**Численное моделирование двух- и трехфазных равновесий смесей углеводородов и диоксида углерода**

***Селезнева Д.В.***

*Cтудент*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*

*физический факультет, Москва, Россия*

*E-mail: selezneva.dv20@physics.msu.ru*

В современной нефтегазовой отрасли наблюдается возрастающий интерес к технологии закачивания углекислого газа в пласт. Этот метод получил распространение не только из-за его положительного влияния на окружающую среду, но и благодаря его эффективности в повышении добычи нефти. При растворении газ способен понижать вязкость нефти и, следовательно, ускорять ее течение. Однако, эффективность метода зависит от фазового поведения смесей диоксида углерода и нефтей, плотности и вязкости фаз и многого другого.

Включение углекислого газа в смесь углеводородов приводит к изменению поведения системы, в том числе может меняться фазовое состояние смеси. В результате этого в системе могут формироваться три отдельные фазы: две жидкие и одна газообразная. Это усложняет процесс определения фазового равновесия, так как необходимо учитывать взаимодействие между всеми тремя фазами. В настоящей работе применяется метод прямой минимизации энергии, который заключается в нахождении минимального значения энергии Гиббса для системы при постоянных температуре, давлении и составе [2]. Этот подход позволяет свести первоначально нелинейную задачу поиска минимума энергии Гиббса системы к задаче линейного программирования, значительно упрощая вычисления.

К настоящему времени существует большое число эмпирических уравнений состояния для описания свойств систем, состоящих из углеводородов. В инженерной практике наиболее часто применяются два вида: многокоэффициентные и кубические. Для расчетов более удобными являются кубические (относительно объема) уравнения состояния. В качестве уравнения состояния системы в работе было выбрано уравнение Пенга—Робинсона — модификация уравнения Ван-дер-Ваальса, связывающая основные термодинамические параметры реального газа и учитывающая межмолекулярные взаимодействия [1].

В настоящей работе был создан программный модуль на языке Python, работающий с многокомпонентными системами, состоящими из углеводородов и углекислого газа. Он включает в себя алгоритм прямой минимизации энергии Гиббса системы, обеспечивая расчет таких параметров, как молярные доли фаз и мольные объемы. Также по заданным параметрам программа строит тернарную диаграмму, отражающую количество фаз в системе в зависимости от состава. Результаты построений сравниваются с данными, взятыми из литературы [3, 4].

**Литература**

1. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. - М.: «Грааль», 2002.
2. Исаева А.В., Доброжанский В.А., Хакимова Л.А., Подладчиков Ю.Ю. Численное моделирование фазовых равновесий многокомпонентных углеводородных систем с помощью прямой минимизации энергии // Газовая промышленность № 2 (812), 2021 (20-29).
3. D.Y. Kuan, P.K. Kilpatrick, M. Sahimit, L.E. Scriven, H.T. Davis Multicomponent CO2/Water Hydrocarbon Phase Behavior Modeling: A Comparative Study // SPE Reservoir Engineering 1(01), January 1986, 61-72.
4. F.M. Orr Jr., A.D. Yu, C.L. Lien Phase Behavior of CO2 and Crude Oil in Low-Temperature Reservoirs // Society of Petroleum Engineers Journal 21(04), August 1981, 480-492.