СЕКЦИЯ НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 622.831

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ УГЛЯ

Малинникова Ольга Николаевна

д.т.н., главный научный сотрудник

Докучаева Анастасия Игоревна

аспирант

ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр
имени академика Н.В. Мельникова, г.Москва

Аннотация: Описаны лабораторные исследования образцов каменных углей для определения их сорбционной способности по отношению к метану. Вычислены зависимости сорбции от давления насыщающего уголь газа на усовершенствованной установке, совмещающей объемный и весовой методы определения сорбционных свойств углей. Продемонстрирована сходимость полученных в лаборатории результатов с данными более ранних исследований.

Ключевые слова: газоносность, дегазация, сорбционные характеристики, угольный газ

DETERMINATION OF SORPTION PROPERTIES OF COAL

Malinnikova Olga Nikolaevna

Dokuchaeva Anastasia Igorevna

Abstract: Laboratory studies of coal samples to determine their sorption capacity in relation to methane are described. The dependences of sorption on the pressure of the gas saturating the coal are calculated on an improved installation that combines volumetric and weight methods for determining the sorption properties of coals. The convergence of the results obtained in the laboratory with the data of earlier studies is demonstrated.

Key words: foulness, degassing, sorption characteristics, coal gas

Газоносность угольных пластов, представляющая собой совокупность свободных и связанных (сорбированных, растворенных) газов горной породы, является одним из главных параметров в прогнозе газодинамических явлений

при подземной разработке угольных месторождений. Также этот важный показатель применяется при оценке необходимости и эффективности дегазации угольных пластов. С распространением добычи угля на более глубокие горизонты вопрос достоверного определения газосодержания угольных пластов приобретает особую значимость. Это осложняется необходимостью проведения крупномасштабных измерений по мере продвижения горных работ.

Газ является сопутствующим продуктом в процессе углеобразования и находится в угольном пласте в различных состояниях: в виде растворенного в воде и свободного газа; в сорбированном состоянии на поверхности крупных пор угля; при объемном заполнении микропор – в виде твердого углеметанового раствора [1, 2, 3]. Сорбционные характеристики угленосного массива дают информацию о количестве связанного газа в угле. Известно, что для оценки сорбционной способности угля существуют два основных метода – весовой и объемный. Оба метода имеют свои достоинства и недостатки. Учитывая это, в ИПКОН РАН была разработана установка для определения сорбционных свойств углей.

Проведение испытаний на установке для определения сорбции

Получение экспериментальной зависимости величины сорбции от давления газа, насыщающего уголь, лежит в основе определения сорбционных характеристик угля. В установке в качестве газа-носителя используется метан или любой другой газ, если нужно установить параметры его сорбции.

Поскольку угольные месторождения России являются самыми метаноносными со средним содержанием метана 11,6 м³ в одной тонне угля [4], нами изучаются сорбционные характеристики угля по отношению к метану.

При подготовке эксперимента образец угля измельчается и отбирается фракция 0,2-0,3 мм примерно 7-10 г. Проба загружается в герметичный измерительный сосуд, где предварительно дегазируется не менее трех суток.

В ходе эксперимента ампула с углем находится на аналитических весах, помещенных в термоизолированную оболочку. Осуществляется непрерывный контроль массы ампулы с углем, температуры и давления в ампуле с углем. Кроме того, контролируется давление в буферной емкости, из которой метан подается в ампулу по капилляру с поэтапным увеличением давления на 5 атм. Следующая порция метана подается после установления сорбционного равновесия (стабилизации давления и показаний весов) в ампуле с углем. Все показания записываются в файл, текущие показания выводятся на экран компьютера. Все системы установки позволяют проводить исследования углей при давлениях метана до 80-100 атм, за исключением датчиков давления, работающих до 60 атм, которые нуждаются в замене для исследований при

больших давлениях. Зависимость сорбции от давления снимается при фиксированной температуре, не изменяющейся на протяжении всего эксперимента.

Количественную оценку сорбированного углем газа a в зависимости от давления P вполне удовлетворительно описывает уравнение Лэнгмюра:

$$a_0 = \frac{a_0 b P}{1 + b P}$$

Константы сорбции a_0 и b характеризуют предельную сорбцию исследуемого угля (a_0) и начальный наклон кривой сорбции при небольших давлениях (b). Причем начальный участок изотермы сорбции метана углем позволяет вычислить удельную поверхность сорбента.

Предварительные испытания установки проведены на угле фракций 0,2 – 0,3 мм пласта Мощный (Воркута), масса угля составляла 117 г. Установление сорбционного равновесия, необходимое для определения каждой точки зависимости $a=f(P)$ в конкретном опыте занимало не менее 16 часов.

В результате проведенных исследований были определены значения констант сорбции уравнения Ленгмюра $a_0 = 37,03 \text{ см}^3/\text{г}$; $b = 0,16 \text{ атм}^{-1}$. Для сравнения по данным ИГД им. А.А. Скочинского для участка № 8 пл. Мощный $a_0 = 42 \text{ см}^3/\text{г}$; $b = 0,22 \text{ атм}^{-1}$ (отчет «Систематизация данных по сорбционной метаноемкости...», 1973 г.).

Большая масса образца угля требовала много времени для установления сорбционного равновесия каждой точки зависимости $a = f(P)$, поэтому мы перешли на работу с ампулой меньшего объема и количеством угля не больше 10 г фракции 0,1-0,2 мм, поскольку, как определено в [2], для углей с $V^{\text{daf}} > 20\%$, такое изменение фракции не сказывается на сорбционной способности углей. Все это позволило нам использовать более точные весы и уменьшить полное время исследования одной пробы угля.

Лабораторная установка для определения сорбционных характеристик углей сочетает в себе плюсы объемного и весового методов определения сорбционной способности угля. Определение точного количества метана, вышедшего из промежуточной емкости в реактор с углем, представляется возможным благодаря контролю давления в промежуточной емкости. А постоянный контроль давления газа в ампуле с углем и контроль массы угольной пробы позволяет учесть свободный объем в ней и рассчитать величину сорбции метана. Замена ампулы на емкость меньшего объема и уменьшение веса навески до 10 г (рис. 1) позволили ускорить исследования одной пробы.

**Рис. 1 Расположение ампулы с и углем на весах
в термоизолирующей оболочке**

В настоящее время исследования проводятся на угле пласта Болдыревский шахты им. С.М. Кирова. В дальнейшем планируется провести обследование других пластов, разрабатываемых шахтами АО «СУЭК – Кузбасс» с составлением каталога их сорбционных свойств.

Созданная в ИПКОН РАН установка позволяет определять сорбционные свойства угля при сорбции метана при реальных значениях температуры и давления газа.

Проверка установки на угле пласта Мощный показала хорошую сходимость с более ранними определениями констант сорбции для угля этого пласта.

Количественные показатели сорбции метана углем, вычисленные в лабораторных условиях, дают представление о способности угля накапливать и удерживать метан, тем самым позволяя оценить газоносность и величину необходимой дегазации для безопасного ведения горных работ по добыче угля в газовых шахтах.

Примечание

Исследования выполнены при поддержке Министерства науки и высшего образования, Соглашение № 075-15-2019-1903 (05.616.21.0122), Номер государственного учета НИОКТР АААА-А19-119123090079-2, Уникальный идентификатор проекта RFMEFI61619X012.

Список литературы

1. Ходот В.В. и др. Физико-химия газодинамических явлений в шахтах / М.: Наука. – 1973. – 140 с.
2. Скочинский А.А., Ходот В.В., Гмошинский В.Г., Липаев Ю.А., Премыслер Ю.С., Эттингер И.Л., Яновская М.Ф. Метан в угольных пластах / М.: Углетехиздат, 1958. – 256 с.
3. Бобин В.А. Сорбционные процессы в природном угле и его структура. М.: Ротапринт ИПКОН АН СССР, 1987. – 135 с.
4. Шляпин А.В., Малинникова О.Н. Центр проблем метана и газодинамических явлений угольных и рудных месторождений/Научный журнал Российского газового общества. – 2019. – №1(20). – С. 39-41.