

УДК 662.74:536.7

ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ УГЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ПЛАСТОВ САРЫ-АДЫРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЗАХСТАНА

Набиев М.А.

ТОО «Он Олжа», г. Астана, Казахстан

Исследование теплофизических свойств углей имеет определенный научный и практический интерес для выяснения их теплотворных характеристик.

В работах /1-4/ исследованы теплофизические характеристики углей ряда месторождений Казахстана.

Из теплофизических характеристик особое значение имеет теплоемкость. Наряду с теплопроводимостью она позволяет также определить температуропроводность. Теплота сгорания характеризует энергетическую ценность углей.

В данной работе приведены результаты калориметрических исследований по определению теплоемкости и расчеты по вычислению энтальпии сгорания углей различных пластов Сары-Адырского месторождения Казахстана.

Для калориметрических исследований отобраны следующие угли: Сары-Адырские (пласты 1, 2, 3, «Пятиметровый»). Ниже приведены результаты химического анализа по углероду в (%) отобранных углей, составы некоторых из них определены на элементном анализаторе «EUROEA 300»: Сары-Адыр (1) – 65,12; Сары-Адыр (2) – 49,78; Сары-Адыр (3) – 50,76; Сары-Адыр (Пятиметровый) – 67,35.

Изобарные теплоемкости углей исследовали методом динамической калориметрии на серийном приборе ИТ-С-400 в интервале 298,15-473 К. Верхний предел температуры (473 К) взят из-за того, чтобы выше этой температуры начинаются изменение веса угля и процессы набухания. Данный прибор предназначен для исследований температурной зависимости удельной теплоемкости твердых тел и сыпучих волокнистых материалов. Максимальная погрешность измерения на приборе ИТ-С-400, согласно паспортным данным, равна $\pm 10\%$ /5, 6/.

Измерения проводили в режиме монотонного, близкого к линейному нагревания образца со средней скоростью 0,1 град/с. Исследуемый образец помещали в металлическую ампулу измерительной ячейки, разогревали непрерывным тепловым потоком через тепломер. Через каждые 25 К с помощью микровольтамперметра Ф-136 и секундомера СЭЦ-100 измеряли временное запаздывание температуры ампулы по отношению к температуре основания. При каждой температуре через 25 К проводились по пять параллельных опытов, результаты которых усреднялись. Работу прибора проверяли путем определения стандартной теплоемкости α - Al_2O_3 . Полученное значение $C_p(298,15) \alpha$ - Al_2O_3 , равное 76,0 Дж/(моль·К) удовлетворительно совпадало со справочными данными [79 Дж/(моль·К)] /7/. Предварительно проводится градуировка измерителя, которая заключается в экспериментальном определении тепловой проводимости тепломера K_T . Для этого необходимо провести по пять экспериментов с медным образцом и пустой ампулой. Тепловая проводимость тепломера определяется по формуле:

$$K_T = \frac{C_{\text{ОБП М}}}{\bar{\tau}_{\text{ТМ}} - \bar{\tau}_T}, \quad (1)$$

где: $C_{OBR\ M}$ – полная теплоемкость медного образца, Дж/К; $\bar{\tau}_{TM}$ – среднее значение времени запаздывания на тепломере в экспериментах с медным образцом, с; $\bar{\tau}_T^0$ – среднее значение запаздывания на тепломере в эксперименте с пустой ампулой, с.

Полная теплоемкость медного образца определяется по формуле:

$$C_{OBR\ M} = C_M \cdot m_{OBR}, \quad (2)$$

где: C_M – табличное значение удельной теплоемкости меди в Дж/кг·К; m_{OBR} – масса медного образца, кг.

Значение удельной теплоемкости исследуемых веществ определяли по формуле

$$C_{уд} = \frac{K_T}{m_0} (\tau_T - \tau_T^0), \quad (3)$$

где: K_T – тепловая проводимость тепломера; m_0 – масса исследуемого вещества, кг; τ_T – время запаздывания температуры на тепломере, с; τ_T^0 – время запаздывания температуры на тепломере в экспериментах с пустой ампулой, с.

При каждой температуре проводили по пять параллельных опытов, полученные результаты усреднялись и обрабатывались методами математической статистики. Для усредненных значений удельной теплоемкости при каждой температуре рассчитывали среднеквадратичные отклонения ($\bar{\delta}$, Дж/моль):

$$\bar{\delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}}, \quad (4)$$

где: n – количество экспериментов; C_i – измеренное значение удельной теплоемкости; $\bar{C}$ – среднее арифметическое из измеренных значений удельной теплоемкости.

Ниже в таблице 1 приведены значения удельных теплоемкостей исследуемых углей.

Таблица 1 – Температурные зависимости удельных теплоемкостей углей, [Дж/(г·К)]

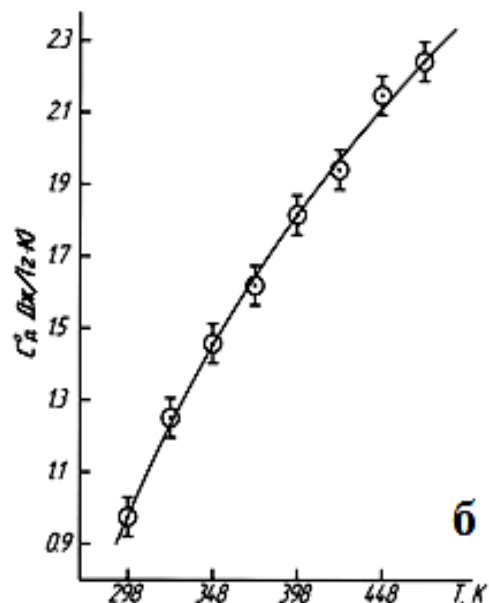
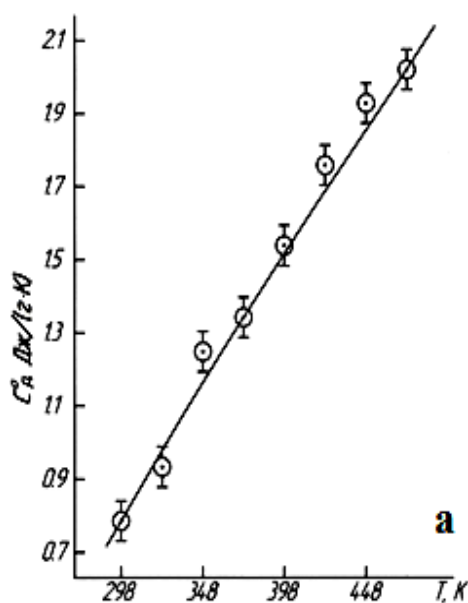
Т, К	$C_p \pm \bar{\delta}$	
	Сары – Адыр (1)	Сары – Адыр (2)
298,15	0,7859±0,0155	0,9216±0,0232
323	0,9795±0,0241	1,2099±0,0255
348	1,1647±0,0300	1,4527±0,0275
373	1,3437±0,0327	1,6618±0,0251
398	1,5179±0,0288	1,8455±0,0331
423	1,6885±0,0271	2,0094±0,0358
448	1,8563±0,0252	2,1580±0,0381
473	2,0271±0,0361	2,2943±0,0445
	Сары – Адыр (3)	Сары – Адыр (Пятиметровый)
298,15	0,9757±0,0245	1,0558±0,0275
323	1,2329±0,0310	1,1572±0,0390
348	1,4526±0,0254	1,2531±0,0326
373	1,6445±0,0341	1,3893±0,0266
398	1,8153±0,0317	1,6646±0,0392
423	1,9699±0,0299	2,2095±0,0459
448	2,1117±0,0284	2,3833±0,0515
473	1,2435±0,0432	2,4930±0,0377

На основании полученных опытных данных выведены уравнения температурной зависимости теплоемкости углей, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Уравнения температурной зависимости теплоемкости углей, [Дж/(г·К)]

Угли	Коэффициенты уравнения $C_p^0 = a + b \cdot T + c \cdot T^{-2}$			$\Delta T, K$
	a	$b \cdot 10^{-3}$	$c \cdot 10^5$	
Сары – Адыр (1)	$-(0,77 \pm 0,06)$	$6,12 \pm 0,47$	$-(1,31 \pm 0,08)$	298,15-473
Сары – Адыр (2)	$1,57 \pm 0,10$	$2,77 \pm 0,49$	$-(1,31 \pm 0,08)$	298,15-473
Сары – Адыр (3)	$1,28 \pm 0,09$	$3,06 \pm 0,20$	$-(1,08 \pm 0,07)$	298,15-473
Сары – Адыр (Пятиметровый)	$-(5,94 \pm 0,38)$	$15,94 \pm 1,03$	$1,99 \pm 0,13$	298,15-473

Ниже на рисунке представлены графические зависимости $C_p \sim f(T)$ исследуемых углей.



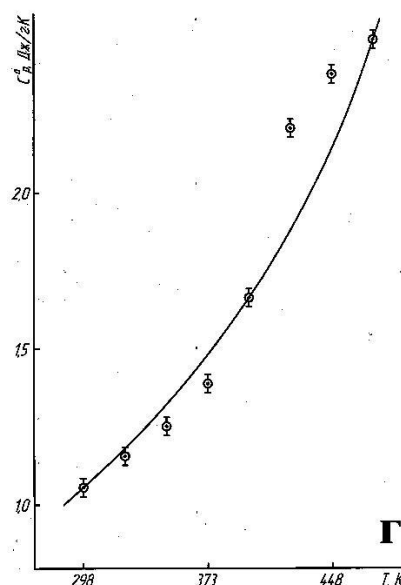
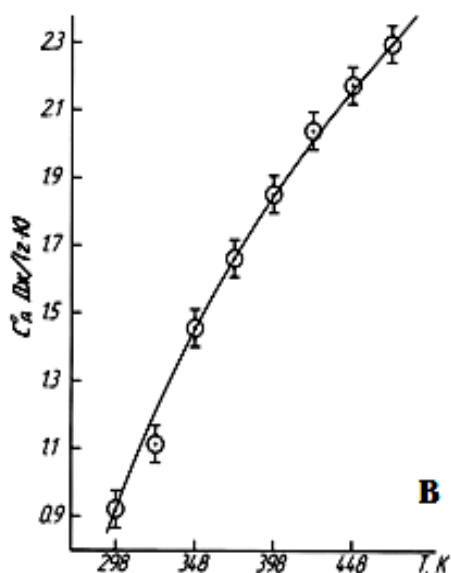


Рис. Зависимость теплоемкости углей от температуры: а – Сары-Адыр (1), б – Сары-Адыр (2), в – Сары-Адыр (3), г – Сары-Адыр (Пятиметровый)

В работе /2/на основании исследований углей многочисленных пластов разреза «Северный» Экибастузского бассейна выведено уравнение зависимости их стандартной энтальпии сгорания от процентного содержания углерода в угле (кДж/кг):

$$\Delta H^0_{\text{сгор.}} = 17161 - 671,5(\%, \text{C}). \quad (5)$$

По уравнению (5) с учетом содержания углерода в углях Сары-Адырского месторождения вычислены их ΔH^0 сгорания, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Энтальпии сгорания углей, кДж/кг

Наименование углей	C, %	$-\Delta H^0_{\text{сгор.}}$
Сары – Адыр (1)	65,12	26567
Сары – Адыр (2)	49,78	16266
Сары – Адыр (3)	50,76	16924
Сары – Адыр (Пятиметровый)	67,35	28065

Таким образом, впервые методом экспериментальной калориметрии в интервале 298,15-473 К исследованы температурные зависимости теплоемкости углей различных пластов Сары-Адырского месторождения. Эмпирическим уравнением вычислены энтальпии сгорания углей. Полученные результаты представляют определенный практический интерес для прогнозирования теплотворной способности теплопроводности, температуропроводности углей аналогичных месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касенов Б.К., Ермагамбет Б.Т., Ордабаева А.Т., Мустафин Е.С. Исследование теплоемкости Шубаркульского угля в интервале 303-448 К //ХТТ. 1995. № 1. С. 44-46.
2. Касенов Б.К., Ермагамбет Б.Т., Макитова Г.Ж. и др. Теплофизические характеристики углей и углистых пород различных пластов разреза «Северный» АО «РосЭкибастузуголь» //ХТТ. 1998. № 5. С. 86-90.
3. Ермагамбет Б.Т., Касенов Б.К., Бектурганов Н.С. и др. Чистые угольные технологии: Теория и практика. Астана-Караганда: TENGRI, 2013. 276 с.
4. Касенов Б.К., Ермагамбет Б.Т., Сагинтаева Ж.И. и др. Характеристики угля Кушмурунского месторождения //ХТТ. 2014. № 3. С. 3-4.
5. Платунов Е.С., Буравой С.Е., Курепин В.В. и др. Теплофизические измерения и приборы. Л.: Машиностроение, 1986. 256 с.
6. Техническое описание и инструкции по эксплуатации ИТ-С-400. Актюбинск: Актюбинский завод «Эталон», 1986. 48 с.
7. Robie R.A., Hewingway B.S., Fisher I.K. Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298.15 and (10^5 Paskals) Pressure and at Higher Temperature. Washington: United States government printing office, 1978. 456 p.