

УДК 622:552.5

**Р.М. Бычев**

## **О ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ НЕКОТОРЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МАРОК УГЛЕЙ**

*Определены марки, группы, классы и типы углей с помощью специально разработанной программы.*

*Ключевые слова:* состав и структура углей, угольные бассейны, классификация углей.

---

**K**ак известно, все угли классифицируются на марки, группы, классы и типы в соответствии с ГОСТ 25543-88, причем для этих целей используются 4 параметра: отражательная способность витринита  $R_o$ , содержание фюзенизированных компонентов  $\Sigma\text{OK}$ , выход летучих веществ  $V^{\text{daf}}$  и толщина пластического слоя  $u$ .

Изучению взаимосвязи некоторых характеристик предшествовало формирование базы данных, включающей угли основных угольных бассейнов России: Кузнецкого, Тунгусского, Печорского и о. Сахалин и различных месторождений бурого угля [1-6] - всего около 500 проб углей, охватывающих весь ряд метаморфизма.

Для исследования характера взаимосвязи использовались параметры, характеризующие состав и структуру углей, при этом рассчитывались средние для каждой марки угля значения, что в определенной мере позволило оценить дифференцируемость марок по тому или иному показателю.

Определение марок, групп, классов и типов углей производилось с помощью специально разработанной программы [7] в соответствии с ГОСТ 25543-88.

Для приведенного ниже анализа были использованы следующие показатели:

стандартные, входящие в ГОСТ 25543-88

а)  $R_o$  – показатель отражения витринита, %,

б)  $V^{\text{daf}}$  – выход летучих веществ на сухую беззолиную массу, который характеризует термически неустойчивую часть угля;

нестандартные

$(\text{H}/\text{C})_{\text{ат}}$  – соотношение содержания водорода и углерода, выраженное в атомных процентах;

$V^{\text{daf}}/R_o$  – показатель, характеризующий соотношение термически неустойчивой и структурированной части угля;

$(100 - V^{\text{daf}})/C^{\text{daf}}$ . где  $(100 - V^{\text{daf}})$  – масса твердого остатка после удаления летучих веществ при  $850^{\circ}\text{C}$ ,  $C^{\text{daf}}$  – содержание углерода в угле на сухую беззолиную массу.

Если считать, что разность  $(100 - V^{\text{daf}})$  характеризует количество нелетучего ароматического углерода в угле, то отношение  $(100 - V^{\text{daf}})/C^{\text{daf}}$  это, ориентировочно, доля ароматического углерода от общего его количества.

Таким образом, все используемые показатели в большей мере характеризуют структуру углей, в меньшей степени – состав. Для каждой марки углей были определены средние значения по всем перечисленным показателям и построены соответствующие графики.

Таблица 1  
Распределение числа проб по маркам углей

Марка	Кол-во проб	Марка	Кол-во проб
Бурый (Б)	81	Коксовый (К)	4
Длиннопламенный (Д)	30	Коксовый отощенный (КО)	17
Длиннопламенный газовый (ДГ)	31	Коксовый слабоспекающийся низкометаморфизованный (КСН)	2
Газовый (Г)	54	Коксовый слабоспекающийся (КС)	23
Газовый жирный отощенный (ГЖО)	34	Отощенный спекающийся (ОС)	4
Газовый жирный (ГЖ)	26	Тощий спекающийся (ТС)	2
Жирный (Ж)	82	Слабоспекающийся (СС)	11
Коксовый жирный (КЖ)	12	Тощие (Т)	52

Таблица 2  
Дифференцируемость углей по различным показателям

Марка угля	Уравнения зависимости			
	$R_o = f(V^{daf})$	$C_{ar} = f(100 - V^{daf})/C^{daf}$	$(H/C)_{ar} = f(100 - V^{daf})/C^{daf}$	$C_{ar} = f(V^{daf}/R_o)$
Б	+			+
Д	+			+
ДГ	+			+
Г	+		+	+
ГЖО	+		+	
ГЖ	+		+	
Ж	+		+	+
КЖ	+		+	+
К				
КО				
КСН				
КС		+	+	+
ОС		+	+	+
ТС		+	+	+
СС		+	+	+
Т		+	+	+

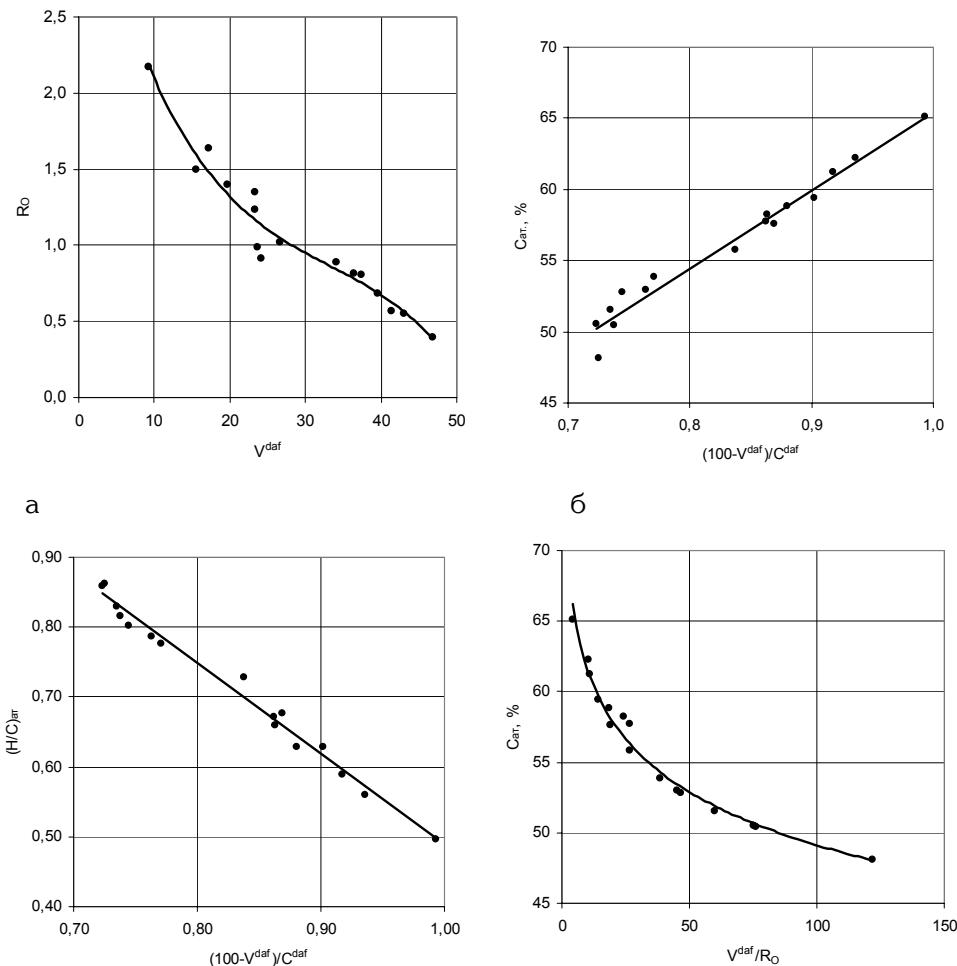
Количество проб, использовавшихся для статистического анализа, по каждой марке углей приведено в табл. 1.

На рис. 1, а представлена зависимость показателя отражательной способности витринита от выхода летучих веществ, которая описывается полиномом третьей степени  

$$R_o = -0,00005 (V^{daf})^3 + 0,00503 (V^{daf})^2 - 0,1928 V^{daf} + 3,57 \quad (1)$$

Коэффициенты корреляции R и детерминации  $R^2$  для этого уравнения достаточно высоки и составили, соответственно, 0,975, 0,951

Из графика видно, что, несмотря на то, что все данные хорошо описываются уравнением (1), наилучшим образом показателем  $V^{daf}$  дифференцируются угли, у которых выход летучих веществ  $> 26\%$ . В соответствии с ГОСТ 25543-88 такое содержание выхода летучих веществ в ряду метаморфизма имеют угли марок от Б до КЖ. Причем, это, несмотря на то, что практически все марки, для которых были подсчитаны средние значения, включают как витринитовые, так и флюзитовые угли.



**В**  
**Рис. 1. Графики зависимостей**  $R_o = f(V^{\text{daf}})$  (а),  $C_{\text{ат}} = f(100-V^{\text{daf}})/C^{\text{daf}}$  (б),  $(H/C)_{\text{ат}} = f(100-V^{\text{daf}})/C^{\text{daf}}$  (в) и  $C_{\text{ат}} = f(V^{\text{daf}}/R_o)$  (г)

Рис. 1, б. иллюстрирует зависимость между показателями  $C_{\text{ат}}$  и  $(100-V^{\text{daf}})/C^{\text{daf}}$ , которая описывается линейным уравнением  
 $C_{\text{ат}} = 54,805(100-V^{\text{daf}})/C^{\text{daf}} + 10,595$ ,  
 $(R = 0,985, R^2 = 0,969)$  (2)

В этом случае наиболее четко дифференцируются угли с содержанием углерода  $> 58,81 \%$ , т.е. такие марки, как КС, ОС, ТС, СС, Т.

На рис. 1, в приведена зависимость соотношения содержания водорода и углерода, выраженного в атомных процентах от показателя  $(100-V^{\text{daf}})/C^{\text{daf}}$ .

Уравнение зависимости имеет линейный характер  
 $(H/C)_{\text{ат}} = -1,2965(100-V^{\text{daf}})/C^{\text{daf}} + 1,7853$ ,  
 $(R = 0,992, R^2 = 0,985)$  (3)

Из графика следует, что в соответствии с приведенной зависимостью

дифференцируются угли в интервале отношения  $(\text{H}/\text{C})_{\text{ат}}$  0,83-0,73 (марки Г, ГЖО, ГЖ, Ж, КЖ), а также 0,50-0,63, т.е. марки углей КС, ОС, ТС, СС, Т.

Зависимость содержания углерода (ат. %) от отношения  $V^{\text{daf}}/\text{R}_o$  представлена на рис. 1, г.

Уравнение зависимости следующее  
 $\text{Sat} = -5,4209 \ln(V^{\text{daf}}/\text{R}_o) + 74,091$ ,  
 $R = 0,989 R^2 = 0,978$  (4)

Из графика видно, что почти все марки углей достаточно хорошо дифференцируются, однако при детальном анализе по каждому из показателей можно увидеть, что по обоим показате-

лям не дифференцируются марки К, КО и КСН, а также ГЖО и ГЖ.

В табл. 2 представлены результаты приведенного выше анализа дифференциации углей: знаком «+» отмечены марки, различающиеся по той или иной зависимости.

### **Выводы**

Изучение различного рода зависимостей с использованием средних для марок значений показывает, что параметры ГОСТ 25543-88 «Классификации по генетическим и технологическим параметрам» могут быть усовершенствованы, что позволит сделать классификацию углей более эффективной.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Оценка каменных углей Кузнецкого и Печорского бассейнов и о-ва Сахалин методами международной системы классификации каменных углей по типам* /Козко А.И., Коновалова Л.Н., Вадюхина В.И. и др. // Химия и классификация ископаемых углей: Сб. статей. М.: Изд-во "Наука", 1966. С. 5-31.
2. Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири. М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 604 с.
3. Угольная база России. Том IV. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. – 493 с.
4. Угольная база России. Том VI. Основные закономерности углеобразования и размещения угленосности на территории
- России. М.: ООО «Геоинформмарк», 2004. – 786 с.
5. Добронравов В.Ф., Арциер А.С., Дунаевская Э.Ф. и др. О показателях степени восстановленности и степени метаморфизма в бурых углях Сибири и Дальнего Востока // Химия твердого топлива. – 1982. – № 1.
6. Носоченко В.С., Ченец Т.Я., Колондинцева Л.А. и др. Исследование бурых углей Абанского месторождения Канско-Ачинского бассейна как сырья для производства углегуминовых удобрений и стимуляторов роста растений // Химия твердого топлива. – 1969. – № 1.
7. Бычев Р.М. Определение марок и подгрупп углей по ГОСТ 25543-88 с помощью электронной таблицы. // Кокс и химия. - 2005г. - №2. ГИАБ

### **Коротко об авторе**

Бычев Р.М. - старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН  
г. Якутск, igds@mail.ru

