

УДК 553.94 : 550.372

Боцюра Н.И.

Реакция электрического сопротивления углей на изменение давления и температуры

Изложены результаты изучения влияния изменений давления и температуры на электрическое сопротивление порошковых препаратов, изготовленных из угля марки Ж. Показано, что рост давления сопровождается снижением сопротивления препаратов. Отмечается обратимый характер изменений изученных показателей угля.

Электрическое сопротивление горных пород и углей при изменении температуры и давления существенно меняется. Характер зависимости сложный, многофакторный. При повышении давления породы уплотняются, уменьшается их пустотность, при повышении температуры упрощается фазовый состав, газообразная и жидкая фазы "выдавливаются" в вышележащие горные породы. С повышением температуры и давления растет активность миграции флюидов, входящих в состав горных пород и углей.

Увеличение плотности горных пород связано с действием на них силы. Экспериментально наиболее просто смоделировать действие направленной силы на образец (одноосное сжатие или растяжение) [4]. В природных условиях одноосное сжатие и нарастание температуры пропорционально глубине залегания углей [1].

В пределах нарастания температур от 20 до 200°C электрическое сопротивление углей линейно уменьшается до 40% от первоначального [2], достигая в дальнейшем исходной величины. Находящаяся в углях влага при температуре 190-200°C полностью удаляется и изменение электрического сопротивления углей при температуре выше 200°C связано с особенностями изменения их состава и структуры [3].

Уменьшение электрического сопротивления углей и горных пород с изменением содержания влаги описывается зависимостью [2]:

$$\rho = 0,05 / W - W_0$$

где:

ρ – удельное электрическое сопротивление;

W и W_0 – влажность образца в исследуемом и воздушно сухом состояниях.

Идея работы состояла в том, что если в углях вблизи температуры интенсивного испарения (кипения) происходят необратимые изменения поверхностных и объемных физических свойств, то после подъема давления и температуры на этапе их снижения контролируемые электрические характеристики не вернуться в исходное состояние. В противном случае процесс следует считать обратимым.

Целью работы было определение экспериментальным путем характера изменения электрического сопротивления углей марки Ж при увеличении температуры и давления, а также при снижении значений этих показателей до исходного значения.

Решались следующие задачи: изготовить измерительную ячейку, в которой уголь можно было бы одновременно нагревать и сжимать; обеспечить надежный гальванический контакт электродов с углем при измерении электрического сопротивления; уменьшить шумы, характерные для измерений сопро-

тивления углеродистых материалов; зарегистрировать изменение протекающего через образец тока в прямоугольных координатах температура – ток или давление – ток.

Измерительная ячейка, в которой создавались избыточные давление и температура, была изготовлена из диэлектрического материала высокой прочности, выполненного в виде трубки. Уголь марки Ж в трубке сжимался металлическими стержнями, которые служили электродами. Сжимаемый уголь нагревался с помощью печи Марса, перемещаемой вдоль оси трубки. Избыточное давление создавалось с помощью настольного прессы, развивающего усилие в 4000 кг. Температура внутри трубки регистрировалась с помощью термодпары, размещенной внутри одного из прижимных электродов. Величина давления контролировалась по стрелочному манометру, установленному в прессе.

Полезный сигнал снимался с опорного электрического сопротивления (R_o), вынесенного за пределы измерительной ячейки и включенной параллельно емкости (C) с целью подавления шумов (рис. 1). Ток, проходящий через угольный образец (R_x) при изменении температуры (T) и давления (P) непрерывно регистрировался с помощью самописца типа Н-307.

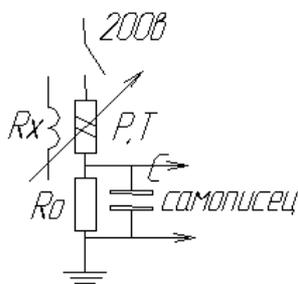


Рис. 1 Принципиальная схема регистрации изменений в угольном образце при изменении избыточных давления и температуры.

Проба угля измельчалась с помощью щековой дробилки и высушивалась при температуре 105°C. Высушенный угольный материал с помощью набора сит калибровался по размеру. Из материала гранулометрической фракции 0,1-0,16 мм изготавливались угольные образцы. Они помещались в измерительную ячейку, в которой создавалось избыточное давление (на манометре прессы – 1 атм). Нагрев контролировался с помощью термодпары, а её сигнал подавался на горизонтальную развертку самописца – X. На ось Y самописца поступал сигнал с опорного сопротивления (R_o). Формирующийся сигнал в непрерывном режиме регистрировался в виде спектрограмм (рис. 2). Максимальный нагрев осуществлялся до температуры 180-200°C, сжатие образца – до давления 2000 атм (на образце). Давление в измерительной ячейке определялось по уравнению:

$$\Delta p_x = \Delta p_o \cdot \frac{S_o}{S_x}$$

где:

Δp_o – изменение давления, создаваемое прессом;

Δp_x – изменение давления в измерительной ячейке как отклик на изменение давления в прессе, возникающее из-за разности площадей основания рабочего цилиндра прессы S_o и площади поверхности основания прижимного электрода в измерительной ячейке S_x .

Анализ зарегистрированных кривых позволил автору сделать следующие выводы.

1. С повышением температуры отмечается закономерное возрастание величины тока, протекающего через опорное сопротивление, иначе – уменьшение электрического сопротивления образца. При этом сопротивление начи-

нает изменяться одновременно с ростом температуры, начиная с температуры помещения – 20°C.

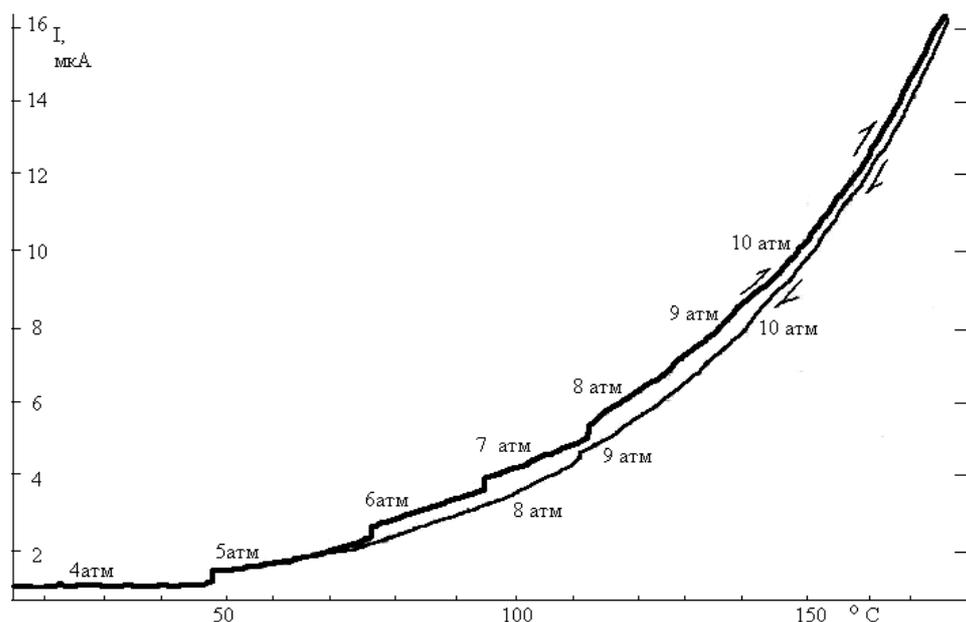


Рис. 2. Изменение величины тока на опорном сопротивлении, включенном последовательно с нагреваемым и сжимаемым порошком угля марки Ж с крупностью частиц 0,04-0,05 мм.

2. Давление в измерительной ячейке при ступенчатом подъеме в разных температурных интервалах с $\Delta p = 1$ атм (по показаниям гидростатического давления масла в прессе) соответствовало ступенчатому увеличению тока с тенденцией к затуханию отклика по мере нагрева.

3. Характер изменения тока соответствует экспоненциальной зависимости.

4. С уменьшением температуры (после выключения печи Марса) ток уменьшается с возвратом до исходных значений.

5. Дальнейший рост давления при достижении его значений более 1500 атм на изменение тока практически не влияет.

6. Необратимые изменения свойств угля в интервале изменений температур 20-200°C не установлены.

7. Одновременно с регистрацией электрического сопротивления (или удельного электрического сопротивления) угля следует для однозначной интерпретации получаемых результатов измерять также его тепловые характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кратенко Л.Я.** Общая геология // Днепропетровск: НГА Украины, 2002.– 180 с.
2. Методическое пособие по комплексной геофизической диагностике породного массива и подземных геотехнических систем // Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2004.– 75 с.
3. **Скляр М.Г., Тютюнников Ю.Б.** Химия твердых горючих ископаемых. Лабораторный практикум // Київ: Вища школа, 1985.– 247 с.
4. **Соболев В.В. и др.** Физика горных пород // Днепропетровск: Полиграфист, 2003.– 255 с.

БОЦЮРА М.І. Реакція електричного опору вугілля на зміну тиску і температури.

РЕЗЮМЕ. Електричний опір порошку вугілля марки Ж при підвищенні тиску і температури закономірно знижується за експоненціальним законом. Зняття тиску і температури супроводжується поверненням електричного опору до початкових значень.

БОЦЮРА Н.И. Реакция электрического сопротивления углей на изменение давления и температуры.

РЕЗЮМЕ. Электрическое сопротивление порошка угля марки Ж при повышении давления и температуры закономерно снижается по экспоненциальному закону. Снятие давления и температуры сопровождается возвращением электрического сопротивления к начальным значениям.

BOTSYURA N.I. Response of coals electrical resistance in pressure and temperature changes.

SUMMARY. Electrical resistance of coal powder of «Ж» quality appropriately decreases according to exponential law when increasing pressure and temperature. Pressure and temperature relief shows return of electrical resistance to the original level.

*Надійшла до редакції 11 березня 2008 р.
Представив до публікації професор А.І.Каталенець.*