

Разрушение горной породы при инъекции флюида – лабораторное моделирование триггерной сейсмичности

Пономарев А.В. (1), Смирнов В.Б. (1, 2), Патонин А.В. (3),
Михайлов В.О. (1), Строганова С.М. (1), Потанина М.Г. (1, 2),
Бондаренко Н.Б. (1, 2), Фокин И.В. (1), Шихова Н.М. (3), Арора К. (4),
Чадда Р. (4), Давулури Ш. (4), Раза Х. (4)

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

(2) Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

(3) Геофизическая обсерватория «Борок»- филиал Федерального бюджетного государственного учреждения науки Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта Российской академии наук, пос.Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия

(4) Национальный геофизический исследовательский институт, Хайдерабад, Индия

e-mail: avp46@mail.ru

Природа наведенной сейсмичности связывается большинством исследователей с увеличением порового давления под действием дополнительных напряжений, возникающих при заполнении водоохранилища, или с диффузией порового давления. Первый механизм может объяснять почти немедленный отклик сейсмичности при изменении объема воды в водоохранилище, а второй - задержанный отклик, что наблюдается в полевых наблюдениях. Для прояснения роли этих механизмов выполнены пилотные лабораторные эксперименты по инициированию процессов разрушения при повышении порового давления и фильтрации флюида при различных режимах нагружения на образцах различных пород.

Все эксперименты осуществлялись при постоянном всестороннем давлении от 10 МПа до 40 МПа, при различных уровнях действующих напряжений и при ступенчатом повышении порового давления. Величина порового давления менялась от 1 МПа до 15 МПа и на интервале ступени поддерживалась постоянной. Перед опытами образцы высушивались в течение 12 часов при температуре 70°C.

Основная цель экспериментов на этом этапе заключалась в изучении условий инициирования акустической эмиссии при повышении порового давления и фильтрации флюида в нагруженном образце горной породы.

С целью экспериментальной проверки предположения о природе ре-активации сезонной сейсмичности на юге от водоохранилища Койна были проведены эксперименты на образцах тестовых песчаников и рабочих гранитов из области Койна-Варна, направленные на выяснение вопроса о величине задержки отклика режима АЭ при обводнении сухого образца и при распространении волны давления в насыщенном образце. В образце сначала сформировалась "разломная зона" качественно моделирующая генеральный разломную зону вдоль которой, согласно предположению, происходила диффузия флюида. Далее в условия одноосного нагружения при постоянном давлении всестороннего сжатия через торец образца скачками подавалась вода. Скачки порового давления вызывали увеличение акустической эмиссии, максимум которой достигался с задержками относительно момента скачка порового давления. Эта задержка инициации разрушения при распространении флюида в сухой среде оказалась в несколько раз больше, чем при распространении фронта диффузии порового давления в насыщенной среде. Тем самым, результаты проведенных экспериментов на качественном уровне подтверждают предположение о природе реактивации сезонной сейсмичности на юге от водоохранилища Койна, которую мы связали с различной скоростью волн первичного обводнения и последующих фронтов порового давления, вызванных заполнением и эксплуатацией водоохранилища Койна.

Обнаружено, что ступени порового давления вызывали как наведённую акустическую активность с резким фронтом и постепенной релаксацией до фонового уровня, так и активизацию «роевого» типа. Последняя, как правило, реализуется при относительно малых величинах порового давления, порядка 1 МПа и менее.

Наконец, в ряде экспериментов выявлен эффект заметной, в десятки секунд и более, задержки максимума акустического отклика относительно момента подачи порового давления. Заметим, что в реальных условиях наведённая сейсмичность в районе Койна-Варна также характеризуется как быстрым, так и задержанным откликом на заполнение водохранилищ, причём механизм задержки остаётся неясным.