Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LIX, вып. 1, 1969 г.

О ТРЕЩИНОВАТОСТИ ИЗВЕСТНЯКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОМИ АССР

С. П. Павлов

Трещиноватость имеет существенное значение при оценке прочностных и других физико-механических свойств пород, добываемых в качестве бутового камня, для производства щебня, а также при ведении на карьерах буровзрывных работ.

Однако почти единственным пособием по изучению трещиноватости пород месторождений строительного камня является брошюра Б. П. Беликова *, рассматривающая в основном только месторождения блочного камня.

На примере месторождений известняков Коми АССР автором составлена классификация естественных трещин и рассмотрены основные особенности замеров и учета трещиноватости при оценке прочностных свойств строительного камня.

Известняки — весьма распространенные на территории Коми АССР горные породы. Наиболее крупными месторождениями являются Бельгопское, Седьюское и Воркутское, которые разрабатываются открытым способом для получения бутового камня, щебня, извести, известковой муки и цементного сырья.

Известняки, как правило, интенсивно трещиноватые породы, трещиноватость которых представлена трещинами напластования и нормальносекущими. Нормальносекущие трещины образуют системы, занимающие продольное *I*, диаго-

* Беликов Б. П. О методе изучения трещинной тектоники месторождений строительного и облицовочного камня. Изд. АН СССР, 1953.

нальное *II* и поперечное *III* положения относительно простирания пород (рис. 1).

В зависимости от длины нормальносекущих трещин по падению они делятся на внутрислойные и секущие несколько слоев или весь пласт. Но по ориентировке те и другие относятся к одним и тем же системам. Распределение азимутов линии падения или простирания трещин каждой системы,

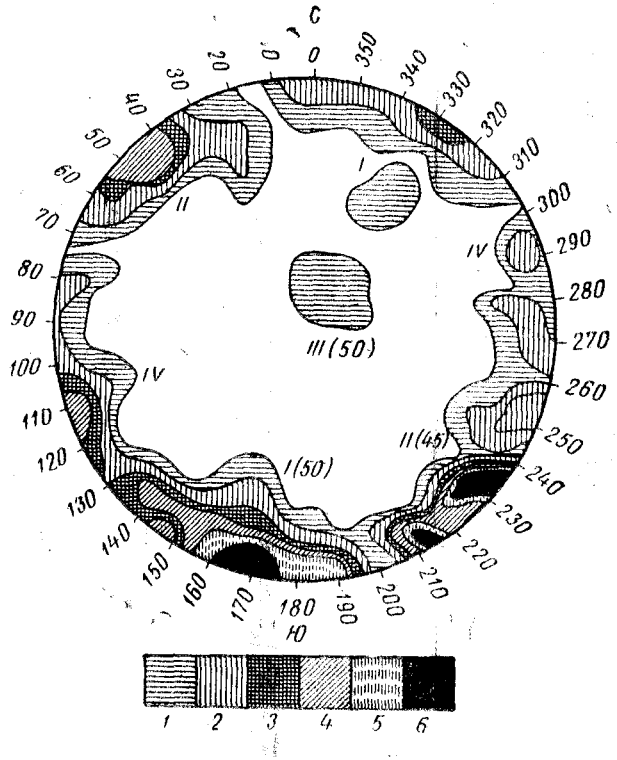


Рис. 1. Диаграмма трещиноватости известняков.
Плотность распределения трещин, %:
1 — <0,5; *2* — 0,5—1,5; *3* — 1,5—2,5; *4* — 2,5—4,0; *5* — 4,0—5,0; *6* — 5,0—8,5

а также углов наклона, длин внутрислойных трещин подчиняется нормальному закону распределения. При решении различного рода задач, связанных с необходимостью учета трещиноватости пород, используются классификации трещин, построенные по геометрическому или генетическому принципу.

Классификация трещиноватости известняков месторождений строительного камня

Тип трещин по характеристике их размеров	Основной генетический фактор, определяющий состояние трещины в данный момент	Наиболее распространенное число систем трещин	По отношению к залеганию пород
I — внутрислойные	Диагенетический и тектонический	2—3	Нормаяьно-секущие
II — секущие несколько слоев, небольшой протяженности по простиранию и незначительного раскрытия	Тектонический		
III — секущие весь пласт, длина по простиранию до 100 *м*, величина раскрытия 3—20 *см*, приурочены к зонам дренирования, конечной формой их развития на ряде месторождений является карст	Выветривание и выщелачивание	1—2	Нормально-секущие
IV — послойные, ограниченных размеров межслоевые, непрерывные	Тектонический Диагенетический	1	Напластования
V — по размерам не выходят за пределы одного слоя, приурочены к кровле пласта, крупным трещинам и обнажениям	Выветривание	Ориентированы бессистемно	

Существующие гипотезы о происхождении естественных трещин в горных породах противоречивы и требуют дальнейших исследований. В инженерных расчетах генетическая характеристика трещин не имеет определяющего значения, так как в данном случае используются геометрические параметры и механические свойства трещиноватых пород в их конечном состоянии.

На основании изучения трещиноватости известняков названных выше месторождений составлена классификация естественных трещин (см. таблицу). В ее основу положены геометрические параметры — ориентировка по простиранию и углу падения относительно залегания пород и размеры трещин. Необходимость выделения в классификации типов трещин по размерам вызвана существенными различиями их влияния на физико-механические свойства пород и на течение процесса взрыва.

Для каждого выделенного типа трещин предположительно указан генетический фактор, оказавший наиболее существенное влияние на состояние трещины в данный момент.

На основании приведенной классификации возможно уточнение методики замеров трещин. Углы наклона всех нормальносекущих трещин изменяются в зависимости от угла падения пород; угол между плоскостями трещины и напластования отличается от прямого на $\pm 2°$. Поэтому нет необходимости в непосредственных замерах углов падения трещин.

При замерах нормальносекущих трещин в известняках месторождений строительного камня следует определять азимут простирания (падения), частоту и тип трещин по размерам.

По существующей методике для замеров частоты трещин подсчитывают число трещин на 1 или 10 *м* протяженности слоя (перпендикулярно плоскости трещины). Это легко подсчитать при замерах суммарной частоты трещин всех систем в данном сечении. Выделение в полевых условиях трещин различных систем затруднительно, так как даже на диаграмме трещиноватости трещины относят к той или другой системе условно. Поэтому при наиболее распространенном способе массового замера трещин рекомендуется замерять суммарную частоту всех трещин. Частоту трещин одной системы, исходя из этого, можно определить элементарным подсчетом по соотношению числа трещин каждой системы.

Допустим, на данном участке замерены азимуты простирания 200 трещин. Суммарная частота составляет 50 трещин

на 10 *м*. После обработки результатов на диаграмме трещиноватости были выделены две системы трещин. Трещин I системы 120 шт., II системы 80 шт. В процессе замера измерялись все встречающиеся трещины. Поэтому количественное соотношение между трещинами I и II системы составит соответственно 0,6 и 0,4. Тогда частота трещин I системы будет $50 \cdot 0{,}6 = 30$ трещин, а II системы $50 \cdot 0{,}4 = 20$ трещин на 10 *м* протяженности слоя. Аналогичный подсчет производится для трех и более систем трещин. Предлагаемая методика сокращает объем полевых измерений, а результаты определений получаются более объективными.

Методика определения частоты трещин определяется кроме того их типом. С увеличением мощности слоя частота нормальносекущих трещин I и II типов (см. таблицу) уменьшается. Однако это, как правило, не учитывается при замерах.

На основании определений частоты нормальносекущих трещин в известняках месторождений Коми АССР (Бельгопское и Седьюское) можно вывести следующую зависимость:

$$n = \frac{9}{m_c},$$

где n — число трещин на 10 *м* протяженности слоя; m_c — мощность слоя, *м*.

Следовательно, при определении средней для данного участка частоты нормальносекущих трещин замеры нужно производить в среднем по мощности слоя. В том случае, если по каким-либо причинам частота трещин замерена по слоям, не соответствующим среднему, пользуясь формулой, можно рассчитать среднее значение частоты.

В связи с этим целесообразно рассмотреть вопрос об оптимальном размере участка замера трещин. Некоторые авторы * условием получения сопоставимых данных о системах трещин считают равенство замерных площадей по протяженности и высоте на каждом участке. Однако достоверность замеров азимутов простирания трещин определяется числом замеряемых трещин. Последнее зависит от многих факторов. По данным изучения трещиноватости известняков Воркутского месторождения установлено, что частота трещин в осевой части складки увеличивается по сравнению с частотой на крыльях.

* Турчанинов И. А. Сдвижение и давление горных пород при разработке крутопадающих жил. Наука, 1965.

Следовательно, число трещин на единицу площади не постоянно в пределах одного месторождения. Поэтому условие равенства площадей участков замеров несущественно, а в ряде случаев оно может быть неверным.

Существенное значение имеет изучение трещиноватости и связанных с нею процессов при оценке прочностных свойств месторождений строительного камня. При геолого-промышленной оценке такого типа месторождений важным показателем качества камня является содержание в горной массе и щебне слабого камня, прочность которого менее 200 *кг/см*^{2}. Образование в толще известняков слабого камня может происходить в процессе диагенеза и в результате последующих воздействий различных факторов на горную породу. К последним относится опосредованное влияние на выщелачивание известняков трещиноватости. Изучение ее на Бельгопском месторождении позволило выявить основные источники образования слабого камня.

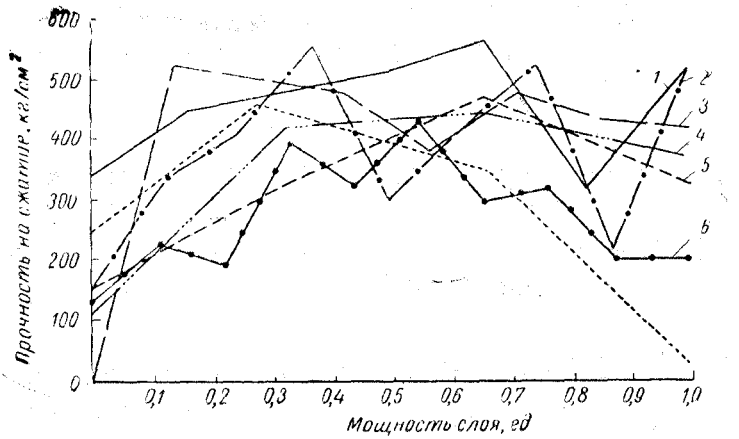


Рис. 2. Изменение прочности известняка по мощности слоев.
Мощность слоя, *м*:
1 — 0,30; *2* — 0,40; *3* — 0,35; *4* — 0,15; *5* — 0,15; *6* — 0,45; *7* — 0,15

На месторождениях известняков наиболее распространены трещины напластования IV типа (см. таблицу), связанные в осадочных породах с границами между слоями, реже делящие слои на две-три части. Вдоль них располагаются зоны вторичных процессов, выражающиеся в выщелачивании и ослаблении пород. Под действием подземных вод на контакте

с трещиной происходит выщелачивание цементного пелитоморфного кальцита, вынос и разрушение стенок органических остатков (фауны) и детрита. Известняки приобретают пористую структуру с большим числом сообщающихся пор и микротрещин.

Многочисленными внутрислойными опробованиями было установлено, что прочность известнякового слоя неравномерна и независимо от мощности слоя имеет меньшую величину в его подошве и кровле, довольно резко увеличиваясь к середине. На рис. 2 мощность слоя в долях единицы есть отношение высоты точки опробования от кровли слоя к его мощности. Выщелачивание в приконтактовой зоне носит зачастую гнездовой характер, образуя «карманы» в точке пересечения нормальносекущих трещин напластования. Между «карманами» породы могут быть не изменены, а иногда иметь ту же прочность, что и в середине слоя (рис. 3).

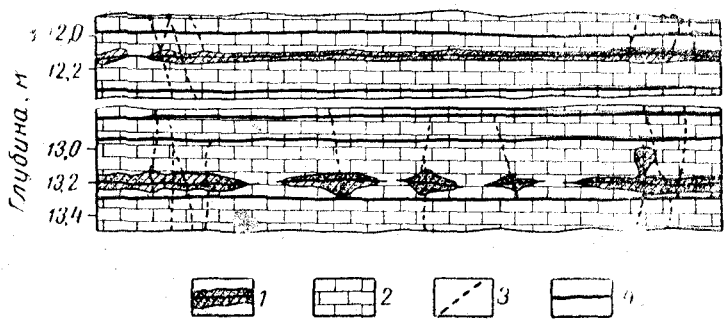


Рис. 3. Распределение зон выщелачивания известняков вдоль трещин напластования

1 — известняк зон выщелачивания, слабый; *2* — известняк крепкий, плотный; *3* — нормальносекущие трещины; *4* — плоскости напластования

Для изучения степени влияния зон выщелачивания на содержание в горной массе слабого камня во время проходки разведочных шурфов на Бельгонском месторождении при литологическом описании разреза пород отмечалась мощность этих зон вдоль трещин напластования. Одновременно по каждому шурфу по валовым пробам производилось непосредственное определение содержания слабого камня в горной массе. Так как известняки зоны выщелачивания вдоль трещин имеют прочность менее 200 *кг/см*^{2}, то отношение мощности

зон выщелачивания к общей мощности пласта должно соответствовать содержанию слабого камня в горной массе. Действительно, при сопоставлении процента межслоевых зон выщелачивания по шести шурфам с результатами определения процентного содержания слабых пород по валовым пробам горной массы необходимо отметить их большую сходимость. Величина относительного отклонения изменяется от 1 до 37%, составляя в среднем 18,5%. Следовательно, зоны выщелачивания известняков вдоль трещин напластования являются основным источником образования в горной массе слабого камня. Кроме того, полученные результаты позволяют сделать вывод, что простой учет мощностей зон выщелачивания пород по трещинам можно рассматривать как один из способов определения содержания в горной массе слабого камня. К примеру, керновое и бороздовое опробование, осуществляемое по существующей методике, дает большую погрешность в определении данного показателя. Шурфы проходились на месте скважин детальной разведки, по которым прочность определялась по керновым образцам. Кроме того, в процессе проходки шурфов для определения прочности отбирались бороздовые пробы. Сопоставим результаты испытаний по этим пробам с данными по валовым пробам по соосным выработкам, % (числитель — содержание слабого камня, знаменатель — относительная погрешность по отношению к валовой пробе):

Керновая проба по скважине . . .	0/100	0/100	4/80	3/78	—	—
Бороздовая проба по шурфу . .	2/86	14/40	0/100	1/95	0/100	3/33
Валовая проба горной массы из шурфа	13,9	10,9	19,9	13,7	21,9	9,3
Межслоевые зоны выщелачивания по описанию разреза	11,4/18	13,1/31	12,6/36	13,8/1	17,2/21	9,0/3

Получим погрешность определения слабого камня по керновым пробам 78—100%, а по бороздовым 40—100%, т. е. значительно больше, чем в результате простого учета мощности зон выщелачивания по трещинам напластования.

Слабый камень образуется и в зонах выщелачивания известняков вдоль нормальносекущих трещин. Наибольшее разрушение пород происходит вдоль трещин значительной протя-

женности по простиранию и секущих пласт на полную мощность (тип III, таблица). В разрезе пласта эти трещины образуют разрыв 3—20 *см* без следов выдергивания или перемещения, заполнены комковатым материалом, обломками известняка. Вблизи трещин, в зоне шириной до 0,5 *м* известняки значительно слабее основной массы пород, сильно пористые, выщелоченные, доломитизированные. Данные химических анализов по шурфам, вскрывающим подобные трещины, указывают на значительное уменьшение в зоне выщелачивания содержания $CaCO_3$ и увеличение $MgCO_3$ и нерастворимого остатка. Над этими трещинами часто отмечаются провалы поверхности глубиной до 0,5 *м*.

Однако ввиду сравнительно небольшой частоты (1—2 трещины на 10 *м*) подобных трещин и их локального распространения (приурочены к областям дренирования пород) их влияние на прочностные свойства камня необходимо учитывать только на отдельных участках месторождения.

Таким образом, образование слабых пород на рассматриваемых месторождениях носит вторичный характер и заключается в основном в выветривании прочных пород вдоль трещин напластования.