

DOI: 10.26730/1999-4125-2019-4-77-83

УДК 662.741.3.022.001.5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО СОСТАВА УГЛЕЙ КУЗБАССА СЕВЕРНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТЕЙ БАССЕЙНА

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PETROGRAPHIC COMPOSITION OF KUZBASS COALS OF THE NORTH AND SOUTH PARTS OF THE BASIN

Заостровский Анатолий Николаевич¹,

канд. техн. наук, доцент,

ведущий научный сотрудник, e-mail: catalys01@rambler.ru

Anatoly N. Zaostrovsky¹, C. Sc. in Engineering, Senior Researcher

Грабовая Наталья Анатольевна¹,

ведущий инженер, e-mail: ngrabovaia@mail.ru

Natalia A. Grabovaya, Senior Engineer

Исмагилов Зинфер Ришатович^{1,2},

член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой, e-mail: Zinfer1@mail.ru

Zinfer R. Ismagilov^{1,2},

Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Head of Department

¹Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН,
650000, Россия, г. Кемерово, Советский пр., 18.

¹Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS,
18, av. Soviet, Kemerovo, 650000, Russian Federation

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

²T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация:

Работа является результатом обобщения литературных и коллекционных материалов и дополнительных исследований, проведенных по горным выработкам Анжерского, Киселевского и Томь-Усинского районов. Рассмотрены изменения петрографического состава некоторых проб углей одной марки, отобранных с разных месторождений Кузнецкого бассейна (в направлении с севера на юг). Выявлено, что суммарное содержание компонентов групп витринита и семивитринита изменяется своеобразно.

Объектом исследования являлись угли марки КС (коксовый слабоспекающийся). Образцы охарактеризованы техническим анализом, который показал, что угли близки по зольности ($A^d = 3,4 - 8,4 \%$) и выходу летучих веществ ($V^{daf} = 18,4 - 21,4 \%$). Близкие характеристики технического анализа позволяют лучше оценить петрографический состав исследуемых углей.

Петрографическим анализом определен показатель отражения витринита (R_o, ρ), показавший, что изученные угли по генетической классификации относятся к 11-13 классу, соответствующему углям марки КС. На основании показателя отражения витринита были составлены рефлектограммы, которые являются эффективным средством оценки качества углей.

Визуальный анализ анилифов дает возможность определить проявление микроструктуры угля в отраженном свете, масляной иммерсии (увеличение 300).

Ключевые слова: уголь, петрографический анализ угля, показатель отражения витринита, мацералы угля, рефлектограмма.

Abstract:

The paper is the outcome of compilation of reference material data and collection data and the results of additional research conducted in mine workings of the Anzhersky, Kiselevsky and Tom-Usinsky districts. The

changes in the petrographic composition of a series of coal samples of the same grade, taken from different fields of the Kuznetsk basin (from north to south) are considered. It was revealed that the total content of the components of the groups of vitrinite and semivitrinite varied in a peculiar way.

The object of the study was the KS grade coals (low-coking coke). The samples were characterized by technical analysis, which showed that coals were close in ash content ($Ad = 3.4 - 8.4\%$) and the yield of volatile substances ($Vdaf = 18.4 - 21.4\%$). The close characteristics of the technical analysis make it possible to evaluate better the petrographic composition of the studied coals.

Petrographic analysis determined the reflection index of vitrinite (R_o, r), which showed that the studied coals by genetic classification belonged to 11–13 class corresponding to KS grade coals. Based on the reflection index of vitrinite, reflectograms were compiled presenting an effective means of assessing the quality of coal.

The visual analysis of polished sections makes it possible to determine the manifestation of the microstructure of coal in reflected light, oil immersion (an increase of 300).

Key words: coal, coal petrographic analysis, vitrinite reflection index, coal macerals, reflectogram.

Введение

Особенность ископаемых углей заключается в их петрографической неоднородности, которая проявляется макроскопически в сложении пластов и отдельных штуфов угля, а также при микроскопическом изучении в тонких шлифах и аншлифах. Информация о петрографическом составе и степени метаморфизма углей – одно из неперемных условий рациональной переработки энергетического и нетопливного использования углей при их обогащении и коксовании, при получении синтетических жидких продуктов и т.д. [1, 2]. Первые петрографические исследования углей Кузнецкого бассейна были проведены М.Д. Залеским в 1915 г. Результаты исследований отражены в специальном атласе [3], где приведены данные по петрографической характеристике отдельных петрографических особенностей углей и подробно описана история углепетрографических изысканий. При этом, несмотря на длительный период изучения, петрографическими исследованиями охвачены угольные пласты далеко не всех месторождений бассейна [2].

Объектом исследования служили каменные угли марки КС (коксовый слабоспекающийся) Кузнецкого бассейна. Все угли относятся к балахонской серии, в которой содержание витринита обычно ниже 60%, а количество фюзенизированных компонентов (ΣOK) колеблется в пределах 31–65% [4–7].

Цель работы – выявить картину изменчивости и особенности петрографического состава углей, относящихся по генетической классификации к одной марке, но представляющих различные

месторождения с различными географическими условиями на территории Кузнецкого бассейна, где широкое распространение получил региональный метаморфизм.

Экспериментальная часть

Технический анализ исследованных углей был выполнен по стандартным методикам (таблица 1). Образцы углей малозольные (для приготовления аншлиф-брикета зольность угля должна быть $\leq 10\%$) и имеют между собой близкие значения выхода летучих веществ.

Исследование проводилось по единому стандартному методу с использованием автоматизированного анализатора петрографических свойств углей SIAMS 620, аналогично [8–10].

Анализатор предназначен для измерения показателя отражения витринита каменных углей $R_{o,r}$ и автоматического построения рефлектограммы распределения его значений. Параметр $R_{o,r}$ является основным показателем глубины изменения органического вещества углей при метаморфизме. Мацералы группы витринита однородные и обычно количественно преобладают, поэтому их показатель принят как оценочный в определении качества углей. Одновременно с помощью анализатора можно определить петрографический состав пробы и стандартное отклонение σ_r , которое характеризует неоднородность изучаемых проб.

Мацералы идентифицировали в иммерсионной среде по их показателю отражения, цвету, морфологии, высоте микрорельефа, структуре, степени

Таблица 1 – Технический анализ исследованных углей
 Table 1 – Technical analysis of the coal studied

Месторождение, шахта, ОФ	Марка угля	Зольность, %	Выход летучих веществ, %
ООО «Барзасское товарищество»	КС	4,9	21,4
ш. Южная (г. Березовский)	КС	3,4	21,0
Разрез АО «Черниговский»	КС	4,4	19,4
Участок Коксовый (г. Киселевск)	КС	4,9	18,7
Междуреченская ОФ	КС	8,4	18,4

Таблица 2. Петрографический состав исследованных углей
 Table 2. Petrographic composition of the coal studied

Месторождение, шахта, ОФ	Петрографический состав угля, %				Отражательная способность витринита, $R_{o,r}$, %
	V _t	S _v	I	ΣОК	
ООО «Барзасское товарищество»	31	14	55	64	1,145
ш. Южная (г. Березовский)	48	11	41	48	1,318
Разрез АО «Черниговский»	41	15	44	54	1,333
Участок Коксовый (г. Киселевск)	38	15	47	57	1,312
Междуреченская ОФ	49	8	43	48	1,390

Примечание. $R_{o,r}$ – показатель отражения витринита (в иммерсионном масле, случайной ориентации); V_t – витринит; S_v – семивитринит; I – инертинит; ΣОК – сумма отошающих компонентов.

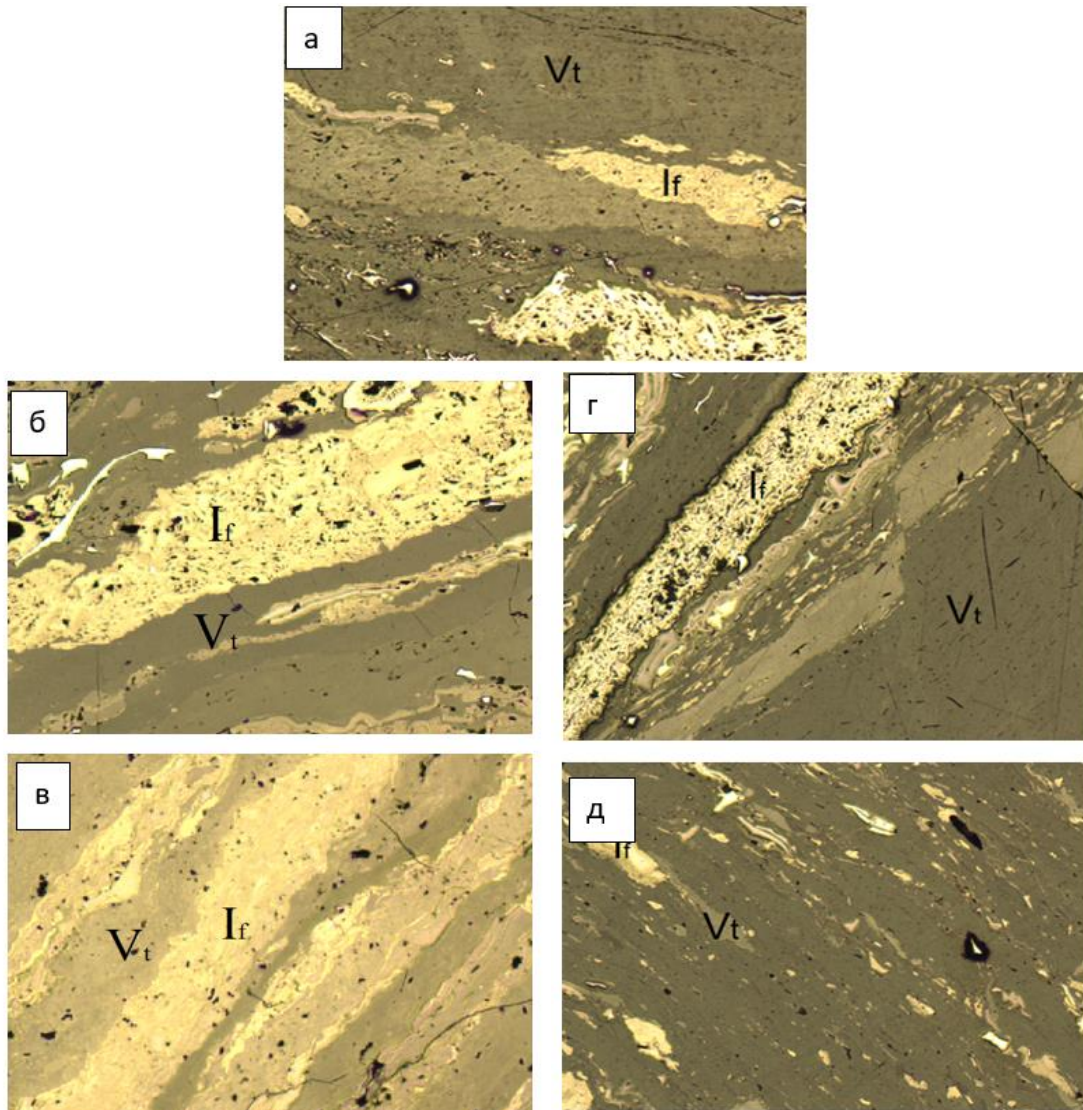
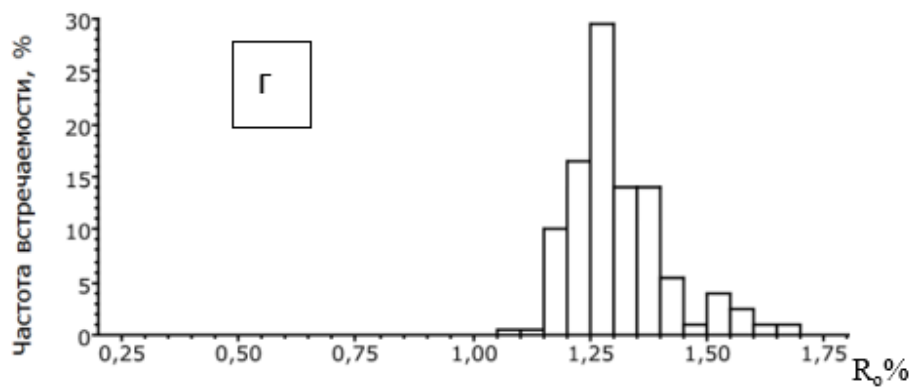
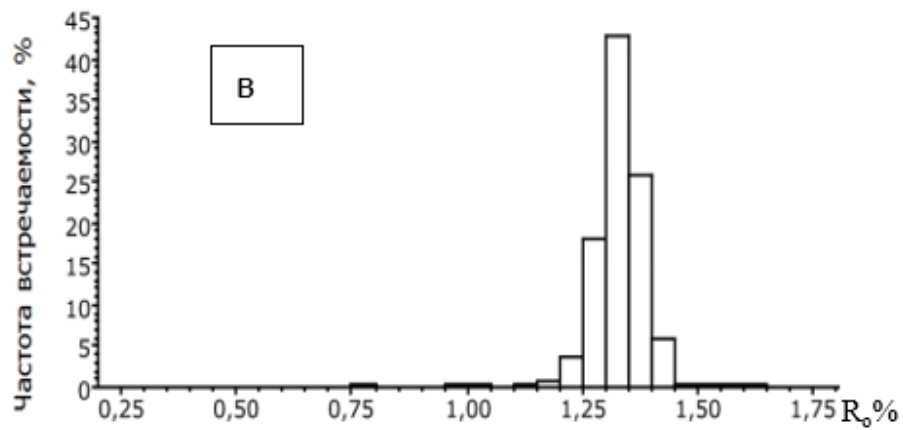
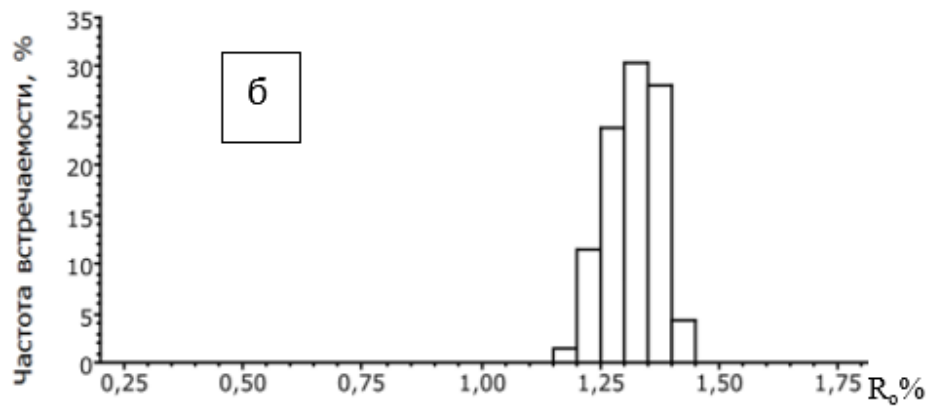
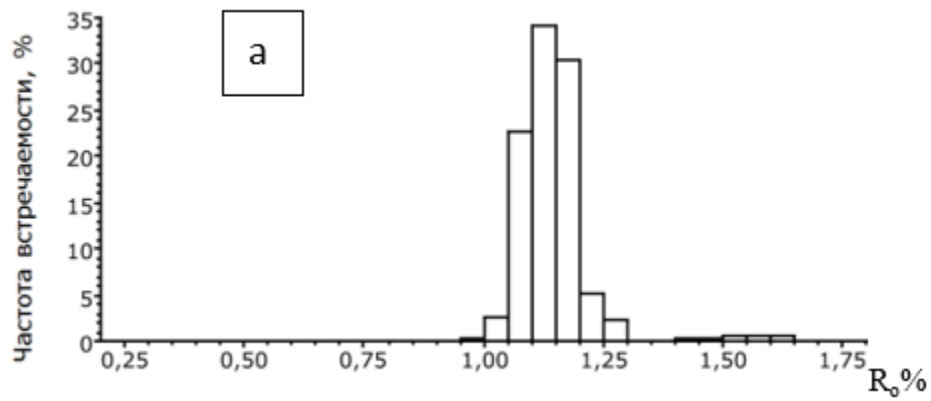


Рис. 1. Микрофотографии проб углей с различных участков: а – ООО «Барзасское товарищество»; б – ш. «Южная» (г. Березовский); в – АО разрез «Черниговский»; г – ООО «Участок Коксовый», (г. Киселевск); д – ОФ «Междуреченская». V_t – витринит; I_f – фюзинит. Отраженный свет, масляная иммерсия, ув. 300

Fig. 1. Microphotographs of coal samples from various sites: а - Barzassky Partnership LLC; б - Mine "Yuzhnaya" (Berezovsky); в - JSC Chernigovskiy open pit; г - LLC Mine Section "Koksovyy", (Kiselevsk); д - CPP Mezhdurechenskaya. V_t - vitrinitis; I_f - fusinitis. Reflected light, oil immersion, 300



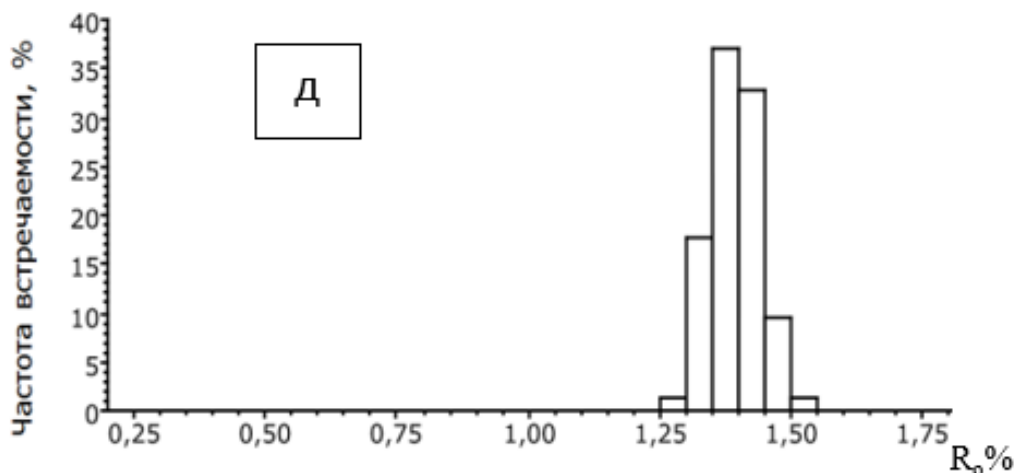


Рис. 2. Рефлектограммы угля марки КС: а – ООО «Барзасское товарищество»; б – ш. «Южная» (г. Березовский); в – АО разрез «Черниговский»; г – ООО «Участок Коксовый» (г. Киселевск); д – ОФ «Междуреченская»

Fig. 2. Reflectograms of coal grade KS: a - Barzass partnership LLC; б – Mine "Yuzhnaya" (Berezovsky); в - JSC Open-pit "Chernigovsky"; г - LLC Mine Section "Koksovyu" (Kiselevsk); д - CPP "Mezhdurechenskaya"

ственное соотношение определялось методом подсчета точек.

Показатель отражения витринита R_{or} определяют при фиксированной длине волны света, равной 546 нм [11-13]. В измерениях используют иммерсионную жидкость для увеличения контрастности картины, наблюдаемой под микроскопом, что улучшает диагностику отдельных мацералов. Чем выше показатель преломления иммерсионных жидкостей, тем выше контрастность изображения. В качестве иммерсионной жидкости используется иммерсионное масло с показателем преломления $n_e = 1.518$ при температуре $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

Результаты и обсуждение

По данным технического анализа (см. таблицу 1), угли относятся к малозольным, что отвечает требованиям к сырью для коксования. Уголь марки «КС» во многом соответствует углю марки К, однако фюзенитовый состав и низкая степень восстановленности определяет их низкую спекаемость. Коксовые слабоспекающиеся угли преимущественно полуматовые, реже матовые. Угли марки КС используются в коксохимической промышленности в качестве отошающего компонента.

По петрографическому составу (таблица 2) угли данной марки КС представлены следующим образом: в группе витринита основным мацералом является коллинит, а в группе инертинита – фюзенит. Петрографический состав пробы характеризуется пониженным содержанием витринита (31-49%) и повышенным количеством инертинита (41-55%).

Согласно генетической классификации (по характеру исходного растительного материала и процессов накопления, разложения и превращения растительных остатков), разработанной углепетрографами ВСЕГЕИ [8], изученные угли относятся к группе гумолитов, классу гумитов, подклассу фюзенолитов (уголь ООО «Барзасское товарищество») и подклассу микстолитов («Участок Коксовый» и ОФ «Междуреченская»).

Под микроскопом заметна выраженная структура угля: среди витринизированного вещества видны крупные фрагменты и наблюдается обилие мелких обрывков фюзинизированных растительных тканей (рисунок 1).

Рефлектограммы углей ООО «Барзасское товарищество» и ОФ «Междуреченская», представленные (см. рис. 1, а, д) симметричные, что указывает на отсутствие примесей углей близлежащих марок. Для рефлектограмм (рис. 2) характерен минимальный показатель петрографической неоднородности ($\sigma_r = 0.045; 0.055; 0.069; 0.106; 0.080\%$ соответственно), что говорит о стабильности химико-петрографических параметров этих углей. Рефлектограммы для всех образцов не имеют разрывов, все точки группируются вокруг определенного значения отражательной способности витринита.

Закономерности изменения петрографического состава углей отражают изменчивость палеогеографических и палеотектонических условий на территории Кузнецкого бассейна. В таблице 2 приведены данные по изменению петрографического состава углей бассейна в направлении с севера на юг Кузбасса.

Согласно этим данным, для балахонской

серии углей суммарное содержание компонентов групп витринита и семи витринита своеобразно. На юге Кузбасса угли марки КС (ОФ «Междуреченская») характеризуются более высоким суммарным содержанием группы витринита и семивитринита (57%). К средним горизонтам (ООО «Участок Коксовый», г. Киселевск) сумма витринита и семивитринита в целом понижается (53%) и в северном направлении (ООО «Барзасское товарищество») их количество уменьшается до 45%. Обратная картина изменчивости наблюдается для инертинита I (с 55 до 43%) и суммы отошающих компонентов (ΣОК) (см. таблицу 2), где содержание в углях монотонно (с 64 до 48%) уменьшается с севера на юг бассейна, преимущественно вдоль длинной оси Кузнецкой котловины [14, 15].

Заключение

Особенности изменения петрографического состава углей марки КС по направлению

распространения с севера на юг балахонской серии Кузбасса проявляются в увеличении содержания витринита, уменьшении содержания инертинита I и суммы отошающих компонентов ΣОК. Это свидетельствует о том, что угли Кузбасса представлены главным образом витринитом и инертинитом, причем увеличение содержания компонентов одной группы сопровождается уменьшением содержания другой группы. Кроме того, изменчивость петрографического состава обусловлена тем, что угли всех свит балахонской серии в основном гумусовые, автохтонные, т.е. образовались на месте произрастания исходного растительного материала. Перемещение данного материала на значительные расстояния (аллохтонное накопление) проявляется в значительно меньшей степени.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН по проекту № АААА-А17117041910147-2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петрология палеозойских углей СССР (VIII Международный конгресс по стратиграфии и геологии карбона) / Отв. редактор И.В. Еремин // М.: Недра, 1975. 215 с.
2. Ископаемые угли Сибири и методы их изучения / Отв. редактор И.Н. Звонарев // Изд. «Наука». Сиб. отд-ние, Новосибирск, 1971. С. 275.
3. Травин, А.Б. Атлас верхнепалеозойских углей Кузнецкого бассейна / А.Б. Травин, Э.М. Сендерзон, В.П. Шорин, Т.А. Громова, Е.Е. Иванькова, К.С. Пермина, Е.М. Попова, В.Ф. Шугуров, Т.С. Юсупов // Под ред. И.Н. Звонарева. Новосибирск: Наука. 1966. 368 с.
4. Еремин, И.В. Петрография и физические свойства углей / И.В. Еремин, В.В. Лебедев, Д.А. Цикарев // М., Недра. 1980. 263 с.
5. Еремин, И.В. Петрология и химико-технологические параметры углей Кузбасса / И.В. Еремин, А.С. Арцер, Т.М. Броневец // Кемерово: Притомское, 2001. – 399 с.
6. Жемчужников, Ю.А. Основы петрологии углей / Ю.А. Жемчужников, А.И. Гинзбург // М., Изд. АН СССР. 1960. 400 с.
7. Штах, Э. Петрология углей / Э. Штах, М.-Т. Маковски, М. Тейхмюллер, Г. Тейлор, Д. Чандра, Р. Тейхмюллер / Пер. с англ. Глушнева С.В., Дубровского В.В., Хасиной А.И. // М., «Мир». 1978. 554 с.
8. Заостровский, А.Н. Петрографический анализ углей Печорского бассейна / А.Н. Заостровский, Н.В. Журавлева, Р.Р. Потокина, Н.А. Грабовая, З.Р. Исмагилов // Химия в интересах устойчивого развития. 23 (2015), с. 131-134.
9. Заостровский, А.Н. Оценка коксумости углей по показателям петрографического состава / А.Н. Заостровский, Н.А. Грабовая, Н.И. Федорова, Е.С. Михайлова, З.Р. Исмагилов // Химия уст. разв. 2018. Т. 26, № 6. С. 589-595.
10. Заостровский, А.Н. Петрографическая характеристика газовых углей Кузбасса / А.Н. Заостровский, Н.А. Грабовая, Е.С. Михайлова, З.Р. Исмагилов // Кокс и химия. 2017. № 11. С. 25-30.
11. Тайц, Е.М. Методы анализа и испытания углей / Е.М. Тайц, И.А. Андреева // М., Недра, 1983. 301 с.
12. Авгушевич, И.В. Стандартные методы испытания углей. Классификация углей // М: НТК «Трек», 2008. 367 с.
13. Петрографический кодекс России // С.-Петербург, Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 160 с.
14. Арцер, А.С. Угли Кузбасса: происхождение, качество, использование / А.С. Арцер, С.И. Протасов // Кн. 1. Кемерово: Изд. Кузбасс. гос. техн. ун-та, 1999. 177 с.

15. Арцер, А.С. Угли Кузбасса: происхождение, качество, использование / А.С. Арцер, С.И. Протасов // Кн. 2. Кемерово: Изд. Кузбасс. гос. техн. ун-та, 1999. 168 с.

REFERENCES

1. Petrologiya paleozoyskikh ugley SSSR (VIII Mezhdunarodnyy kongress po stratigrafii i geologii karbona) / Otv. redaktor I.V. Yeremin // M.: Nedra, 1975. 215 s.
2. Iskopayemyye ugli Sibiri i metody ikh izucheniya / Otv. redaktor I.N. Zvonarev // Izd. «Nauka». Sib. otd-niye, Novosibirsk, 1971. S. 275.
3. Travin, A.B. Atlas verkhnepaleozoyskikh ugley Kuznetskogo basseyna / A.B. Travin, E.M. Senderzon, V.P. Shorin, T.A. Gromova, Ye.Ye. Ivan'kova, K.S. Permina, Ye.M. Popova, V.F. Shugurov, T.S. Yusupov // Pod red. I.N. Zvonareva. Novosibirsk: Nauka. 1966. 368 s.
4. Yeremin, I.V. Petrografiya i fizicheskiye svoystva ugley / I.V. Yeremin, V.V. Lebedev, D.A. Tsikarev // M., Nedra. 1980. 263 s.
5. Yeremin, I.V. Petrologiya i khimiko-tekhnologicheskkiye parametry ugley Kuzbassa / I.V. Yeremin, A.S. Artser, T.M. Bronovets // Kemerovo: Pritomskoye, 2001. – 399 s.
6. Zhemchuzhnikov, YU.A. Osnovy petrologii ugley / YU.A. Zhemchuzhnikov, A.I. Ginzburg // M., Izd. AN SSSR. 1960. 400 s.
7. Shtakh, E. Petrologiya ugley / E. Shtakh, M.-T. Makovski, M. Teykhmyuller, G. Teylor, D. Chandra, R. Teykhmyuller / Per. s angl. Glushneva S.V., Dubrovskogo V.V., Khasinoy A.I. // M., «Mir». 1978. 554 s.
8. Zaostrovskiy, A.N. Petrograficheskyy analiz ugley Pechorskogo basseyna / A.N. Zaostrovskiy, N.V. Zhuravleva, R.R. Potokina, N.A. Grabovaya, Z.R. Ismagilov // Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya. 23 (2015), s. 131-134.
9. Zaostrovskiy, A.N. Otsenka koksuyemosti ugley po pokazatelyam petrograficheskogo sostava / A.N. Zaostrovskiy, N.A. Grabovaya, N.I. Fedorova, Ye.S. Mikhaylova, Z.R. Ismagilov // Khimiya ust. razv. 2018. T. 26, № 6. S. 589-595.
10. Zaostrovskiy, A.N. Petrograficheskaya kharakteristika gazovykh ugley Kuzbassa / A.N. Zaostrovskiy, N.A. Grabovaya, Ye.S. Mikhaylova, Z.R. Ismagilov // Koks i khimiya. 2017. № 11. S. 25-30.
11. Tayts, Ye.M. Metody analiza i ispytaniya ugley / Ye.M. Tayts, I.A. Andreyeva // M., Nedra, 1983. 301 s.
12. Avgushevich, I.V. Standartnyye metody ispytaniya ugley. Klassifikatsiya ugley // M: NTK «Trek», 2008. 367 s.
13. Petrograficheskyy kodeks Rossii // S.-Peterburg, Izd-vo VSEGEI, 2009. 160 s.
14. Artser, A.S. Ugli Kuzbassa: proiskhozhdeniye, kachestvo, ispol'zovaniye / A.S. Artser, S.I. Protasov // Кн. 1. Кемерово: Изд. Кузбасс. гос. техн. ун-та, 1999. 177 с.
15. Artser, A.S. Ugli Kuzbassa: proiskhozhdeniye, kachestvo, ispol'zovaniye / A.S. Artser, S.I. Protasov // Кн. 2. Кемерово: Изд. Кузбасс. гос. техн. ун-та, 1999. 168 с.

Поступило в редакцию 01.07.2019
Received 01 July 2019