

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ МИКРОТРЕЩИН В ГРАНИТЕ В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Горные породы в массивах подвержены значительному воздействию как за счет действия окружающего давления, так и за счет процессов выветривания, что не позволяет в большинстве случаев однозначно использовать микротрещиноватость горной породы как ее характеристику.

Для изучения динамики развития микротрещин была выполнена работа по определению параметров трещиноватости образцов, отобранных с различной глубины в гранитах месторождения Калгувара. Дополнительная трещиноватость наводилась посредством замораживания – оттаивания образцов.

При исследованиях рассматривались следующие характеристики гранитов:

- концентрация трещин на единицу площади поверхности,

- средняя длина трещин,

- «удельная трещиноватость», параметр, принятый в инженерной геологии для оценки трещиноватости, а именно, общая длина трещин, деленная на площадь, занимаемую поверхностью образца.

Следует заметить, что при экспериментальном определении трещиноватости любого объекта допустимо использование одного из двух подходов.

Первый состоит в том, что сначала фиксируется площадь S , на которой определяется общая длина трещин l . Тогда отношение их l/S дает искомую трещиноватость. Второй подход состоит в том, что фиксируемой величиной является длина трещин l , ограничивающих некоторую площадь S , которая и определяется в процессе наблюдения. Тогда их отношение l/S также определяет искомую трещиноватость. Чтобы обосновать это, рассмотрим изотропную модель кластеризованной трещиноватости, когда сетка трещин равномерно и изотропно покрывает поверхность образца (рис. 1).

В этой модели согласно первому подходу $l/S = 2/a$, где a – расстояние между трещинами, и согласно второму подходу $l/S = 2/a$.

Оба подхода эквивалентны, но второй предоставляет некоторые дополнительные возможности, например, если участок образца полностью заполнен раскрытыми трещинами. Тогда площадь участка S можно представить в виде суммы $S = \Delta S_{\text{т}} + \Delta S_0$, где $\Delta S_{\text{т}}$ – доля поверхности образца, полностью заполненная трещинами ($l_{\text{т}}/\Delta S_{\text{т}} = 1$). Длина трещин l_0 на оставшейся площади ΔS_0 определяется обычным

способом (в рамках первого подхода). После этого общая трещиноватость рассчитывается усреднением получившихся величин по площади образца (либо его участка, на котором измеряется трещиноватость):

$$\frac{l}{S} = \frac{\frac{l_{\text{т}}}{\Delta S_{\text{т}}} \Delta S_{\text{т}} + \frac{l_0}{\Delta S_0} \Delta S_0}{S} = \frac{l_{\text{т}} + l_0}{S} \quad (1)$$

Или, используя равенство $\frac{l_{\text{т}}}{\Delta S_{\text{т}}} = 1$, получаем:

$$\frac{l}{S} = \frac{\Delta S_{\text{т}} + l_0}{S} \quad (2)$$

Следовательно, для того чтобы учесть вклад, вносимый в трещиноватость участками с полностью раскрытой трещиноватостью, необходимо лишь добавить к трещиноватости, измеряемой обычным способом, отношение суммарной площади этих участков к площади образца.

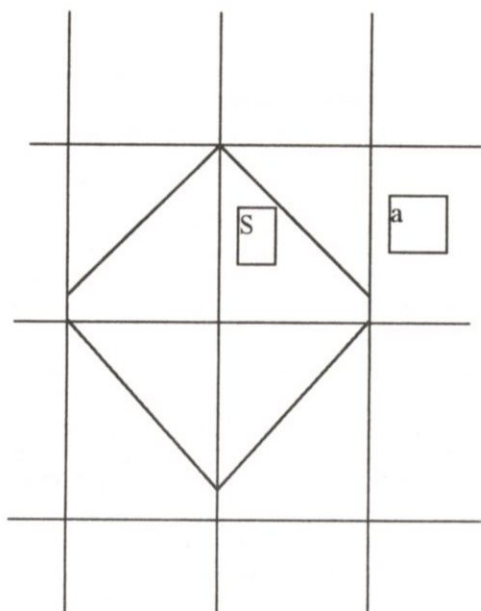


Рис. 1. Модельная структура кластеризованной трещиноватости

В настоящей работе все параметры трещиноватости изучались по единой методике. Количество трещин и их длина фиксировались на шлифованных поверхностях образцов с помощью микроскопа МБР-9. Концентрация трещин определялась делением общего количества трещин на площадь шлифованной поверхности. Средняя длина трещин рассчитывалась усреднением длин всех трещин, обнаруженных на шлифованной поверхности. Удельная трещиноватость определялась делением суммарной длины всех трещин на площадь шлифованной поверхности. Затем строились графики зависимости всех этих параметров для различного количества циклов замораживания – оттаивания от глубины образца.

На рис. 2–4 приведены результаты измерений и вычислений данных параметров.

Накопление нарушений в образце характеризуется двумя главными процессами:

1) Трещинообразование – образование новых, достаточно мелких, трещин, до того незаметных в об-

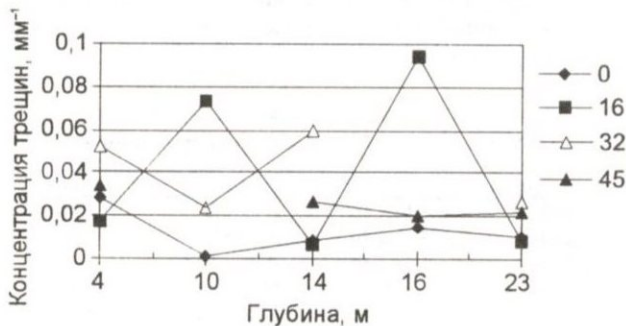


Рис. 2. Зависимость концентрации трещин от глубины (каждая кривая описывает поведение одного образца после циклов замораживания – оттаивания)

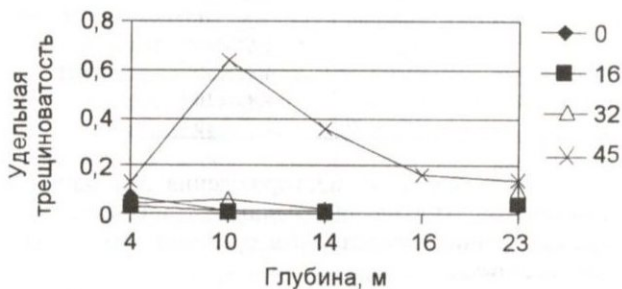


Рис. 3. Зависимость удельной трещиноватости от глубины (каждая кривая описывает поведение одного образца после циклов замораживания – оттаивания)



Рис. 4. Зависимость средней длины трещин от глубины (каждая кривая описывает поведение одного образца после циклов замораживания – оттаивания)

разце. Этот процесс характеризуется изменением параметра концентрации трещин на единицу площади (n (1/мм²)).

2) Кластеризация, т. е. объединение разрозненных небольших трещин в крупные, что в конечном счете выглядит как дробление изотропного материала на отдельные трещины различных размеров.

Кластеризация является прямым следствием роста длин трещин, но поскольку она происходит на фоне накопленной уже трещиноватости, совсем незначительные изменения средних длин трещин могут приводить к существенной (иногда даже можно назвать – «взрывной») кластеризации. Кластеризация происходит случайно и локально, но поскольку это прямое следствие роста длин трещин, естественно ожидать, что она детерминируется параметром средней длины трещин. Эти два параметра хотя и являются, каждый в отдельности, отражением изменений, происходящих в образце при внешних воздействиях, тем не менее «конкурируют» между собой в том смысле, что процесс кластеризации иногда снижает измеряемую концентрацию трещин на единицу площади на порядок.

Таким образом, каждый из двух названных параметров в отдельности не может служить объективным критерием изменений, наблюдающихся в породе от образца к образцу и от опыта к опыту. Объективным критерием изменений, накапливающихся в породе, может быть лишь параметр, который был бы функционально связан с ними обоими и в который они оба вносили бы положительный вклад. Таким параметром является так называемая «удельная трещиноватость», измеряемая в единицах общей длины трещин на единицу площади (1/мм).

Такой подход снимает кажущийся разнобой в данных и приводит к ряду существенных выводов о самой природе накопления изменений в трещиноватости, о характере изменений на различных глубинах и о процессах, происходивших в рассматриваемой породе ранее. Это и наблюдалось при изучении гранитов месторождения Калгувара.

Во-первых, на образцах, соответствующих глубинам до 4 м и свыше 16 м, накопление общей удельной трещиноватости очень мало. (Приблизительно можно сказать, что на образцах, взятых с поверхности и на глубинах около 20 м, объективно с трещиноватостью при внешних воздействиях ничего не происходит.) Видны лишь внешние, визуальные проявления изменений, проявляющиеся в перестройке структуры трещиноватости. Схожесть текстуры трещиноватости образцов с указанных глубин позволяет сделать вывод о том, что ранее в естественных условиях порода на этой глубине подвергалась длительному воздействию, скорее всего, можно предположить существование на глубине 20 м водонесущего горизонта. Наиболее значительное накопление трещиноватости происходит в образцах, соответствующих глубинам порядка 10 м. Причем это относится к различиям начальных и конечных состояний (от нулевого до 45-го цикла замораживания – оттаивания). Что касается кинетики процесса, то можно отметить его хотя и монотонность, но неравномерность. До 16 циклов замораживания – оттаивания изменения здесь также несущественны.