

Научная статья

УДК 662.741.3.022.001.5

DOI: 10.26730/1999-4125-2022-4-52-58

ЗАВИСИМОСТЬ ИНДЕКСА СВОБОДНОГО ВСПУЧИВАНИЯ
ОТ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО СОСТАВА УГЛЕЙ

Заостровский Анатолий Николаевич

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН

*для корреспонденции: catalys01@rambler.ru

**Информация о статье**

Поступила:

03 августа 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

30 августа 2022 г.

Принята к публикации:

31 августа 2022 г.

Ключевые слова:

Каменный уголь, индекс
свободного вспучивания,
петрографический состав,
отошающие компоненты,
пластический слой,
спекаемость

Аннотация.

Актуальность исследования продиктована тем, что на современные коксохимические производства ежедневно поступает десятки тысяч тонн углей, для которых необходимо экспрессными методами определить их технологическую ценность. Одним из таких методов является индекс свободного вспучивания SI («swelling index») как показатель спекаемости угля, он связан с давлением распухания, которое оказывает большое влияние на качество кокса и на поведение угля в процессе коксования.

Индекс SI каменных углей марок: ДГ, Г, ГЖ, Ж, К, КО, КС, ОС, СС изменялся от 1,0 до 9,0 по шкале стандартных профилей с максимумом для жирных и коксовых углей. Прямолинейная связь между вспучиваемостью и толщиной пластического слоя (Y , мм) углей является весьма приближенной и охватывает лишь часть углей с пластическим слоем более 13 мм (а во многих случаях еще больше). Вспучиваемость определяется главным образом вязкостью и газопроницаемостью пластической массы и так же, как вязкость, не является аддитивным свойством, так как вязкость и толщина пластического слоя характеризуют различные стороны пластического состояния.

Если индекс вязкости определяет степень размягчения угля, т.е. качество пластической массы, то толщина первичного пластического слоя дает указание на ее количество, обусловленное температурным интервалом (временем) размягчения при данной скорости нагревания. Толщина измеряемых пластических слоев более $Y = 12$ мм преувеличивается вспучиванием. Различие роли вязкости и толщины пластического слоя отчетливо проявляется при изменении скорости нагревания.

Выполненным исследованием показана зависимость индекса свободного вспучивания (SI) от генетических факторов в ряду метаморфизма каменных углей Кузбасса, которые характеризуются петрографическим составом. Индекс SI пропорционален текучести угля, снижается при увеличении содержания инертинита и липтинита. Наиболее высокие значения показателя SI характерны для восстановленных углей.

Для цитирования: Заостровский А.Н. Зависимость индекса свободного вспучивания от петрографического состава углей // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 4 (152). С. 52-58. doi: 10.26730/1999-4125-2022-4-52-58

Индекс свободного вспучивания является одним из возможных параметров спекаемости при

выборе сырьевой базы коксования [1]. Показатель SI определяется по виду нелетучего остатка, полученного при быстром нагревании (до температуры 820 ± 5 °С) измельченного угля в закрытом тигле установленных размеров путем сравнения контура этого остатка со шкалой нумерованных контуров стандартных образцов. Вспучиваемость углей отражает текучесть угольного вещества в процессе пиролиза, характеризуя плотность пластического контакта при спекании [2-4].

В России в качестве классификационного параметра спекаемости используют показатель толщины пластического слоя (ГОСТ 1186-2014 «Угли каменные. Метод определения пластометрических показателей»), который не применяют для этих целей ни в национальных классификациях отдельных стран, ни в международной классификации.

Показатель свободного вспучивания и толщина пластического слоя не являются альтернативными параметрами. Они характеризуют свойства, которые неодинаково изменяются в зависимости от стадии метаморфизма, петрографического состава и степени восстановленности, поэтому сопоставление углей на основе различных показателей спекаемости является актуальной и в то же время довольно сложной проблемой.

Для ряда углей Кузнецкого бассейна был проведен анализ взаимосвязи показателя свободного вспучивания SI с петрографическим составом и толщиной пластического слоя Y (мм). Характеристики углей и петрографический состав приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Характеристики исследованных углей

Table 1. Characteristics of the studied coals

Марка угля	Технический анализ, %			Спекаемость углей	
	W^a	A^d	V^{daf}	$Y, мм$	SI
ДГ	2,9	2,5	40,8	9	0,5
Г	2,9	2,7	37,0	5	1,0
ГЖ	1,5	3,6	39,8	9	4,5
Ж	1,4	5,5	34,3	29	9,0
К	0,8	4,9	21,2	13	7,0
КО	0,3	6,3	24,1	13	8,5
КС	1,3	9,5	19,8	17	1,5
ОС	0,5	3,3	21,6	6	4,5
СС	1,6	7,2	25,2	6	1,0

Таблица 2. Петрографический состав углей

Table 2. Petrographic composition of coals

Марка угля	Петрографический состав, %				
	$R_{o,r}$	V_t	S_v	I	ΣOK
ДГ	0,64	83	4	13	15
Г	0,63	96	1	3	4
ГЖ	0,77	86	2	12	13
Ж	0,97	85	3	12	14
К	1,43	66	12	22	30
КО	1,18	69	7	24	29
КС	1,38	35	15	50	60
ОС	1,40	67	10	23	30
СС	1,02	40	11	49	57

Показано, что индекс свободного вспучивания SI в сочетании с показателем отражения витринита $R_{o,r}$ и содержанием отошающих компонентов ΣOK , характеризующими соответственно стадию метаморфизма и петрографический состав, позволяют прогнозировать технологические свойства и отражают генетические особенности углей (степень восстановленности). Взаимосвязь показателя SI с толщиной пластического слоя Y может быть проведена при сопоставлении углей определенных классов по стадии метаморфизма и категорий по петрографическому составу (по ГОСТ 25543-2013).

Цель настоящей работы – установить зависимость, связывающую индекс свободного вспучивания SI и спекаемость, характеризуемую толщиной пластического слоя Y между собой и с другими характеристиками углей. В работе использовались результаты технического и петрографического анализов 9-ти проб углей Кузнецкого бассейна.

В качестве факторов, отражающих различные свойства углей, были выбраны: содержание влаги W^a , зольность A^d , выход летучих веществ V^{daf} , показатель отражения витринита $R_{o, r}$, петрографический состав: содержание витринита Vt , семивитринита Sv , инертинита I и сумма отошающих (фюзенизированных) компонентов $\sum OK$; толщина пластического слоя Y ; показатель свободного вспучивания SI .

Свойства пластической массы угля в первую очередь связаны с такими показателями, как вспучивание угля и давление распираания, которые оказывают большое влияние на качество кокса и на поведение угля в процессе коксования.

Под термином *вспучивание* понимают увеличение объема угля, подвергаемого нагреванию при условии, что размягченный уголь может свободно расширяться в направлении, перпендикулярном поверхности нагрева.

Под *распиранием*, или *давлением распираания*, принято понимать давление, которое размягченная угольная масса проявляет в случае, когда она лишена возможности свободно расширяться.

Степень вспучивания угля может быть выражена численно (от 1,0 до 9,0 и различаются между собой на 1/2), а также в единицах длины или в процентах от первоначального объема угольной загрузки. Давление распираания обычно выражается в единицах давления на единицу площади. Величина давления распираания совершенно не связана со степенью вспучивания, так как существуют угли, сильно вспучивающиеся, но проявляющие низкое давление распираания и, наоборот, иногда слабо вспучивающиеся угли отличаются высоким давлением распираания.

В промышленных условиях при коксовании свободному расширению угля препятствуют стенки печи и слой вышележащей угольной загрузки. Только в самом верхнем (в подсводовом пространстве камеры коксования) тонком слое загрузки эти силы не уравновешены, поэтому здесь может проявляться вспучивание, ведущее к образованию так называемого губчатого кокса. Следовательно, при коксовании в промышленных печах не приходится считаться с вспучиванием пластической массы угля, а только с давлением распираания этой массы.

Давление распираания оказывает отрицательное влияние на стенки коксовой камеры, но положительное влияние на качество кокса. При вспучивании пластической массы улучшается контакт между угольными зернами, что способствует лучшему их спеканию. Давление распираания обуславливает прочность кокса, так как оно способствует более полному срачиванию размягченных частиц угля, что приводит к образованию более плотного кокса. Пригодный для коксования уголь должен обладать не только достаточной спекаемостью, но и достаточным давлением распираания. Поэтому на практике стремятся не увеличивать давление распираания, а наоборот, понижать его и во всяком случае доводить до безопасной нормы (не выше $0,2 \text{ кг/см}^2$) [3], полученной из данных практики.

Величина давления распираания зависит от большого числа факторов, а именно: от петрографического состава угля, от свойств пластической массы, выхода летучих веществ и т.д.

На основании выполненных исследований [5-9] необходимо отметить, что приблизительно одинаковые по петрографическому составу угли имеют различный индекс свободного вспучивания. Угли марок ГЖ и Ж являются близкими в ряду метаморфизма и по петрографическому составу (табл. 2), однако имеют различный индекс SI , равный 4,5 и 9,0 соответственно. Это объясняется различием толщины пластического слоя (Y) углей ГЖ и Ж (табл. 1). Пластическая масса углей оказывает тем меньшее сопротивление движению газа и, следовательно, тем более газопроницаема, чем выше вязкость углей в состоянии наибольшего размягчения. Изменение вспучиваемости углей зависит от сопротивления их пластической массы движению газа и поэтому находится в обратной зависимости от ее вязкости. Для жирных углей величина вспучивания практически не изменяется с толщиной пластического слоя.

Угли марок ДГ, Г, КС и ОС имеют различный петрографический состав, но при этом индекс свободного вспучивания у них практически одинаковый: 0,5; 1,0; 1,5; 1,0 соответственно. Угли ДГ и Г имеют большой градиент усадки и повышенную текучесть пластической массы, которая в меньшей мере препятствует выходу летучих веществ, что приводит к низкому значению индекса вспучивания и давления распираания. Имеющие примерно равные значения SI у углей КС и ОС объясняются низким содержанием витринита и высоким содержанием инертинита [10]. Угли марок К, КО и ОС характеризуются индексом свободного вспучивания, равным 7,0; 8,5 и 4,5 соответственно, что позволяет рассматривать эти угли с точки зрения давления распираания

как наиболее подходящие, обеспечивающие за счет умеренного вспучивания хорошую спекаемость и не опасное давление распираания на стены камеры коксования.

Своеобразие движения газов в пластическом слое углей определяется тем, что слой формируется из неоднородной зерненной угольной массы, претерпевающей термическое разложение. Пока зерненная масса остается не размягченной, она хорошо проницаема для газа, так как содержит свободные промежутки, занимающие 40-48% объема угольной загрузки. Давление возрастает по мере заполнения пустот пластической массой и достигает максимума при их блокировании. В этом случае газы движутся через пластическую массу угля и вспучивают ее, так как в состоянии наибольшего размягчения любые угли обладают значительно большей вязкостью, чем обычные жидкости. Поэтому для оценки газопроницаемости пластической массы углей вязкость является фактором, указывающим на возможность закупоривания свободных промежутков между угольными зёрнами текучей пластической массой. При последующем затвердевании пластической массы (перехода в полукок), обусловленном накоплением твердой фазы разложения и образованием при ее агрегации жесткой пористой структуры, газ снова находит выход и его давление понижается.

На характер взаимодействия углей в процессе спекания оказывает большое влияние петрографический состав угля [11, 12]. Присутствие в углях лейптинита, имеющего интервал пластического состояния, сдвинутый в область более низких температур по сравнению с витринитом, приводит к тому, что условия их взаимодействия в процессе спекания ухудшаются [13, 14]. Спекание лейптинита начинается при более низких температурах, чем витринита, но на высоких стадиях метаморфизма это не наблюдается, так как на высоких стадиях метаморфизма различия в свойствах микрокомпонентов групп витринита и лейптинита сглаживаются. В связи с различными температурами начала реакций поликонденсации при термической деструкции микрокомпонентов следовало бы ожидать уменьшения сил спекания угольных зёрен и снижения прочности полукокса [15]. Однако при термической деструкции лейптинита образуется больше веществ, составляющих жидкую часть угольной пластической массы, чем при термической деструкции витринита, что позволяет компенсировать ухудшение спекаемости углей, вызванное несовпадением интервалов пластического состояния указанных микрокомпонентов, и, по-видимому, силы спекания зёрен петрографически неоднородных углей при небольшом варьировании содержания в последних витринита и лейптинита при прочих равных условиях не должны существенно изменяться.

Результаты исследования углей, входящих в сырьевую базу коксования, показали, что угли Кузнецкого бассейна крайне разнообразны по петрографическому составу [16-20]. Уголь каждого пласта следует рассматривать как естественную шихту, состоящую из плавких и отошающих компонентов. Содержание отошающих компонентов в углях Кузбасса колеблется от 4 до 60%. В зависимости от стадии метаморфизма отошающие компоненты по-разному влияют на спекаемость и коксуемость угля. Помимо метаморфизма, на плавкость компонентов группы витринита влияет их степень восстановленности и окисленности. Таким образом, спекаемость углей является функцией, зависящей от петрографического состава, стадии метаморфизма и степени восстановленности. Особенно большое значение петрографическая характеристика имеет для слабоспекающихся углей. Толщина пластического слоя для углей различной стадии метаморфизма зависит от содержания носителей спекаемости (микрокомпоненты группы витринита), видна большая разница в спекаемости, характеризуемой через Y (мм), для углей, имеющих одинаковое содержание микрокомпонентов группы витринита.

Индекс свободного вспучивания SI пропорционален текучести угля, снижается при увеличении содержания инертинита и липтинита. Наиболее высокие значения показателя SI характерны для восстановленных углей. Показатель SI позволяет различать по спекаемости угли, которые трудно или невозможно различить по толщине пластического слоя.

Работа выполнена в рамках гос. задания ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН (проект ЕГЕСУ 121031500512 - 7, 2021-2025). Автор выражает благодарность вед. инженеру Н.А. Грабовой за выполнение петрографического анализа, вед. технологу В.А. Зубакиной за проведение технического анализа и определение спекаемости углей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 20330-91 (ИСО 501-81) «Уголь. Метод определения показателя вспучиваемости в тигле».
2. Грязнов Н. С. Пластическое состояние и спекание углей. Свердловск : Сиб. отд-ние, Гос. науч.-тeнн. изд-во лит. по черн. и цвет. мет-гии, 1962. С. 192.
3. Гофман М. В. Прикладная химия твердого топлива. Гос. науч.-тeнн. изд-во лит. по черн. и цвет. мет-гии. М. : 1963. С. 600.
4. Сысков К. И., Громова О. Г. Оптимизация состава шихт для коксования. М. : «Металлургия», 1988. С. 96.
5. Федорова Н. И., Заостровский А. Н., Исмагилов З. Р. Химико-технологические свойства каменных углей Кузбасса // Вестник КузГТУ. 2015. № 5. С. 121-125.
6. Заостровский А. Н., Журавлева Н. В., Потокина Р. Р., Грабовая Н. А., Исмагилов З. Р. Петрографический анализ углей Печорского бассейна // Химия в интересах устойчивого развития. 23 (2015). С. 131-134.
7. Заостровский А. Н., Грабовая Н. А., Исмагилов З. Р. Петрографический состав коксовых углей Кузнецкого бассейна // Химия в интересах устойчивого развития. 2016. №24. С. 363-367.
8. Заостровский А. Н., Грабовая Н. А., Федорова Н. И., Михайлова Е. С., Исмагилов З. Р. Оценка коксуемости углей по показателям петрографического состава // Химия уст. разв. 2018. Т. 26. № 6. С. 589-595.
9. Заостровский А. Н., Грабовая Н. А., Михайлова Е. С., Исмагилов З. Р. Петрографическая характеристика газовых углей Кузбасса // Кокс и химия. 2017. № 11. С. 25-30.
10. Травин А. Б. [и др.] Атлас верхнепалеозойских углей Кузнецкого бассейна // Под ред. Звонарева И. Н. Новосибирск : Наука. 1966. 368 с.
11. Еремин И. В., Лебедев В. В., Цикарев Д. А. Петрография и физические свойства углей. М. : Недра, 1980. 263 с.
12. Еремин И. В., Арцер А. С., Броневец Т. М. Петрология и химико-технологические параметры углей Кузбасса // Кемерово : Притомское, 2001. 399 с.
13. Лялюк В. П., Учитель А. Д., Ляхова И. А. [и др.] Качество подготовки шихты для коксования // Кокс и химия. 2011. № 8. С. 2-19.
14. Станкевич А. С., Круглов В. Н., Ворсина Д. В., Золотухин Ю. А. Модель оптимизации показателей качества кокса на основе химико-петрографических параметров углей и нелинейного программирования // Кокс и химия. 2010. № 7. С. 21-29.
15. Шукин П. А. Исследование свойств металлургического кокса. М. : изд-во «Металлургия», 1971. С. 184.
16. Жемчужников Ю. А., Гинзбург А. И. Основы петрологии углей. М. : Изд. АН СССР. 1960. 400 с.
17. Штах Э. [и др.] Петрология углей. Пер. с англ. Глушнева С. В., Дубровского В. В., Хасиной А. И. М. : «Мир», 1978. 554 с.
18. Петрографический кодекс России. С.-Петербург : Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 160 с.
19. Арцер А. С., Протасов С. И. Угли Кузбасса: происхождение, качество, использование. Кн. 1. Кемерово : Изд. Кузбасс. гос. техн. ун-та, 1999. 177 с.
20. Арцер А. С., Протасов С. И. Угли Кузбасса: происхождение, качество, использование. Кн. 2. Кемерово : Изд. Кузбасс. гос. техн. ун-та, 1999. 168 с.

© 2022 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Заостровский Анатолий Николаевич, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН (650000, Россия, г. Кемерово, Советский пр., 18), канд. техн. наук, доцент, catalys01@ Rambler.ru

Заявленный вклад авторов:

Заостровский А.Н. – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; сбор и анализ данных; выводы, написание текста.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Original article

DEPENDENCE OF THE FREE SWELLING INDEX ON THE PETROGRAPHIC COMPOSITION OF COALS

Anatoly N. Zaostrovsky

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry SB RAS

*for correspondence: catalys01@rambler.ru



Article info

Submitted:

03 August 2022

Approved after reviewing:

30 August 2022

Accepted for publication:

31 August 2022

Keywords: Coal, swelling index, petrographic composition, thinning components, plastic layer, sinterability

Abstract.

The relevance of the study is dictated by the fact that tens of thousand tons of coals are supplied to modern coke production every day, for which it is necessary to determine their technological value by express methods. One of such methods is the free swelling index *SI* ("swelling index") as an indicator of coal sintering, which is related to expansion pressure, having a great influence on the quality of coke and on the coal behavior during coking.

The *SI* index for coal grades: DG, G, GZh, Zh, K, KO, KS, OS, SS varied from 1.0 to 9.0 according to the scale of standard profiles with a maximum for fat and coke coals. The straight-line relationship between swelling and the thickness of the plastic layer (*Y*, mm) of coals is very approximate and covers only the part of the coals with a plastic layer of more than 13 mm (and in many cases even more). Swelling is determined mainly by the viscosity and gas permeability of the plastic mass and, like viscosity, is not an additive property, since the viscosity and thickness of the plastic layer characterize different aspects of the plastic state.

If the viscosity index determines the degree of coal softening, i.e. the quality of the plastic mass, then the thickness of the primary plastic layer gives an indication of its quantity, due to the temperature interval (time) of softening at a given heating rate. The thickness of the measured plastic layers more than *Y* = 12 mm is exaggerated by swelling. The difference in the role of viscosity and the thickness of the plastic layer is clearly manifested when the heating rate changes. The performed study shows the dependence of the index of free swelling (*SI*) on genetic factors in the series of metamorphism of Kuzbass coals, which are characterized by petrographic composition. The *SI* is proportional to the fluidity of coal and decreases with an increase in the content of inertinite and liptinite. The highest values of the *SI* index are characteristic of reduced coals.

For citation: Zaostrovsky A.N. Dependence of the free swelling index on the petrographic composition of coals. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 4(152):52-58. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-4-52-58

REFERENCES

1. GOST 20330-91 (ISO 501-81) «Ugol'. Metod opredeleniya pokazatelya vspuchivayemosti v tigre».
2. Gryaznov N.S. Plasticheskoye sostoyaniye i spekaniye ugley. Sverdlovsk: Sib. otd-niye, Gos. nauch.tenn. izd-vo lit. po chern. i tsvet. met-gii; 1962.
3. Gofman M.V. Prikladnaya khimiya tvrdogo topliva. Gos. nauch.tenn. izd-vo lit. po chern. i tsvet. met-gii. M.: 1963.
4. Syskov K.I., Gromova O.G. Optimizatsiya sostava shikht dlya koksovaniya. M.: «Metallurgiya»; 1988, s. 96.
5. Fedorova N.I., Zaostrovskiy A.N., Ismagilov Z.R. Khimiko-tekhnologicheskiye svoystva kamennykh ugley Kuzbassa. *Vestnik KuzGTU*. 2015; 5:121-125.
6. Zaostrovskiy A.N., Zhuravleva N.V., Potokina R.R., Grabovaya N.A., Ismagilov Z.R. Petrograficheskiy analiz ugley Pechorskogo basseyna. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*. 2015; 23:131-134.
7. Zaostrovskiy A.N., Grabovaya N.A., Ismagilov Z.R. *Petrograficheskiy sostav koksovykh ugley Kuznetskogo basseyna. Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*. 2016; 24:363-367.
8. Zaostrovskiy A.N., Grabovaya N.A., Fedorova N.I., Mikhaylova Ye.S., Ismagilov Z.R. Otsenka koksuyemosti

ugley po pokazatelyam petrograficheskogo sostava. *Khimiya ust. razv.* 2018; 26(6):589-595.

9. Zaostrovskiy A.N., Grabovaya N.A., Mikhaylova Ye.S., Ismagilov Z.R. Petrograficheskaya kharakteristika gazovykh ugley Kuzbassa. *Koks i khimiya.* 2017; 11:25-30.

10. Travin A.B. [et al.] Atlas verkhnepaleozoyskikh ugley Kuznetskogo basseyna. Pod red. I.N. Zvonareva. Novosibirsk: Nauka; 1966.

11. Yeremin I.V., Lebedev V.V., Tsikarev D.A. Petrografiya i fizicheskiye svoystva ugley. M.: Nedra; 1980.

12. Yeremin I.V., Artser A.S., Bronovets T.M. Petrologiya i khimiko-tehnologicheskkiye parametry ugley Kuzbassa. Kemerovo: Pritomskoye; 2001.

13. Lyalyuk V.P., Uchitel' A.D., Lyakhova I.A. [et al.] Kachestvo podgotovki shikhty dlya koksovaniya. *Koks i khimiya.* 2011; 8:2-19.

14. Stankevich A.S., Kruglov V.N., Vorsina D.V., Zolotukhin Yu.A. Model' optimizatsii pokazateley kachestva koksa na osnove khimiko-petrograficheskikh parametrov ugley i nelineynogo programmirovaniya. *Koks i khimiya.* 2010; 7:21-29.

15. Shchukin P.A. Issledovaniye svoystv metallurgicheskogo koksa. M.: Izd-vo «Metallurgiya»; 1971.

16. Zhemchuzhnikov Yu.A., Ginzburg A.I. Osnovy petrologii ugley. M.: Izd. AN SSSR; 1960.

17. Shtakh E. [et al.] Petrologiya ugley. Per. s angl. Glushneva S.V., Dubrovskogo V.V., Khasinoy A.I. M.: «Mir»; 1978.

18. Petrograficheskii kodeks Rossii. S.-Peterburg: Izd-vo VSEGEI; 2009.

19. Artser A.S., Ugli Kuzbassa: proiskhozhdeniye, kachestvo, ispol'zovaniye. Kn. 1. Kemerovo: Izd. Kuzbass. gos. tekhn. un-ta; 1999.

20. Artser A.S., Protasov S.I. Ugli Kuzbassa: proiskhozhdeniye, kachestvo, ispol'zovaniye / A.S. Artser, S.I. Protasov. Kn. 2. Kemerovo: Izd. Kuzbass. gos. tekhn. un-ta; 1999.

© 2022 Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The author declare no conflict of interest.

About the author:

Anatoly N. Zaostrovsky, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry SB RAS (650000, Russia, Kemerovo, Sovetsky pr., 18), Ph. D. tech. Sciences, Associate Professor, catalys01@rambler.ru

Contribution of the authors:

Anatoly N. Zaostrovsky – statement of the research problem, scientific management; review of relevant literature; conceptualization of the study; data collection and analysis; conclusions, text writing.

The author have read and approved the final manuscript.

