

К. В. Халкечев, Р. К. Халкечев (Москва, МГГУ). Математическое моделирование техногенных катастроф. II. Фрактальная кластерная модель горных ударов.

Горные удары представляют собой внезапные разрушения пассива горных пород близи подземных выработок, которые сопровождаются нарушением крепи, смещением машин, механизмов, оборудования и т. д. [1]. Начальными формами, предвещающими более интенсивное разрушение, являются процессы, проявления которых происходят в виде стреляния, толчков, микроударов, внезапных разрушений [2].

Обычно считалось, что горным ударам подвержены участки массивов, сложенных прочными упругими породами. Этим самым предполагалось, что частота горных ударов определяется свойствами горных пород, как высокая прочность и хрупкость. Однако, впоследствии было обнаружено, что тип разрушения не является собственным свойством горных пород, а зависит от скорости нагружения и определенного сочетания свойств испытательной машины и горной породы. Так мгновенному разрушению подвержены породы, обладающие низким модулем упругости при недостаточной жесткости испытательной машины, в то время как горные породы с высокой прочностью могут разрушаться постепенно при нагружении достаточно жесткими испытательными машинами. К тому же ударам всегда предшествуют сильные трески. Все это выдвигает на первый план предположение, что за горные удары также ответственна интенсивность трещинообразования.

Рассмотрим процесс трещинообразования при отсутствии или обеспечении свободного выхода газа. С увеличением числа трещин конкуренция из-за места в пласте приводит к уменьшению скорости прироста. Действительно, имеющиеся трещины способствуют образованию новых, в тоже время они препятствуют образованию их в непосредственной близости. В этом случае для скорости прироста трещин имеем:

$$\frac{dx}{dt} = (a - bx)x. \quad (1)$$

Коэффициенты a и b можно превратить в единицу выбора масштабов x и t . В результате получим так называемую логистическое уравнение;

$$\frac{dx}{dt} = (1 - x)x \quad (2)$$

интегральные кривые которого называются логистическими кривыми. Процесс трещинообразования имеет положение равновесия: $x = 0$ и $x = 1$; поле между точками 0 и 1 направлено от 0 к 1, а при $x > 1$ к точке 1. Отсюда положение равновесия 1 устойчиво, а положение равновесия 0 неустойчиво. Таким образом, при любой начальной трещиноватости ($x > 0$) с течением времени происходит выход к устойчивому состоянию равновесия $x = 1$. Логистическая кривая имеет две горизонтальные асимптоты и описывает переход от одного состояния 0 к другому 1 за бесконечное время.

Отсюда следует, что интенсивность трещинообразования не носит взрывообразный характер. А это означает, что трещинообразование является необходимым, но недостаточным условием, для возникновения горного удара. И поэтому наряду с трещинообразованием, необходим дополнительный механизм, обеспечивающий горный удар.

При ведении горных работ происходит существенное перераспределение поля напряжений в породном массиве. В результате включается механизм концентрации напряжений при взаимодействии зерен (минералов), расположенных вплотную друг к другу [3]. К нему добавляется механизм концентрации напряжений при взаимодействии между собой горных пород, расположенных вплотную друг к другу в породном массиве. Все это может привести к обильному трещинообразованию между зернами, минералами, горными породами «благоприятной» и «неблагоприятной» ориентации. Соединяясь между собой, трещины могут образовать неустойчивые конфигурации,

допускающие относительное смещение кусков породы, Эти конфигурации ведут к возникновению нового иерархического уровня, которые в принципе не могут обладать переданным ему свойством в виде упругости.

Итак, еще одним важным фактором в подготовке горного удара является возможность смещения одних кусков породы относительно других при определенных нагрузках. В результате можно предложить следующий механизм горных ударов.

Если трещины достаточно широки и хорошо связаны друг с другом, то смещение охватывает достаточно большие объемы, начиная с глубины отрабатываемого пласта. На языке кластеров это бесконечный кластер. В противном случае относительное смещение не охватывает всей толщины пласта — конечный кластер. Причем в данном случае существенную роль играет масштабный фактор. Указанные кластеры могут образовываться на различных иерархических уровнях породного массива: на структурном, текстурном, породном уровнях и на уровне горной породы и породного массива в целом. Геометрические фазовые переходы конечный-бесконечный и бесконечный-конечный кластеры, охватывающие объемы, сравнимые с размерами: элементарных объемов структурного и текстурного — провоцируют стреляние; объема, занимаемого отдельной горной породой — толчки и микроудары; элементарного объема породного массива — горные удары. При данном фазовом переходе меняется скачком сам упругий параметр, поэтому будем квалифицировать его как геометрический фазовый переход I рода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Биняевский Б. М.* Управление горным давлением. М.: Мир, 1990, 184 с.
2. *Петухов И. М., Линьков А. М.* Механика горных ударов и выбросов. М.: Недра, 1983, 456 с.
3. *Халкечев К. В.* Механика неоднородных горных пород. Бишкек: Илим, 1991, 226 с.