

Ю. Ф. МАКОГОН, Ф. А. ТРЕБИН, академик А. А. ТРОФИМУК,
В. П. ЦАРЕВ, Н. В. ЧЕРСКИЙ

ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАЛЕЖИ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ТВЕРДОМ (ГАЗОГИДРАТНОМ) СОСТОЯНИИ

Экспериментальные и теоретические исследования (¹⁻¹¹) подтвердили гипотезу (¹²⁻¹⁴) о существовании газогидратных залежей в земной коре. Однако наличие промышленных газогидратных залежей оставалось недоказанным.

С целью использования существующих методов поисков и разведки газовых залежей для обнаружения залежей газогидратных нами были исследованы физические их характеристики.

Замеры электросопротивления кернов, содержащих гидраты газов, показали, что при переходе свободного газа в твердое гидратное состояние и при накоплении гидрата в пористой среде зерна его электросопротивление резко возрастает (^{7, 8}). Характерная кривая роста удельного электросопротивления зерна в зависимости от количества остаточной воды, перешедшей в гидратное состояние (рис. 1), получена на керне, первоначально содержащем 37% поровой воды. Давление образования гидрата составляло 98 кг/см².

Располагая электрохарактеристикой газогидратного зерна, мы провели анализ промыслово-геофизического материала по скважинам, вскрывшим залежи природного газа в районах, где, по нашим предположениям, могут существовать газогидратные залежи. В результате было выявлено около 30 залежей, по своей характеристике относящихся к газогидратным. Самыми интересными из них являются Мессояхская в районе Норильска, верхние продуктивные горизонты Средне-Вилюйского газового месторождения в Якутии, Джангутская, Улахан-Юряхская и др.

Наиболее разведанным и пригодным для постановки специальных исследований оказалось Мессояхское месторождение природного газа, расположенное на северо-востоке Западной Сибири, в Енисейско-Хатангском прогибе.

Мессояхская структура имеет размеры 12,5×19 км по кровле долганской свиты альб-сеноманского возраста и амплитуду 84 м. Геологический разрез, вскрытый глубоким разведочным и эксплуатационным бурением, представлен песчано-глинистыми отложениями среднеюрского, нижне- и верхнемелового и палеоценового возраста, перекрытых четвертичными осадками.

Выявленная газовая залежь приурочена к верхней части долганской свиты; этаж газоносности равен 76 м. Коэффициент открытой пористости изменяется в пределах 16—38%, при средней величине ее 25%. Остаточная водонасыщенность изменяется в пределах 29—50%. Средняя — 40%. Коэффициент проницаемости изменяется в широких пределах от нескольких миллиардов до нескольких сот миллиардов.

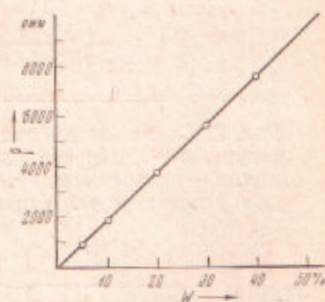


Рис. 1. Зависимость удельного электросопротивления (ρ) образца от количества остаточной воды, перешедшей в гидраты (W)

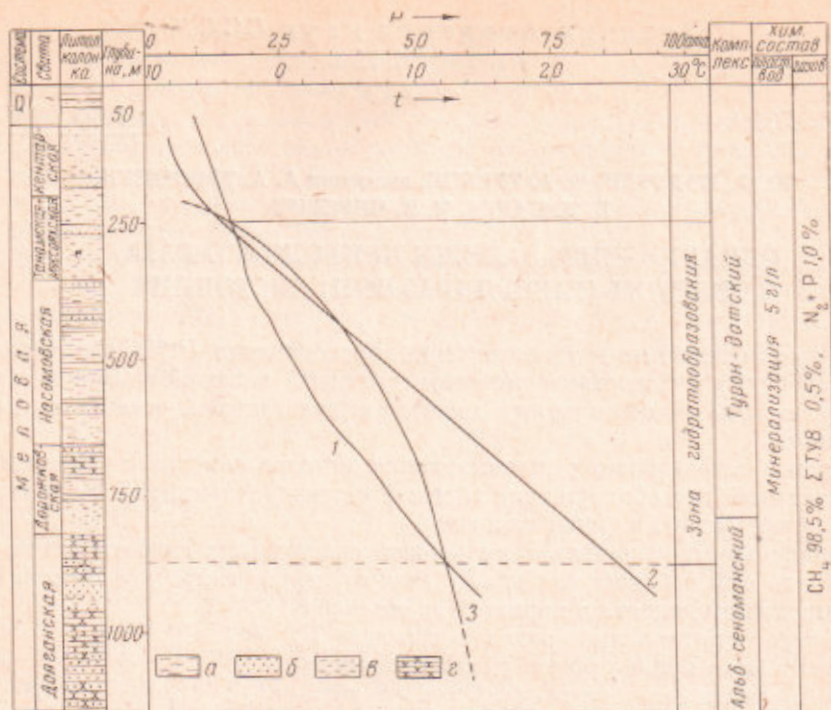


Рис. 2. Схема выделения зоны гидратообразования. 1 — пластовая температура, 2 — пластовое давление, 3 — температура начала гидратообразования. а — алевролиты, б — пески, в — аргиллиты, г — песчаники, Т.У.В — твердые углеводороды. Кривые 1 и 2 построены по результатам фактических измерений

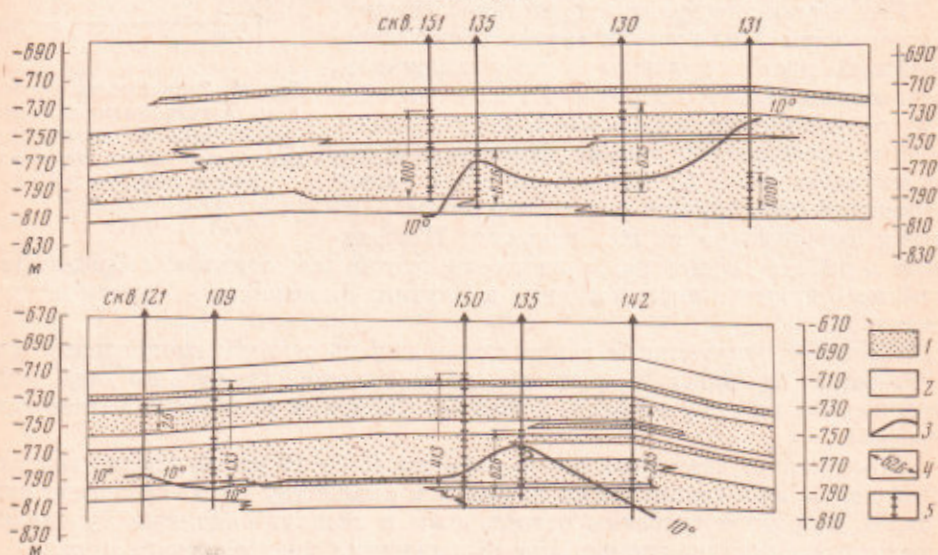


Рис. 3. Зависимость дебита газа от естественного теплового режима. 1 — продуктивные и водоносные горизонты, 2 — водогазоупоры, 3 — изотермы начала гидратообразования, 4 — абсолютно свободный дебит газа ($m^3/сутки$), 5 — интервалы перфорации

В связи с относительно неглубоким залеганием продуктивных горизонтов (800—900 м) и наличием зоны многолетней мерзлоты, мощность которой в районе месторождения достигает 450 м, месторождение имеет жесткую термодинамическую характеристику: при среднем пластовом давлении

нии 78 кг/см^2 температура в залежи изменяется от 8 до 12° . Осредненные кривые изменения температуры и давления, по разрезу Мессояхского месторождения приведены на рис. 2.

Для определения интервалов залегания газа в гидратном состоянии в разрезе Мессояхского месторождения экспериментально были определены температуры образова-

Таблица 1

№ скв.	Абс. отм. интервала перфорации, м	Абс. отм. температуры изотермы 10° , м	Расстояние до дна перфораций от абс. отм. изотермы 10° , м	Абс. свободный дебит газа, тыс. м ³ /сутки
121	-716 ÷ -727	-791	+64	26
109	-748 ÷ -794	-800	+6	133
150	-741 ÷ -793	-787	-6	413
195	-779 ÷ -795	-766	-29	626
131	-771 ÷ -793	-734	-59	1000

ния гидратов непосредственно на кернах, отобранных из продуктивных горизонтов при соответствующей влагонасыщенности и составе газа. На рис. 2 нанесена полученная экспериментально равновесная температура образования гидрата как функция давления. Для пластового давления 78 кг/см^2 температура образования гидрата оказалась равной 10°C , т. е. геоизотерма 10° для Мессояхского месторождения определяет нижнюю границу существования гидратов газа в пласте и разделяет месторождение на две залежи: газогидратную — над геоизотермой 10° и залежь свободного газа — под данной изотермой. Из рис. 2 видно, что зона существования пластов, содержащих газ в гидратном состоянии в разрезе Мессояхского месторождения, находится в пределах глубин 870—250 м.

Таблица 2

№ скв.	До обработки метанолом		После обработки метанолом		№ скв.	До обработки метанолом		После обработки метанолом	
	депрессия, кг/см^2	дебит, тыс. м ³ /сутки	депрессия, кг/см^2	дебит, тыс. м ³ /сутки		депрессия, кг/см^2	дебит, тыс. м ³ /сутки	депрессия, кг/см^2	дебит, тыс. м ³ /сутки
133	3,5	25	0,4	50	142	8	5	0,4	50
	7,0	50	0,8	100		13	10	0,5	100
	14	100	1,1	150		19,5	25	0,7	150
	19	150	1,5	200		25	50	1,0	200
	22	200	2,0	250		30	100	1,4	300
					33	150			

На основе анализа термодинамической характеристики Мессояхского месторождения определены интервалы наличия гидратов в продуктивных пластах и построен профиль, на котором нанесена нижняя граница существования гидратов газа в залежи (рис. 3).

В процессе опробования скважин было выявлено влияние пластовой температуры на дебит скважин. При расположении интервалов перфорации вверх от нижней границы газогидратной зоны (изотерма 10°) наблюдается снижение дебитов скважин, а при расположении интервалов перфорации вниз от границы газогидратной зоны — дебиты скважин значительно возрастают (см. табл. 1).

С целью подтверждения наличия газа в гидратном состоянии в залежи были выполнены специальные исследования по закачке метилового спирта в пласт на скважинах №№ 142 и 133. Метиловый спирт обеспечивает разложение гидрата газа и перевод его в свободное состояние, что значительно повышает продуктивную характеристику призабойной зоны пластов.

Результаты исследования разложения гидрата в призабойной зоне с помощью закачки метанола в пласт приведены в табл. 2, из которой видно,

что при закачке метанола в пласт, содержащий газ в гидратном состоянии, продуктивность скважин возрастает больше чем на порядок.

Как показано (²), природный газ, находящийся в твердой (газогидратной) фазе, при равных давлениях занимает меньший объем по сравнению со свободным газом.

Используя методику определения покомпонентного состава гидрата по составу свободного газа в залежи (¹⁵), мы определили суммарные запасы газа при наличии гидрата в залежи Мессояхского месторождения. Как показали расчеты, суммарные запасы газа в залежи оказались на 54% большими, чем учтенные при допущении заполнения коллектора газом в свободном состоянии.

Поступило
24 IX 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ю. Ф. Макогон, Особенности эксплуатации месторождений природных газов в зоне вечной мерзлоты, М., 1966. ² Ю. Ф. Макогон, Газ. дело, № 1 (1966). ³ Ю. Ф. Макогон, Some Problems in Production and Transport of Natural Gas, India, 1967. ⁴ Н. В. Черский, Ю. Ф. Макогон, Д. И. Медовский, Сборн. Геология, строение и нефтегазоносность восточной части сибирской платформы, 1968. ⁵ Г. А. Халиков, Ю. Ф. Макогон, Сборн. Горное дело, Алма-Ата, 1968. ⁶ Ю. Ф. Макогон, Д. И. Медовский, Геология, № 1 (1969). ⁷ В. А. Бубнов, В. Г. Васильев и др., Тр. Всесоюз. совещ. по использованию энергетических ресурсов Якутии, 1969. ⁸ Н. В. Черский, Ю. Ф. Макогон и др., Тр. XI Международн. газового конгресса, М., 1970. ⁹ В. Г. Васильев, Ю. Ф. Макогон и др., Газовая пром., № 10 (1970). ¹⁰ Н. В. Черский, Ю. Ф. Макогон, Залежи твердого газа, Нефть и газ мира, № 9, Лондон, 1970. ¹¹ Ю. Ф. Макогон, Г. А. Халиков, Экспресс-информация № 5 Всесоюз. н.-и. инст. экономики, организации производства и технико-экономич. информации в газ. пром. (1970). ¹² И. Н. Стрижев, И. Е. Ходанович, Добыча газа, 1946. ¹³ К. Б. Мокшанцев, Н. В. Черский, Основные черты геологического строения и перспективы нефтегазоносности Восточной Якутии, Якутск, 1961. ¹⁴ Ю. Ф. Макогон, Газовая пром., № 5 (1965). ¹⁵ Ю. Ф. Макогон, Н. А. Новикова, Н. В. Черский, Экспресс-информация № 11 Всесоюз. н.-и. инст. экономики, организации производства и технико-экономич. информации в газ. пром. (1970).