

АВТОВОЛНОВАЯ МОДЕЛЬ ПЛАСТИЧНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ И МЕДЛЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Зуев Л.Б., Баранникова С.А., Жигалкин В.М.*

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН (Томск)

*Институт горного дела СО РАН (Новосибирск)

Необходимость исследований поведения горных пород при нагружении продиктована широким спектром теоретических и практических задач, возникающих при геомеханическом анализе состояния подработанного массива. Для их решения требуется знание не только механических свойств горных пород, но и механизмов их деформации, которые следует использовать для оценки эволюции напряженно-деформированного состояния. Развитый нами для анализа пластического течения метод спекл-фотографии выявил главные закономерности процессов макролокализации деформации твердых тел при нагружении и позволил развить автоволновую модель пластичности [1]. Ее проверка на широком круге металлов и сплавов показала, что тип локализации определяется законом пластического течения (деформационной диаграммой материала). Гипотеза о возможности применения этой модели к деформационным процессам в горных породах обусловила интерес к исследованиям характера макронеоднородности деформации квазипластичных горных пород.

С этой целью в настоящей работе исследовали картины локализации деформации образцов горных пород (сильвинит, мрамор и песчаник) размером $25 \times 12 \times 10$ мм. Одноосное сжатие образцов производилось на испытательной машине со скоростями перемещения подвижного захвата 0.1, 0.5, 1 и 10 мм/мин. Одновременно с записью диаграмм сжатия с использованием автоматизированного комплекса ALMEC-tv методом цифровых спекл-изображений последовательно регистрировались картины локализации деформации на рабочей грани исследуемых образцов. На кривых нагружения наблюдались участки резкого падения напряжений, соответствующие растрескиванию образцов. Деформирование завершается хрупким разрушением при общей деформации $\varepsilon_{tot} = 1.5 \dots 3\%$. Пластическая деформация исследованных горных пород протекает макроскопически локализовано, то есть, в любой момент времени сосредоточена в нескольких зонах макроскопического масштаба, в то время как другие объемы при этом же приросте деформации практически не деформируются.

Экспериментально установлен автоволновой характер процесса локализации деформации при сжатии горных пород. Это утверждение основано на экспериментально установленных характеристиках этих процессов, позволяющих отличить их от других, ранее изученных типов волн, также связанных с деформацией: скорость распространения волн локализации деформации лежит в пределах $10^{-5} \dots 10^{-4}$ м/с; области неоднородности деформации имеют макроскопический масштаб, составляющий 3...5 мм и соизмеримый с размерами образцов, используемых для механических испытаний.

Успех этого подхода иллюстрируется наблюдением в наших экспериментах «медленных волн» деформации [2], природу которых удалось объяснить на основе представлений [1]. Прямые экспериментальные доказательства существования этих волн пока очень немногочисленны или даже уникальны. Физическая основа концепции деформационных волн земли состоит в фундаментальном свойстве геосреды, слоистости и блочности ее структуры. Поскольку скорости экспериментальных наблюдений «медленных движений» ($\sim 1 \dots 10$ км/год) весьма близки к скоростям волн локализованной деформации ($\sim 10^{-5} \dots 10^{-4}$ м/с), наблюдавшимся в песчанике, мраморе и сильвините, то можно утверждать, что впервые в лабораторных условиях при одноосном сжатии наблюдалось распространение автоволн локализованной деформации в образцах из горных пород со скоростями, близкими к наблюдаемым в горных пластах после землетрясений и горных ударов так называемым «медленным движениям».

Литература

1. Зуев Л.Б., Данилов В.И., Баранникова С.А. Физика макролокализации пластического течения. Новосибирск: Наука, 2008. 327 с.
2. Гольдин С.В. Дилатансия, переупаковка и землетрясения // Физика Земли. 2004. № 10. С. 37–54.