

# Мессояхское газогидратное месторождение

Текст: Ф.А. Адзынова, А.Л. Сухоносенко, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина



Возможность существования газогидратных залежей в природных условиях была доказана работами выдающихся отечественных инженеров И.Н. Стрижова (1946 г.), М.П. Мохнаткина (1947 г.) и экспериментальными исследованиями Ю.Ф. Макогона, выполненными на кафедре разработки и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина 35 лет назад. Научное открытие возможности существования природных газогидратов было зарегистрировано в Государственном реестре научных открытий (№75, 1971 г.) [1]. Авторы открытия — А.А. Трофимук, Н.В. Черский, В.Г. Васильев, Ю.Ф. Макогон, Ф.А. Трбин.

**Т**олчком к активному изучению этого явления во всем мире послужило открытие первого в мире газогидратного месторождения — Мессояхского, расположенного на северо-востоке Западной Сибири на 250 км западнее г. Норильска (рис. 1). Позже газогидраты были обнаружены под многолетнемерзлыми породами (ММП) в северных районах России, Аляски и Канады. Было доказано, что процесс гидратообразования на морском дне имеет глобальный характер — в шельфовых зонах и прибрежных склонах на небольших глубинах они встречаются практически на любых широтах.

К настоящему времени газогидраты, по данным геофизических исследований, обнаружены в 200 районах,

расположенных вдоль восточного и западного побережий Северной и Южной Америки и Евразийского континента, в частности Австралии, Индии, Японии, под Черным, Каспийским и Средиземным морями, озером Байкал и др. В 20 из них образцы гидрата были извлечены на поверхность.

Мессояхская структура имеет размеры 12 на 19 км по кровле долганской свиты и амплитуду 84 м. Средняя глубина залежи составляет 800 м; толщина мерзлых пород в пределах залежи — 440 м; начальное пластовое давление — 7,4 МПа; пластовая температура на уровне кровли составляет 11°C, на уровне ГВК — 14°C; этаж газоносности равен 76 м; глубина газовой контактной поверхности составляет 802 м [1, 5, 8].

Само месторождение является неоднородной структурой. В разрезе залежи выделяются три продуктивных пласта, залегающих на глубинах приблизительно 807-827 м, 827-857 и 857-885 м. Продуктивная зона представляет собой чередование проницаемых и непроницаемых пропластков, поэтому эффективная толщина является переменной величиной по площади. Неоднородность геологического строения данного месторождения приводит к неоднородности его физических свойств. В частности, коллекторские характеристики существенно меняются от скважины к скважине. По лабораторным исследованиям и данным исследований скважин коэффициент открытой пористости составляет 16-38% (средняя — 25%), остаточная водонасыщенность изменяется в пределах 29-50% (средняя — 40%). Коэффициент проницаемости равен 1-1000 мД (в среднем 300 мД) [12].

Пластовый газ Мессояхского месторождения по углеводородному составу относится к сухим газам. Основной компонент — метан (98-99%). Гомологи метана составляют сотые доли процента. Из негорючих компонентов в газе присутствует азот (0,117-0,270%), из кислых — углекислый газ (0,020-0,942%). Теп-

лотворная способность — 7920 ккал/м<sup>3</sup> (3314 Дж/м<sup>3</sup>).

С самого своего открытия и начала освоения это месторождение стало объектом интенсивного изучения. На нем были проведены геолого-промысловые испытания и опытно-промышленные работы. Было пробурено 11 разведочных и 50 эксплуатационных скважин. Несмотря на большой объем полученной информации, строение залежей и характер их насыщения были не совсем ясны. Выдвигались различные модели строения этого месторождения.

Принципиальным поворотным моментом в этом исследовании стало вышеупомянутое открытие. Согласно ему гидраты образуются в том случае, если пластовая температура (синяя линия на рис. 2) меньше равновесной температуры гидратообразования на данной глубине (красная линия на рис. 2).

Это означает, что вся область глубин, которая соответствует интервалу на этом графике, лежащему между точками пересечения температурных кривых, потенциально может включать в себя гидраты. Однако потенциальная возможность еще не означает их фактическое существование. Для этого необходимы еще дополнительные условия, главным из которых является наличие проницаемого порового пространства и подпитка его восходящим потоком углеводородных газов. Геотермический градиент в интервале многолетнемерзлых пород 1°C на 100 м, в подмерзлотной зоне — 3,4°C/100 м, а в продуктивном разрезе — 4,75°C/100 м [8]. Изложенные соображения дают возможность определить строение Мессояхского месторождения по характерным изломам геотермы и по точкам пересечения геотермы и кривой температурного равновесия гидратов [5, 8] (рис. 3).

Как видно из указанного графика гидраты могут образоваться на глубинах, расположенных в интервале от 90 до 770 м (точки 1 и 2 на рис. 2). Собственно продуктивный слой лежит в нижней части этого интервала и занимает всего несколько десятков метров вплоть до первого излома геотермы (точка 3). Он насыщен, в основном, гидратами природного газа, а также свободным газом и остаточной водой. Значения коэффициента гидратонасыщенности по данным геофизических исследований ориентировочно со-

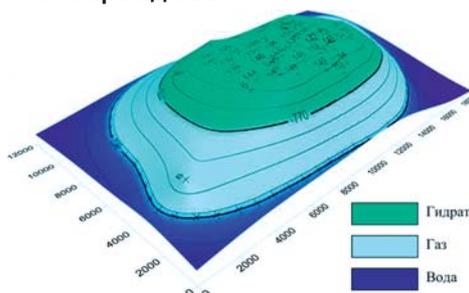
**Рис. 1.**  
**Карта Западной Сибири**



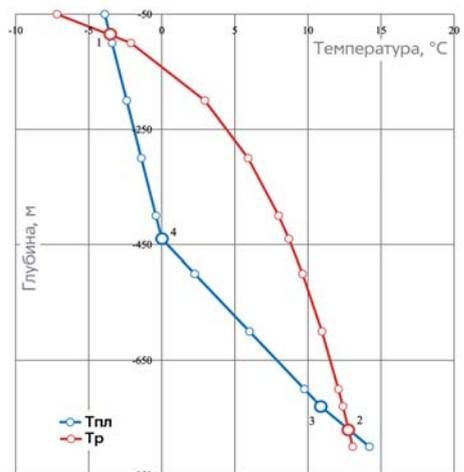
ставляют 20-50% (среднее — 35%) [9]. Выше, примерно до глубины в 440 м (точка 4), лежат малопористые и малопроницаемые породы, в которых вода находится в жидкой фазе. Еще выше на глубинах от 450 м до 90 м расположены многолетнемерзлые породы, которые также обладают малой пористостью и малой проницаемостью. Эти слои обеспечивают месторождению необходимую непроницаемую покрывку, удерживающую газ. Область, начиная от уровня — 770 м и вплоть до газовой контактной (ГВК), заполнена, в основном, газом, а также остаточными гидратами и водой.

Другим косвенным доказательством наличия гидратной шапки является история разработки месторождения (рис. 4), прослеженная по всем скважинам. Месторождение было вскрыто эксплуатационными скважинами, однако информация по каждой из них отсутствует. Эта неопределенность сглаживается при осреднении. Суммарный по всей площади месторождения годовой отбор газа за каждый год разработки известен.

**Рис. 3.**  
**Предполагаемое строение месторождения**



**Рис. 2.**  
**Пластовая температура и равновесная температура гидратообразования**



Согласно [5], разработку Мессояхского месторождения можно условно разделить на пять периодов. В период 1969-1971 гг. пластовое давление не снижалось ниже равновесного значения. Месторождение эксплуатировалось при газовом режиме.

Дальнейший отбор газа из месторождения — второй период (1971-1975 гг.). Пластовое давление на этом этапе разработки превышает проектное, причем величина превышения фактического пластового давления над проектным возрастает со снижением давления. Этот факт объясняется интенсификацией разложения гидрата.

Третий период (1976-1977 гг.) характеризуется тем, что объем отбираемого газа равен объему газа, выделившегося из гидрата. В период

**Рис. 4.**  
Динамика показателей разработки Мессояхского месторождения [5]



1978-1981 гг. месторождение было переведено в режим консервации, который продолжался около четырех лет. Вследствие того, что пластовое давление к периоду консервации было ниже равновесного, продолжалось интенсивное разложение гидрата в газогидратной залежи. Пластовое давление в период консервации возрастало, а достигнув величины равновесного давления для пластовой температуры, стабилизировалось.

С 1982 г. отборы газа из месторождения не превышали 400 млн м³/год и пластовое давление оставалось практически постоянным. Объемы газа, отбиравшегося из залежи, примерно соответствовали объемам газа, поступившего за счет разложения гидрата.

Утверждается [8], что на 1 января 2001 г. суммарный отбор газа из месторождения составил 11,6 млрд м³, из которых 5,7 млрд м³ поступило в результате разложения гидра-

тов при снижении пластового давления ниже равновесного. Среднепластовое давление за 30 лет разработки понизилось с 7,8 МПа до 6,2. При отсутствии гидрата, согласно проекту разработки, пластовое давление должно было понизиться до 4 МПа.

В 1968 г. на Мессояхском месторождении поставлены на баланс и утверждены в ГКЗ СССР (Протокол № 5429 от 05.07.1968 г.) запасы газа, подсчитанные Главным Тюменским геологическим управлением в объеме: по категории В — 24790 млн м³, по категории С<sub>2</sub> — 19440 млн м³. При подсчете запасов учитывался объем запасов гидратной шапки.

В результате пересмотра запасов газа, проведенных в 1975 г. (по состоянию запасов на балансе РГФ на 01.01.75 г.) объем гидратной шапки был исключен из запасов газа и уточненные запасы составили:

- по категории В — 19793 млн м³
- по категории С<sub>2</sub> — списали.

Запасы по категории В также списали в количестве 5 млрд м³ по графе «Переоценка» как неподтвердившиеся в результате эксплуатационного разбуривания месторождения.

Проведенный в 2006 г. специалистами ООО НТЦ «Нефтегазтехносервис» оперативный подсчет запасов газа Мессояхского месторождения показал, что запасы газовой части пласта, подсчитанные объемным методом, составили 30,1 млрд м³. Запасы газа в гидратной шапке в данном подсчете равен 12022,1 млн м³. По мнению авторов, запасы газа оцениваются в 42,9 млрд м³, что соответствует оценке 1968 г.

В настоящее время разработка месторождения законсервирована на 2-3 года. Ведутся геофизические исследования по установлению объема возможных остаточных запасов газовых гидратов и уточнение истории разработки месторождения по анализу фактических данных. По мнению геологов, проведение дополнительных геолого-разведочных работ может увеличить запасы месторождения примерно на 30%. С этой целью ведется подготовка к бурению дополнительных скважин и поиски оптимальных технологий воздействия на гидратосодержащие пласты с целью повышения степени извлечения из них газа.

В РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина ведется моделирование возможных вариантов доразведки и доразработки месторождения, что позволит подготовить дополнительные ресурсы газа для обеспечения энергетических нужд основных потребителей — г. Норильск и Группу компаний Норильский Никель. Дальнейшие перспективы разработки Мессояхского и других месторождений этого региона очевидно будут связаны с развитием газохимических производств на основе имеющейся сырьевой базы. **□**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимук А.А., Черский Н.В., Васильев В.Г., Макогон Ю.Ф., Требин Ф.А. Научное открытие СССР №75 «Свойство природных газов в определенных термодинамических условиях находится в земной коре в твердом состоянии и образовывать газогидратные залежи» // Открытия, изобретения, товарные знаки. — 1970. — №10.
2. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов. — М.: «Недра», 1974. — 208 с.
3. Гусейн-Заде М.А., Макогон Ю.Ф. и др. Теоретические основы и рекомендации к разработке газогидратных залежей. — Якутск, изд. Якутского филиала СО АН СССР. — 1975, 32 с.
4. Макогон Ю.Ф. Разработка газогидратной залежи // Газовая промышленность. — 1984. — №3.
5. Гинсбург Г.Д., Новожилов А.А. О гидратах в недрах Мессояхского месторождения // Газовая промышленность, №2, 1997. С. 19-21.
6. Истомин В.А., Якушев В.С. Газовые гидраты в природных условиях. — М.: Недра, 1992. — 236 с.
7. Макогон Ю.Ф. Природные газогидраты: открытие и перспективы // Газовая промышленность. — 2001. — №5, с. 10-16.
8. Щebetов А.В. Создание методов прогнозирования эффективности технологий разработки газогидратных залежей: Автореферат диссертации канд. техн. наук. — М., 2007. — 24 с.
9. Терешенков Г.М., Моргун М. Неизвестная Мессояха // Факел Таймыра. — 2009. — №2.
10. Collett T.S. Geologic comparison of the Prudhoe Bay — Kuparuk River (U.S.A.) and Messoyakha (U.S.S.R.) gas hydrate accumulations. SPE 24469.
11. Makogon Yu.F. Natural gas hydrates. Tulsa: PennWell Publishing Co, 1997. — p. 482.
12. Krasov J. Messoyakha gas field (W. Siberia) A model for development of the methane hydrate deposits of mackenzie delta // Annals of the New York Academy Science. — 2000. — vol. 912, p.173.