

05.1;07;12

ОБНАРУЖЕНИЕ МИКРОТРЕЩИН В ОБРАЗЦАХ ГОРНЫХ ПОРОД С ПОМОЩЬЮ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ МИКРОСКОПИИ

© *А.М.Лексовский, В.А.Боровиков, Н.С.Бозоров,
А.Абдуманов*

Анализ проблемы обеспечения естественной сохранности кристаллов при традиционном взрывном способе разрушения горной породы свидетельствует [1,2] о наличии техногенных нарушений значительной части добываемого кристаллосырья, что приводит к невосполнимым потерям, особенно при гибели уникальных экземпляров. Для разработки технологии щадящего взрывания при добыче кристаллосырья необходимо исследовать микромеханику процессов разрушения горных пород, т. е. процессов, предшествующих появлению макроскопических трещин. Тем более, что повреждения сплошности микроскопического масштаба в непрозрачных минералах и горных породах в настоящее время просто не фиксируются, а именно дефекты такого масштаба могут иметь место во вмещающих породах как в зоне разрушения, так и в зоне предразрушения. Накопление микродефектов может определять механизм разрушения вмещающей породы и повреждаемость монокристаллов драгоценных камней, оптического и пьезоэлектрического кристаллосырья. Таким образом, для оптимизации технологии взрывного способа отбойки и дезинтеграции горной массы становится необходимым определение не только истинных размеров зоны макроразрушения вмещающей породы, но и в не меньшей степени размеров зоны микроскопических нарушений сплошности. Изучение микротрещин с раскрытием порядка мкм и меньше с помощью традиционной световой микроскопии в образцах горных пород чрезвычайно затруднено и практически невозможно вследствие маскировочного эффекта рельефа даже при использовании операции шлифования поверхности. В этом случае целесообразно применить метод люминесцентной микроскопии с использованием эффекта диффузии в образцы горной породы специальных низкомолекулярных люминофоров с характеристическим излучением в коротковолновой части спектра под воздействием ультрафиолетового (УФ) облучения. Ранее этот метод применялся, в частности, для полимеров (см., например, [3]). В эксперимен-

те был осуществлен модельный взрыв камуфлетного заряда тэна в гранитном блоке размерами $20 \times 25 \times 25$ см. По установленным ранее [4] закономерностям изменения радиальной и тангенциальной компонент волны напряжений произведена их численная оценка на разных расстояниях от центра взрыва. Из средней и дальней зон вырезались фрагменты пластины для анализа их поврежденности. Фрагменты в виде параллелепипедов с размерами сторон $12 \times 20 \times 25$ мм помещались на дно кюветы с 0.03% раствором фталимида так, чтобы образец был погружен на 1–1.5 мм по высоте. В качестве растворителя могут быть использованы эфиры, спирты, непредельные углеводороды. Кювета с образцами помещалась на предметный столик люминесцентного микроскопа ЛМ-3, который обеспечивает изучение объектов в свете их люминесценции, возбуждаемой сине-фиолетовыми и УФ лучами источника света ртутной лампы ДРШ-250-3.

Эксперимент *in situ* показал, что через некоторое время после погружения нижней части образца в раствор с люминофором за счет капиллярных явлений последний поднимается по каналам несплошности, выходит на поверхность образца, декорируя дефекты-микротрещины. Первыми появляются наиболее крупные (наиболее раскрытые) дефекты. В растворе самого легкого растворителя это происходит за минуты, а в более тяжелом — за десятки минут. В более легком растворителе люминофор после выявления микротрещин декорирует также и большинство границ раздела между зернами минералов кварца, полевого шпата и слюды.

На рис. 1–2 показан пример изображения участка (4×3 мм) поверхности фрагмента образца гранита на расстоянии 120 (рис. 1) и 35 (рис. 2) мм от центра взрыва при обычном освещении дневным светом (а) и при сочетании дневного света с УФ облучением (б). Можно видеть, что продифундировавший люминофор позволяет выявить каналы несплошности в местах, в которых при традиционном освещении объекта в микроскопе микродефекты не обнаруживаются.

Исследование ряда образцов с общей поверхностью более 10000 мм^2 показало, что в исходном состоянии (до взрыва) на грани образца площадью около 500 мм^2 имеется всего 1–2 микротрещины. При этом “поврежденная” площадь, как правило, составляет менее 0.2%. Для образцов, отстоящих на расстоянии 30–40 мм от центра взрыва (~ 10 радиусов заряда, R_3), “поврежденность” возрастает до $\sim 20\%$. На расстоянии $\sim 40R_3$ поврежденность на уровне ~ 1 –2%. Анализ поверхности показывает, что распределение зерен по размерам после проведения камуфлетного взрыва видоизменяется

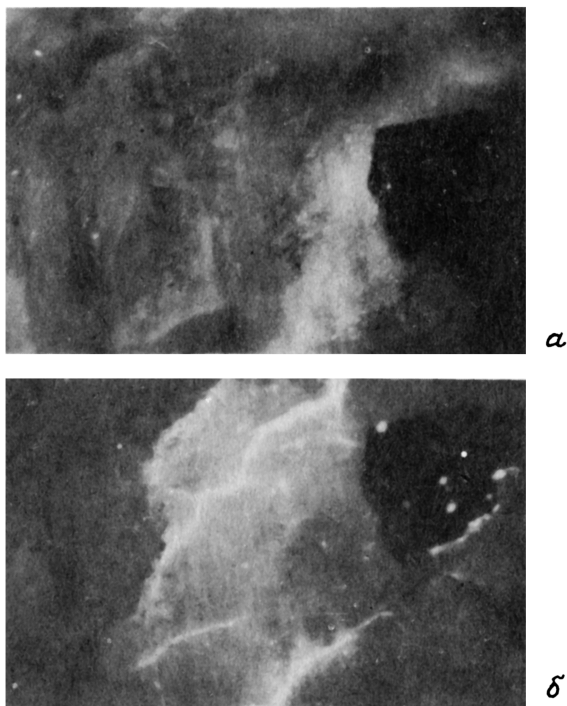


Рис. 1. Вид поверхности фрагмента образца, вырезанного из блока гранита на расстоянии 120 мм от центра взрыва, при освещении белым светом (а) и при одновременном освещении белым светом и УФ облучении (б).

за счет резкого увеличения мелкой фракции при дроблении в основном зерен среднего размера минералов кварца и полевого шпата преимущественно в приграничных областях, на стыке зерен. Это обстоятельство можно считать вполне естественным, поскольку именно эти минералы из всех компонентов гранита являются наиболее высокомодульными, что в соответствии с релаксационным механизмом перераспределения локальных напряжений ^[5,6] приводит к возникновению на них больших напряжений при приходе деформационной волны.

Таким образом, более тонкий метод исследования микрповреждений сплошности позволяет обнаружить микротрещины в горных породах, в данном случае в граните, в гораздо более удаленных от центра взрыва зонах, чем то обычно принято считать (см., например, [7]). Следовательно, в процессе добычи и обогащения кристаллосырья необходимо более корректно учитывать микронарушения в

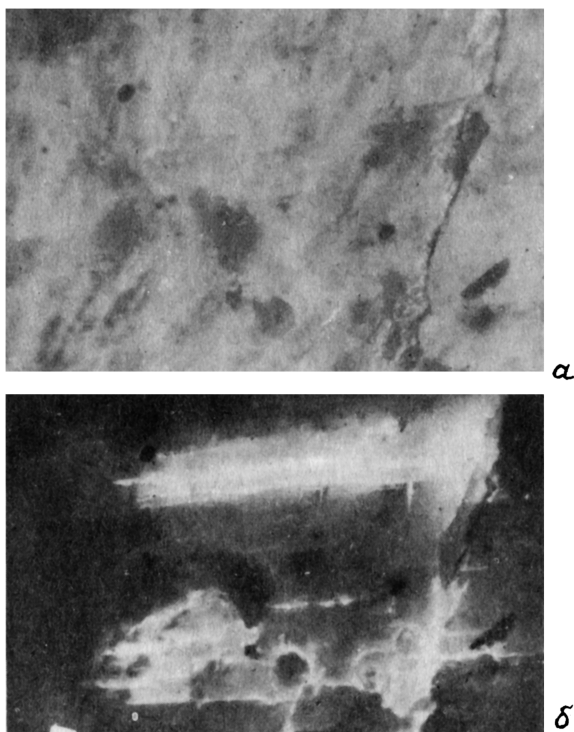


Рис. 2. Вид поверхности фрагмента образца, вырезанного из блока гранита на расстоянии 30 мм от центра взрыва, при освещении белым светом (а) и при одновременном освещении белым светом и УФ облучении (б).

средней и дальней зонах взрыва путем регулирования параметров взрывного нагружения [7]. Это позволит оптимизировать интенсивность разрушения, обеспечивая дезинтеграцию вмещающей породы и естественную сохранность кристаллов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 95-05-14730).

Список литературы

- [1] Мосинец В.Н., Боровиков В.А., Соколов Б.А., Бригин Ю.Л. // Горный журнал. 1987. № 12. С. 29-32.
- [2] Боровиков В.А., Скропышев А.В. и др. // ЦНИИЦВЕТМЕТ информация. М., 1985. С. 56-57.
- [3] Меклер Ю.Б. // Коллоидный журнал. 1967. Т. 29. № 6. С. 908-910.

- [4] Боровиков В.А., Ванягин И.Ф. // Техника и технология взрывных работ. Л., 1985. 90 с.
- [5] Tishkin A.P., Gubanova G.N., Leksowskiy A.M., Yudin V.E. // J. Mater. Sci. 1994. V. 29. P. 632-639.
- [6] Тишкин А.П., Абдуманонов А., Лексовский А.М. // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. В. 15. С. 10-14.
- [7] Боровиков В.А., Ванягин И.Ф., Менжулин М.Г. // Записки ЛГИ "Разрушение горных пород". Т. 125. Л., 1991. С. 10-17.

Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе РАН
С.-Петербург

Поступило в Редакцию
18 ноября 1995 г.