

## Лабораторное моделирование влияния градиента порового давления на ориентацию трещин гидроразрыва пласта

*С.Б. Турунтаев, Е.В. Зенченко, П.В. Зенченко, М.А. Тримонова,  
Н.А. Барышников (Институт динамики геосфер РАН)*

Проведена серия лабораторных экспериментов для исследования влияния порового давления и неравнокомпонентности горизонтальных напряжений на траекторию трещины гидроразрыва пласта (ГРП). Предварительно выбраны безразмерные критерии, которые необходимо обеспечить для подобия процессов ГРП в лабораторных и пластовых условиях, подобран модельный материал на основе медицинского гипса с добавлением порландцемента и проведены исследования его деформационных, прочностных и фильтрационных свойств.

Дано описание установки для моделирования. В образце при изготовлении создавались три скважины: одна центральная и две диаметрально противоположные и равноудаленные от центра. Боковые скважины использовались для задания градиента порового давления путем нагнетания жидкости через одну скважину и отбора через другую с поддержанием постоянного давления в обеих скважинах. Предварительно образец был насыщен водным раствором гипса, нагружен горизонтальными и вертикальной нагрузкой. Через центральную скважину с постоянным расходом 0,2 или 0,3 см<sup>3</sup>/с закачивалась вязкая жидкость (вакуумное масло) до образования трещины ГРП. Поровое давление измерялось в скважине с ГРП и в разных точках образца.

Эксперименты проводились при вертикальных давлениях от 2 до 7 МПа, минимальных горизонтальных напряжениях от 0 до 0,8 МПа, максимальных горизонтальных напряжениях от 0,3 до 1,15 МПа (указано избыточное напряжение по отношению к атмосферному давлению). Трещины ГРП образовывались при давлении от 5,3 до 13 МПа. Давление в нагнетательной скважине составляло от 1 до 2 МПа; в скважине, через которую отбиралась жидкость, давление было равно атмосферному. Угол между направлением максимального горизонтального напряжения и линией, соединяющей скважины отбора и нагнетания жидкости задавался равным 22,5, 45 и 66°.

Установлено, что трещины ГРП, полученные в экспериментах с большим контрастом напряжений, характеризуются прямолинейным распространением в направлении максимального сжимающего напряжения, практически совпадая с ним. Направление трещин ГРП в экспериментах с низким контрастом горизонтальных напряжений в целом коррелирует с направлением максимального сжимающего напряжения, но трещина гидроразрыва отклоняется в направлении градиента порового давления (в сторону нагнетательной и от добывающей скважины).

Получена динамика изменения порового давления в процессе образования трещины ГРП. Давление ГРП и длина трещин увеличиваются с ростом вертикального давления и давления в нагнетательной скважине. Длина слабо зависит от горизонтальных напряжений, давление ГРП повышается с ростом горизонтальных напряжений. Наблюдается тенденция к уменьшению давления ГРП и длин трещин при увеличении угла между осью максимальных горизонтальных напряжений и градиентом порового давления.