

Л. В. Иосифова, С. В. Ратнер (Краснодар, КубГТУ, ЮНЦ РАН). Моделирование природных явлений на основе механики сплошных сред.

Газовый и, как частный случай, грязевой вулканизм привлекает внимание ученых различных специальностей в силу многофакторности своего воздействия на окружающую среду. В частности, сопутствующий газовулканической и грязевулканической деятельности выброс метана может оказывать существенное влияние на изменение климата, т.к. метан является одним из наиболее важных природных газов, приводящий к возникновению парникового эффекта. Большое количество грязевых вулканов связано с разломными зонами. Разломы расположены на вершине диапировых структур и, вероятнее всего, являются путями миграции флюидов, поэтому изучению динамического поведения зон разрывных нарушений, трещиноватых структур различного масштаба посвящено большое количество теоретических и прикладных исследований.

В общих чертах все известные модели вулканической деятельности в своей основе используют модифицированные фундаментальные уравнения механики. При интерпретации сейсмических данных кристаллические породы обычно моделируются линейно упругой или вязкоупругой средой. Однако сейсмические волны показывают различные варианты в расщеплении сдвиговых волн, вызванные изменениями поля напряжений, что является свидетельством прямого или косвенного сопряжения первоначальных условий для поля напряжений в флюидонасыщенных породах. Традиционная линейная теория порозластичности Био не может адекватно моделировать поведение ориентированных по напряжению сейсмических поперечных волн. Подобным образом, традиционно эффективная теория континуума не описывает эффекты, связанные с изменениями в дифференциальном напряжении и давлении поровой жидкости.

Для изучения резонансных особенностей основных вулканических структур и зон разрывных нарушений предлагается модель, описывающая явление пространственно-дилатантной анизотропии (EDA), обусловленной распределением равномерно напряженных флюидонасыщенных микротрещин. Следуя подходу S.Crampin[1], опишем задачу о распределении напряжений в флюидонасыщенной трещиноватой породе следующими соотношениями:

$$\sigma_{ij}(t) = \sigma_{ij}(t/\tau) + \tilde{\sigma}_{ij}(wt), \quad e_{ij}^r = T_{ijkl}^r e_{kl} = T_{ijkl}^r (C^s)^{-1}_{klpq} \sigma_{pq}, \quad T^r = [I + P^r (C^r - C^s)]^{-1},$$

где $\sigma_{ij}(t/\tau)$ — «медленная» компонента напряжения, соответствующая приложенному напряжению на бесконечности, зависящая от времени τ ; $\tilde{\sigma}_{ij}(wt)$ — «быстрая» компонента, связанная с распространением упругой волны; C^s — тензор упругих постоянных твердого тела; T^r — тензор, описывающий геометрию, ориентацию и упругие постоянные пор; C^r — тензор упругих постоянных материала, из которого состоит включение; P^r — сингулярная часть второй производной функции Грина упругой среды, зависящая от геометрии включения.

Для пор, имеющих сферическую форму с малым соотношением геометрических размеров $g_0 \ll 1$, содержащих сильносжатый газ, деформация объема трещины V описывается соотношением $V/V_0 = 1 + e_{ii}^r \cong g/g_0$, где V_0 — первоначальный объем трещины; g и g_0 — текущее и первоначальное значение соотношений геометрических размеров, соответственно.

Изменение соотношения характеристических размеров происходит в результате приложения нагрузки и может быть выведено из определяющих соотношений: $g(\sigma_n)/g_0 = 1 + [2(1 - \nu)/(\pi g_0 \mu)] \sigma_n$, $\sigma_n = \sigma_n(\psi, \theta) = \sigma_{ij} n_i n_j = \sigma_1 \sin^2 \psi \cos^2 \theta + \sigma_2 \sin^2 \psi \sin^2 \theta + \sigma_3 \cos^2 \psi$, где ν — коэффициент Пуассона нерастрескавшейся изотропной упругой среды; σ_n — напряжение, приложенное по нормали к $n_i = (n_1, n_2, n_3) = (\sin \psi \cos \theta, \sin \psi \sin \theta, \cos \psi)$ к трещине, ψ, θ — углы Эйлера.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 05-01-00902, и программы П-9 РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Zatsepin S., Crampin S.* Modelling the compliance of crustal rock. — *Geophys. J. Int.*, 1997, v. 129, p. 477–494.