

* *
*

УДК 622.831.322

DOI: 10.17223/00213411/62/10/112

В.Г. СМЕРНОВ¹, А.Ю. МАНАКОВ^{2,3}, В.В. ДЫРДИН¹, Т.Л. КИМ¹, С.А. ШЕПЕЛЕВА¹

СКОРОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗЛОЖЕНИЯ ГАЗОВОГО ГИДРАТА, ФОРМИРУЮЩЕГОСЯ В ПРИРОДНОМ УГЛЕ

Экспериментально изучены физические процессы, протекающие в системе каменный уголь – природный газ при изменении внешних параметров. Показано, что во внутреннем пространстве природного угля при создании термобарических условий, соответствующих области стабильного существования гидрата, происходит формирование гидрата метана и гидрата углекислого газа. Разложение гидрата метана в угле происходит вблизи равновесной кривой, а процесс образования гидрата начинается при переохлаждении на 3–7 °С и длится несколько десятков часов. Для исследованных случаев скорость разложения газового гидрата в угле определяется скоростью изменения внешних параметров при линейном росте температуры от 1 до 6 °С/ч.

Ключевые слова: метан, газовый гидрат, сорбция, каменный уголь, газодинамические явления.

Введение

Исследование физических состояний природных углеводородов, залегающих на глубине нескольких сот метров от поверхности земли и подверженных действию горного и газового давления, лежит в основе совершенствования технологий добычи полезных ископаемых. Одним из самых существенных факторов, ограничивающих возможности безопасного и эффективного ведения подземных горных работ на угольных пластах, является газоносность [1–3]. Метан и углекислый газ, попадая в выработанное пространство, делают атмосферу шахт непригодной для дыхания, а при превышении пороговой концентрации метана в воздухе возникает взрывоопасная газовая смесь. Метан, запертый в краевой зоне угольного пласта, вызывает газодинамические явления с разрушением угля и выносом продуктов разрушения в выработанное пространство [4–8]. Тяжесть подобных газодинамических явлений умножается в связи с их непредсказуемостью, а характер протекания имеет черты фазового превращения угольного вещества из конденсированного состояния в смесь газовой и твердой фаз [8–13].

В настоящее время исследуется возможность существования в угольных пластах газового гидрата, образованного метаном, углекислым газом или смесью газов [8–10, 14–23]. Газовый гидрат – клатратное кристаллическое соединение, каркас которого формируют молекулы воды, а полости каркаса заполняют молекулы гидрофобных газов [24, 25]. В кристаллической решетке кубической структуры КС-I элементарная ячейка, образованная 46 молекулами воды, содержит две малые (*D*) и шесть больших (*T*) полостей. Из одного объема газового гидрата при разложении выделяется до 170 объемов газа, приведенного к нормальным условиям. Усредненная стехиометрическая формула гидрата метана $\text{CH}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Границей стабильности газового гидрата на *P*–*T*-диаграмме является равновесная кривая, определяющая условия сосуществования трех фаз: гидрата, жидкой воды или льда, метана или другого гидратообразующего газа. Газовые гидраты обнаружены в осадочных породах в зоне вечной мерзлоты и в придонных зонах морей и океанов [24–29].

Аргументы в пользу существования газового гидрата в природном угле следующие: наличие в угольных пластах достаточного количества воды и угольного газа (смеси метана с диоксидом углерода, легкими углеводородами и другими газами), находящегося под высоким давлением – до 12 МПа и более, а также достаточно низкая температура угольных пластов. Гидрат метана стабилен при +17 °С и давлении выше 16 МПа, при +10 °С для стабильности гидрата необходимо давление не менее 6.9 МПа, а при +5 °С – 4.3 МПа. Гидрат углекислого газа стабилен при температуре +10 °С и давлении 4.4 МПа, а при +5 °С для стабильности гидрата углекислого газа необходимо давление 2.3 МПа. Приведенные значения температуры и давления близки к условиям залегания угольных пластов Печорского и Кузнецкого угольных бассейнов, следовательно, достигаются условия стабильности гидрата метана. Угольных пластов, попадающих в зону возможного существования гидрата углекислого газа, больше, так как диапазон термобарических условий, соответствующих стабильности гидрата углекислого газа, шире в сравнении с гидратом метана.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>