

УДК 539.4:622.023.4

**О.В. Мясникова, В.А. Шеков**

## **ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОЙ И ТЕХНОГЕННОЙ МИКРОТРЕЩИНОВАТОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД**

*Проведены исследования динамики развития микротрещиноватости в горных породах, применяемых при строительстве дорог.*

*Ключевые слова: микротрещиноватость, прочность щебня, дробимость, прочность горной породы, водопоглощение.*

**Семинар № 4**

**O.V. Myasnikova, V.A. Schekov**  
**THE INFLUENCE OF THE NATURAL  
AND THE TECHNOGENIC  
MICROJOINTING ON THE ROCK  
ENDURANCE**

*The studies on the rocks used for the road building in terms of the microjointing development are conducted.*

*Key words: microjointing, concrete endurance, rock endurance, water absorption*

**С**оциально-экономические изменения в Российской Федерации привели к полному пересмотру требований и в сфере строительства, как жилищного и промышленного, так и дорожного. При строительстве различных сооружений уже широко применяются требования зарубежных стандартов, которые зачастую значительно строже, чем существующие в России.

В связи с необходимостью строительства новых дорог, реконструкцией существующих, возведением высотных зданий и сооружений ежегодно объемы потребления нерудных строительных материалов возрастают.

На территории России балансом запасов учтено более 1000 месторождений НСМ, объем производства, которых в 2005 г. составил 257 млн. м<sup>3</sup>.

Одним из основных материалов для дорожного и промышленно-гражданского строительства является щебень, к которому предъявляются определенные требования в различных условиях. Особенно это проявляется при использовании его в качестве наполнителя в асфальт. Эта проблема наиболее актуальна для территорий с продолжительным зимним периодом и обусловлена применением там шипованной резины для колес автомобилей. В таких условиях износ асфальтовых покрытий в значительной степени увеличивается, и на поверхности дороги появляется колея, которая представляет серьезную проблему при эксплуатации автомобилей в дождливую погоду или в условиях гололеда.

Поэтому применение высокопрочных разновидностей горных пород для производства щебня для этих целей становится чрезвычайно актуальной проблемой.

В соответствии с российскими требованиями прочность щебня характеризуют дробимостью щебня при сжатии (раздавливании) в цилиндре, показателем износа в полочном барабане и морозостойкостью. Эти показатели имитируют сопротивление ка-

менного материала разрушению при воздействии на него проходящих по дороге транспортных средств.

Для высокопрочного щебня дробимость должна быть не ниже 1200 – 1400, истираемость U I, морозостойкость F 200 – F 300 и, при данных параметрах, наличие зерен пластинчатой и игловатой формы не должно превышать 15%.

Республика Карелия обладает большим потенциалом минеральных ресурсов и находится в выгодном геополитическом положении. Производство щебня в Карелии позволяет полностью обеспечить потребности республики и дает возможность вывезти его за пределы края.

В тоже время произведенный щебень значительно различается по прочностным показателям и с определенными допущениями к высокопрочному щебню (к примеру, удовлетворяющему требованиям северных стран Европейского Союза), можно отнести лишь небольшое количество месторождений габбродиабазов и гранитов Республики.

В связи с этим установление факторов, позволяющих оценить характер снижения прочностных показателей перерабатываемых горных пород и в дальнейшем качество получаемого щебня, представляется весьма актуальным.

Еще Гриффитсом [1] было высказано предположение, подтвержденное в дальнейшем, что рост трещин начинается с дефектов, уже существующих в материале. Именно они предопределяют хрупкий характер разрушения горных пород и снижают их упругие показатели.

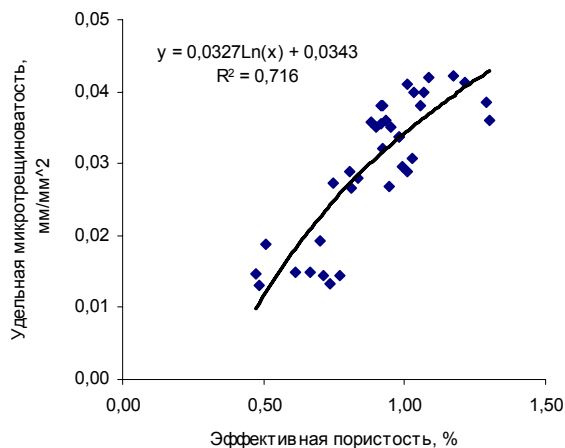
Скальные породы, используемые в целях производства щебня, представляют собой поликристаллическую многокомпонентную систему, которой изначально присуще определенное

количество дефектов: мелкие трещины, поры, структурные неоднородности, плоскости ослабления.

В работе [2] на примере гранита было проведено определение параметров микроповреждений горной породы оптическим методом. При изучении характера поведения трещин при динамическом нагружении образцов было установлено, что на первой стадии процесса происходит множественное накопление не взаимодействующих трещин. При достижении трещинами в некоторой области пороговой концентрации, между ними возникает взаимодействие, что приводит к быстрому росту микроповреждений. Это позволило объяснить факты, почему после взрыва в горной породе наблюдается как рост естественной трещиноватости, так и зарождение новых микротрещин.

При оценке прочности горной породы (образца) неразрушающими методами было принято допущение – в твердых горных породах поры можно рассматривать как мелкие трещины. Одним из физико-механических параметров, позволяющим быстро оценить наличие дефектов по всему объему, является эффективная пористость, которая характеризует наличие открытых микроповреждений в породе. Этот параметр коррелирует с такой интегральной характеристикой микротрещиноватости, как удельная микротрещиноватость, (равная отношению суммарной длины трещин к площади образца, на которой производятся замеры).

Нашей задачей было проследить динамику развития микротрещиноватости и установить корреляцию значений эффективной пористости в лабораторных условиях путем моделирования циклических температурных воздействий с переходом через 0 градусов Цельсия, которому подвергают-



ся все горные породы в естественных условиях и щебень, используемый для дорожного строительства. В качестве примера моделирования развития микроповреждений в граните на рис. 1 приведена полученная зависимость изменения удельной микротрещиноватости и эффективной пористости при различном количестве циклов попеременного замораживания-оттаивания для гранитов месторождения Летнереченское.

Вполне отчетливо видна положительная корреляционная зависимость между удельной микротрещиноватостью и эффективной пористостью, характеризуемой соотношением  $Y = 0,0327Ln(X) + 0,0343$  ( $R^2 = 0,72$ ), что подтверждает предположение - чем выше значения эффективной пористости, тем выше значения удельной микротрещиноватости и наоборот. При этом пористость горной породы определяет и ее водопоглощение (единственным «хранилищем» поглощенной воды являются в этом случае микротрещины). Следовательно, количество дефектов в горной породе на единицу площади может быть охарактеризовано как ее эффективной пористостью (водопоглощением),

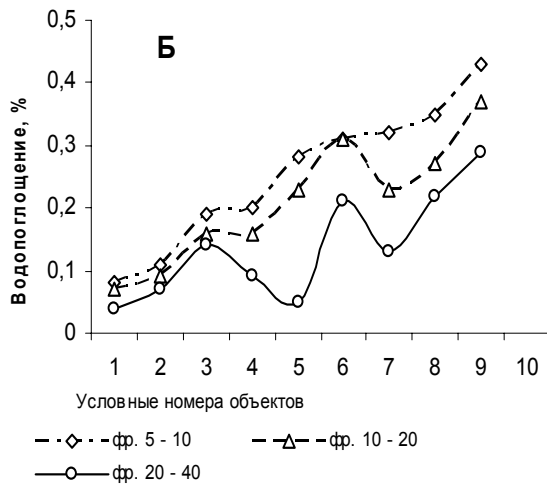
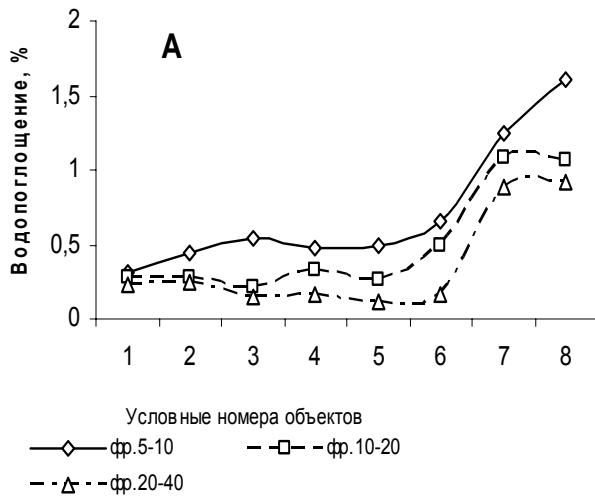
**Рис. 1. Зависимость удельной микротрещиноватости от эффективной пористости при циклических нагрузках**

так и значениями микротрещиноватости. Это положение применимо, главным образом, для изверженных магматических пород.

На примере 18 объектов изверженных горных пород, разведываемых или разрабатываемых для нужд производства щебня в Республике Карелия, было проведено изучение вариаций их прочностных показателей. Известно что для производства щебня отрабатываются месторождения, имеющие показатель удельной трещиноватости пород больше  $1,5 \text{ мм/мм}^2$ . Это предполагает наличие некоторого природного количества дефектов, которое непременно должно сказаться на физико-механических показателях щебня. Выше было показано, что для экспрессной характеристики микроповрежденности горной породы допустимо использовать эффективную пористость, связанную с водопоглощением линейной зависимостью. Следовательно, можно допустить, что приемлемо использование параметра водопоглощения, которое косвенно характеризует наличие открытых дефектов доступных для воды, как одного из показателей влияющих на прочностные характеристики щебня и в итоге на его качество.

Аналізу подвергались фракции щебня 5-10 мм, 10-20 мм и 20-40 мм.

На рис. 2 продемонстрированы зависимости водопоглощения различных фракций щебня для объектов изверженных горных пород.



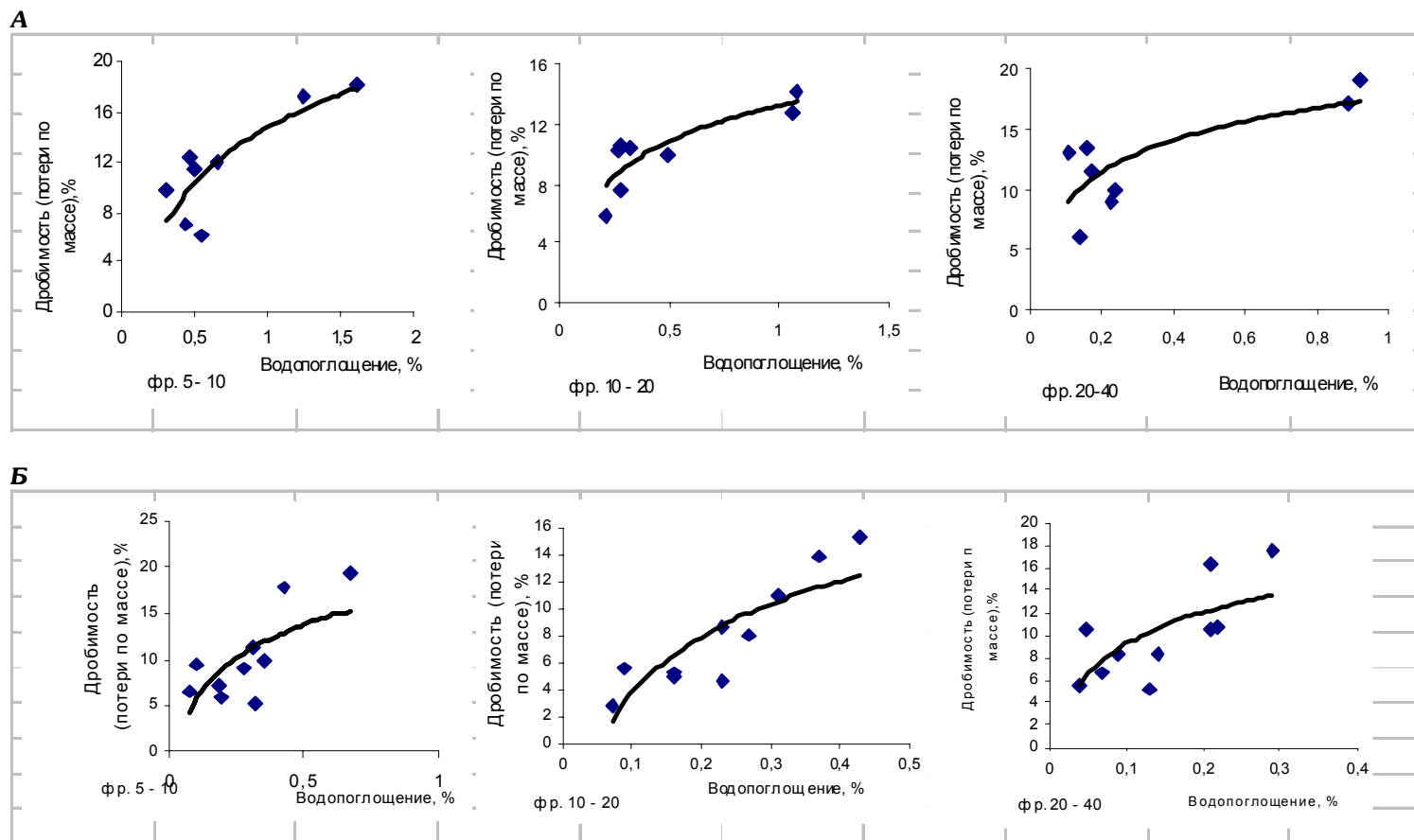
**Рис. 2. Значение показателя водопоглощения щебня для различных типов горных пород:** А – гранитные объекты, Б – габбро и долеритовые объекты

водопоглощения. Вполне очевидно, что это связано с большим количеством «врожденных» дефектов для таких пород и при дальнейшей переработке материала в дробильном оборудовании, создаются условия для ускоренного дефектообразования (трещинообразования), при этом для более мелких фракций эти нагрузки выше, т.к. схема подготовки щебня предполагает несколько последовательных этапов дробления. Приложение критических нагрузок вызывает дальнейший рост уже существующих микротрещин и образование новых в месте наибольшей концентрации напряжений.

Одним из показателей прочностных характеристик, позволяющих оценить качество щебня, является дробимость, определяемая по степени разрушения зерен при сжатии пробы в цилиндре. Степень влияния микрповреждений на дробимость, а, следовательно, и на качество щебня прослежена на примере зависимости показателя дробимости от водопоглощения и показана на рис. 3.

Анализ зависимостей позволяет утверждать, чем выше значение водопоглощения (больше количество микротрещин), тем выше потери при

Можно наблюдать, что для разных объектов значения показателей водопоглощения значительно различаются, что объясняется вариациями в размерах минералов, из которых состоит порода и наличием в них дефектов. При этом в процессе подготовки (дробления) горной породы в ней наводятся новые трещины, что видно из графика, где более мелкая фракция, подвергаясь дополнительным физическим нагрузкам в процессе дробления, имеет более высокие показатели



**Рис. 3. Зависимость дробимости щебня из горных пород различных месторождений от водопоглощения: А – гранитные объекты, Б – габбро и долеритовые объекты**

дробности и ниже прочность щебня, что, соответственно, ограничивает область его применения.

Проведенные исследования показали, что наличие микроповреждений

в щебне можно характеризовать показателями пористости и водопоглощения, которые в первую очередь являются функцией микротрещиноватости породы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Griffith A. The phenomena of rupture and flow in solids., Phil. Trans. Roy. Soc. 221, Ser. A., 1921.

2. Мясникова О.В., Шеков В.А. Исследование динамики поведения микротрещиноватости наведенной взрывом в гранитах //Геолого-технологические исследования индустриальных минералов Фенноскандии, Петрозаводск, 2003, с. 82-85.

3. Мясникова О.В., Шеков В.А. Методологические вопросы оценки долговечности облицовочного камня //Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов, Петрозаводск, 2005, с. 146-148.

ГИАБ

#### Коротко об авторах

Мясникова О.В., Шеков В.А. – Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, okmyasn@krc.karelia.ru; shekov@krc.karelia.ru



#### ДИССЕРТАЦИИ

##### ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ</b>			
ГРИЩЕНКО Марина Афанасьевна	Геометризация нефтяных залежей и математическое моделирование нефтеводонасыщенности на основе стадийности процессов нефтегазообразования	25.00.16	к.т.н.
ДОЛГУШИН Владимир Вениаминович	Развитие методологии моделирования процессов технологии бурения и скважинных механизмов	25.00.15	д.т.н.
НОВОСЕЛОВ Сергей Владимирович	Информационно-программная поддержка управления процессом конусообразования в несовершенных скважинах	05.13.01	к.т.н.