

2. Е.Г. Макаров. Инженерные расчеты в Mathcad. Учебный курс. – СПРб.: Питер, 2005. – 448 с.: ил.
3. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справочное пособие. М.: Машиностроение-1, 2004. 512 с.

УДК 622.831.537.86

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОЛИЧЕСТВА И ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАНА В ИСКОПАЕМЫХ УГЛЯХ

Гладкая Е. В. к.т.н.; Бойко А. Н. асп.; Кравченко А. В. асп.
Институт физики горных процессов НАНУ

Для Украины важным нетрадиционным источником энергетического сырья является метан угольных месторождений. Ресурсы этого газа в Украине оцениваются в 12 трлн. м³. В процессе добычи ежегодно выделяется более 2 млрд. м³ метана, лишь 13% которого извлекается при дегазации, а 87% выделяется в атмосферу. Повышение объемов добычи шахтного метана позволило бы снизить потребление природного газа, покупаемого за границей. Добываемый метан можно направлять на производство электроэнергии и на получение тепловой энергии [1].

В угольном пласте метан находится в различных формах: свободный газ, адсорбированный и в виде твердого раствора. При этом на долю сорбированного газа приходится около 90% объема, а свободного около 10%. Различно также местонахождение и характер выделения метана из углей. Для наиболее полной картины газовыделения необходимо учитывать кинетику десорбции, так как скорость газоотдачи для различных фаз метана неодинакова. Из открытых пор, по трещинам и транспортным каналам, свободный метан быстро покидает пласт через внешнюю поверхность. В закрытых порах эвакуация газа (как и их заполнение) происходит путем твердотельной диффузии, что обуславливает и большую продолжительность данного процесса. Если свободное истечение газа из открытых пор можно описать законом Дарси, то диффузия из закрытых пор должна описываться законом Фика [2].

Именно с подсчета открытой и закрытой пористости берут начало методики оценки газоемкости угольных пластов. Основными экспериментальными методами определения сорбционной емкости пластов являются объемный и весовой. В основе этих способов лежит методика определения действительной и кажущейся плотности и общей пористости углей, в соответствии с ГОСТом 2160-82.

В объемном методе для определения сорбционной метаноемкости измеренный объем газа выпускается из газовой бюретки в сорбционный

сосуд, где находится сорбент при заданной температуре. Равновесие в системе газ-сорбент фиксируется по достижению в системе постоянного давления при постоянном объеме газа или объема при постоянном давлении газа. После того, как равновесие установилось, вычисляется количество газа, оставшегося в свободном пространстве прибора при давлении и температуре, соответствующей равновесному состоянию системы. Объем свободного пространства определяется вычитанием объема, занимаемого твердым сорбентом, из общего объема предварительно откалиброванного сорбционного сосуда или впуском несорбируемого газа (гелия) из газовой бюретки в сорбционный сосуд, в котором находится сорбент. Для вычисления объема сорбента требуется знание веса сорбента и его истинного удельного веса.

В весовом методе для оценки сорбционной газоемкости применяются пружинные весы Мак-Бэна и Бахра, которые имеют спиральную пружину из кварцевого стекла с подвешенной к ней емкостью, загруженной углем. Сорбированное количество газа определяется по увеличению длины пружины, предварительно откалиброванной по известным нагрузкам [3].

Основным недостатком этих методов является определение объема по разности плотностей, приводящее к ошибке в определении полной пористости из-за не учета закрытой пористости и фазового состояния. Об этом свидетельствуют масштабы получаемых таким образом величин пористости – менее $0,1 \text{ см}^3/\text{г}$, в то время как суммарный объем закрытых пор может составлять более $0,2-0,3 \text{ см}^3/\text{г}$, т.е. превышать величину открытой пористости ископаемых углей в $1,5-3,5$ раза.

Для уточнения этой методики в ИФГП [2] введены дополнительные переменные, характеризующие объем закрытых пор в общем объеме пор. На основе установленных закономерностей объем закрытых пор в ископаемых углях необходимо производить по формуле:

$$\mu = \frac{(p_o - p)V_{cn}}{pt}, \quad (1)$$

где: p_o – начальное давление метана в сорбционной ампуле, Па; p – конечное давление метана в сорбционной ампуле, Па; m – масса пробы, г; V_{cn} – объем свободного пространства сорбционной ампулы, см^3 .

Объем открытых пор подсчитывался по известной формуле для V_n [2].

Общий объем пор вычисляется по формуле:

$$\Omega = V_n + \mu, \quad (2)$$

где V_n и μ – объемы открытых и закрытых пор соответственно, $\text{см}^3/\text{г}$.

Для изучения вопроса о количестве и фазового состояния метана в угле, а также процесса десорбции в ИФГП используется метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Он позволяет с достаточной точностью определить эти параметры, исходя из спектров ЯМР, в любой момент

времени десорбции. Это связано с тем, что его спектр газонасыщенного угля является суперпозицией двух резонансных линий: шириной $H_1=5-6$ Э от протонов угольного вещества и метана, находящегося в твердом растворе в угле, и узкой $H_2=0,1-0,5$ Э от протонов воды и метана, сорбированных на поверхности пор и трещин, имеющих лоренцеву форму. Спектр ЯМР сухого дегазированного угля состоит лишь из широкой линии и имеет гауссову форму. Момент перехода от сложного спектра ЯМР, состоящего из двух линий, к спектру, содержащему лишь одну широкую линию гауссовской формы $H_1=5-6$ Э, соответствует реперной точке высушенного и дегазированного угля.

С использованием нового метода был проведен расчет количества и фазового состояния метана в угольном образце пласта h_6' Смоляниновский, гор. 1312 м на шахте им. А. А. Скочинского. Анализ результатов показал, что метаноемкость угля пласта h_6' Смоляниновский в пересчете на объемный вес метана находится в пределах $30,7 - 31,7$ м³/т (собственная метаноемкость пласта h_6' по данным горно-геологического прогноза составляет $25 - 30$ м³/т), при этом $20 - 25\%$ его находится в трещинах и открытых порах, а остальная часть в закрытых порах и твердом растворе. Подтверждением обоснованности метода является достаточно близкая корреляция расчетных и экспериментальных данных [4].

Таким образом, в настоящее время метод ЯМР является наиболее информативным для оценки фазового состояния метана и его исходного количества в угольном пласте в закрытых порах.

Литература

1. Булат А. Ф., Чемерис И. Ф. Перспективы создания энергетических комплексов на базе угледобывающих предприятий// Уголь Украины. – 2006. - №2. – С. 3-6.
2. Алексеев А. Д., Зайденварг В. Е., Синолицкий В. В., Ульянова Е. В. Радиопизика в угольной промышленности. – М.: Недра, 1992. – 184с.
3. Петросян А.Э. Выделение метана в угольных шахтах. - М.: «Наука», 1975.-188с.
4. Стариков Г. П. Физико-механические основы прогноза выбороопасности угольных пластов и квалификация типов ГДЯ: Автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.15.11 / ИФГП НАН Украины. – Донецк, 2005. – 36с.