

Учет заданного рельефа поверхности и сферичности при численном моделировании процессов деформации в земной коре

Стефанов Ю.П. (1, 2), Бакеев Р.А. (1, 2), Суворов В.Д. (1), Мельник Е.А. (1)

(1) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН), Новосибирск, Россия

(2) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН), Томск, Россия

e-mail: yu_st@mail.ru

В основе численного расчета напряженно-деформированного состояния в геологических средах лежат методы, разработанные в механике сплошной среды. Однако при решении задач геомеханики возникает ряд специфических проблем, связанных с большими размерами исследуемых областей, недостатком сведений о свойствах среды и условиях деформирования. Также остается открытым вопрос о влиянии и необходимости учета сферичности при рассмотрении процессов деформации для областей разной протяженности и глубины. Первая проблема связана со значительным вкладом в напряженное состояние гравитационных сил. Это приводит к тому, что при рассмотрении процессов, начальным является напряженное состояние вызванное действием силы тяжести, расчет которого является первым этапом решения задачи. Результатом такого расчета в рамках обычных алгоритмов мы получим распределения напряжений в деформированной среде с искаженным рельефом, не соответствующим первоначально заданному. Легко оценить, что при толщине модели в десятки километров даже при упругом состоянии искажения геометрии будут значительны. При пластической деформации искажения могут быть значительно больше. Таким образом, возникает серьезная задача расчета напряженного состояния соответствующего заданному рельефу, например горной системы.

В представленной работе предложен алгоритм расчета напряженного состояния области земной коры в условиях гравитации с сохранением заданного рельефа и геометрии неоднородностей. Разработанный алгоритм апробирован для упругого и упругопластического поведения среды.

В качестве примера рассмотрено напряженно-деформированное состояние трёхслойной блочной модели земной коры и верхов мантии, вдоль профиля Тарим–Алтай протяженностью 2500 км и глубиной 90 км. Результаты расчетов показали, что применение разработанного алгоритма обеспечило сохранение рельефа после расчета начального напряженного состояния, обусловленного действием силы тяжести. На втором этапе расчета рассмотрено влияние тектонического сжатия на изменение напряженно-деформированного состояния, рост горных систем и формы границы Мохо. Проведено сравнение решений, полученных с учетом сферичности и для прямоугольной области. Показано заметное влияние учета сферичности на напряженно-деформированное состояние.

Моделирование процессов деформации выполнено для условий плоской деформации. Решалась система уравнений динамики упругопластической среды. Описание деформации за пределом упругости осуществлялось в рамках модифицированной модели Друккера–Прагера–Николаевского.

Работа выполнена в рамках проекта IX.128.1.1. Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук