такие измерения надо провести для каждой главной системы трещин, которых обычно бывает 3 (реже 4). При подсчете частоты фиксируются участки с расстоянием между трещинами более 1 м. На основе полученных измерений составляются круговые диаграммы трещиноватости по методам, изложенным в соответствующих руководствах [2,3].

После нанесения полюсов трещин при помощи сетки Вальтер - Шмидта и проведения определяют на круговой диаграмме максимумы в расположении трещин, около последних проставляются индексы частоты трещин.

Индекс состоит из двух цифр: числа трещин данного направления на 10 м и рядом, в скобках «в том числе количество расстояний больше одного метра». На диаграмму наносится, таким образом, три индекса, отвечающих обычно трем главным направлениям трещиноватости. Путем измерения углов между максимумами может быть вычислена средняя форма получаемых блоков [2].

Окончательная цифра блочности-процент выхода кондиционных блоков из горной массы - получается в процессе разработки карьера. Для этого маркшейдерски замеряется объем вынудой горной массы пассивированных кондиционных блоков. Отношение второй цифры к первой дает блочность в процентах.

Изучение трещиноватости должно идти на фоне сведений о геологии месторождения: положения данного участка в общей геологической структуре, характера слоистости и, главное, генезиса пород. В случае слоистых толщ должны изучаться мощность продуктивных пластов и процентное их отношение к общей мощности разведываемого участка, причем трещиноватость разных пластов в пределах одной пачки может быть различной.

Зачастую выявление систем трещиноватости массива, определение их пространственной ориентировки и оценку степени постоянства этой ориентировки в пределах изучаемого массива производят посредством массовых измерений трещиноватости. Массовые измерения трещиноватости могут выполняться:

1. на отдельных представительных участках массива - наблюдательных станциях;
2. методом сплошной съёмки.

В первом случае, если массив по данным визуального осмотра характеризуется относительно равномерным развитием трещиноватости, всю изучаемую площадь (карьер, шахтное поле, горизонт и т. д.) покрывают равномерной сетью наблюдательных станций, располагаемых в нескольких десятках метров одна от другой. Если развитие трещиноватости неравномерно, то расстояния между наблюдательными станциями выбирают дифференцированно для различных ее типов.

Наиболее полные и объективные данные могут быть получены при измерениях трещиноватости в трех взаимно ортогональных плоскостях. В этом случае для наблюдений доступны обнажения по трем граням пространственного прямоугольного параллелепипеда, и

измерения трещиноватости по ним позволяют правильно охарактеризовать развитие трещин всех направлений в данной точке массива. Поэтому удобно использовать для измерений ниши или участки сопряжений выработок.

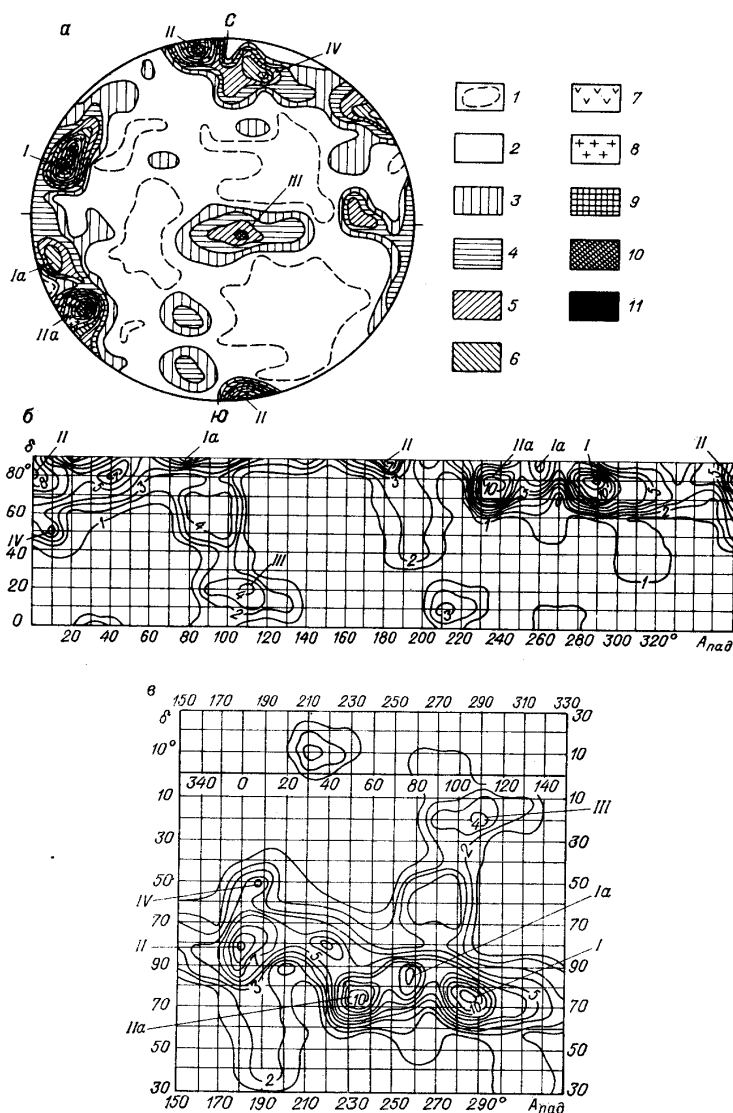
Размеры наблюдательных станций следует по возможности принимать такими, чтобы в пределах станции было не менее 8-10 трещин каждой системы. В большинстве случаев

размеры станций по протяженности и высоте принимают около 2 м.

В случае, если исследуются закономерности развития крупноблоковой трещиноватости, расчленяющий массив на структурные блоки с линейными размерами более 1-2 м, выполняют сплошную съёмку трещин на протяжённых участках выработок. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы протяжённости выработок, где выполняется съёмка, во всех трёх ортогональных направлениях массива пород были сопоставимы. Обычно наибольшие трудности возникают с обеспечением этого условия в вертикальной плоскости, т.е. с организацией измерений в вертикальных выработках.

Результаты массовых измерений подвергают статистической обработке и представляют в виде графиков, характеризующих пространственную ориентировку и степень выраженности систем трещиноватости (рис.1.).

Сопоставление диаграмм по смежным наблюдательным станциям позволяет легко



сравнивать результаты измерений трещин и судить о степени изменчивости их пространственной ориентировки и степени выраженности на различных участках поля.

Рис 1. Типы диаграмм трещиноватости массива в изолиниях.

а - сферограмма на сетке Вальтер - Шмидта; б - прямоугольная диаграмма; в - прямоугольная диаграмма с произвольным выбором развертки.

Относительное число трещин, %: 1 - 0; 2 - <1; 3 - 1-2; 4 - 2-3; 5 - 3-4; 6 - 4-5; 7 - 5-6; 8 - 6-7; 9 - 7-8; 10 - 8-9; 11 - >9.

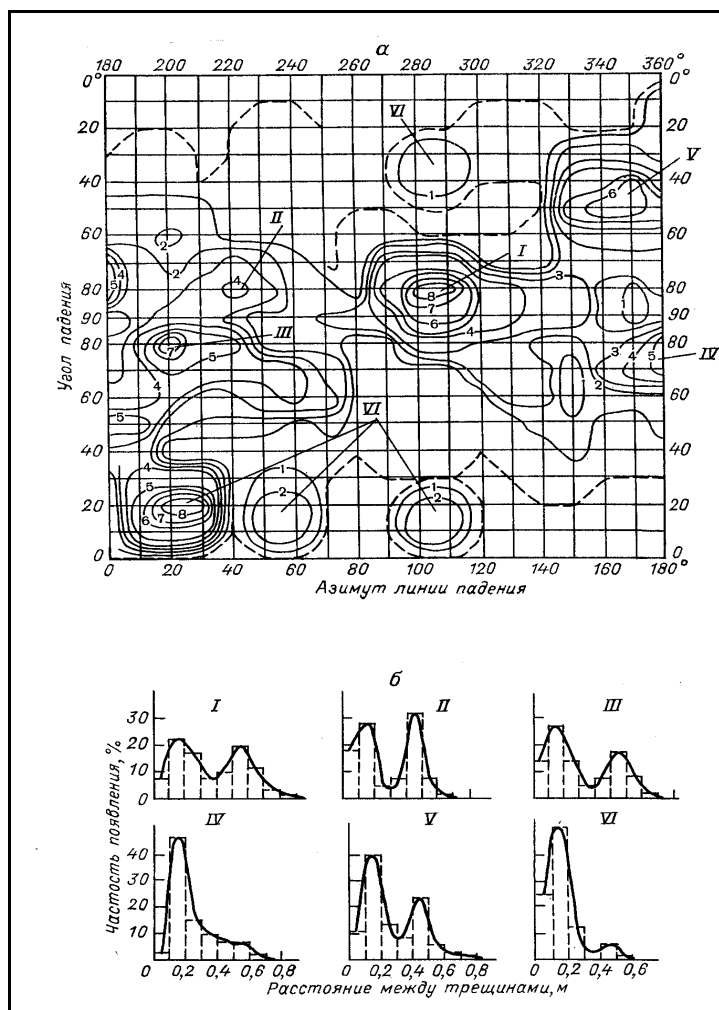
I-IV - системы трещиноватости.

Для выражения в изолиниях, полученных результатов массовых измерений трещиноватости, данные всех измерений наносят по параметрам азимута линии падения  $A_{пад}$  и угла падения  $\delta$  на диаграмму в виде точек.

Затем методом скользящего статистического окна производят сглаживание и подсчет относительной плотности числа измеренных трещин. Размер статистического окна принимают равным 1% площади диаграммы. На полученном поле значений относительных плотностей проводят изолинии равных относительных плотностей, в результате чего наглядно

выявляются преобладающие системы трещин. Средние параметры пространственной ориентировки этих систем непосредственно определяют по диаграмме.

В тех случаях, когда требуется проследить закономерности изменения одного какого-либо параметра, например только азимута или только угла падения трещин, по результатам



массовых измерений составляют гистограммы частот (или частостей) данного параметра.

Весьма часто для решения практических вопросов, например оценки устойчивости обнажении пород, кроме относительных характеристик степени распространенности тех или иных систем трещин в исследуемом массиве требуются абсолютные значения указанных параметров, т. е. вероятностей появления тех или иных структурных неоднородностей в рассматриваемой точке выработки. С этой целью на каждой наблюдательной станции число трещин (или других структурных неоднородностей) отдельных систем относят к общему числу измеренных трещин и таким образом оценивают частоту (в пределах вероятности) появления той или иной системы. Однако при этом возможны существенные погрешности вследствие того, что наблюдательные станции не в равной степени охватывают все пространство изучаемого массива.

Более корректно определять степень распространенности тех или иных систем трещин, основываясь на статистическом анализе расстояний между отдельными трещинами в каждой системе.

Кроме того, расстояния между трещинами служат исходными данными для установления средних размеров и формы структурных блоков, образуемых трещинами различных систем.

В качестве примера на рис. 2. представлены результаты обработки натуральных измерений геометрических параметров естественных трещин в массиве горных пород одного из месторождений.

Рис.2. Системы трещин:

*I - меридиональная, II - северо-западная, III - субширотная, IV - широтная, V - наклонная, VI - пологая, грубо совпадающая со сланцеватостью гнейсов.*

*1-8 - число трещин на единицу площади диаграммы.*

### Выводы и рекомендации:

1. Для правильных представлений о свойствах какого-то конкретного массива пород недостаточно располагать данными о механических характеристиках объемов, вмещающих структурные неоднородности различного типа. Необходимо иметь представления о закономерностях пространственного расположения и степени распространения структурных неоднородностей (геологических нарушений, контактных зон, трещиноватости и др.).

2. Задача изучения геометрических характеристик структурных неоднородностей заключается в выявлении систем трещиноватости (или других неоднородностей) массива и их пространственной ориентировки, определении протяженности трещин различных систем по простиранию и падению, густоты (плотности) трещин с целью правильного истолкования наблюдаемых явлений и учета этих данных при решении практических вопросов геомеханики.

3. Результаты настоящих исследований могут быть использованы для оценки трещиноватости месторождения известняка – ракушечника «Сары-Таш», расположенного в Узгенском районе Ошской области.

### **Литература**

1. Берлин Ю.В., Сычев Ю.И. Материаловедение для камнеобработчиков.–Л.: Стройиздат,1986. -98 с.
2. Беликов Б.П., Петров В.П. Облицовочный камень и его оценка М. Наука,1977.
3. ГОСТ 30629-99 . Межгосударственный стандарт. МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ОБЛИЦОВОЧНЫЕ ИЗ ГОРНЫХ ПОРОД. Методы испытаний
4. Беликов Б.П. и др. Облицовочные камни Кубы. М.: Наука, 1981. -272 с.
5. Введение в механику скальных пород. М.: Мир,1983. -276 с.