

Циклически-индуцированные деформации разломных зон

Кузьмин Ю.О.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук; Москва, Россия

e-mail: kuzmin@ifz.ru

Циклически-индуцированные деформации разломных зон

Кузьмин Ю. О., ИФЗ РАН

Представлены примеры циклически-индуцированных деформаций разломных зон и механизмы их формирования. Рассмотрены три типа воздействия на разломную зону: техногенное, экзогенное и эндогенное. Техногенное воздействие демонстрируется на примере эксплуатации подземного хранилища газа и месторождения сверхвязкой нефти. Природное (экзогенное и эндогенное) воздействие вызвано циклическим режимом изменения атмосферных осадков и аномальными приливными деформациями в зоне разлома.

Циклически-индуцированные деформации, как явление, могут происходить в виде двух форм проявления причинно-следственных связей между различными процессами. В первом случае – это вынуждение, аналогично происхождению вынужденных колебаний. Во втором случае – это наведенные процессы, когда выведение из равновесия механических систем осуществляются малыми, иногда «не очевидными» воздействиями.

Предложен механизм формирования этих аномальных деформаций на основе моделей пороупругого включения и пороупругой неоднородности. Показано, что первая модель соответствует вынужденным циклическим деформациям, а вторая циклически-индуцированным. Решена задача о смещениях поверхности упругого полупространства, содержащего пороупругую область в форме вертикальной, протяженной прямоугольной призмы, которая является модельным аналогом активного фрагмента разломной зоны. Получены аналитические формулы для оценки смещений земной поверхности для двух вариантов пороупругих моделей: включения и неоднородности.

На примере Ашхабадского разлома проведено сравнение обеих моделей и показано, что механизм формирования аномальных деформаций основанный на модели пороупругой неоднородности намного лучше описывает наблюдаемые смещения, чем модель пороупругого включения. Анализ аномальных смещений земной поверхности на подземном хранилище газа показал, что локальные оседания происходят, как в период отбора газа, так и во время закачки. Установлено, что в первом случае циклические оседания формируются по модели пороупругого включения, а во втором по модели пороупругой неоднородности. Локальные оседания в зоне разлома в период отбора газа линейно связаны с изменением пластового давления. Формирование аномальных просадок во время закачки газа нелинейно связаны с изменением пластового давления. Это является ярким примером циклически-индуцированных деформаций разломных зон, когда вариации во времени пороупругих параметров внутри разломной зоны в обстановке внешних квазистатических нагрузок, формируют локальное возмущение напряженно-деформированного состояния в окрестности разлома.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИФЗ им. О. Ю. Шмидта РАН.