

Роль механических напряжений в деструкции горных пород под влиянием ударной волны

Щербаков И.П. (2), Веттегрень В.И. (1, 2), Мамалимов Р.И. (1, 2),
Пономарёв А.В. (1)

(1) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва, Россия

(2) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: Victor.Vettegren@mail.ioffe.ru

В последние годы было установлено, что под действием ударных волн поверхность пород испаряется с вылетом электронно-возбужденных положительно заряженных ионов и электронов. Какова же роль механических напряжений в деструкции пород, подвергаемых воздействию ударных волн? Для ответа на этот вопрос нами были сконструированы и построены 2 установки: первая позволяет регистрировать спектры люминесценции горных пород под действием ударных волн, а вторая регистрирует временные зависимости сигналов люминесценции одноосно сжатых образцов горных пород с временным интервалом 2 нс. Исследуемые образцы были приготовлены из кварца, аляскита, плагиогранита и габбро-диабазы. Каждый из них представлял собой параллелепипед с размерами ребер 4x4x6 см. Внутри него вырезан паз, в который вставлены медные электроды, присоединенные к конденсатору. При его разряде между электродами возникала дуга. Ее появление вызывало образование ударной волны в воздухе и вслед за ней – в образце. Когда волна в образце добежала до поверхности, противоположной разряду, она начинала испаряться - из нее вылетала струя плазмы, состоящей из электронно-возбужденных, положительно заряженных ионов и электронов. При релаксации возбуждения возникала люминесценция, спектры и временные зависимости которой регистрировались нашими установками. Известно, что кристаллы содержат дислокации, которые могут двигаться по плоскостям скольжения. В местах пересечения плоскостей создаются «стопоры», препятствующие движению дислокаций. В стопорах возникают сильные искажения кристаллической решетки, которые могут вызывать переходы между уровнями основного и возбужденного электронных состояний и распад кристаллических решеток на положительно заряженные ионы. Ударная волна "выносит" искаженные участки кристаллических решеток на поверхность, что позволяет возбужденным ионам вылетать с нее. При выносе на поверхность должны появляться дефекты в виде канавок, глубина которых может достигать 1 мкм и более. Такие дефекты действительно наблюдались нами в оптический микроскоп.

Нас заинтересовал вопрос: как повлияет сжимающее напряжение на вылет струй ионов? Оказалось, что когда их величина напряжений меньше (0,92 - 0,95) от прочности образца, число и интенсивность струй ионов при увеличении напряжения уменьшаются. Этот эффект обусловлен тем, что сжимающие напряжения препятствуют движению и пересечению дислокаций, а также их аннигиляции. Когда величина напряжений приближалась к прочности образца и в нем появлялась разрушающая трещина, интенсивность и число струй ионов резко увеличивались. Вероятно, напряжения в вершине трещины вызывают образование новых скоплений дислокаций, что и ведет к увеличению скорости деструкции поверхности исследованных образцов. В этом случае трещина играет роль триггера, вызывающего резкое увеличение интенсивности испарения ионов с поверхности горных пород.