

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ГАЗ-УГОЛЬ ПРИ СБРО- СЕ ДАВЛЕНИЯ

И. С. Каратаполова, А. А. Копнов, студенты ГПС-131, 3 курс
Научный руководитель: В. Г. Смирнов, к.ф.-м.н., ст. преп., кафедра физики
ФФП

Кузбасский государственный технический университет имени
Т. Ф. Горбачева.

Угольный пласт является сложной физико-химической системой [1-2], в которой взаимодействуют между собой твердое вещество угля, жидкие и газообразные компоненты. Молекулы газа находятся в свободном, сорбированном и растворенном состоянии, а при давлении выше 1,0-5,0 МПа и температуре менее 12°C в угольном пласте могут существовать газовые гидраты. Представленные в нашей работе исследования моделируют реальные процессы сброса давления газа, протекающие в природном угольном массиве при приближении к нему поверхности забоя. Для изучения поведения системы уголь – газ выбран углекислый газ как более доступный и менее опасный для лабораторного использования по сравнению с метаном.

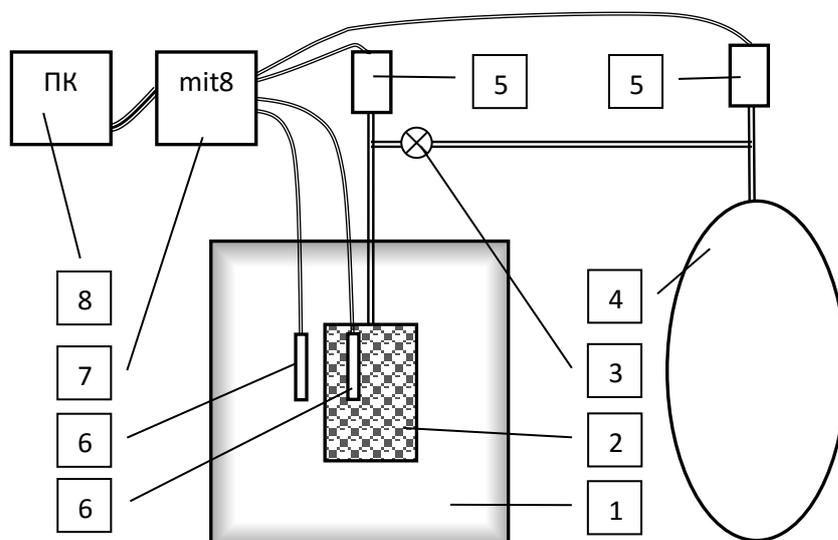


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – термостат; 2 – автоклав с углем и углекислым газом; 3 – газовый кран; 4 – приемный газовый баллон; 5 – преобразователи давления; 6 – преобразователи температуры; 7 – многоканальный АЦП (mit 8); 8 – самописец (ПК).

Основными элементами экспериментальной установки (рис. 1) были наполненный газом автоклав 2 с углем и приемный баллон 4, соединенные газовым капилляром с краном 3. Автоклав 2 со стальными теплопроводящими стенками был помещен в программируемый термостат 1. Приемный газовый баллон находился при температуре 23°C, которая была неизменной. Регистрирующая система включала в себя: преобразователи температуры 6 по-

мещенные снаружи и внутри автоклава; преобразователи давления 5, один из которых измерял газовое давление в автоклаве, а второй преобразователь измерял давление в приемном баллоне; многоканальный аналогово-цифровой преобразователь 7; компьютер 8, используемый как самописец.

Перед экспериментом уголь марки «Г», отобранный на шахте им. 7 Ноября, высушивался в вакуумной печи при температуре 110°C , затем несколько дней выдерживался в эксикаторе с влажным воздухом до достижения постоянной массы. Влажность угля в нашем эксперименте была 4,71 %. Масса загруженного в автоклав угля, в расчете на сухое состояние 186,2 г. Объем газовой фазы автоклава 146 мл, объем приемного баллона один литр. В автоклаве с углем создавали высокое давление углекислого газа и в течение полутора суток выдерживали при небольшой положительной температуре. За это время в угольных порах данной марки угля при влажности 4,71% образовывались газовые гидраты углекислого газа, что было подтверждено в отдельных экспериментах.

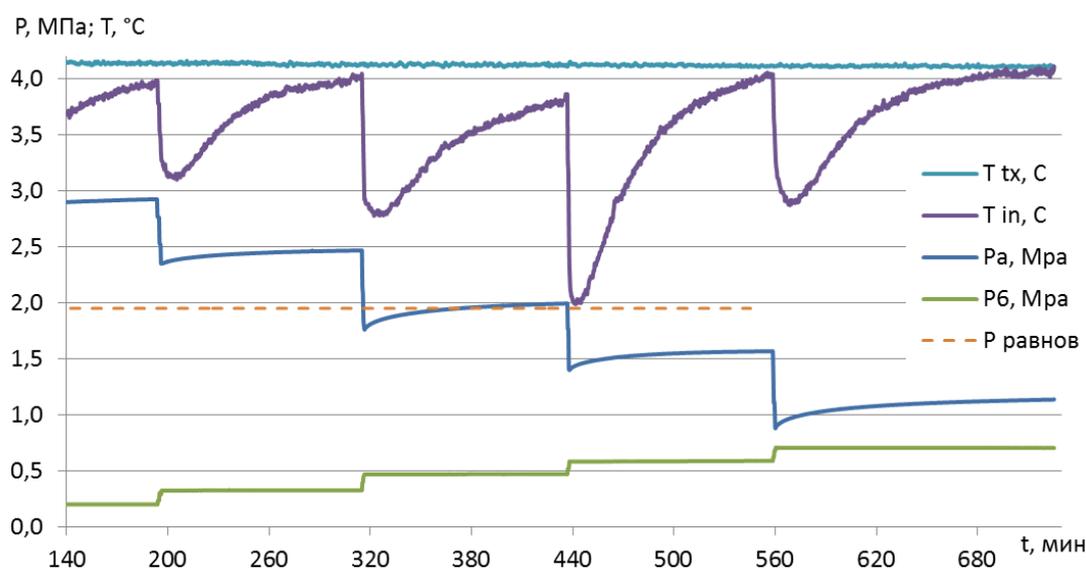


Рис. 2. Ход эксперимента 12 февраля.

В эксперименте 12 февраля проводилось ступенчатое выпускание газа. Каждые два часа давление в автоклаве сбрасывалось примерно на 0,5 МПа. Ход эксперимента показан на рис. 2. По вертикальной оси отложено значение температуры в термостате (T_{tx}), а также температуры, измеренной внутри автоклава (T_{in}), по этой же оси отложена величина давления внутри автоклава (P_a) и в приемном баллоне (P_6). Штриховой кривой показано равновесное давление, ниже которого начинается разложение газовых гидратов (при температуре $3,5^{\circ}\text{C}$).

Разложение газовых гидратов особенно сильно проявляется в существенном понижении температуры системы, наблюдаемом при сбросе давления на 440 минуте эксперимента.

В эксперименте, проведенном 16 февраля, давление сначала было сброшено до уровня, чуть выше, чем равновесная кривая, затем газ медленно вытекал из баллона. Разложение газовых гидратов отчетливо выражалось

в понижении температуры на 180-й минуте эксперимента (рис.3). Разложение газовых гидратов длилось примерно полчаса и закончилось на 220-ой минуте.

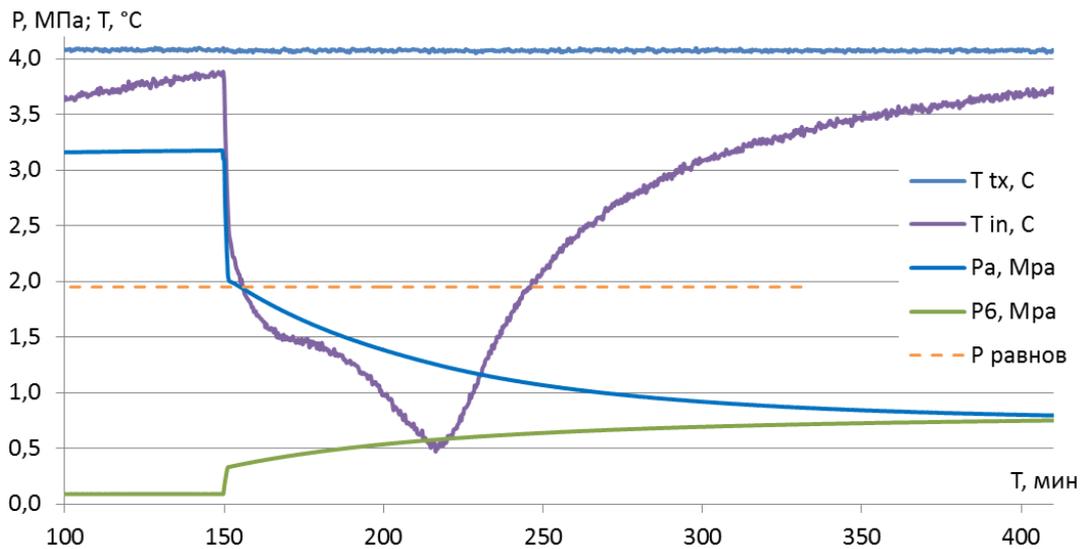


Рис. 3. Ход эксперимента 16 февраля.

В третьем эксперименте, проведенном 18 февраля, создано медленное вытекание газа, сопровождающееся понижением давления в автоклаве. На рис. 4 заметен тепловой эффект понижения температуры внутри автоклава во время разложения газовых гидратов.

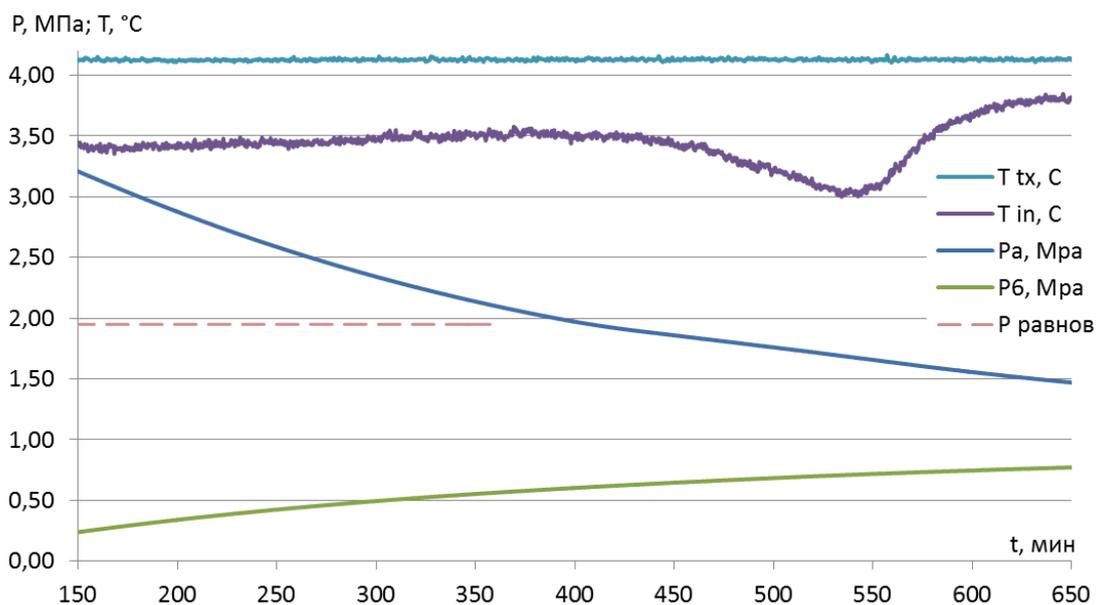


Рис. 4. Ход эксперимента 18 февраля.

Наиболее ярко в представленных экспериментах наблюдается тепловой эффект. Обсудим возможные факторы, приводящие к понижению температуры автоклава в процессе выпуска газа. Охлаждение может происходить в связи с адиабатным охлаждением газа, совершающего работу по расширению и выталкиванию в приемный баллон. Адиабатное охлаждение мы наблюдаем по падению температуры внутри автоклава при каждом выпуске газа, рис. 2.

Но так как стенки автоклава поддерживались при постоянной температуре,

температура внутри автоклава постепенно восстанавливалась к прежнему значению. Одновременно с этим наблюдалось также некоторое возрастание давления, вызванное повышением температуры и, вероятно, происходящей десорбцией. Когда давление газа в автоклаве, после очередного выпуска, опускалось ниже равновесного давления существования газовых гидратов, в угольных порах происходило разложение газовых гидратов. Это можно было определить по возросшей амплитуде падения температуры при прежней величине сброса давления. На рис. 2 разложение газовых гидратов происходит при сбросе давления на 320-й и 440-й минуте эксперимента.

Количество образующихся в автоклаве газовых гидратов измерялось отдельно, по методике, описанной в работе [2] и для нашего случая количество газа, вовлекающегося в образование газовых гидратов во всем автоклаве равно 0,01 моль. Исходя из хода эксперимента, приведенного на рис. 2 видно, что часть гидрата разложилась при выпуске на 320 минуте, а часть при выпуске на 440 минуте.

Вывод. Экспериментально показано, что в природном угле углекислый газ находится в форме сорбированного газа, а также образует газовые гидраты. При сбросе газового давления происходит адиабатное охлаждение системы газ-уголь и десорбция газа. При понижении давления ниже равновесного давления существования газовых гидратов, происходит разложение газовых гидратов, сопровождающиеся понижением температуры системы газ-уголь.

Список литературы:

1. Эттингер, И. Л. Метанонасыщенный угольный пласт как твердый метаноугольный раствор / Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1990. – № 2 – С. 66-73
2. Исследование форм связи метана с угольной матрицей для совершенствования методик прогноза выбросоопасности / В. Г. Смирнов, В. В. Дырдин, А. Ю. Манаков, Т. Л. Ким, С. А. Шепелева // Известия ВУЗов. Горный журнал. – 2014. – № 1. С. 128–135.
3. Истомин, В. А. Газовые гидраты в природных условиях / В. А. Истомин, В. С. Якушев. – Москва : Недра, 1992. – 236 с.