

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

DOI: 10.17223/9785946217408/415

**НЕЛИНЕЙНЫЙ МЕХАНИЧЕСКИЙ ОТКЛИК ФЛЮИДОНАСЫЩЕННЫХ
ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Псахье С.Г., Шилько Е.В.

*ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия
root@ispms.tomsk.ru*

Хорошо известно, что перераспределение жидкой фазы в порах вмещающего твердофазного проницаемого материала оказывает существенное влияние на его динамические физико-механические свойства. Особое внимание уделяется изучению роли поровых флюидов в поведении хрупких материалов, в первую очередь, горных пород. Влияние процессов перераспределения жидкой фазы на диссипацию упругой энергии во флюидонасыщенных породах определяется как механическим, так и физико-химическим взаимодействием «soft matter – hard matter». Взаимодействие этих компонентов одновременно осуществляется в широком спектре как пространственных масштабов (от наноскопического до макроскопического), так и временных (10^{-9} с– 10^0 с).

В настоящей работе представлены результаты теоретического изучения ряда ключевых аспектов взаимодействия жидкой и твердой фаз, определяющих эффективные механические характеристики флюидонасыщенных хрупких материалов. Исследования проводились путем компьютерного моделирования на нано- и макромасштабном уровнях с применением различных реализаций вычислительного метода частиц.

В частности, рассмотрены особенности структурно-фазового состояния воды в щелевидных нанопорах распространенных природных минералов, таких как гидроксипатит и «белая ржавчина». Показано, что структура поверхности нанопор и особенности распределения на ней электрического заряда определяют формирование структурированных слоев воды на границе с твердофазной стенкой, которые обеспечивают ярко выраженную селективную проницаемость нанопор по отношению к примесным ионам. Распределение электрического заряда на внутренних поверхностях минералов в значительной степени определяют и физические свойства поровой воды, что особенно ярко проявляется в условиях высоких давлений, реализующихся в нижних слоях земной коры и в верхней мантии. Результаты наномасштабного моделирования свидетельствуют, что распределение заряда на поверхностях пор в породе влияет на изменение объемной и сдвиговой жесткости с глубиной, включая падение объемной жесткости в точках фазовых переходов порового флюида и анизотропию сдвигового сопротивления.

Показано, что на макроскопическом масштабе неоднородная диссипация упругой энергии, вызванная фильтрацией жидкой фазы в поровом пространстве, определяет протяженность во времени процессов релаксации напряжений и сильную зависимость макроскопических механических характеристик флюидонасыщенного материала от скорости нагружения. В частности, в условиях монотонного деформирования эффективные упругие модули и прочностные характеристики являются нелинейной логистической функцией (а в ряде случаев – немонотонной функцией в форме суперпозиции нескольких сигмид) безразмерного числа Дарси. В докладе предлагается интерпретация логистического характера этих зависимостей на основе рассмотрения конкуренции процессов деформирования каркаса и перераспределения флюида, определяющих разнонаправленные вклады в изменение объема трещинно-порового пространства. Показана возможность получения единых (калибровочных) кривых, которые позволяют оценивать динамические значения упругих модулей и прочности для различных хрупких флюидонасыщенных материалов и определять неизвестные значения констант влияния флюида на напряженное состояние и прочность этих материалов на основе приведения экспериментальных данных к единой кривой.