

И. В. ПАВЛОВ

ФГБОУ ВПО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ
УНИВЕРСИТЕТ «ГОРНЫЙ»»

Санкт-Петербург, Россия

До недавнего времени в России гранит в основном перерабатывался на щебень для устройства железнодорожного полотна и автомобильных дорог. Добыча производилась варварским способом – с помощью взрывчатки и соответственно вопрос о дефектоскопии не стоял. В последние годы резко увеличилась добыча гранитных блоков, предназначенных для производства облицовочных, архитектурно-строительных, мемориальных и других изделий [1]. Большое количество гранитных карьеров расположено в Северо-Западном регионе России (Карельский перешеек и Карелия). Достаточно отметить, что только ООО «Управляющая Компания Горное Управление ПО «Возрождение» (Выборг), добывает в год более 60 000 м³ блоков из природного камня, на месторождениях – «Возрождение», «Балтийское», «Нигрозеро», «Сопка Бунтина» из различных горных пород [2]. Блоки поставляются в разные регионы России и на экспорт (Украина, Беларусь, Китай, Польша, Италия, Германия и т.д.) При экспортных поставках к качеству горных пород предъявляются особо высокие требования. Основным дефектом, выявляемым часто после распиловки блоков, является трещиноватость (fissuring), которая в большей или в меньшей степени присутствует в них практически всегда на субмикроскопическом (разрыв различных типов атомных или межмолекулярных связей), микроскопическом (разрыв связей внутри или между отдельными кристаллами и зёрнами), макроскопическом (трещины видны невооружённым глазом) и мегаскопическом (крупные механические дефекты часто геологической природы, имеющие размеры сравнимые с размером рассматриваемого блока) [3]. Трещины субмикроскопического и мегаскопического уровня не рассматриваются.

В массиве горной породы гранит может находиться, кроме того, в сложнапряжённом состоянии, под большим давлением порядка 100...1000 МПа. В процессе добычи это напряжение в значительной степени снимается и перераспределяется. В. Гукер и В. Дювал в работе [3] приводят такие цифры: измеренная ими скорость УЗК в горном массиве составила 5385 м/сек, в добытом блоке она не превысила 3900 м/сек. При приложении к данному образцу одноосного сжимающего напряжения той же величины, что и в естественном состоянии, скорость не превысила

4500 м/сек. Это объясняется возросшей трещиноватостью гранита и снятием внутренних напряжений в процессе отделения блока от монолита.

Разделение монолитной горной породы на блоки вызывает возмущение их напряженно-деформированного состояния.

Поэтому для прогнозирования внутренней трещиноватости и разрушающей нагрузки гранитов в блоках было предложено применить ультразвуковой метод, а для обнаружения трещин, выходящих на поверхность и не выявляемых визуальным контролем – капиллярный метод.

Первоначально для установления связи скорости УЗК с разрушающей нагрузкой были изготовлены отдельные образцы, которые подвергались разрушающим испытаниям в соответствии с требованиями [4]. Была выявлена положительная корреляция скорости УЗК с величиной приложенной разрушающей нагрузки, однако вычисленный коэффициент корреляции не позволил рекомендовать разработанную методику для практического применения. Исследования внешнего вида образцов после разрушающих испытаний позволило предположить, что их разрушение часто происходит не из-за достижения предела прочности, а от раскалывания по естественной слоистости или по направлениям прорастания под нагрузкой магистральных трещин задолго до момента разрушения.

Дальнейшие теоретические исследования показали, что при одноосном нагружении (сжатии) в трещиноватой горной породе (с трещинами, расположенными в трёх плоскостях) одновременно протекают как минимум два процесса, либо взаимно исключающих друг друга, либо дополняющих друг друга - уплотнение и разуплотнение (микро разрушение), в зависимости от интервалов напряжений, в которых они рассматриваются. И если, например, на начальной стадии нагружения разуплотнение превалирует над уплотнением, то на стадии предшествующей разрушению, эти два процесса взаимно уравниваются, после чего уже уплотнение превалирует над разуплотнением [5]. Это позволяет предположить, что разрушающие испытания на одноосное сжатие, рекомендуемые [4], не учитывающие это явление, как и естественную слоистость материала, являются недостаточно информативными и могут быть рекомендованы применять их в совокупности с ультразвуковыми испытаниями.

Для проверки этой гипотезы было изготовлено более 600 кубических образцов гранита из 4-х различных месторождений северо-запада России, на которых производилась отработка комплексной методики неразрушающего контроля гранитных блоков, включающей ультразвуковой, импульсный и низкочастотный резонансный акустические методы контроля, весовой метод и разрушающий метод одноосного сжатия.

В результате для образцов гранита из четырёх месторождений («Нигрозеро», «Сопка Бундина», «Балтийское» и «Возрождение») были получены корреляционные зависимости между частотой собственных колебаний образцов, скоростью ультразвука частотой 100 кГц в них и наличием в

образцах трещин и плоскостей ослабления, на основании которых были полученные корреляционные уравнения, приведённые в табл. 1.

Табл. 1. Корреляционные зависимости для различных пород

Порода	Корреляционная зависимость	Коэффициент корреляции	Погрешность аппроксимации
Нигрозери вдоль слоев	$V=1164,43027+29,16658*R-0,06745*R^2$	0,935	$\pm 91,88977$
Нигрозери поперек слоев	$V=19431,57496+912,79247*R-12,43507*R^2+0,05736*R^3$	0,795	$\pm 133,95945$
Сопка Бунтина вдоль слоев	$V=4356,00502+14,13276*(R-0,03629)^2$	0,904	$\pm 44,70022$
Сопка Бунтина поперек слоев	$V=4696,82498+6,22226*R+0,05871*R^2$	0,797	$\pm 75,17897$
Возрождение	$V=4235,09068-6,07010*R+0,03930*R^2$	0,936	$\pm 21,24721$
Балтийское	$V=5340,39705-17,00147*R+0,10145*R^2$	0,940	$\pm 22,88424$

Это позволило дать рекомендации по отбору гранитных блоков для транспортировки заказчику в Китай и Польшу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ 9479-2011.** Межгосударственный стандарт. Блоки из горных пород для производства облицовочных, архитектурно-строительных, мемориальных и других изделий. – М. : Стандартинформ. Изд-во стандартов, – 2012. – 8 с.
2. [www. newvozr.ru](http://www.newvozr.ru)
3. Разрушение / Под ред. Г. Либовица. – М. : Изд-во Мир, 1976. – Т. 7. – Ч. 1. Неорганические материалы. – С. 62–65.
4. **ГОСТ 21153.2-84.** Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. – М. : ИПК. Изд-во стандартов, 2001. – 8 с.
5. **Зиновьев, В. Н.** Определение микротрещинообразования бетона при сжатии ультразвуковым импульсным методом / В. Н. Зиновьев // Инновации в науке и образовании – 2009: тр. VII Междунар. науч. конф., Калининград, 20–22 окт. 2009 г. – Калининград, 2009. – Ч. 2. – С. 70–76.