ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ПОДМЕРЗЛОТНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТАХ ЯКУТСКОГО ПОДНЯТИЯ ВИЛЮЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

А.И. Николаев, Л.П. Калачева, И.К. Иванова, И.И. Рожин, А.С. Портнягин, К.К. Аргунова
*Институт проблем нефти и газа СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ ЯНЦ СО РАН,
Якутск, Россия, speedshoper@yandex.ru*

В Центральной части Республики Саха (Якутия), где проживает более 40% всего населения Республики, основным источником энергоснабжения является природный газ. Природный газ поступает из Средневилюйского и Мастахского газоконденсатных месторождений (ГКМ) Лено-Вилюйской нефтегазоносной провинции с суммарными балансовыми запасами природного газа порядка 400 млрд. м³. Ежегодный объем природного газа для удовлетворения нужд населения центральной части Якутии и г. Якутска составляет примерно 1,7 млрд. м³.

Для компенсации неравномерности газопотребления, резервирования газа при аварийных ситуациях на газопроводах и создания стратегических запасов газа существует необходимость создания подземных хранилищ газа (ПХГ) вблизи г. Якутска. ПХГ создаются в выработанных месторождениях углеводородов, водоносных пластах, в отложениях каменных солей [6].

Большая часть территории Республики Саха (Якутия) расположена в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород, где имеются термодинамические предпосылки для хранения газа в гидратном состоянии в подмерзлотных водоносных горизонтах. Преимущества хранения газа в гидратном состоянии заключаются в компактности, поскольку в газогидратное хранилище можно закачать большие объёмы газа по сравнению с хранилищем газа обычного типа. При этом многолетнемерзлые породы служат непроницаемой крышкой, обеспечивая герметичность резервуара.

В работах [5, 9] авторы предлагают создать ПХГ вблизи г. Якутска. В работе [9] в качестве наиболее перспективной рассматривается северный склон Якутского поднятия, который расположен на восточной части Вилюйской синеклизы, в междуречье Лены и Амги.

Для изучения возможности создания подземных хранилищ газа в гидратном состоянии на северо-западном склоне Якутского поднятия необходимо оценить границы зоны стабильности гидратов (ЗСГ). В ЗСГ существуют необходимые условия образования гидратов (низкие температуры, высокие давления, невысокая минерализация пластовой воды, водонасыщенный проницаемый коллектор) для создания подземных хранилищ газа. Минерализации вод, состав газа и мощности мерзлых пород будут влиять на глубину залегания ЗСГ.

В настоящей работе рассматривается возможность образования гидратов природного газа в подмерзлотных водоносных горизонтах на следующих площадях Якутского поднятия Вилюйской синеклизы: 40 км Вилюйского тракта и пос. Магарас. Глубина залегания нижней границы многолетнемерзлой толщи на этих площадях 370 и 400 м, соответственно [8].

Известно, что в районах неглубокого залегания Якутского поднятия распространены воды гидрокарбонатно-натриевого типа с минерализацией от 1 до 20 г/л [3].

В качестве газа-гидратообразователя использовался природный газ Средневилюйского ГКМ. В составе газа преобладает метан (93,9% мол.) [10]. Гидраты этого газа были получены во влажных засоленных образцах песка. Модельные образцы были приготовлены из речного песка и раствора гидрокарбоната натрия с концентрацией 20 г/л. Песок кварцевый, светло-коричневого цвета, голоценового возраста аллювиального происхождения отбирался с поймы реки Лена [7]. Отбор образцов для определения гранулометрического и микроагрегатного состава проводился согласно ГОСТ [1, 2]. В образце преобладает фракция 0,4÷0,315 мм (55,58%) поэтому по классификации Е.М. Сергеева песок относится к мелко-среднезернистым.

Исследование фазовых переходов в процессе образования и разложения гидратов в пористых средах проводили методом дифференциального термического анализа на установке, описание которой приведено в [10].

Для оценки возможности образования гидратов в подмерзлотных водоносных горизонтах Якутского поднятия были использованы значения геотермических градиентов рассматривае-

мых площадей [3] и экспериментально полученные равновесные кривые гидратообразования природного газа Средневилюйского ГКМ в модельных образцах влажных незасоленных пористых сред [10], а также в образцах, засоленных раствором гидрокарбоната натрия с концентрацией 20 г/л (рис. 1).

Рис. 1. Схема распространения ЗСГ природного газа на площадях: А – 40 км Вилюйского тракта; Б – пос. Магарас. Условные обозначения: — геотермический градиент; — равновесная кривая «метан-вода» (расчет [11]); — равновесная кривая «природный газ – вода» (расчет [4]); - - - нижняя граница ММТ; ◆ – равновесная кривая «природный газ – песок – вода»; ■ – равновесная кривая «природный газ – песок – раствор NaHCO_3 20,0 г/л»

На основании полученных результатов определены границы зоны стабильности гидратов природного газа. Видно, что верхние границы ЗСГ на площадях располагаются в толще многолетнемерзлых пород. Расположение нижних границ ЗСГ на площадях зависят от величины геотермического градиента и концентрации поровой воды. В случае минерализованной воды равновесная кривая гидратообразования природного газа смещена в область низких температур, а при насыщении пресной водой практически совпадает с расчетной кривой гидратообразования метана.

Установлено, что нижние границы зоны стабильности гидратов природного газа во влажной незасоленной пористой среде лежат в пределах от 930 до 1120 м. При насыщении образцов минерализованной водой границы располагаются выше на 80 – 360 м. На основании полученных экспериментальных результатов можно сделать вывод, что в подмерзлотных водоносных горизонтах Якутского поднятия существуют благоприятные условия для образования гидратов природного газа.

Работа выполнена в рамках Госзадания №АААА-А21-121011490056-4.

Литература

1. ГОСТ 12071-2014 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. Москва: Стандартинформ. 2019.
2. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Москва: Стандартинформ. 2019.
3. Железняк М.Н., Семенов В.П. Геотемпературное поле и криолитозона Вилюйской синеклизы. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2020.
4. Калачева Л.П., Рожин И.И., Федорова А.Ф. Изучение влияния минерализации пластовой воды на процесс гидратообразования природных газов месторождений востока сибирской платформы. SOCAR Proceedings. 2017. 2. С. 56-71.
5. Макаров П.В., Сильвестров Л.К. Якутия – проблемы газификации // Энергия: экономика, техника, экология. 2015. Т. 9. С. 30-35.
6. ООО «Газпром ПХГ». ПХГ в отложениях каменной соли как эффективный способ решения проблемы пикового газопотребления // Газовая промышленность. 2019. Т. 11. С. 66-67.
7. Правкин С. А., Большинов Д. Ю., Поморцев О. А., Савельева Л. А., Молодьков А. Н., Григорьев М. Н., Арсланов Х. А. Рельеф, строение и возраст четвертичных отложений долины р. Лены в Якутской излучине // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63(2). С. 209-229.
8. Семенов В.П. Геотемпературное поле и криолитозона Вилюйской синеклизы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Якутск.: СО РАН. Институт мерзлотоведения им. В.П. Мельникова, 2018.
9. Сивцев А.И., Чалая О.Н., Зуева И.Н. Перспективы нефтегазоносности Центральной Якутии как ресурс энергобезопасности. Нефтегазовое дело: сетевое издание. 2016. 2. С. 71-84.
10. Kalacheva L.P., Ivanova I.K., Portnyagin A.S. Equilibrium Conditions of the Natural Gas Hydrates Formation in the Pore Space of Dispersed Rocks. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 666(4). 042062.
11. Sloan E.D., Koh C.A. Clathrate hydrates of natural gases. Boca Raton: Taylor&Francis Group/CRC Press, 2008.