Моделирование внутренних напряжений горных массивов в раках упругих слоисто блоковых моделей с иерархическими включениями l-го ранга

Хачай О.А.1, Хачай A.Ю.2

1Хачай Ольга Александровна, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геофизики УрО РАН имени Ю.П.Булашевича,

olgakhachay@yandex.ru, г. Екатеринбург, Россия

2 Хачай Андрей Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент, Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.П.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

В настоящее время накоплено достаточно наблюдений, свидетельствующих о двух важнейших особенностях современной эволюции геологической среды: - механические перемещения вещества Земли происходят на любых пространственных и временных масштабах; - доступное изучению вещество земной коры образует блочно-иерархическую структуру. Важную роль для понимания формирования и развития иерархии структурных уровней деформации в твердых телах играют теоретические и экспериментальные результаты, полученные на образцах Томской школы. С их помощью развит подход, использующий представления о диссипативных структурах в неравновесных системах в работах И.Пригожина, для которых имеют место процессы самоорганизации на каждом из иерархических уровней. В работах Хачай О.А. с использованием 3D электромагнитного индукционного пространственно-временного мониторинга удалось показать, что модель иерархичной дискретной среды применима для описания строения массива горных пород различного вещественного состава. В рамках конкретной модификации метода удалось проследить два иерархических уровня. В последние десятилетия стало очевидным, что деформируемое твердое тело представляет собой многоуровневую иерархически организованную систему, которая должна описываться в рамках нелинейной механики и неравновесной термодинамики. В работе Тажибаева подробно изложена проблема определения остаточных напряжений экспериментальными методами, природа возникновения и сохранности остаточных напряжений в горных породах, металлических конструкциях, многокомпонентных материалах. При измерениях напряжений в массиве горных пород методами разгрузки фиксируется суммарный результат деформаций от снятия остаточных напряжений и напряжений внешних сил. Однако для прогнозирования возможного разрушения массива возникает необходимость в разделении напряжений массива на напряжения внешних сил и остаточные внутренние напряжения. При этом вследствие того, что структура массива имеет слоисто блочный вид с внутренними включениями иерархического типа, которые расположены нелокально, необходимо иметь возможность определять более точно возможный источник внутреннего разрушения,который влечет за собой разрушение по принципу домино. В настоящей работе разработан 2D алгоритм определения внутренних напряжений в рамках акустического мониторинга слоисто блоковой упругой среды с упругими иерархическими включениями *L*-го ранга (L=3)с использованием продольной и поперечной волны. Для определения значений внутренних напряжений необходимо знать физические параметры среды, а также геометрические параметры контуров и площадей для вложенных неоднородностей. Если при переходе на следующий иерархический уровень ось двухмерности не меняется, а меняются только геометрии сечений вложенных структур, то итерационный процесс относится к моделированию вектора смещений при переходе с предыдущего иерархического уровня на последующий уровень.

Внутри каждого иерархического уровня интегро-дифференциальное уравнение и интегро-дифференциальное представление вычисляются с помощью выписанных уравнений. Если на некотором иерархическом уровне структура локальной неоднородности распадается на несколько неоднородностей, то двойной и контурные интегралы в выражениях берутся по всем неоднородностям. В данном алгоритме рассмотрен случай, когда физические свойства неоднородностей одного и того же уровня одинаковы, различаются только границы областей и происходит смещение центров иерархических областей относительно друг друга. При этом внутренние напряжения определяемые с помощью продольной волны связаны с эффектом сдвига в горном массиве, а поперечной волны –с эффектом сжатия-растяжения.

Благодаря использованию модели слоисто блоковой среды с иерархическими включениями можно с помощью акустического мониторинга определить положение наибольших значений внутренних напряжений, определить тип возникших напряжений и с меньшими усилиями осуществить метод разгрузки горного массива. При необходимости проведения краткосрочного прогнозного мониторинга геодинамических областей и определения более точно положение готовящегося землетрясения с использованием скважинных активных акустических наблюдений надо их настроить на слоисто блоковую модель с иерархическими включениями, а в качестве наблюдаемого мониторингового параметра использовать значения тензора внутренних иерархических напряжений.