

УДК 551.263.94

ПРОМЫШЛЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕЙ

Иванов Владимир Петрович,

канд. техн. наук, доцент кафедры геологии и разведки полезных ископаемых Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30. E-mail: ivp2005@mail.ru

Многообразие углей по происхождению, свойствам и качеству вызывает потребность их унификации, поэтому создаются различные классификации углей: по вещественному составу, строению, генезису, потреблению и так далее. Наибольшая потребность классифицирования углей связана с разделением их по группам для рационального использования в промышленности и в энергетике.

Цель работы: разработка промышленно-энергетической классификации на основе предлагаемых показателей ценности: генетическое преимущество, коксующая и коксообразующая способности, и стандартизованных параметров: зольность, выход летучих веществ, толщина пластического слоя, теплота сгорания, используемых для определения качества углей, для оценки рационального использования углей.

Методы исследования: область применения ГОСТ 25543–2013 марочная классификация углей по генетическим и технологическим параметрам и определение по марке направление их использования. Критический анализ марочной классификации с помощью новых показателей: K^m (генетическое преимущество углей между собой), K^{cc} (коксующая способность) и K^{mk} (коксобразующая способность), показал невозможность выделения среди спекающихся углей коксующихся углей по спекаемости (толщине пластического слоя) и выходу летучих веществ; оценка энергетической способности позволяет обосновано выделять энергетические угли среди каменных углей и антрацитов.

Результаты. Предлагаемая промышленно-энергетическая классификация направлена на совершенствование классификации ископаемых углей в недрах и предназначена для выделения среди спекающихся углей коксующиеся угли, а среди последних – коксообразующиеся угли, а среди неспекающихся углей – энергогенерирующие и топливные. Предложено разделять гумусовые угли на технологические, энерготехнологические и топливные угли по основным направлениям использования их глубокой переработки, а в качестве критерия ценности выбраны показатели промышленно-генетической, технологической и энергетической ценности. Предложенная классификация рассматривается дополнением ГОСТ 25543–2013 в части разделения углей по направлениям использования.

Ключевые слова:

Уголь, унификация, марка угля, промышленно-генетическая классификация, направление использования углей, критерий ценности, промышленно-энергетическая классификация.

Потребность в унификации углей – это постоянный поиск их оптимизации для различных целей, например при создании классификаций: угольных пластов по самовозгоранию углей, углей по содержанию неорганических веществ в угольном веществе или по его структуры [1–3].

Всё же основной поиск критериев унификации углей, как за рубежом [4–7], так в нашей стране [8–11], ведётся для создания промышленно-генетических [8, 12, 13] и потребительских [9, 10, 14, 15] классификаций. Для этого используются разные методы оценки [6, 13, 15–18], а критериями унификации углей выступают ранг, марка, ценность.

Актуальность выбранной темы – поиск критериев унификации углей разного происхождения, продиктована общей задачей угольного сообщества в создании единой международной классификации углей для оценки экономической значимости запасов/ресурсов, т. е. ценности. По мнению авторов [19] существующая классификация углей по генетическим и технологическим параметрам плохо сопоставляется с другими национальными и международными классификациями, несмотря на это ГОСТ 25543–2013 [12] действует не только в России, но распространяется на угли стран ЕАЭС и СНГ.

Классификация углей (ГОСТ 25543–2013) проводится по генетическим (R_0 , ΣOK) и технологическим (для бурых – W_{\max}^{af} и T_{sk}^{daf} ; каменных – V^{daf} и y ; антрацитов – V_v^{daf} и A_R) параметрам. По сути, данный стандарт предусматривает промышленно-генетическую классификацию углей по генетическим признакам и основным энергетическим и технологическим характеристикам и объединение близких по свойствам углей в марки, которая является критерием разновидности углей [20]. Именно на этом основании стандарт предусматривает по угольной марке разделять угли на технологическое и энергетическое направления использования.

Критерий ценность углей, альтернативный марочному критерию, направлен на разделение углей по потребительским свойствам при их использовании в промышленности и энергетике [21], но определение ценности углей для коксования всегда является приоритетным [22–25].

Несовершенство ГОСТ 25543–2013 как раз состоит в том, что его создатели объединили промышленно-генетическую и потребительскую классификации, используя только марку угля, без оценки потребительских свойств углей. Созданная на основе данного стандарта классификация для на-

логообложения за пользование ресурсами показала ошибочность такого подхода [26].

Создатели промышленно-генетической классификации [8], на которую опирается ГОСТ 25543–2013, отмечали, что марочное деление углей удобно для систематизации многообразия гумусовых углей, но для определения их рационального использования необходимо проводить полупромышленные или лабораторные коксования для выделения коксующихся углей. Однако создатели данного стандарта [11] посчитали, что по марке можно разделить угли по направлениям использования, тем самым невольно сделали её критерием ценности углей. На практике это обернулось обоснованным отнесением спекающихся углей к коксующимся углям и искажению их запасов в государственном балансе.

Рассмотрим детально данный недочёт ГОСТ 25543–2013 применительно к каменным углям с позиции предлагаемых критериев ценности углей. Считается, что по спекающейся способности (y) и выходу летучих веществ (V^{daf}) можно выделять коксующиеся угли, т. е. угли, способные коксоваться. В работах [17, 18, 27] опровергается данная точка зрения и предлагается методология выделения среди спекающихся углей коксующихся углей, а среди последних – коксообразующих углей, по коксующей (K^{KC}) и коксообразующей ($K^{ПТК}$) способностям, а в работе [17] предложен новый подход разделения углей по их генетическому преимуществу ($K^{ПТ}$) между собой. Раскроем через определения понятийную суть предлагаемых терминов.

Генетическое преимущество – это свойство ископаемого угля, обуславливающее такое сочетание содержания гелифицированных компонентов и степени метаморфизации в процессе его формирования, которое обеспечивает ему высокую степень применимости в промышленности и энергетике среди других углей. Определяется путём расчёта величин: показателя отражения витринита (R_0) и содержания мацералов (Vt, Sv, I, L, M), через них же рассчитывается стандартизованный параметр ΣOK для маркировки углей.

Коксующая способность – это свойство измельчённого ископаемого угля обеспечивать установленную когезионную прочность и выход полукокса при спекании. Определяется, как и показатель спекающейся способности (y), по ГОСТ 1186–87, но для расчёта величины K^{KC} дополнительно анализируется выход летучих веществ угля и пластометрического полукокса.

Коксообразующая способность – это свойство измельчённого ископаемого угля, обеспечивать при спекании образование полукокса с заданной прочностью его тела. Определяется путём испытание структурной прочности тела пластометрического полукокса по ГОСТ 9521–74 «Метод определения коксуемости» в углях и угольных смесях.

Таким образом, данные показатели: K^{KC} , $K^{ПТК}$, $K^{ПТ}$, отражают потребительские свойства, в частности для производства кокса технологией слоевого коксования, в которой коксующие свойства углей являются главными при выборе углей для угольной шихты. При получении данных показателей используются методы и параметры, что и для маркировки, но привлечение других методов расширяет их информативность. Они одновременно учитывают генетические особенности образования угольного вещества, способность угля спекаться и коксоваться, а также коксообразующую способность угля в виде когезионных свойств и выхода кокса с определённой прочностью его тела.

Опираясь на базу данных качества углей ($R_0, Vt, Sv, I, L, M, \Sigma OK, y, V^{daf}$), создателями стандарта [11] на примере Донецкого, Карагандинского, Кузнецкого и Печорского бассейнов был сделан сравнительный анализ показателей y и K^{KC} в каменноугольно-пермских углях (рис. 1). Из рисунка видно, что тренды показателей способности углей: спекающейся и коксующей, в ряду их метаморфизма имеют разный характер изменения.

Характер изменения показателей коксующей (K^{KC}) и коксообразующей ($K^{ПТК}$) способностей в углях с разной спекаемостью (y) по маркам, расположенных с учётом их метаморфизма, в виде полинома (рис. 2). При этом коэффициент детермина-

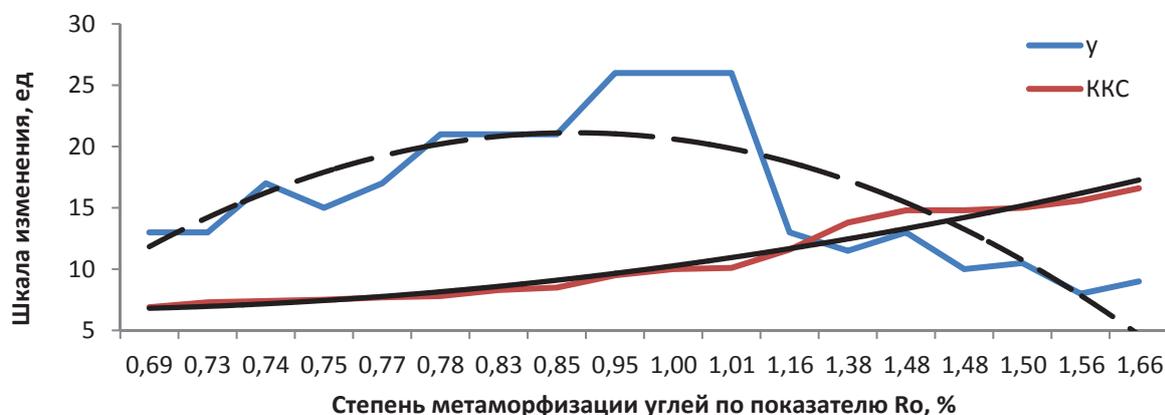


Рис. 1. Зависимость показателей спекающейся (y) и коксующей (K^{KC}) способностей углей от степени их метаморфизации (R_0)

Fig. 1. Dependence in indices of coal caking (y) and and coking (K^{KC}) capacities on their metamorphization degree (R_0)

Таблица 1. Сводная характеристика углей Донецкого, Карагандинского, Кузнецкого, Печорского бассейнов

Table 1. Summary characteristics of coals of Donetsk, Karaganda, Kuznetsk, Pechora basins

Стадии углефикации Carbonization stages	Показатели/Indices									
	R_0	СК	V^{daf}	y	Пв	K^{rn}	K^{kc}	ПГЦ	$K^{пкк}$	ТЦ
	Единицы измерения/Units				ед./units					
	%			мм mm	ед./units					
газовая gas	0,72	82	38	13	0,57	0,59	0,78	0,46	0,57	0,34
газово-жирная gas fat	0,75	87	38,1	17	0,55	0,65	1,01	0,66	0,76	0,5
	0,82	88	36,9	21	0,57	0,72	1,31	0,95	1,04	0,75
жирная fat	0,96	88	33,3	26	0,59	0,84	1,85	1,57	1,52	1,29
коксовая coking	1,38	71	20,2	13	0,59	0,98	1,81	1,78	1,34	1,31
кокс-тощая coking-noncoking	1,5	66	17,3	10	0,59	0,99	1,57	1,56	1,12	1,1
тощая noncoking	1,57	67	16,5	8	0,57	1,05	1,28	1,35	0,89	0,94

Определение промышленно-генетической ценности выполняется расчётом $ПГЦ = K^{rn} + K^{kc}$, а технологической ценности – $ТЦ = K^{rn} + K^{пкк}$.

Данные показатели в числовых значениях позволяют проводить деление углей по ценности и выступать в качестве критериев ценности, которым устанавливается технологическое направление использования спекающихся углей, а также отличие коксообразующих углей среди коксующихся, как ценных углей для производства доменного кокса, получаемого технологией слоевого коксования.

Кроме спекающихся углей, гумусовые каменные угли представлены слабо коксующимися, слабо спекающимися и неспекающимися углями, которые часто считают энергетическими углями, как угли пригодные для сжигания. Но среди них большая часть углей, кроме сжигания для обогрева, ис-

пользуется в металлургическом и неметаллургическом производствах, для энергогенерации на тепловых электростанциях. К этим углям предъявляются повышенные потребительские требования, главное из которых их способность к энергогенерации, т. е. способность углей среди других при равных условиях выделять максимальную энергию.

Способность энергогенерации угля ($K^{эг}$) предлагается определять по формуле:

$$K^{эг} = \frac{Q_s^{afi}}{Q_s^{afconst}}, \quad (1)$$

где Q_s^{afi} – величина теплоты сгорания ископаемого каменного угля и антрацита, Мдж/кг; $Q_s^{afconst}$ – нижняя предельная величина теплоты сгорания каменного угля – 24 Мдж/кг, равная максимальной теплоте сгорания бурых углей, установленная в ГОСТ 25543–2013.

На примере марочных углей Кузбасса (ГОСТ 50904–96) в значениях Q_s^{daf} (высшей теплоты сгорания на органическую массу) было установлено, что угли одних и тех же марок различаются по показателю $K^{эг}$, рассчитанному по формуле (1). Применяя его, стало возможным выделить три группы углей: низкокалорийные, $K^{эг} \leq 1,25$ ед.; калорийные с $K^{эг} = 1,25–1,35$ ед. и высококалорийные с показателем $K^{эг} \geq 1,35$ ед., а по показателю ЭЦ различать угли по энергетической ценности (табл. 2).

Такое деление можно проводить по показателю нижней теплоты сгорания, Q_i' , так как при этом состоянии учитывается влажность и зольность угля. Граничным значением на практике признаётся показатель $Q_i' > 6000$ ккал/кг, и по нему отделяются высококалорийные угли среди остальных углей.

Такой уровень теплоты сгорания обеспечивается за счёт природных условий образования низкзольных углей, или за счёт обогащения зольных углей. Поэтому при определении промышленной и энергетической ценности ископаемых углей следует учитывать содержание в угольном веществе минеральных примесей.

Таблица 2. Сводная характеристика углей Кузнецкого и Горловского бассейнов по маркам и энергетической ценности

Table 2. Summary characteristics of coals of Kuznetsk and Gorlovsky basins by the brands and energy value

Характеристика ископаемых углей по спекаемости и стадии метаморфизма Characteristic of mineral coals by caking and coal rank	Марки Brands	Q_s^{daf} , ккал/кг (Мдж) kcal/kg (MJ)	R_0	СК	K^{rn}	$K^{эг}$	ЭЦ
			%		ед./units		
Слабоспекающиеся и неспекающиеся угли низкой стадии метаморфизма Low-caking and noncaking coals of low coal rank	Д	7280 (30,48)	0,67	82	0,55	1,22	0,67
	Д, ДГ	7700 (32,24)	0,73	80	0,58	1,29	0,75
	ДГ, Г, ГЖО	7780 (33,57)	0,78	88	0,69	1,34	0,92
	ДГ, Г, СС (1СС и 2СС)	7980 (33,41)	0,83	78	0,65	1,34	0,87
Коксующиеся угли низкой, средней и высокой стадий метаморфизма Coking coals with low, middle and high coal rank	ГЖО, ГЖ, Д	8280 (34,67)	0,95	70	0,88	1,39	1,22
	КЖ, К, КО, КСН, КС, ОС		1,15	60	0,91	1,39	1,26
Слабоспекающиеся и неспекающиеся угли высокой стадии метаморфизма Low-caking and noncaking coals of high coal rank	ТС, Т, СС (ЗСС)	8150 (34,12)	1,45	50	1,15	1,36	1,52
	Т, А		1,8	66	1,19	1,36	1,62
	А	8200 (33,54)	2,5	47	1,18	1,34	1,58

Таблица 3. Промышленно-энергетическая классификация ископаемых углей**Table 3.** Industrial-energy classification of mineral coals

Вид/Type	Каменные угли/Hard coal				
Группа Group	Обогащаемые (raw coal) $\gamma \geq 75\%$			Трудно обогащаемые (hard-to-clean) $\gamma \leq 75\%$	
Подгруппа Subgroup	Спекающиеся Caking		Слабо коксующиеся Low-coking	Спекающиеся и неспекающиеся Caking and noncaking	
Параметрические ограничения Parametric limiting	$y > 13$ мм или $FSI > 4$ ед., в интервале $V^{daf} 30-41\%$; $y > 8$ мм или $FSI > 2$ ед., в интервале $V^{daf} 19-30\%$		$y \leq 13$ мм; $FSI > 1$ ед., в интервале $V^{daf} \geq 41\%$; $y \leq 8$ мм; $FSI > 1$ ед., в интервале $V^{daf} \leq 19\%$	$y \leq 6$ мм; $FSI \leq 1$ ед.	
Ранг назначения Purpose rank	Технологические Engineering			Энергетические Energy	
Класс/Class	Коксующиеся/Coking	Энерготехнологические/Energotechnological			
Тип/Type	Коксообразующие Carbon-forming	Технологические коксующиеся Engineering coking	Энерго-технические Energy-engineering	Энергогенерирующие Power-generating	Топливные Fuel
Параметрические ограничения Parametric limiting	$K^{ПК} \geq 1,0$ ед.; $A^d = 7-9\%$; $y \geq 21-35$ мм, в интервале $V^{daf} = 30-36\%$; $y \geq 10$ мм; в интервале $V^{daf} = 19-30\%$	$K^{КС} \leq 1,0$ ед.; $A^d = 7-9\%$; $13 \leq y \leq 21$ м, в интервале $V^{daf} = 38-41\%$; $8 \leq y \leq 10$ мм; в интервале $V^{daf} = 17-19\%$	$K^{КС} \geq 0,80$ ед. или $K^{ЗФ} \geq 1,3$ ед.; $W \leq 10\%$; $A^d \leq 10\%$; $Q_r \geq 6000$ ккал/кг; $S_t \leq 0,3\%$; $P^d \leq 0,01\%$	$K^{ЗФ} \geq 1,25$ ед.; $W \leq 10\%$; $A^d \leq 15\%$; $Q \geq 6000$ ккал/кг; $S_t = 0,3-1,0\%$	$K^{ЗФ} \leq 1,25$ ед.; $W \geq 10\%$; $A^d \geq 15\%$
Основные технологии глубокой переработки Basic techniques of advanced processing	слоевое коксование laminar coking	слоевое коксование, производство синтетического топлива, газификация laminar coking, production of synthetic fuel, gasification	кусковое полукоксование и коксование, заменители коксов в металлургических и неметаллургических производствах lumpy semi-coking and coking, coke substitutes in metallurgical and non-metallurgical production	пылеугольное топливо для доменного производства и энергетических установок: кусковое сжигание в котлах отопительных станций и технологических установках; получения бездымного топлива pulverized fuel for blast-furnace process and power plants: lumpy combustion in boilers of heating stations and plants; obtaining pollution-free fuel	Сжигание в плазме и низкотемпературным окислением разными технологиями и способами Combustion in plasma and by low-temperature oxidation in different ways

Кондиции запасов по зольности для коксующихся углей $A^d < 30\%$, для энергетических углей – $A^d < 35\%$, это максимально допустимые пределы при установлении балансовых запасов. На практике значительная группа углей с зольностью 30% обогащается трудно или очень трудно. В таких углях выход обогащённого угля с зольностью 10% составляет ниже 75% , поэтому для коксующихся необогащённых углей принята зольность угольного сырья не более 25% , что обеспечивает выход концентрата более 75% при $A^d < 10\%$.

Ценными углями считаются угли с низким содержанием серы и фосфора, поэтому среди энергетических углей, особенно неспекающихся углей, ценятся угли с показателями $A^d < 10\%$, $S_t < 0,3\%$ и $P^d < 0,01\%$, а среди слабококсующихся углей – угли с пластическим слоем от 13 до 17 мм, которые имеют значения $K^{КС}$ более $0,80$ ед. Данные факторы необходимо учитывать, так как данная группа углей на практике характеризуется «углями двойного назначения».

На основе новых показателей разработана промышленно-энергетическая классификация углей с выделением основных технологических и энергетических направлений их глубокой переработки (табл. 3). Также она пригодна для разделения углей при налогообложении и для таможенных целей взамен существующих показателей [6, 7], поэтому наравне с маркой предлагается применять новую классификацию.

Вывод

1. Показатели, определяющие генетическое преимущество и коксующую, коксообразующую и энергогенерирующую способности углей, позволяют разделять их по генетическим и технологическим свойствам.
2. Предложенная промышленно-энергетическая классификация, как потребительская классификация, дополняет промышленно-генетическую классификацию (ГОСТ 25543–2013) в части определения рационального использования углей при их глубокой переработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Sahu H.B., Mahapatra S.S., Panigrahi D.C. An empirical approach for classification of coal seams with respect to the spontaneous heating susceptibility of Indian coals. *International Journal of Coal Geology*. – 2009. – V. 80. – Iss. 3–4. – P. 175–180.
- Vassilev S.V., Vassileva Ch.G. A new approach for the combined chemical and mineral classification of the inorganic matter in coal. 1. Chemical and mineral classification systems // *Fuel*. – 2009. – V. 88. – Iss. 2. – P. 235–245.
- Mazumder B. Coal structure and classification // *Coal Science and Engineering*. – India: Woodhead Publ., 2012. – P. 76–99, 426–451.
- Honaker R.Q., Boaten F., Luttrell G.H. Ultrafine coal classification using 150 mm gMax cyclone circuits // *Minerals Engineering*. – 2007. – V. 20. – Iss. 13. – P. 1218–1226.
- Beyene A., Moman A. Process oriented industrial classification based on the intensity // *Applied thermal engineering*. – 2006. – V. 26. – Iss. 17–18. – P. 2079–2086.
- Vassilev S.V., Vassileva Ch.G. A new technological classification of low-rank coal on the basis of Polish deposits. *Fuel*. – 2012. – V. 96. – P. 497–510.
- Ercegovic M., Životić D., Kostić A. Genetic-industrial classification of brown coals in Serbia. *International Journal of Coal Geology*. – 2006. – V. 68. – Iss. 1–2. – P. 39–56.
- Промышленно-генетическая классификация углей / А.И. Аммосов, Б.Г. Бабашкин, Н.Ф. Гречишников, И.В. Ерёмин, Г.С. Калмыков, В.К. Прянишников. – М.: Наука, 1964. – 176 с.
- Золотухин Ю.А. Об оценке угольной сырьевой базы коксования. Марочный критерий оптимальности состава угольных шихт // *Кокс и химия*. – 2008. – № 12. – С. 2–10.
- Киселёв Б.П. Методика для определения коэффициентов технологической ценности угольного сырья, используемого в РФ для производства кокса. – Екатеринбург: Изд-во ОАО «ВУХИН», 2009. – 12 с.
- Еремин И.В., Броневец Т.М. Марочный состав углей и их рациональное использование: справочник. – М.: Недра, 1995. – 254 с.
- ГОСТ 25543–2013 Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. – М.: Стандартинформ, 2014. – 18 с.
- Иванов В.П. Промышленно-генетическая ценность каменных углей // *Кокс и химия*. – 2009. – № 11. – С. 2–10.
- Методические рекомендации по дифференциальной идентификации углей, полукоксов и коксов группы 27, позиции 2701, 2702 и 2704, субпозиции 2701 11, 2701 12 ЕТН ВЭД России. – Екатеринбург: Изд-во ОАО «ВУХИН», 2011. – 46 с.
- Постановление Правительства РФ № 486 от 20.06.2011 г. «Об утверждении классификации углей, являющихся объектом налогообложения налогом на добычу полезных ископаемых». Опубликовано 31.12.2010 года. URL: [http://ips.pravo.gov.ru/?searches=&bpras=c00000&textpres=&sort=7&a6=102000066&a3=102000496&a6_a3=102000066_102000496&a8=486&a8type=2&a1=&a7type=4&a7from=&a7to=&input-date\(дата обращения: 18.05.2015\)](http://ips.pravo.gov.ru/?searches=&bpras=c00000&textpres=&sort=7&a6=102000066&a3=102000496&a6_a3=102000066_102000496&a8=486&a8type=2&a1=&a7type=4&a7from=&a7to=&input-date(дата обращения: 18.05.2015)).
- Станкевич А.С., Станкевич В.С. Методика определения коксуемости и технологической ценности углей пластов и их смесей // *Кокс и химия*. – 2012. – № 1. – С. 4–12.
- Иванов В.П. Оценка технологической ценности каменных углей для коксования на основе их генетических и технологических преимуществ // *Кокс и химия*. – 2008. – № 6. – С. 2–9.
- Иванов В.П., Бондаренко И.С. Параметры тела кокса // *Кокс и химия*. – 2013. – № 9. – С. 28–33.
- Угольная база России. Т. VI. Основные закономерности углеобразования и размещения угленосности на территории России / под ред. В.Ф. Череповского. – М.: Геоинформмарк, 2004. – 779 с.
- ГОСТ 17070–87 Угли. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2003. – 15 с.
- Броневец Т.М., Гагарин С.Г. Характеристика относительной ценности энергетических и коксующихся углей // *Кокс и химия*. – 2003. – № 1. – С. 3–10.
- Ценность углей для коксования. Методика её определения / И.Д. Дроздник, Ю.В. Зингерман, М.В. Лурье и др. // *Кокс и химия*. – 1990. – № 3. – С. 2–4.
- Барский В.Д. Ценность углей и её определение // *Кокс и химия*. – 1991. – № 4. – С. 6–8.
- Киселёв Б.П., Стахеев С.Г. Технологическая ценность угольного сырья. Угли, обеспечивающие спекаемость смесей для производства кокса // *Кокс и химия*. – 2012. – № 7. – С. 2–5.
- Станкевич А.С., Станкевич В.С. Определение технологической ценности углей, используемых для производства кокса // *Кокс и химия*. – 2011. – № 6. – С. 2–10.
- Иванов В.П. Проблемы и решения классификации углей и типизации угольных запасов/ресурсов России // *Разведка и охрана недр*. – 2013. – № 6. – С. 31–33.
- Иванов В.П., Бондаренко И.С., Пантыкин С.А. Коксующая способность и генетическая совместимость как признаки технологической ценности ископаемых углей для слоевого коксования // *Кокс и химия*. – 2011. – № 12. – С. 8–16.
- Сырьевая база коксующихся углей Кузбасса. Обеспеченность запасами и их технологическая ценность для коксования / В.П. Иванов, В.Ю. Сушков, А.А. Торгунаков, С.А. Пантыкин // *Кокс и химия*. – 2008. – № 9. – С. 12–18.

Поступила 19.05.2015 г.

UDC 551.263.94

INDUSTRIAL AND ENERGY CLASSIFICATION TO ESTIMATE THE RATIONAL COAL USE

Vladimir P. Ivanov,

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue,
Tomsk, 634050, Russia. E-mail: ivp2005@mail.ru

The variety of coals in origin, properties and quality makes it necessary to unify them, so there are different classifications of coals based on material composition, structure, genesis, consumption and so on. The greatest need of coal classification is dividing them into groups for rational use in industry and in energy sector.

The main aim of the study is to develop industrial and energetic classification based on the proposed parameters of coal value: genetic advantage, coking and coke-forming abilities, and standardized parameters: ash content, yield of volatile matter, plastic layer thickness, heat of combustion, which are used to determine coal quality.

The methods used in the study. Critical analysis of GOST 25543–2013 (grade classification by genetic and technologic parameters for defining the direction of their consumption) with new parameters: KGA (genetic advantage of coals between themselves), KCA (coking ability) and KITV (coke-forming ability), shows the impossibility of distinguishing coking coals among caking only by yield of volatile matter and caking power (thickness of the plastic layer). Assessment of energetic ability allows reasonably distinguishing the energetic coals among others, including antracites.

The results. The proposed industrial and energetic classification is aimed on improvement of coal classification and allows distinguishing coking coals among caking, and coke-forming among them, and distinguishing energetic and fuel coals among non-caking. It was proposed to divide humic coals coals on technological, energy-technological and fuel coals by main directions of their use for deep processing, with industrial and genetic value, technological and energetic value as assessment criteria. Industrial-energetic classification is positioned as addition to GOST 25543–2013 in part of dividing coal by direction of their consumption.

Key words:

Coal, unification brand of coal, industrial-genetic classification, usage of coal, measure of value, industrial-energy classification.

REFERENCES

- Sahu H.B., Mahapatra S.S., Panigrahi D.C. An empirical approach for classification of coal seams with respect to the spontaneous heating susceptibility of Indian coals. *International Journal of Coal Geology*, 2009, vol. 80, Iss. 3–4, pp. 175–180.
- Vassilev S.V., Vassileva Ch.G. A new approach for the combined chemical and mineral classification of the inorganic matter in coal. 1. Chemical and mineral classification systems. *Fuel*, 2009, vol. 88, Iss. 2, pp. 235–245.
- Mazumder B. Coal structure and classification. *Coal Science and Engineering*. India, Woodhead Publ., 2012. pp. 76–99, 426–451.
- Honaker R.Q., Boaten F., Luttrell G.H. Ultrafine coal classification using 150 mm gMax cyclone circuits. *Minerals Engineering*, 2007, vol. 20, Iss. 13, pp. 1218–1226.
- Beyene A., Moman A. Process oriented industrial classification based on the intensity. *Applied thermal engineering*, 2006, vol. 26, Iss. 17–18, pp. 2079–2086.
- Vassilev S.V., Vassileva Ch.G. A new technological classification of low-rank coal on the basis of Polish deposits. *Fuel*, 2012, vol. 96, pp. 497–510.
- Ercegovic M., Životić D., Kostić A. Genetic-industrial classification of brown coals in Serbia. *International Journal of Coal Geology*, 2006, vol. 68, Iss. 1–2, pp. 39–56.
- Ammosov A.I., Babashkin B.G., Grechishnikov N.F., Eremin I.V., Kalmykov G.S., Pryanishnikov V.K. *Promyshlennogeneticheskaya klassifikatsiya ugley* [Industrial and genetic coal classification]. Moscow, Nauka Publ., 1964. 176 p.
- Zolotukhin Yu.A. Ob otsenke ugolnoy syrevoy bazy koksovaniya. Marochny kriteriy optimalnosti sostava ugolnykh shikht [Assessment of coking coal base. Brand criteria of optimal coal composition]. *Coke and Chemistry*, 2008, no. 12, pp. 2–10.
- Kiselev B.P. *Metodika dlya opredeleniya koeffitsientov tekhnologicheskoy tsennosti ugolnogo syrya, ispolzuemogo v RF dlya proizvodstva koks* [Methods for defining coefficients of technological value of coals used in RF for coke production]. Ekaterinburg, VUHIN Publ., 2009. 12 p.
- Eremin I.V., Bronovets T.M. *Marochny sostav ugley i ikh ratsionalnoe ispolzovanie. Spravochnik* [Brand consistence of coals and their rational use. Reference book]. Moscow, Nedra Publ., 1995. 254 p.
- GOST 25543–2013. *Ugli burye, kamennye i antratsity. Klassifikatsiya po geneticheskim i tekhnologicheskim parametram* [State standard 25543–2013. Lignites, coals and antracites. Classification by genetic and technological parameters]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 18 p.
- Ivanov V.P. Promyshlennogeneticheskaya tsennost kamennykh ugley [Industrial and genetic value of coals]. *Coke and Chemistry*, 2009, no. 11, pp. 2–10.
- Metodicheskie rekomendatsii po differentsialnoy identifikatsii ugley, polukoksov i koksov gruppy 27, pozitsii 2701, 2702 i 2704, subpozitsii 2701 11, 2701 12 ETN VEHD Rossii* [Methodical recommendations for differential identification of coals, semi-cokes and cokes of group 27, position 2701, 2702 and 2704, subposition 2701 11, 2701 12 UCT of the CU of Russia]. Ekaterinburg, VUHIN Publ., 2011. 46 p.
- Postanovlenie Pravitelstva RF no. 486 ot 20.06.2011 g. «Ob utverzhdenii klassifikatsii ugley, yavlyayushchikhsya obektom nalogooblozheniya nalogom na dobychu poleznykh iskopaemykh»* [About approval of coal classification of chargeable coals]. Available at: http://ips.pravo.gov.ru/?searchres=&bpas=cd00000&textpres=&sort=7&a6=102000066&a3=102000496&a6_a3=102000066_102000496&a8=486&a8type=2&a1=&a7type=4&a7from=&a7to=&input-date (accessed 18 May 2015)
- Stankevich A.S., Stankevich V.S. Metodika opredeleniya koksuesti i tekhnologicheskoy tsennosti ugley plastov i ikh smesey [Methods of defining coking behavior and technological value of layer coals and their composites]. *Coke and Chemistry*, 2012, no. 1, pp. 4–12.
- Ivanov V.P. Otsenka tekhnologicheskoy tsennosti kamennykh ugley dlya koksovaniya na osnove ikh geneticheskikh i tekhnologicheskikh preimushchestv [Assessment of technological value of coals for coking based on their genetic and technological advantages]. *Coke and Chemistry*, 2008, no. 6, pp. 2–9.

18. Ivanov V.P., Bondarenko I.S. Parametry tela koksa [Parameters of coke body]. *Coke and Chemistry*, 2013, no. 9, pp. 28–33.
19. *Ugolnaya baza Rossii. T. VI. Osnovnye zakonomernosti ugleobrazovaniya i razmeshcheniya uglunosnosti na territorii Rossii* [Coal base of Russia. T. VI. Basic regularities of coal formation and carboniferous allocation on the territory of Russia]. Ed. by V.F. Cherepovsky. Moscow, Geoinformmark Publ., 2004. 779 p.
20. *GOST 17070–87 Ugli. Terminy i opredeleniya* [State standard 17070–87 Coals. Terms and definitions]. Moscow, Standartinform Publ., 2003. 15 p.
21. Bronovets T.M., Gagarin S.G. Kharakteristika otnositelnoy tsennosti energeticheskikh i koksuyushchihsya ugley [Characteristic of relational value of energetic and coking coals]. *Coke and Chemistry*, 2003, no. 1, pp. 3–10.
22. Drozdnyk I.D., Zingerman Yu.V., Lure M.V. Tsennost ugley dlya koksovaniya. Metodika ee opredeleniya [Coal value for coking. Methods of its definition]. *Coke and Chemistry*, 1990, no. 3, pp. 2–4.
23. Barsky V.D. Tsennost ugley i ee opredelenie [Coal value and its definition]. *Coke and Chemistry*, 1991, no. 4, pp. 6–8.
24. Kiselev B.P., Stakheev S.G. Tekhnologicheskaya tsennost ugolnogo syrya. 1. Ugli, obespechivayushchie spekaemost smesey dlya proizvodstva koksa [Technological value of raw coals. 1. Coals providing coal caking for coke production]. *Coke and Chemistry*, 2012, no. 7, pp. 2–5.
25. Stankevich A.S., Stankevich V.S. Opredelenie tekhnologicheskoy tsennosti ugley, ispolzuemykh dlya proizvodstva koksa [Definition of technological value of coals used for coke production]. *Coke and Chemistry*, 2011, no. 6, pp. 2–10.
26. Ivanov V.P. Problemy i resheniya klassifikatsii ugley i tipizatsii ugolnykh zapasov/resursov Rossii [Problems and solutions of coal classification and typization of coal reserves/resources of Russia]. *Razvedka i okhrana neдр*, 2013, no. 6, pp. 31–33.
27. Ivanov V.P., Bondarenko I.S., Pantykin S.A. Koksuyushchaya sposobnost i geneticheskaya sovmestimost kak priznaki tekhnologicheskoy tsennosti iskopaemykh ugley dlya sloevogo koksovaniya [Coking ability and genetic compatibility as features of technological value of coals for layer coking]. *Coke and Chemistry*, 2011, no. 12, pp. 8–16.
28. Ivanov V.P., Sushkov V.Yu., Torgunakov A.A., Pantykin S.A. Syrevaya baza koksuyushchihsya ugley Kuzbassa. Obespechenost zapasami i ikh tekhnologicheskaya tsennost dlya koksovaniya [Base of coking coals of Kuzbass. Reserves security and their technological value for coking]. *Coke and Chemistry*, 2008, no. 9, pp. 12–18.

Received: 19 May 2015.