

УДК 553.983 : 519.272(470.44)

А. Н. КАВОКИН

## ОСНОВНЫЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА И СОСТАВА ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ ПЕРЕЛЮБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А. N. KAVOKIN

## BASIC CORRELATION BETWEEN QUALITY AND COMPOSITION CHARACTERISTICS OF THE PERELYUB OIL SHALE DEPOSIT

Перелюбское месторождение горючих сланцев (ГС) расположено в северо-восточной части Саратовской области, в 15 км к северо-западу от изученного ранее Коцебинского месторождения ГС [1] и является самым крупным по разведанным запасам ГС (около 8 млрд. т) в Волжском сланценосном бассейне (ВСБ).

На месторождении установлено до 17 пачек и прослоев ГС, объединенных в 9 пластов (I—IX) как простого, так и сложного строения мощностью от 0,5 до 12,0 м с удельной теплотой сгорания  $Q_s^d$  от 5,0 до 23,0 МДж/кг, из которых 6 пластов (I—III, IV<sup>1</sup>, IV<sup>2</sup> и VI) являются рабочими по мощности ( $m \geq 0,7$  м) и качеству ( $Q_s^d \geq 6,0$  МДж/кг), а ГС пластов I, IV<sup>2</sup> по качеству не уступают кукерситам Прибалтийского сланценосного бассейна (ПСБ), но отличаются повышенным содержанием серы [2].

Верхнюю группу сближенных пластов (I—VI) можно отрабатывать открытым способом — разрезами производительностью до 6 млн. т горной массы в год. Поэтому большое практическое значение имеет точный прогноз основных качественных показателей и технологических свойств ГС.

Между показателями качества и состава ГС существуют тесные корреляционные зависимости, которые установлены для отдельных месторождений ПСБ, Болтышского и Коцебинского месторождений ВСБ и др. [1—8].

По сравнению с более однородными кукерситами ПСБ точный прогноз показателей качества волжских ГС осложняется большим разнообразием петрографического состава органического вещества (ОВ) и неоднородным карбонатно-глинисто-терригенным составом минеральной части, а также наличием значительного количества общей серы, пирита и связанной с ним пиритной серы [1, 2].

Корреляционные зависимости между показателями качества и состава ГС установлены двумя способами: графическим и аналитическим.

Графическим способом установлены парные зависимости удельной теплоты сгорания  $Q_s^d$ , выхода смолы полукоксования  $T_{sK}^d$  и содержания общей серы  $S_t^d$  от зольности  $A^d$  и действительной плотности  $d_2$  (рисунки 1 и 2). Графики этих зависимостей были построены для всей сланценосной толщи (пласты I—IX) месторождения, а линии графиче-

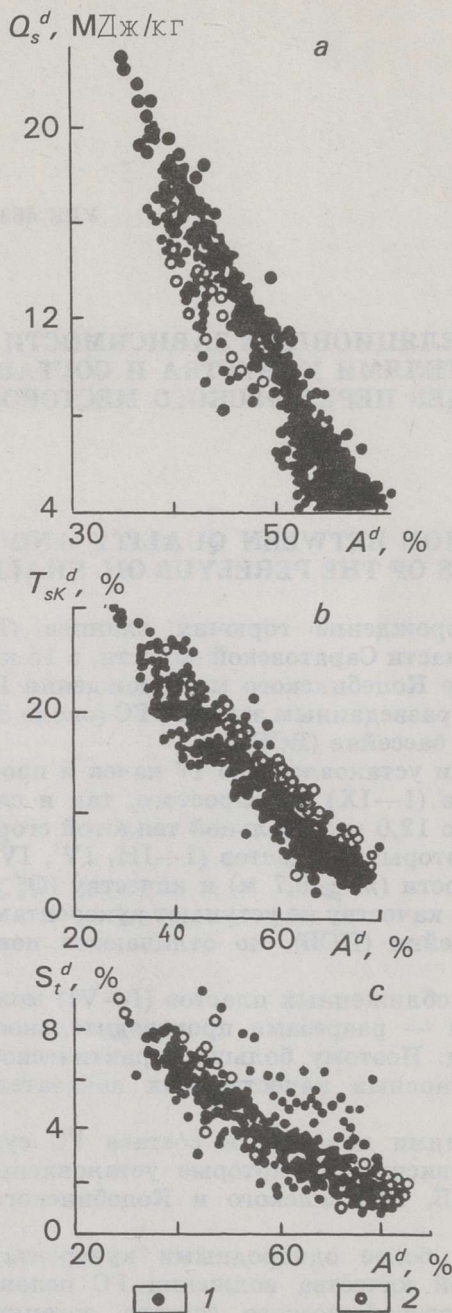


Рис. 1. Зависимость основных показателей качества ГС от зольности  $A^d$ : а — удельной теплоты сгорания  $Q_s^d$  ( $n = 1152$ ); б — выхода смолы полукоксования  $T_{sk}^d$  ( $n = 703$ ); в — содержания серы общей  $S_t^d$  ( $n = 702$ );  $n$  — число пар лабораторных анализов. Месторождения ГС: 1 — Перелюбское, 2 — Коцебинское

Fig. 1. Relations between main quality characteristics of oil shale and content of ash  $A^d$ : а — specific calorific value  $Q_s^d$  ( $n = 1152$ ); б — yeald of semicooking oil  $T_{sk}^d$  ( $n = 703$ ); в — content of total sulphur  $S_t^d$  ( $n = 702$ );  $n$  — number of pairs of laboratory tests. Oil shale deposits: 1 — Perelyub, 2 — Kotcebinsk

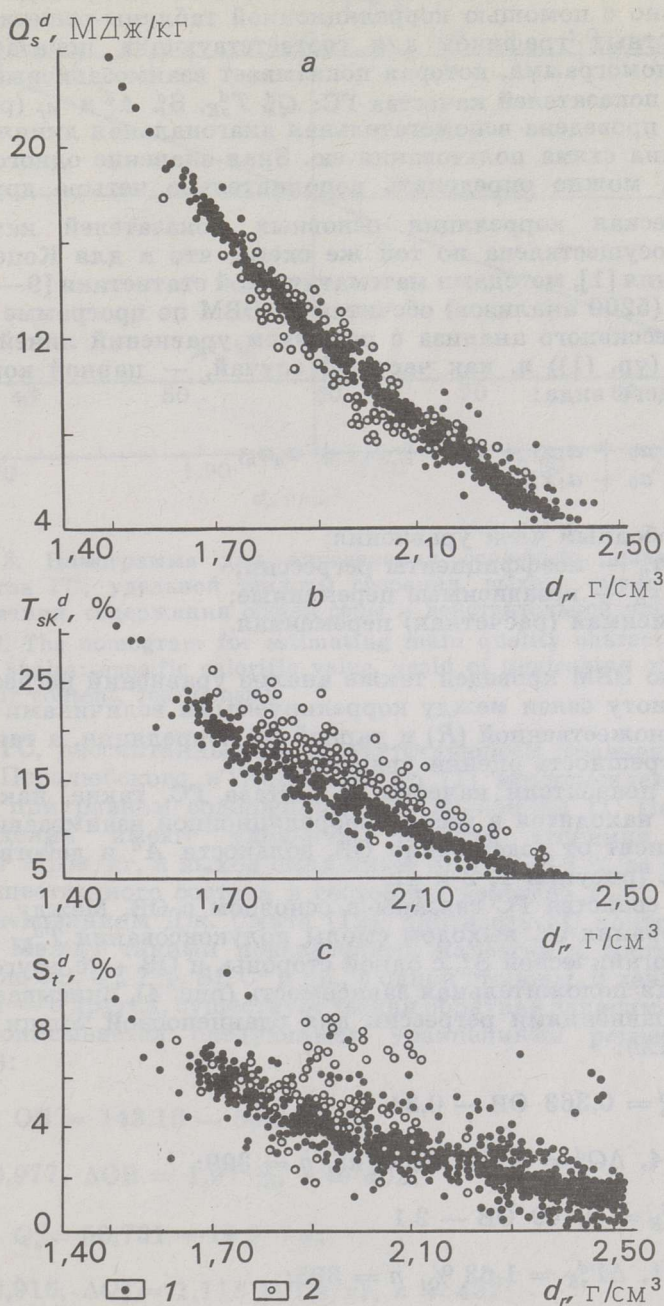


Рис. 2. Зависимость основных показателей качества ГС от действительной плотности  $d_r$ : а — удельная теплота сгорания  $Q_s^d$  ( $n = 864$ ); б — выход смолы полукоксования  $T_{SK}^d$  ( $n = 1203$ ); в — содержание общей серы  $S_t^d$  ( $n = 1202$ );  $n$  — число пар лабораторных анализов. Месторождения ГС: 1 — Перелюбское, 2 — Котцебинское

Fig. 2. Relations between main quality characteristics of oil shale and real density  $d_r$ : а — specific calorific value  $Q_s^d$  ( $n = 864$ ); б — yield of semicoking oil  $T_{SK}^d$  ( $n = 1203$ ); в — content of total sulphur  $S_t^d$  ( $n = 1202$ );  $n$  — number of pairs of laboratory tests. Oil shale deposits: 1 — Perelyub, 2 — Kotcebinsk

ков проводили по средним значениям показателей, подсчитанных поинтервально с помощью корреляционной таблицы-решетки [9]. По данным частных графиков для соответствующих показателей ГС составлена номограмма, которая показывает взаимозависимость пяти важнейших показателей качества ГС:  $Q_s^d$ ,  $T_{sK}^d$ ,  $S_o^d$ ,  $A^d$  и  $d_r$  (рис 3). На номограмме проведена вспомогательная диагональная линия и стрелками показана схема пользования ею. Зная значение одного из этих показателей, можно определить дополнительно четыре других.

Аналитическая корреляция основных показателей качества и состава ГС осуществлена по той же схеме, что и для Коцебинского месторождения [1], методами математической статистики [9—11]. Массив данных (5200 анализов) обчислен на ЭВМ по программе корреляционно-регрессивного анализа с решением уравнений линейной множественной (ур. (1)) и, как частный случай, — парной корреляции (ур. (2)) общего вида:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n; \quad (1)$$

$$y = a_0 + a_1x_1, \quad (2)$$

где  $a_0$  — свободный член уравнения;  
 $a_1, a_2 \dots a_n$  — коэффициенты регрессии;  
 $x_1, x_2 \dots x_n$  — независимые переменные;  
 $y$  — зависимая (расчетная) переменная.

С помощью ЭВМ проведен также анализ уравнений регрессии: вычисляли тесноту связи между коррелируемыми величинами — коэффициенты множественной ( $R$ ) и парной ( $r$ ) корреляции, а также стандартную погрешность оценки уравнения ( $\Delta$ ).

Основные показатели качества и состава ГС, такие, как  $Q_s^d$ ,  $T_{sK}^d$ ,  $S_o^d$ ,  $S_v^d$ ,  $S_o^d$  и др., находятся в тесной корреляционной взаимозависимости, а также зависят от содержания ОВ, зольности  $A^d$  и действительной плотности  $d_r$  (рисунки 1, 2 и 4).

Полезные свойства ГС связаны в основном с ОВ. Между удельной теплотой сгорания  $Q_s^d$ , выходом смолы полукоксования  $T_{sK}^d$ , содержанием серы органической  $S_o^d$ , с одной стороны, и ОВ — с другой, существует прямая положительная зависимость (рис. 4), описываемая следующими уравнениями регрессии для сланценой толщи в целом (пласты I—IX):

$$Q_s^d = 0,363 \text{ ОВ} - 0,84 \quad (3)$$

при  $r = 0,974$ ,  $\Delta Q_s^d = 0,779$  МДж/кг,  $n = 399$ ;

$$T_{sK}^d = 0,449 \text{ ОВ} - 2,1 \quad (4)$$

при  $r = 0,931$ ,  $\Delta T_{sK}^d = 1,63$  %,  $n = 395$ ;

$$S_o^d = 0,131 \text{ ОВ} - 1,38 \quad (5)$$

при  $r = 0,877$ ,  $\Delta S_o^d = 0,66$  %,  $n = 393$ .

Коэффициент корреляции  $r$  в формулах (3)—(5) высокий (0,88—0,97). Увеличение содержания ОВ в ГС на 1 % приводит к увеличению удельной теплоты сгорания в среднем на 0,36 МДж/кг, выхода смолы полукоксования на 0,45 % и содержания органической серы на 0,13 %.

При всей схожести ГС Перелюбского и расположенного рядом с ним Коцебинского месторождений прослеживаются некоторые тенденции в различии качества их сланцев. Сравнение оценочных показателей

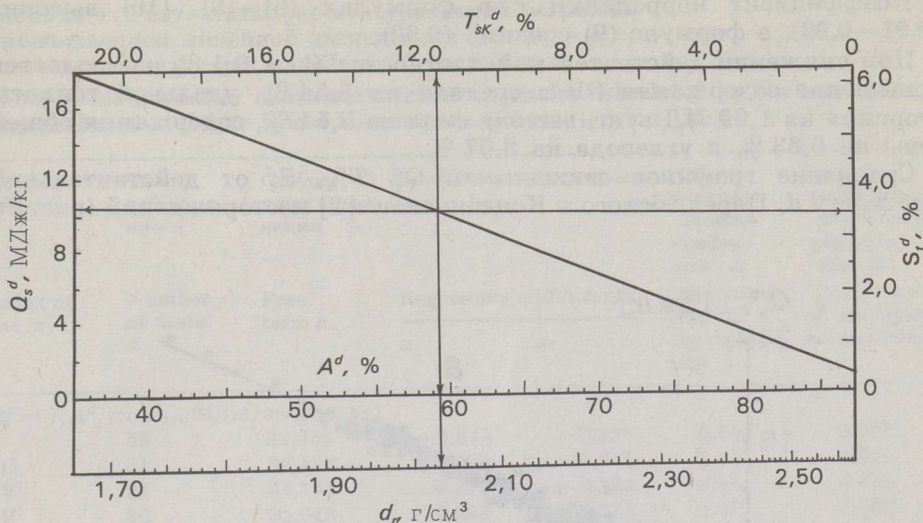


Рис. 3. Номограмма для определения основных показателей качества ГС: удельной теплоты сгорания, выхода смол полукоксования, содержания общей серы и действительной плотности  
Fig. 3. The nomogram for estimating main quality characteristics of oil shales: specific calorific value, yeald of semicoking oil, total sulphur content, real density

качества ГС, рассчитанных по соответствующим уравнениям регрессии для Перелюбского и Коцебинского [1] месторождений показывает, что при равном содержании ОВ (20—50 %) ГС Перелюбского месторождения имеют удельную теплоту сгорания выше на 0,18—0,57 МДж/кг, а выход смол ниже на 1,2—3,3 % за счет особенностей вещественного состава и состояния керогена ГС.

По исследованиям Дж. Смита [12], плотность ГС контролирует их качество. Между такими показателями качества и состава ГС, как содержание ОВ,  $Q_s^d$ ,  $T_{sk}^d$ ,  $S_t^d$ ,  $C^d$  и др., с одной стороны, и действительной плотности — с другой, существует тесная обратная зависимость (рис. 2), которая описывается следующими уравнениями регрессии (пласты I—IX):

$$OB = 143,13 - 55,38d_r \quad (6)$$

при  $r = 0,977$ ,  $\Delta OB = 1,97 \%$ ,  $n = 402$ ;

$$Q_s^d = 50,731 - 19,957d_r \quad (7)$$

при  $r = 0,916$ ,  $\Delta Q_s^d = 1,118$  МДж/кг,  $n = 432$ ;

$$T_{sk}^d = 63,3 - 25,39d_r \quad (8)$$

при  $r = 0,906$ ,  $\Delta T_{sk}^d = 1,8 \%$ ,  $n = 417$ ;

$$S_t^d = 16,55 - 6,295d_r \quad (9)$$

при  $r = 0,624$ ,  $\Delta S_t^d = 1,3 \%$ ,  $n = 435$ ;

$$C^d = 101,85 - 39,651d_r \quad (10)$$

при  $r = 0,963$ ,  $C^d = 1,82 \%$ ,  $n = 406$ .

Коэффициент корреляции  $r$  в формулах (6)—(8), (10) высокий (0,91—0,98), в формуле (9) средний (0,62).

При снижении действительной плотности ГС на 0,1 % наблюдается повышение содержания ОВ в среднем на 5,54 %, удельной теплоты сгорания на 1,99 МДж/кг, выхода смол на 2,54 %, содержания общей серы на 0,63 % и углерода на 3,97 %.

Сравнение графиков зависимости  $Q_s^d$ ,  $T_{sK}^d$ ,  $S_o^d$  от действительной плотности  $d_r$  Перелюбского и Коцебинского [1] месторождений (рис. 2),

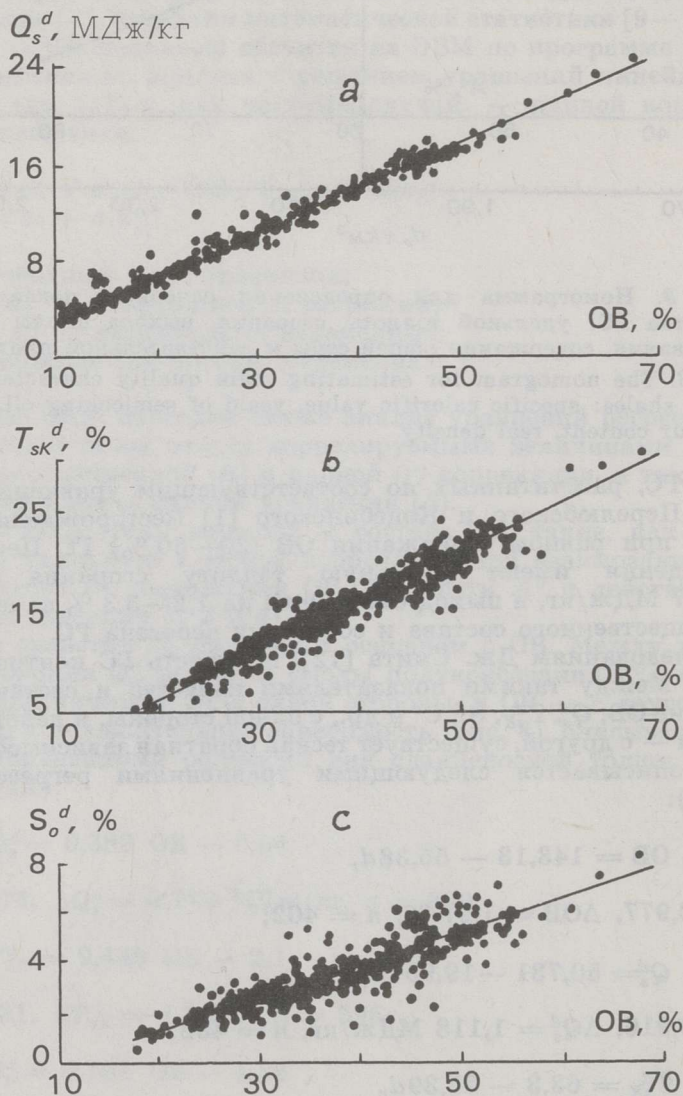


Рис. 4. Зависимость основных показателей качества ГС от содержания ОВ: а — удельная теплота сгорания  $Q_s^d$  ( $n = 441$ ); б — выход смолы полукоксования  $T_{sK}^d$  ( $n = 397$ ); в — содержание органической серы  $S_o^d$  ( $n = 394$ );  $n$  — число пар лабораторных анализов

Fig. 4. Relations between main quality characteristics of oil shale and organic matter content: а — specific calorific value  $Q_s^d$  ( $n = 441$ ); б — yeald of semicoking oil  $T_{sK}^d$  ( $n = 397$ ); в — content of organic sulphur  $S_o^d$  ( $n = 394$ );  $n$  — number of pairs of laboratory tests

Таблица 1. Результаты расчета уравнений регрессии множественной линейной зависимости  $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$  основных показателей качества ГС по пластам

Table 1. Main quality characteristics of oil shales calculated by the equation of regression of multiple linear dependence  $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$

Индекс пласта	Число наблюдений $n$	Свободный член уравнения $a_0$	Коэффициенты регрессии		Стандартная ошибка уравнения $\Delta$	Коэффициент множественной корреляции $R$
Index of the layer	Number of tests $n$	Free term $a_0$	Regression coefficients		Standard error of the equation $\Delta$	Coefficient of multiple correlation $R$
			$a_1$	$a_2$		
$Q_s^d = f[A^d, (CO_2)_M^d, \text{МДж/кг (MJ/kg)}$						
I	55	32,854	-0,345	-0,228	0,65	0,993
III	31	36,488	-0,403	-0,242	0,32	0,996
IV <sup>1</sup>	24	34,135	-0,371	-0,153	0,41	0,956
IV <sup>2</sup>	30	34,018	-0,361	-0,177	0,37	0,982
$T_{SK}^d = f[(CO_2)_M^d, \text{ОВ*}, \%]$						
I	36	-3,11	-0,015	0,497	1,04	0,991
III	29	-5,02	0,208	0,485	1,01	0,972
IV <sup>1</sup>	24	-5,86	0,041	0,555	0,73	0,939
IV <sup>2</sup>	29	-5,64	0,582	0,447	0,96	0,90
$S_f^d = f(A^d, \text{ОВ*}), \%$						
I	41	6,51	-0,067	0,049	0,52	0,966
III	31	8,11	-0,090	0,030	0,34	0,951
IV <sup>1</sup>	24	2,28	-0,032	0,093	0,22	0,896
IV <sup>2</sup>	30	6,23	-0,084	0,060	0,47	0,955

\* ОВ — organic matter content.

а также анализ соответствующих уравнений регрессии показал следующее. При равной действительной плотности ( $d_r = 1,70-2,25 \text{ г/см}^3$ ) ГС Перелюбского месторождения имеют выход смол полукоксования на 1,89—1,99 % ниже, содержание общей серы на 0,04—0,66 % меньше — в основном за счет пиритной серы; удельная теплота сгорания при  $d_r 1,70 \text{ г/см}^3$  возрастает на 1,19 МДж/кг, а при  $d_r 2,25 \text{ г/см}^3$  уменьшается на 0,45 МДж/кг.

Чтобы повысить точность уравнений регрессии, необходимо учесть индивидуальные особенности пластов ГС и рассчитать парные корреляционные зависимости между показателями качества и состава ГС по каждому пласту отдельно.

Как показал опыт корреляционно-регрессивного анализа показателей качества ГС Коцебинского месторождения [1], степень точности уравнений регрессии по пластам значительно повышается, если учесть не один, а несколько (два, три) факторов, существенно влияющих на расчетный параметр (таблицы 1 и 2). При более точном прогнозе удельной теплоты сгорания и выхода смол полукоксования необходимо учитывать состав минеральной части ГС, особенно содержание минеральной углекислоты, на разложение которой затрачивается часть тепловой энергии.

Универсальным для прогноза показателей качества и состава ГС является общее уравнение линейной множественной корреляции вида

$$y = f[d_r, A^d, (CO_2)_M^d], \quad (11)$$

Таблица 2. Результаты расчета уравнений регрессии множественной линейной зависимости  $y = a_0 + a_1 d_r + a_2 A^d + a_3 (CO_2)_M^d$  основных показателей качества по пластам

Table 2. Main quality characteristics in different layers calculated by the equation of regression of multiple linear dependence

$$y = a_0 + a_1 d_r + a_2 A^d + a_3 (CO_2)_M^d$$

Индекс пласта	Число наблюдений $n$	Свободный член уравнения $a_0$	Коэффициенты регрессии Regression coefficients			Стандартная ошибка уравнения $\Delta$	Коэффициент множественной корреляции $R$
			$a_1$	$a_2$	$a_3$		
Index of the layer	Number of tests $n$	Free term $a_0$				Standard error of the equation $\Delta$	Coefficient of multiple correlation $R$
Удельная теплота сгорания $Q_{s_s}^d$ , МДж/кг							
Specific calorific value $Q_{s_s}^d$ , MJ/kg							
I	41	36,563	-3,422	-0,290	-0,226	0,373	0,998
II	28	41,152	-7,274	-0,249	-0,152	0,431	0,991
III	31	40,336	-5,767	-0,284	-0,158	0,285	0,997
IV <sup>1</sup>	24	39,494	-8,039	-0,216	0,022	0,402	0,960
IV <sup>2</sup>	30	52,348	-17,826	-0,111	-0,007	0,285	0,990
Выход смолы полукоксования $T_{sK}^d$ , %							
Yield of semicoking oil $T_{sK}^d$ , %							
I	36	49,65	-4,352	-0,416	-0,442	1,0	0,992
II	28	55,97	-11,984	-0,289	-0,253	0,88	0,979
III	31	51,79	-11,564	-0,264	-0,115	0,80	0,983
IV <sup>1</sup>	24	65,44	-23,963	-0,10	0,022	0,63	0,959
IV <sup>2</sup>	29	57,59	-18,160	-0,197	0,310	0,95	0,936
Общая сера $S_t^d$ , %							
Total sulphur content, %							
I	41	8,78	4,072	-0,201	-0,129	0,50	0,970
II	28	13,76	-2,238	-0,087	-0,025	0,30	0,965
III	31	11,88	-1,114	-0,093	-0,048	0,34	0,954
IV <sup>1</sup>	24	9,28	3,492	-0,194	-0,172	0,21	0,906
IV <sup>2</sup>	30	18,47	5,887	-0,063	-0,033	0,46	0,863

которое при минимальном количестве известных переменных в правой части уравнения дает максимальное приближение к истинному его значению, тем более что зольность, минеральная углекислота и действительная плотность ГС определяются при техническом анализе рядовых проб. Расчетные параметры уравнений регрессии вида (11) для оценки показателей  $Q_{s_s}^d$ ,  $T_{sK}^d$  и  $S_t^d$  основных пластов ГС приведены в табл. 2. Для упрощения определения расчетных показателей по уравнению (11) и данным табл. 2 построены номограммы, одна из которых приведена на рис. 5. Схема пользования номограммой показана там же стрелками.

Сравнение точности основных показателей качества и состава ГС, допускаемых ГОСТом на лабораторные работы, с погрешностью оценки этих же показателей, рассчитанных по пластовым уравнениям регрессии вида (11) показывает, что расчетные оценки таких показателей, как  $Q_{s_s}^d$ ,  $T_{sK}^d$ ,  $S_t^d$ ,  $S_{O_2}^d$ ,  $C^d$ ,  $H^d$ , и некоторых окислов, входящих в состав золы, таких, как  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SO_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ , раз-



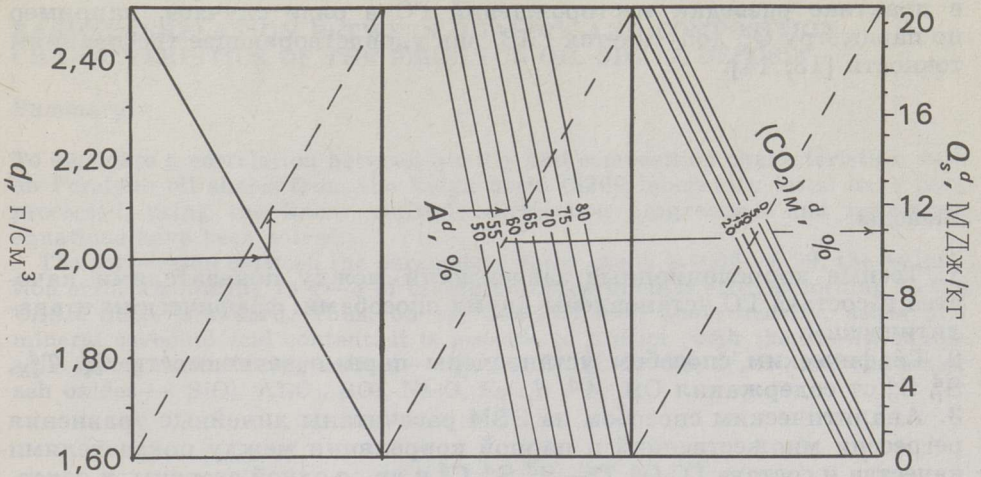


Рис. 5. Номограмма для определения удельной теплоты сгорания пласта II

Fig. 5. The nomogram for estimating specific calorific value of layer II

Таблица 3. Сравнение точности оценки основных показателей качества и состава ГС, %, рассчитанных по уравнению множественной линейной регрессии  $y = f[d_r, A^d, (CO_2)_M^d]$  с погрешностью оценки, допускаемой ГОСТом и ГКЗ

Table 3. Comparison of accuracy of main quality and composition characteristics, %, calculated by equation  $y = f[d_r, A^d, (CO_2)_M^d]$  and errors, allowable by State Standards GOST and GKZ

Показатель Characteristic	Стандартная ошибка уравнений регрессии по пластам Standard error of the regression equation in different layers					Лабораторная погрешность оценки показателя по ГОСТу, % Laboratory errors according to GOST, %	Погрешность оценки показателя допуска ГКЗ при подсчете запасов ГС Errors allowable according to GKZ standard
	I	II	III	IV <sup>1</sup>	IV <sup>2</sup>		
$Q_s^d$ *	(89)	(103)	(68)	(96)	(68)	0,167—0,209 (40—50)	0,419 (100)
$T_{sK}^d$	1,0	0,88	0,80	0,63	0,95	0,7—1,0	—
$S_i^d$	0,50	0,30	0,34	0,21	0,46	0,1—0,3	—
$S_{\phi}^d$	0,60	0,33	0,28	0,27	0,47	0,1—0,3	—
$C^d$	0,80	1,04	0,63	0,66	0,69	0,5	—
$H^d$	0,18	0,23	0,15	0,24	0,14	0,15	—
$SiO_2$	1,92	1,72	1,67	3,02	1,76	0,5—1,0	—
$Al_2O_3$	1,24	0,68	1,04	0,94	0,75	0,3—1,0	—
$SO_3$	1,26	0,97	0,86	1,07	2,19	0,2—0,5	—
$Na_2O$	—	0,23	0,26	0,28	0,30	0,1—0,3	—
$K_2O$	—	0,34	0,27	0,38	0,23	0,1—0,3	—
$Fe_2O_3$	0,79	0,89	1,11	0,64	0,84	0,4—1,0	—

\* МДж/кг, в скобках — ккал/кг.  
MJ/kg, in brackets — kcal/kg.

личаются не более чем на 1—2 лабораторные ошибки (табл. 3), что в практике разведки месторождений ГС в ряде случаев, например по параметру  $Q_s^d$ , допускается ГКЗ, как удовлетворяющее требованиям точности [13, 14].

## Выводы

1. Тесные корреляционные зависимости между показателями качества и состава ГС установлены двумя способами: графическим и аналитическим.
2. Графическим способом установлены парные зависимости  $Q_s^d$ ,  $T_{sK}^d$ ,  $S_b^d$ ,  $S_o^d$  от содержания ОВ,  $A^d$ ,  $d_r$ .
3. Аналитическим способом на ЭВМ рассчитаны линейные уравнения регрессии множественной и парной корреляции между показателями качества и состава ГС  $Q_s^d$ ,  $T_{sK}^d$ ,  $S_b^d$ ,  $S_o^d$ ,  $C^d$  и др., с одной стороны, и содержанием ОВ, зольностью, минеральной углекислотой и действительной плотностью — с другой.
4. Универсальными для прогноза показателей качества и состава ГС являются уравнения множественной регрессии, рассчитанные по пластам для отдельных показателей как функция от действительной плотности ГС, зольности и минеральной углекислоты (для оценки  $Q_s^d$ ), содержания ОВ и зольности (для оценки  $T_{sK}^d$ ). Стандартная ошибка этих уравнений регрессии как правило не превышает 1—2 лабораторные ошибки, допускаемые ГОСТом и ГКЗ для определения соответствующих показателей качества и состава ГС при разведке месторождений.
5. Сравнением расчетных показателей качества и состава ГС по соответствующим уравнениям ГС Перелюбского и Коцебинского месторождений ВСБ установлено, что ГС Перелюбского месторождения при равном содержании ОВ обладают повышенной удельной теплотой сгорания, но пониженным выходом смол, а при равной действительной плотности ГС — меньшим содержанием общей серы — в основном за счет пиритной серы.
6. Предложены два вида номограмм, дающие возможность общего прогноза (пласты I—IX) пяти показателей качества:  $Q_s^d$ ,  $T_{sK}^d$ ,  $S_b^d$ ,  $A^d$ ,  $d_r$  по одному из известных, а также возможность более точного прогноза с известной минимальной погрешностью (1—2 лабораторные ошибки) до 13 показателей:  $Q_s^d$ ,  $T_{sK}^d$ ,  $S_b^d$ ,  $S_o^d$ ,  $S_c^d$ , ОВ,  $C^d$ ,  $H^d$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SO_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$  от трех известных — действительной плотности, зольности и минеральной углекислоты по основным пластам Перелюбского месторождения.

A. N. KABOKIN

BASIC CORRELATION BETWEEN QUALITY AND COMPOSITION  
CHARACTERISTICS OF THE PERELYUB OIL SHALE DEPOSIT

## Summary

To elucidate a correlation between quality and composition characteristics, data on Perelyub oil shales from the Volga basin (5200 laboratory tests) have been processed, using the linear multiple correlation programme, and regression equations have been solved.

The correlation between the parameters under study is 0.86—0.99, the estimation error amounting to 1—3 of laboratory experimental error according to the USSR State Standard. Thus, on the basis of real shale density, ashes and mineral carbonic acid content, it is possible to predict (with the known admissible error) the following indices —  $Q_s^d$ ,  $T_{sk}^d$ ,  $S_t^d$ ,  $S_o^d$ ,  $S_c^d$ , OB,  $C^d$ ,  $H^d$ , and the major ash oxides —  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SO_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кабокин А. Н. Корреляционные зависимости между показателями качества и состава горючих сланцев Коцебинского месторождения // Горючие сланцы. 1989. Т. 6, № 2. С. 133—141.
2. Жмур С. И., Каттай В. А. Состав и качество горючих сланцев Волжского и Прибалтийского бассейнов // Там же. 1984. Т. 1, № 1. С. 24—28.
3. Арукюла Х. Х., Сакс Л. А. Статистический анализ качественной неоднородности эстонских горючих сланцев // Там же. 1985. Т. 2, № 4. С. 341—349.
4. Бауков С. С. Закономерности вещественного состава горючих сланцев ПСБ // Тр. Ин-та геол. АН ЭССР. 1958.
5. Зеленин Н. И., Озеров И. М. Справочник по горючим сланцам. — Л., 1983.
6. Каттай В. А. Зависимость между составом и качественными показателями горючих сланцев-кукерситов // Осадочные полезные ископаемые Прибалтики и их рациональное использование. Рига, 1985. С. 66—74.
7. Мязкюла О. Э., Отс А. А. Определение состава сланцев по теплоте сгорания // Тр. Таллинск. политех. ин-та. 1977. № 416. С. 19—24.
8. Отс А. А., Саар Г. К., Махлану А. Я. Использование теплоты сгорания сланца // Теплоэнергетика. 1967. № 6. С. 31—35.
9. Длин А. М. Математическая статистика в технике. — М. 1958.
10. Арабаджи М. С., Бакиров Э. А., Мильничук В. С., Сенюков Р. В. Математические методы и ЭВМ в поисково-разведочных работах. — М., 1984.
11. Родионов Д. А., Коган Р. И., Голубева В. А. и др. Справочник по математическим методам в геологии. — М., 1987.
12. Смит Дж. У. Зависимость между выходом смолы и плотностью горючих сланцев // Разработка и использование запасов горючих сланцев. Таллинн, 1970. С. 473—479.
13. Клер В. Р. Изучение и геолого-экономическая оценка качества углей при геологоразведочных работах. — М., 1975. С. 282.

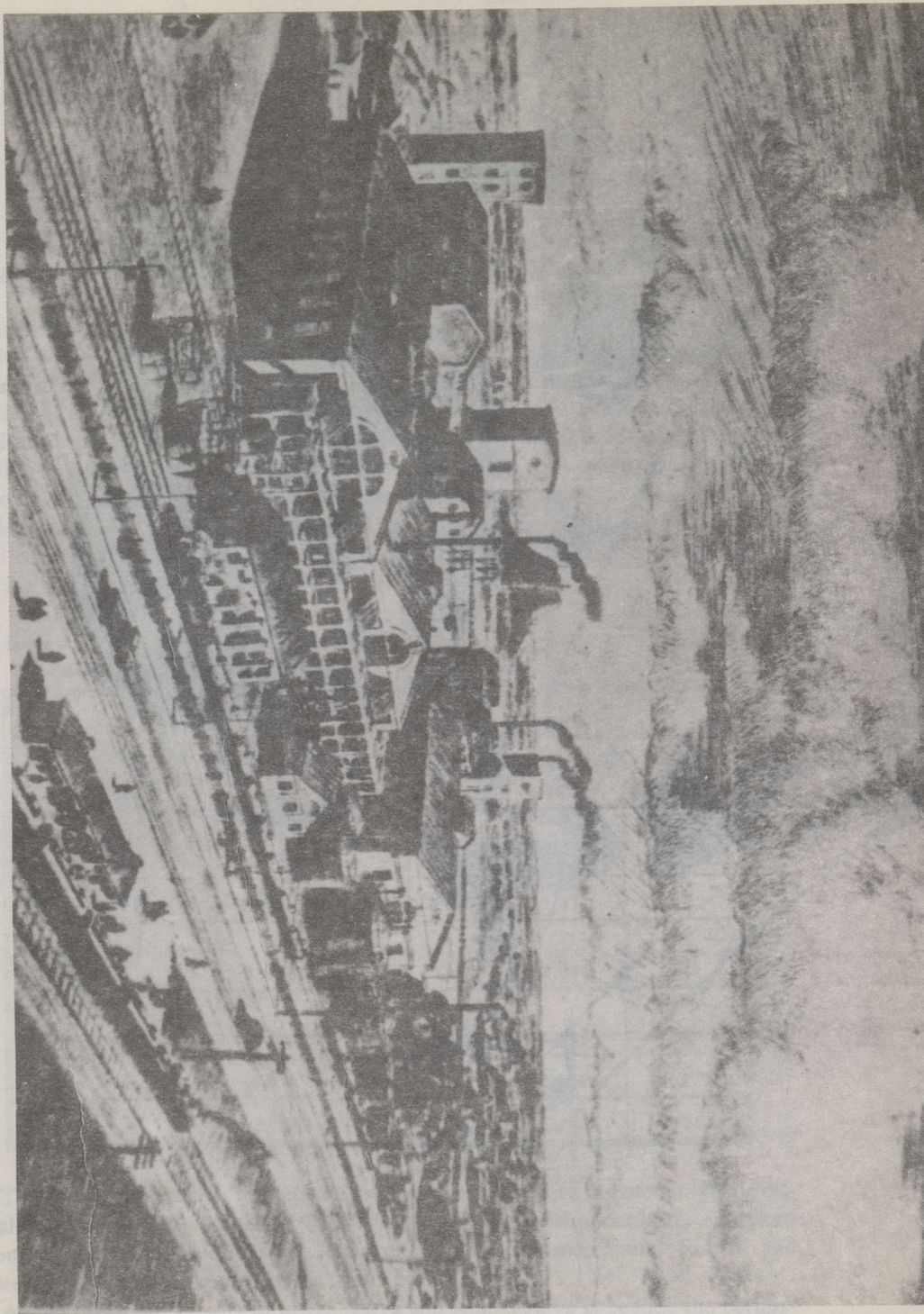
14. Клер В. Р. Обработка материалов разведки месторождений угля. — М., 1980. С. 16—21, 54.

Саратовская геологическая экспедиция  
производственного объединения  
«Нижневолжскгеология»  
г. Саратов, Россия

Saratov Geological Expedition  
of the Production Association  
"Nizhnevolzhskgeologia"  
Saratov, Russia

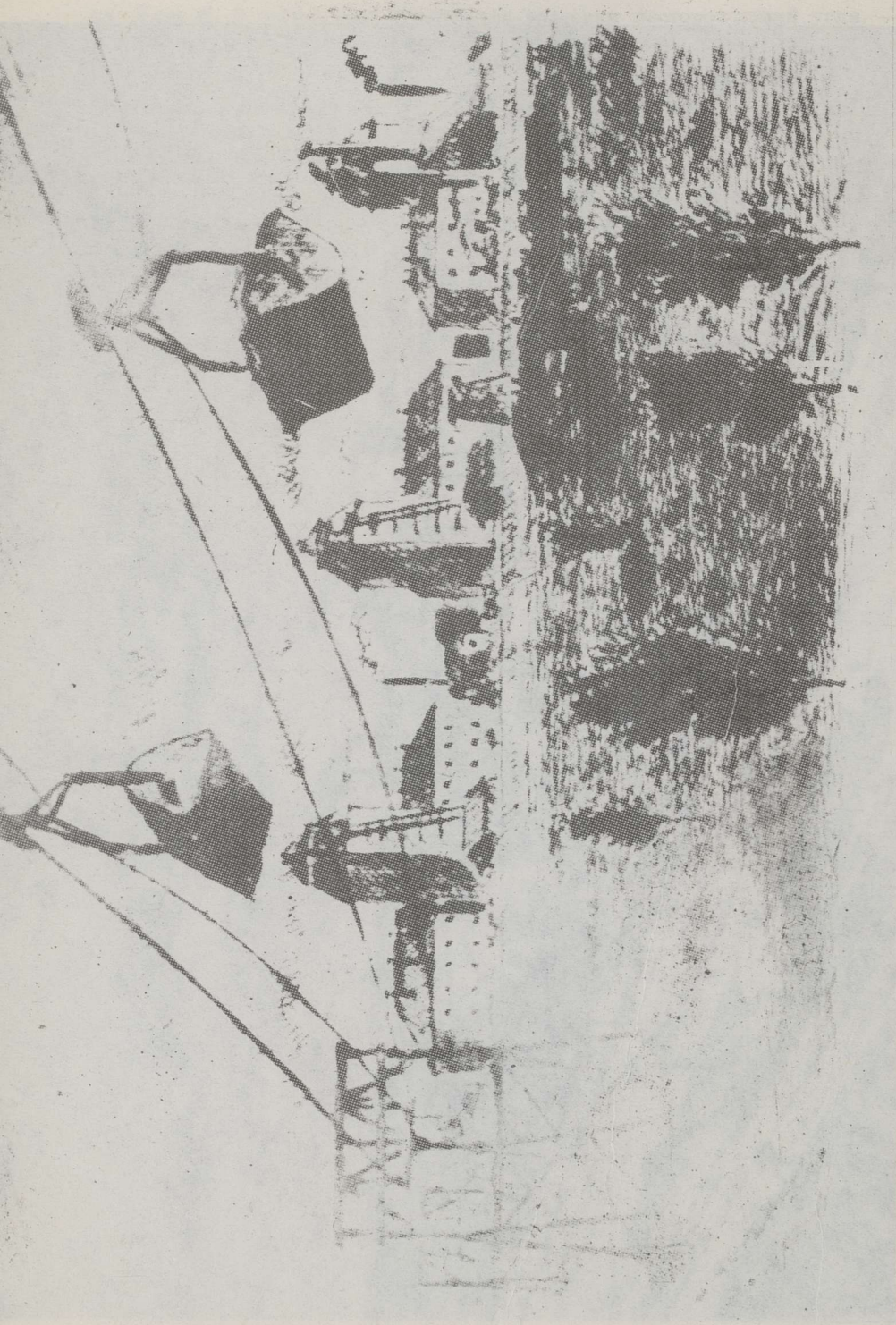
Представил В. В. Каширский  
Поступила в редакцию  
15. 07. 91

Presented by V. Kashirsky  
Received  
July 15, 1991



Kohla Oil Works and Power Station (Estonia, 1928)

and standards as regards concentrations of volatile and fixed sulfur compounds and nitrogen. Pollution of the atmosphere influences on human health in



Ernö Koch. The First Estonian Oil-Shale Enterprise. 1938