

## Математическая модель теплофизических процессов в пласте при образовании газогидратов

**И.К. Гималдинов, М.В. Столповский**

(Уфимский государственный нефтяной технический университет),

**М.К. Хасанов**

(Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета)

---

Построена математическая модель образования газогидрата в пористой среде конечной протяженности с формированием протяженной области фазовых переходов. Рассмотрена одномерная задача об образовании газогидрата в пористом пласте конечной протяженности при закачке холодного газа через левую границу пласта. Для теоретического описания процессов тепломассопереноса в пористой среде приняты следующие допущения: пористость среды постоянна, ее скелет, гидрат и вода несжимаемы и неподвижны. Кроме того, принимается однотемпературная модель пористой среды, т.е. модель, в которой температура среды и насыщающего ее вещества в каждой точке совпадают. В рассмотренной задаче выделяются три характерные области: ближняя (поры заполнены газом и гидратом), промежуточная (газ, гидрат и вода находятся в равновесии), дальняя (заполнена газом и водой). В промежуточной зоне происходит процесс гидратообразования. Соответственно, образуются две подвижные поверхности: между дальней и промежуточной областями, где начинается переход воды в гидрат; между ближней и промежуточной областями, на которой процесс образования гидрата заканчивается.

Численными расчетами получены распределения по координате для температуры и гидратонасыщенности. Установлено, что нагнетание холодного газа, сопровождающееся образованием гидрата, приводит к нагреву пласта. При этом образование гидрата происходит в два этапа: на первом этапе происходит частичное образование в объемной зоне, на втором – полная гидратация пористой среды.

Получена зависимость температуры на ближней границе от давления нагнетаемого в пласт газа. Установлено, что при увеличении давления нагнетаемого газа и проницаемости пласта температура на ближней границе гидратообразования становится выше начальной пластовой температуры. Это обусловлено тем, что давление в пласте значительно превышает равновесное давление, соответствующее исходной температуре. При этом равновесная температура гидратообразования повышается с ростом давления, а с увеличением давления закачиваемого газа и снижением проницаемости пласта давление возрастает. Таким образом, подача холодного газа в пласт приводит к его нагреву.