

Литература

1. Богословский А.В., Галкин В.М., Кожевников И.С. Определение момента гелеобразования с использованием измерительных сосудов разной величины // Газовая промышленность, 2013. № 11, С. 98 - 100.
2. Богословский А.В., Кожевников И.С., Стасьева Л.А., Алтунина Л.К. Определение точки гелеобразования полимерсодержащих составов вибрационным методом // Вестник ТвГУ. Серия: Химия. – 2017. № 4. С. 91 – 98.
3. Кожевников И.С. Определение точки гелеобразования методом вибрационной вискозиметрии // материалы 2 международной научно-практической конференции «Нефтепромысловая химия», Москва, 2015, с.106-107.
4. Крутин В.Н. Колебательные реометры. – М.: Машиностроение, 1985. – 160 с.
5. Соловьев А.Н., Каплун А.Б. Вибрационный метод измерения вязкости жидкостей. – Новосибирск: Наука, 1970. – 139 с.

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА СЛАНЦЕВЫХ ПОРОД В
ПРОЦЕССЕ ПИРОЛИЗА**

М.Н. Шатова, А.М. Горшков, И.С. Хомяков

Научный руководитель доцент И.С. Хомяков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Введение. Чтобы добывать углеводороды, содержащиеся в залежах баженовской свиты Западной Сибири, доманиковой свиты в Урало-Поволжье и других геологических образованиях, требуется разработка и применение нетрадиционных технологий. Одним из перспективных решений задачи является развитие метода, основанного на термическом воздействии, предполагающее улучшение коллекторских свойств за счет увеличения пустотного пространства и преобразования керогена в легкую нефть в результате инициирования процесса пиролиза.

С химической точки зрения превращение керогена в синтетическую нефть может быть достигнуто путем термического растворения, гидрирования или пиролиза [6]. Пиролиз наиболее приближен к естественному превращению керогена с использованием более высоких температур, чтобы компенсировать геологические временные рамки [2,8]. Во время пиролиза кероген нагревается в отсутствие кислорода для получения вещества, разлагающего кероген.

Высокие температуры обеспечивают более быстрое превращение керогена. Обнаружено, что обработка сланца при низких температурах в течение длительного времени повышает качество продукции. Высокое давление также улучшает качество нефти, поскольку испарение препятствует стимулированию вторичных реакций крекинга. Тем не менее, низкие температуры и высокие давления снижают общий выход [5].

Цель исследования. Целью настоящей работы является анализ влияния высоких температур на коллекторские свойства сланцевых пород.

Объект и методы исследования. Лабораторные эксперименты по определению открытой пористости, объемной и минералогической плотности, проницаемости по газу проводились на измельченных образцах, отобранных из керна разведочных скважин Южного и Южно-Киняминского нефтяных месторождений (Тюменская область).

Определение матричной проницаемости измельченных образцов осуществлялось согласно методу Gas Research Institute (GRI) в соответствии с GRI-95/0496 «Development of Laboratory and Petrophysical Techniques for Evaluating Shale Reservoirs» [3,4]. Нагрев образцов до определенной температуры осуществлялся в муфельной печи. Эксперименты по определению проницаемости по газу проводились на матричном пермеатре SMP-200.

Исследовалось воздействие термической обработки на образцы керна. Один образец Южного месторождения нагревался в одну стадию до температуры 350 °С, а другой подвергался ступенчатому нагреву до той же температуры с интервалом в 150 °С. На каждой стадии (ступени) произведено измерение проницаемости образца методом GRI. Аналогичная обработка проведена для образцов Южно-Киняминского месторождения.

Результаты и их обсуждение. Результаты экспериментальных исследований представлены в виде графиков на изменения давления со временем, из которых рассчитан коэффициент проницаемости по газу (рис. 1,2).

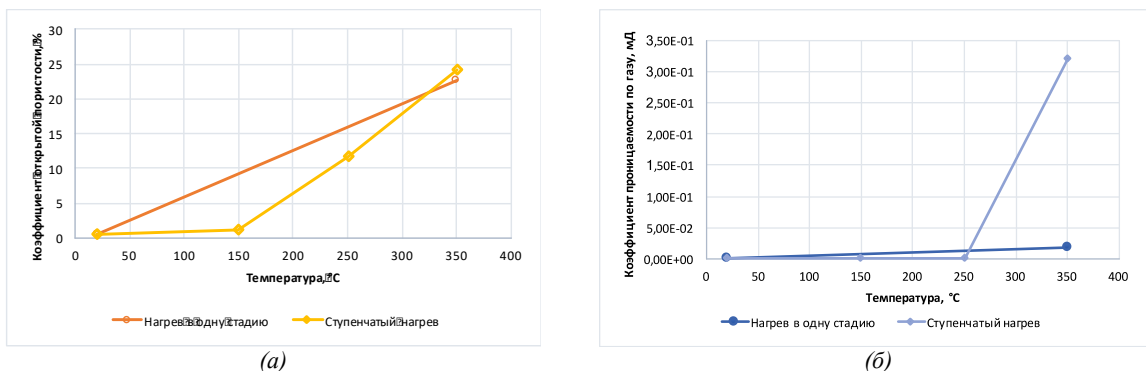


Рис. 1 Влияние температуры на коэффициент открытой пористости (а) и коэффициент проницаемости (б) образцов Южного месторождения

Объемная плотность исходного образца керна Южного месторождения – 2,057 г/см³, а минералогическая плотность составляет 2,067 г/см³. Объемная плотность при нагреве в одну стадию увеличилась на 28,7 % (2,648 г/см³), при ступенчатом нагреве – на 32,7 % (2,729 г/см³). Значения минералогической плотности и тенденция их изменения изменению объемной плотности.

Исходные значения объемной и минералогической плотности образца керна Южно-Киньяминского месторождения соответственно равны 2,223 и 2,263 г/см³. При нагреве в одну стадию объемная плотность увеличилась на 3,6 % (2,302 г/см³), при ступенчатом нагреве – на 9,2 % (2,428 г/см³). Минералогическая плотность увеличилась на 5,5 % (2,387 г/см³), при ступенчатом нагреве – на 10,9 % (2,510 г/см³).

При нагреве образца керна Южного месторождения (рис. 1) до температуры 350 °С коэффициент открытой пористости увеличился с 0,46 % до 22,55 %, а коэффициент проницаемости по газу изменился с 2,28·10⁻⁹ мД до 1,77·10⁻² мД. При ступенчатом нагреве коэффициент открытой пористости достиг значения 24,14 %, а коэффициент проницаемости увеличился до 3,2·10⁻¹ мД.

При ступенчатой термической обработке образца керна Южно-Киньяминского месторождения (рис. 2) коэффициент открытой пористости увеличился с 1,75 % до 11,42 %, а коэффициент проницаемости по газу изменился с 2,65·10⁻⁷ мД до 4,12·10⁻⁵ мД. При одностадийном нагреве открытая пористость достигла значения 6,87 %, а коэффициент проницаемости увеличился до 7,07·10⁻⁶ мД.

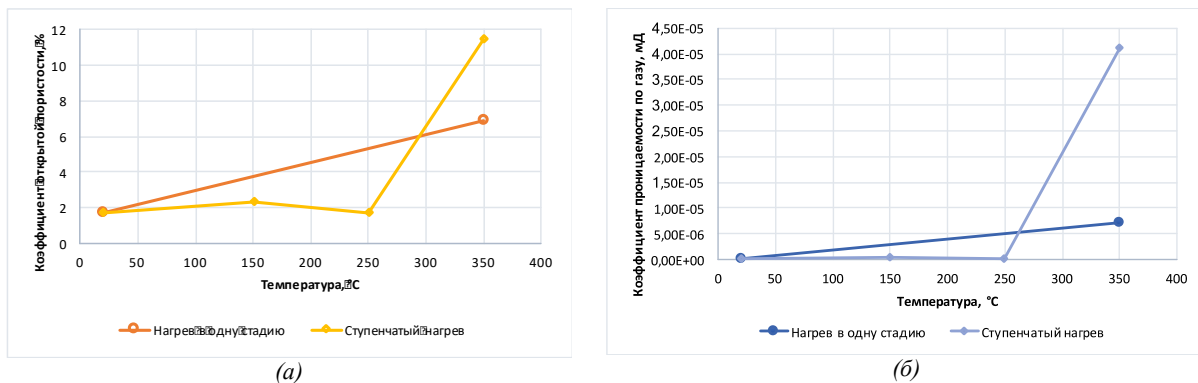


Рис. 2 Влияние температуры на коэффициент открытой пористости (а) и коэффициент проницаемости (б) образцов Южно-Киньяминского месторождения

При пиролизе образца керна Южного месторождения с увеличением температуры увеличивается пористость и проницаемость. Другое поведение наблюдается при пиролизе образца керна Южно-Киньяминского месторождения – при увеличении температуры увеличивается пористость и уменьшается проницаемость. Проницаемость зависит от формы кривой давления, полученной в результате измерения по методу GRI, и пористости. Для образца Южно-Киньяминского месторождения форма кривой давления соответствует образцу с более низкой проницаемостью, однако так как пористость значительно увеличивается, то и проницаемость тоже увеличивается.

Сравнив эффективность ступенчатого нагрева и нагрева в одну стадию, можно сделать вывод, что показатели коллекторских свойств получаются выше при ступенчатом нагреве.

Заключение. Известно, что результаты по изучению влияния температуры на поведение проницаемости достаточно противоречивы в виду различных лабораторных систем, используемых учеными [1,7]. Экспериментальные исследования с целью уточнения модели по учету влияния высоких температур на коллекторские свойства сланцевых пород показали, что нагревание низкопроницаемой породы до 350 °С способствует увеличению проницаемости и пористости.

Литература

1. Ashrafi M. Experimental Investigation of Temperature Dependency of Relative Permeability Data in Heavy Oil Systems with Applications to Thermal Recovery: Thesis for the degree of Philosophiae Doctor. – Trondheim, 2013. – 156 p.
2. Bordenave M.L. Applied Petroleum Geochemistry. – Editions Technip, 1993. – 524 p.
3. Cui X.A., Bustin M.M., Bustin R.M. Measurements of gas permeability and diffusivity of tight reservoir rocks: Different approaches and their applications // Geofluids. – 2009. – Vol. 9. – pp. 208 – 223.
4. Development of Laboratory and Petrophysical Techniques for Evaluating Shale Reservoirs: Final Technical Report. – Gas Research Institute (GRI), 1996. – 286 p.
5. Maaten B., Loo L., Konist A., Nesumajev D., Pihu T., Külaots I. Decomposition kinetics of American, Chinese and Estonian oil shales kerogen // Oil Shale. – 2016. – Vol. 33 (2). – pp. 167 – 183.
6. Gorlov E.G. Thermal dissolution of solid fossil fuels // Solid Fuel Chemistry. – 2007. – Vol. 41 (5). – pp. 290 – 298.
7. Kibodeaux K.R. Evolution of porosity, permeability, and fluid saturations during thermal conversion of oil shale // SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 27 – 29 October, Amsterdam, The Netherlands. – Society of Petroleum Engineers, 2014. – Vol. 3. – pp. 2135 – 2156.
8. Lin C.L., Miller J.D. Pore Scale Analysis of Oil Shale/Sands Pyrolysis // Oil and Natural Gas Technology: Topical Report. – Salt Lake City, 2011. – 44 p.