

Определение тензора сейсмического момента событий акустической эмиссии при трехточечном изгибе мрамора

Пантелеев И.А.

Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия
e-mail: pia@icmm.ru

Настоящая работа посвящена разработке и программно-аппаратной реализации комплекса алгоритмов, направленных на определение тензора сейсмического момента событий акустической эмиссии, зарегистрированных в лабораторных экспериментах. Полная информация о тензоре сейсмического момента позволяет для конкретного события определить, как его механизм, так и ориентацию плоскости разрыва вместе с направлением смещения. Декомпозиция механизма источника акустической эмиссии на шаровую компоненту (ISO) и две девиаторных (двойной диполь DC и компенсированный линейный диполь CLD) дает дополнительную информацию о преобладающем вкладе той или иной моды деформирования.

Существующие в сейсмологии алгоритмы восстановления компонент тензора сейсмического момента требуют существенной модернизации и адаптации для применения к данным акустической эмиссии. Разработанный авторами комплекс алгоритмов включает в себя: алгоритм определения времени вступления Р-волны, двухстадийный метод уточнения решения пространственной задачи локации на основе USBM метода, процедуру абсолютной калибровки датчиков акустической эмиссии и последующей деконволюции волновых форм для определения абсолютной величины амплитуды Р-волн, а также трехступенчатый алгоритм определения тензора сейсмического момента и его уточнения. На первом этапе найденное решение для компонент тензора сейсмического момента уточняется с помощью гибридного алгоритма инверсии тензора сейсмического момента [1]. Суть гибридного алгоритма заключается в итеративном уточнении амплитуд Р-волн, зарегистрированных различными датчиками в антенне, для минимизации невязки между найденным решением (смещением на конкретном датчике) и теоретическим рассчитанным. Применение итеративного метода позволяет скорректировать найденное решение на систематическую ошибку в определении механизма источников, расположенных в кластере (близко друг к другу), вызванную внешним шумом, качеством акустического контакта между датчиками и материалом, локальными неоднородностями на траектории распространения волны. На второй ступени все найденные решения (для всех лоцированных источников акустической эмиссии) проверяются на устойчивость к вариациям амплитуд волн, зарегистрированных антенной (согласно методике, предложенной в [2]). На третьем этапе для оставшихся решений вычисляется среднеквадратичная невязка между зарегистрированными амплитудами перемещений и теоретически предсказанными, и отбраковываются те решения, невязка по которым превышает также 50%.

Апробация разработанного комплекса алгоритмов проведена на акустико-эмиссионных данных, полученных при трехточечном изгибе образцов мрамора месторождения Коелга. Решение задачи локации показало, что большинство зарегистрированных событий акустической эмиссии концентрируются в районе будущей магистральной трещины. Последовательно решены задачи определения и уточнения механизмов событий акустической эмиссии. После третьего этапа уточнения из исходных 1669 решений механизмов источников акустической эмиссии осталось 557. Установлено, что преобладающее большинство механизмов относится к трещинам нормального отрыва (схлопывающимся и раскрывающимся) с различной величиной дополнительной сдвиговой составляющей. Анализ распределений угла погружения двух нодалных плоскостей для найденных решений показал наличие преимущественного направления погружения в районе 35-40 градусов. По направлению подвижки найденные механизмы источников акустической эмиссии являются сбросами и взбросами. Также показано, что в первой половине эксперимента по изгибу

образцов мрамора, количество источников акустической эмиссии с положительной (раскрытие) и отрицательной (закрытие) шаровой частью растёт согласовано и пропорционально, тогда как ближе к моменту появления макроскопической трещины, количество раскрывающихся трещины начинает преобладать.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 17-05-00720-а).

1. Andersen L.M. (2001) A relative moment tensor inversion technique applied to seismicity induced by mining, Univ. of the Witwatersand, Johannesburg

2. Vavrycuk V. Inversion for parameters of tensile earthquake. Journal of geophysical research. 2001. V. 108(B8). 16339-16355.