

Напряжения и проницаемость геоматериалов и горных пород: теория и лабораторный эксперимент

Назаров Л.А., Назарова Л.А., Голиков Н.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала
Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

e-mail: mining1957@mail.ru

Разработан и в лабораторных условиях апробирован метод определения зависимости реологических свойств нефтеносных пород с высоким содержанием органического вещества от температуры T на основе решения обратных задач по данным термобарических испытаний. Цилиндрический образец подвергался статическому осевому нагружению и ступенчатому нагреву от 20 до 150 С, измерялось изменение высоты $H(t)$ (t – время). Деформирование образца описывалось моделью Кельвина, в рамках которой на каждой стадии нагрева $T=T_n$ решалась обратная коэффициентная задача определения модуля Юнга E_n и эффективной вязкости V_n пород по $H(t)$. Множества E_n и V_n аппроксимированы двухпараметрическими экспоненциальными функциями, получены эмпирические зависимости $E=E(T)$ и $V=V(T)$.

Сконструирована и изготовлена лабораторная установка для исследования зависимости проницаемости K гранулированных геоматериалов от напряжений и давления флюида. Измерительная ячейка в форме параллелепипеда заполнялась калиброванным песком с известным гранулометрическим составом, на различных участках верхней грани прикладывалось вертикальное напряжение S . На одной вертикальной грани создавалось постоянное давление газа P , на противоположной регистрировался расход $Q(S,P)$ при стационарном режиме фильтрации. Разработана математическая модель эксперимента, описывающая процесс массопереноса. Предполагая, что зависит от эффективного напряжения по экспоненциальному закону с коэффициентом A в показателе, найдено аналитическое решение задачи о стационарной фильтрации в ячейке при неоднородном напряженном состоянии. Предложен метод количественной оценки A на основе минимизации функционала относительной невязки между Q и теоретически рассчитанным расходом. Показано, что значение A определяются независимо от вязкости газа и начальной проницаемости упаковки геоматериала.

С использованием разработанной пороупругой модели, описывающей эволюцию геомеханических и гидродинамических полей в прискважинной зоне, проведен сравнительный анализ расходных характеристик скважины для типичных значений деформационных и фильтрационно-емкостных параметров продуктивных пластов. Показано, что неучет установленных эмпирических зависимостей проницаемости от эффективных напряжений и температуры может привести к существенному завышению прогнозных оценок объема добычи.