

ИЗВЛЕЧЕНИЕ КСЕНОНА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА МЕТОДОМ МНОГОКРАТНОЙ ГАЗОГИДРАТНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ: ТЕОРИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Петухов А.Н., Сергеева М.С., Чадов А.А., Трубянов М.М., Малышев В.М., Воротынцев В.М.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
603950, Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24,
e-mail: antopetukhov@gmail.com*

В связи с тем, что концентрация ксенона (Xe) в природном газе¹ на четыре порядка выше концентрации Xe в воздухе², нами предложен более энергоэффективный метод газогидратной кристаллизации. Т.к. наличие в газовой смеси компонентов с более низким или более высоким давлением диссоциации, чем у извлекаемого газа (Xe) может существенно изменять количество стадий, необходимых для извлечения Xe, было проведено математическое моделирование многократной газогидратной кристаллизации. Смоделирован процесс выделения Xe из модельных газовых смесей, приближенных к составу природного газа: 1 – CH₄=94.85 об.%, H₂S=5.00 об.%, Xe=0.15 об.%; 2 – CH₄=94.85 об.%, CO₂=5.00 об.%, Xe=0.15 об.%; 3 – CH₄=94.85 об.%, H₂S=2.50 об.%, CO₂=2.50 об.%, Xe=0.15 об.% и определено количество стадий, необходимых для получения максимальной средней концентрации Xe в газогидратной фазе.

В первой газовой смеси максимальная средняя концентрация Xe в газогидратной фазе наблюдается на второй стадии и равна 1.37 об.%. Для третьей газовой смеси, максимально приближенной к составу природного газа, моделирование проведено в температурном диапазоне 268.15 – 278.15 К. Максимальная средняя концентрация Xe наблюдается на второй стадии и равна 2.52 об.% при температуре процесса гидратообразования, равной 278.15 К и давлении газовой смеси, равном 985 кПа. Получено, что наиболее эффективно извлечение Xe из второй газовой смеси. За семь стадий многократной газогидратной кристаллизации средняя концентрация Xe в газогидратной фазе составляет 99.81 об.%.

Таким образом, для эффективного извлечения Xe из природного газа необходим состав газовой смеси без примесей с близким к Xe давлению диссоциации. Это может быть реализовано путем предварительной очистки природного газа от примесей с близким к Xe давлением диссоциации или реализацией гибридной мембранно-газогидратной кристаллизации.

Литература

1. Сметанников В.П., Орлов А.Н., Малинин Н.Н. и др. Патент RU2466086C2 РФ, 2010.
2. Godish T., Davis W.T., Fu J.S. Air Quality. – Boca Raton: CRC Press, 2014. – 542 p.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 17-79-20286.