

Исследование влияния фильтрации жидкости через кровлю и подошву пласта на приёмистость скважины

Научный руководитель – Афанасьев Андрей Александрович

Денисов Максим Иванович

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра гидромеханики, Москва, Россия
E-mail: maxim2802@yandex.ru

В настоящее время для уменьшения антропогенного воздействия на Землю разрабатывается технология подземного захоронения углекислого газа (CO_2) в пористых геологических пластах — CCUS. Загрязнение атмосферы, связанное с организацией многих технологических процессов, может быть уменьшено, если CO_2 как продукт горения закачивается в проницаемые недра Земли, а не выбрасывается в атмосферу. Во многих случаях закачка газа происходит в водонасыщенные породы, приводя к многофазной фильтрации бинарной смеси углекислого газа (CO_2) и воды (H_2O). Однородный пласт представляет собой объём, ограниченный крышкой и подошвой с гораздо меньшей проницаемостью (например, глина). Однако закачка большого количества углекислого газа может спровоцировать просачивание «газифицированной воды» в пласты уже на другие уровни. Практическая значимость данной работы обусловлена тем, что известные пористость, проницаемость, глубина, высота пласта и давление внутри него дают возможность точно рассчитать объём захоронения CO_2 с учётом распространения газа в подошву и крышку. В результате расчёта закачка углекислого газа будет более надёжной, так как обезопасит предприятие от катастрофического неконтролируемого выброса вредных газов в грунтовые воды или атмосферу. Для моделирования фильтрации воды применим основные законы механики сплошных сред и теории фильтрации – уравнение неразрывности и закон Дарси. Среды вначале однородны, поэтому задача сводится к решению уравнения Лапласа. После перехода к цилиндрическим координатам были рассмотрены граничные условия в точке забоя скважины, на границе скважины по всей высоте, на границе пласта и подошвы (пласта и крышки соответственно) и на достаточном удалении от скважины. Размер контура питания был получен численно так, чтобы на граничной ячейке влияние закачки на все параметры пласта составляло менее 5%. Затем была проведена замена переменных для упрощения вида граничных условий, после чего были зафиксированы три основных критерия подобия, благодаря которым задача была сведена к безразмерной модели. После того, как была найдена формула для безразмерного расхода, была получена формула приёмистости. С помощью комплекса программ гидродинамического моделирования MUFITS был построен график искомой зависимости расхода CO_2 от приёмистости.

Источники и литература

- 1) Blunt M.J. The Imperial College Lectures in Petroleum Engineering, World Scientific, 2017
- 2) Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. М., Недра, 1984
- 3) Афанасьев А.А., Султанова Т.В. Исследование гидродинамической неустойчивости фронта вытеснения при закачке углекислого газа // Изв. РАН. МЖГ. 2016. № 4. с. 85-96
- 4) Slotte P., Berg C.F. Lecture notes in well-testing. Электронный ресурс. URL: <https://carlfrbe.folk.ntnu.no/books/wellTesting.pdf>