

## Научная статья

УДК 662.741

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-54-61

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ  
УГЛЕЙ КУЗБАССА

Заостровский Анатолий Николаевич

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН

\*для корреспонденции: catalys01@rambler.ru

**Информация о статье**

Поступила:

08 ноября 2023 г.

Одобрена после  
рецензирования:

10 декабря 2023 г.

Принята к публикации:

12 декабря 2023 г.

Опубликована:

21 декабря 2023 г.

**Ключевые слова:**

каменный уголь,  
петрографический анализ  
угля, показатель отражения  
витринита, рефлектограмма,  
телинит, коллинит,  
витродетринит, шихта,  
спекаемость, коксуемость  
угля

**Аннотация.**

Свойства углей определяются ботанической природой исходного растительного материала, что обуславливает разницу в типах витринита в углях, отличающихся отражательной способностью витринита, спекаемостью и выходом летучих веществ. Петрографические исследования углей Кузнецкого бассейна показали разнообразие ассоциаций коллинита с телинитом, телинита с витродетринитом и витринита с минеральными компонентами в этих углях.

Отмечается большое разнообразие не только в групповом петрографическом составе, но и внутри группы витринита, по которому определяется отражательная способность. Такое разнообразие диктует необходимость идентичных условий измерения отражательной способности и необходимость определения различий отражательной способности основных составляющих витринита с целью более правильной оценки степени метаморфизма исследуемых углей. Наиболее склонны к спеканию угли средней степени метаморфизма, отвечающие маркам Ж, КЖ, К. Основными носителями спекаемости являются коллинит и липтинит. Полным отсутствием спекающихся свойств характеризуются инертинит и телинит.

По результатам детальных петрографических исследований каменных углей Кузнецкого бассейна различных месторождений, приведенных в настоящей статье, обнаружена вариация свойства различных типов витринита кузнецких углей. Этот факт необходимо учитывать при составлении шихт для коксования с целью получения кокса высокой механической прочности (CSR) и низкой реакционной способности (CRI).

**Для цитирования:** Заостровский А.Н. Петрографическая характеристика генетических типов углей Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 6 (160). С. 54-61. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-54-61, EDN: UUNSMR

Петрографический состав углей принято характеризовать по содержанию микрокомпонентов (мацералов) как элементарных составляющих углей. Мацералы – это составляющие угля, возникшие в результате углефикации растительного вещества, различающиеся между собой по цвету, показателю отражения, микрорельефу, морфологии, структуре и степени ее сохранности. При количественном петрографическом анализе мацералы углей объединяются в группы, где в основу разделения положены как их генетические, так и химико-технологические свойства. Всего в органической массе углей выделяются четыре группы микрокомпонентов: витринит, семивитринит, инертинит и липтинит [1-3].

Методы определения степени метаморфизма углей основаны на определении отражательной способности витринита как наиболее распространенной и поэтому важнейшей группой мацералов в битуминозных углях. На этот показатель мало влияют окисление и разнородность витринизированного вещества, обусловленная первичными генетическими факторами, вследствие чего по отражательной способности витринита можно определять степень метаморфизма углей сложного петрографического состава.

В микрокомпонентах группы витринита выделяются коллинит (от греч. «колла» – клей), телинит (от греч. «тела» – ткань) и витродетринит. Коллинит является бесструктурным компонентом витринита, коллоидальный продукт разложения лигнин-целлюлозных тканей растений. Телинит имеет ячеистую, клетчатую структуру, унаследованную от исходного растительного материала. Клетки ткани могут быть пустыми или заполнены каолинитом, резинитом, микринитом или глинистым веществом. В условиях подсчета в ряде случаев телинит трудно отличим от коллинита. Поэтому при определении содержания микрокомпонентов в угле средних проб коллинит и телинит учитываются совместно. Следует отметить, что витродетринит – мацерал редкий.

Цель исследования – установление генетической первопричины, определяющей особенности технологических свойств кузнецких углей. Оценку углей проводили с учетом их генетических особенностей, анализа генетических типов витринита и его ассоциаций с другими микрокомпонентами и минеральными составляющими.

В работе выполнены петрографические исследования каменных углей Кузнецкого бассейна по группам микрокомпонентов и их ассоциаций. Исследования проводили по аншлиф-брикетам, изготовленным из угля крупностью  $\leq 1$  мм под микроскопом фирмы LEICA DM 6000 (Leica Microsystems GmbH, Германия) с автоматизированным столиком в отраженном свете с трехсоткратным объективом и применением масляной иммерсии (для увеличения контрастности картины и улучшения диагностики отдельных мацералов). В качестве иммерсионной жидкости использовали масло (ГОСТ 13739-78) с показателем преломления  $n_e = 1,5180 \pm 0,0004$  при температуре  $23 \pm 3$  °С. Названия и обозначения мацералов и их групп приведены в соответствии с номенклатурой, изложенной в ГОСТ 9414.1-94 (ИСО 7404-1-84) «Уголь каменный и антрацит. Методы петрографического анализа. Часть 1. Словарь терминов» [4-10].

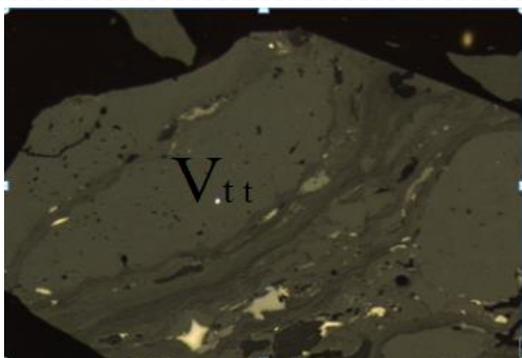
Таблица. Петрографический состав углей

Table Petrographic composition of coals

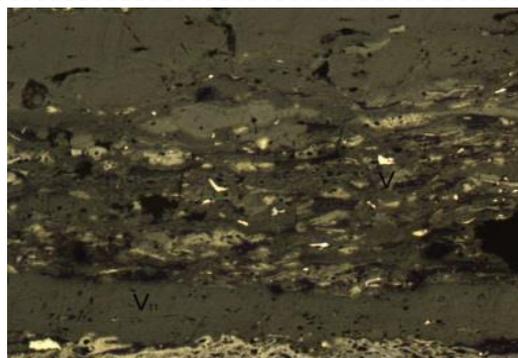
№ п/п	Шахта, разрез	Марка угля	Петрографические характеристики				
			$R_{o,r}, \%$	$Vt, \%$	$Sv, \%$	$I, \%$	$\Sigma OK, \%$
1	ш. «Грамотеинская»	Д	0,58	92	2	6	7
2	Разрез «Заречный»	Д	0,59	62	7	31	36
3	ш. им. Кирова	Г	0,78	76	3	21	23
4	ш. им. Тихова	Ж	0,97	85	3	12	14
5	участок Коксовый	К	1,43	66	12	22	30
6	АО «Черниговец»	КС	1,34	43	8	49	54
7	участок Коксовый	ОС	1,40	67	10	23	30
8	АО «Междуречье»	СС	1,57	54	10	36	43
9	ООО «Краснобродский Южный»	Т	1,88	48	4	48	51

Объектом исследования выбраны каменные угли Кузнецкого бассейна, представляющие метаморфический ряд: длиннопламенный (Д), газовый (Г), жирный (Ж), коксовый (К), коксовый слабоспекающийся (КС), отощенный спекающийся (ОС), слабоспекающийся (СС), тощий (Т).

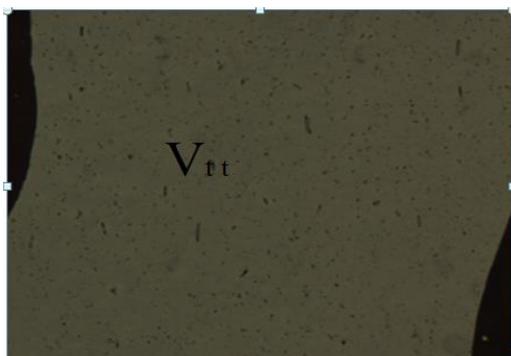
Петрографический состав (Таблица) индивидуальных углей дает информацию о стадии метаморфизма угля, его мацеральном и микролитотипном составе, а также о распределении минеральных веществ в угле. По показателю отражения мацералы углей различаются между собой. Самый высокий показатель отражения характерен для мацералов группы инертинита, минимальный – для мацералов группы липтинита; витринит в этом ряду занимает промежуточное положение [4-7]. Показатель отражения витринита  $R_{o,r}$ , являющийся одним из основных генетических параметров, определяли при фиксированной длине волны  $\lambda = 546$  нм. Представительность выборки образцов углей определяется широким диапазоном



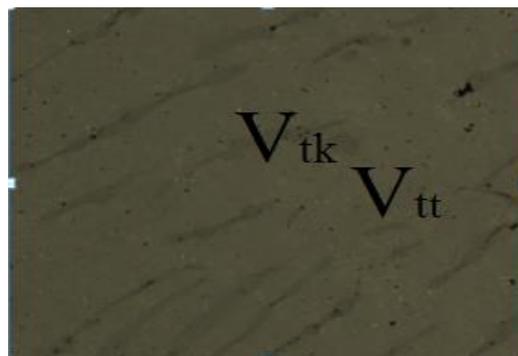
1. Фото телинита ( $V_{tt}$ ) ш. Грамотеинская, марка Д



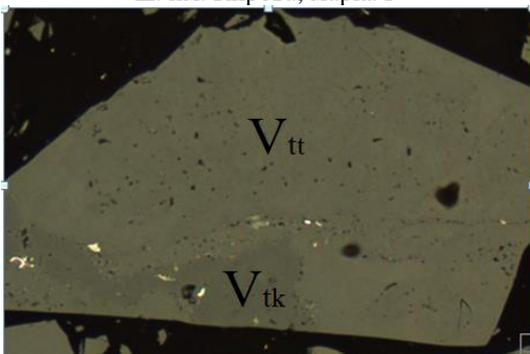
2. Фото коллинита ( $V_{tk}$ ), разрез «Заречный», марка Д



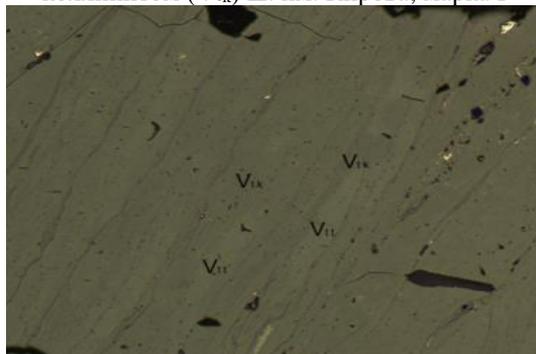
3. Фото телинита ( $V_{tt}$ ) с ровной поверхностью ш. им. Кирова, марка Г



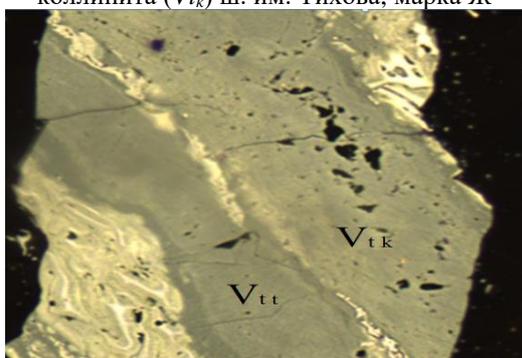
4. Фото телинита ( $V_{tt}$ ) с клетками, заполненные коллинитом ( $V_{tk}$ ) ш. им. Кирова, марка Г



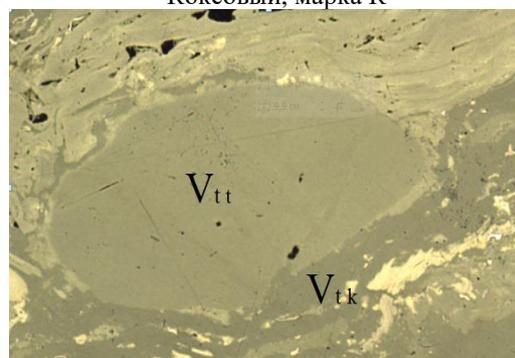
5. Фото телинита ( $V_{tt}$ ) с комковатой массой, и коллинита ( $V_{tk}$ ) ш. им. Тихова, марка Ж



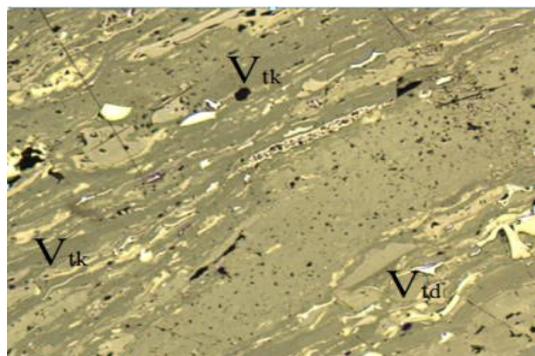
6. Фото телинита ( $V_{tt}$ ) и коллинита ( $V_{tk}$ ), уч. Коксовый, марка К



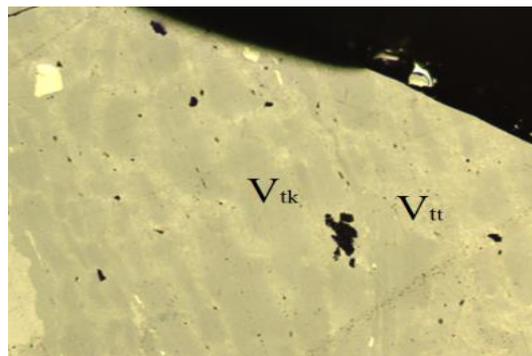
7. Фото телинита ( $V_{tt}$ ) и коллинита ( $V_{tk}$ ) АО Черниговец, пласт Лутугинский, марка КС



8. Фото телинита ( $V_{tt}$ ) и коллинита ( $V_{tk}$ ). Уч. Коксовый, пласт Внутренний, марка ОС



9. Фото телинита ( $V_t$ ) и коллинита ( $V_{tk}$ ), витродетритита ( $V_{td}$ ). АО Междуречье



10. Фото телинит ( $V_t$ ) с клеточной структурой, заполненной коллинитом. ООО «Краснобродский Южный», марка Г

Рис 1. Фототаблица углей Кузнецкого бассейна  
Fig 1. Photo table of coals of the Kuznetsk basin

отражательной способности витринита ( $R_{o,r} = 0,58 \div 1,88\%$ ), содержанием витринита ( $V_t = 43 \div 92\%$ ), суммой отошающих компонентов ( $\sum OK = 7 \div 54\%$ ). В качестве дополнительной информации вели подсчет содержания семивитринита ( $S_v$ ) и инертинита ( $I$ ).

Результаты исследований приведены в виде петрографического описания на основе фототаблиц с фотографиями, имеющими порядковую нумерацию от 1 до 10 (Рис. 1).

Коллинит в отраженном свете представляет собой аморфное вещество серого цвета, переходящего с увеличением стадии метаморфизма в желтово-белый. Его отражательная способность находится в пределах  $V_{tk} = 0,5 \div 7\%$ . Телинит имеет более или менее выраженную клеточную структуру. По цвету и отражательной способности близок к коллиниту. На Рис. 1 позиция (п.) 1 и п. 2 показаны угли марки «Д», отобранных с разных мест. Уголь ш. Грамотеинской (Рис. 1.1) представлен микрокомпонентами группы витринита, содержащими мацералы (телинит  $V_t$ , коллинит  $V_{tk}$ ) одной исходной природы, образовавшиеся в близких фациальных условиях. Это наиболее распространенная в углях (особенно в гумолитах) группа мацералов, и ее называют углеобразующей. Витринит обычно образуется из стволов, ветвей, пней, корней и листьев деревьев. В угле разреза «Заречный» (Рис. 1, п. 2) обнаруживаются прослойки телинита в контакте с тонким переслаиванием коллинита как основной цементирующей массой для обломков всех других мацералов и связанных с ними минералов.

Витринит углей марки Г шахты им. Кирова состоит из телинита с ровной поверхностью (Рис. 1, п. 3) и телинита с хорошо сохранившимися полостями клеток, заполненными коллинитом (Рис. 1, п. 4).

Уголь марки Ж шахты им. Тихова содержит витринит, состоящий из телинита с комковатой структурой и коллинитом (Рис. 1, п. 5). На фото (Рис. 1, п. 6 – п. 8) показаны угли марок К, КС и ОС соответственно, витринит которых состоит из коллинита и телинита. Следует отметить, что эти марки углей близки по отражательной способности витринита ( $R_{o,r} = 1,43; 1,34; 1,40$ ), что позволяет считать их равнометаморфизованными, т.е. имеющими примерно одинаковую спекаемость при использовании их как сырья для коксования.

Группа коллинита и телинита образована из лигнина и целлюлозы. Они твердые, с гладкой блестящей поверхностью, содержат ароматические соединения с циклической структурой. Цвет колеблется от черного и темно-серого до почти прозрачного, в зависимости от степени метаморфизма. Витриниты потеряли во время генезиса значительную часть водорода, в их составе значительно преобладает углерод. При нагревании без доступа воздуха они плавятся, выделяют среднее или низкое количество летучих веществ.

Витриниты являются одними из самых распространенных и важнейших органических составляющих каменного угля. Цвет и рельеф этих мацералов используют как эталон для определения других групп. Они наименее зольные, и более хрупкие и плотные ( $1300-1400 \text{ кг/м}^3$ ). Уголь с высоким содержанием витринитов – ценное топливо и материал для производства кокса.

Угли марок СС и Т характеризуются витринитом, состоящим из телинита, коллинита и витродетритита (Рис. 1, п. 9) и телинита с ботанической клеточной структурой, заполненной

коллинитом (Рис. 1, п. 10). В проходящем свете в телините всегда наблюдаются реликты анатомической структуры растений-углеобразователей в виде клеточной ткани. В отраженном свете эта структура обнаруживается только в отдельных случаях. Телинит можно также опознать по характеру расположения других микрокомпонентов. Значительные участки витринита, в котором отсутствуют включения микрокомпонентов, за исключением включений в полостях клеток нередко являются телинитом. На низких стадиях метаморфизма отражательная способность телинита иногда бывает немного выше, чем у коллинита, но может быть и наоборот, например в случаях, когда оболочки клеток первоначально содержали большое количество целлюлозы. Различия в отражательной способности обусловлены разным исходным растительным материалом, а также различной степенью сохранности растительного вещества.

При исследованиях углей отмечается большое разнообразие не только в групповом петрографическом составе, но и внутри группы витринита, по которому определяется отражательная способность. Такое разнообразие диктует необходимость идентичных условий измерения отражательной способности и необходимость определения различий отражательной способности основных составляющих витринита с целью более правильной оценки степени метаморфизма исследуемых углей.

Качество углей определяет их петрографический состав, в котором большую роль играют микрокомпоненты группы липтинита. Липтинитовые угли по сравнению с витринитовыми характеризуются более высоким содержанием углерода, водорода и повышенной теплотворной способностью. Для инертнитовых углей характерна повышенная зольность, содержание углерода и пониженный выход летучих веществ и содержание водорода. Это связано с геохимической средой разложения растительного материала в процессе торфонакопления.

В угольной геологии есть понятие восстановленных и маловосстановленных углей. К восстановленным относят угли, образование которых в стадии торфонакопления происходило в восстановительной сероводородной среде. Такие угли характеризуются повышенным содержанием углерода и водорода, они более склонны к спеканию, теплота их сгорания выше, чем у маловосстановленных [11-16]. Необходимо отметить, что наиболее склонны к спеканию угли средней степени метаморфизма, отвечающие маркам Ж, КЖ, К. Основными носителями спекаемости являются коллинит и липтинит. Полным отсутствием спекающихся свойств характеризуются инертнит и телинит.

При переходе к углям высокой степени метаморфизма, различия в их качестве, связанные с условиями торфонакопления, постепенно сглаживаются. В антрацитах они уже практически не заметны. Предполагается, что в соответствующих условиях дальнейшего развития процессов метаморфизма антрациты могут преобразоваться в графит. Угли переходных марок между тощими каменными углями и антрацитами относят к полуантрацитам, наиболее же зрелые антрациты принято называть суперантрацитами, или графитистыми антрацитами.

Петрографические исследования углей Кузнецкого бассейна показали многообразие ассоциаций коллинита с телинитом, телинита с витродетринитом, а также многообразие ассоциаций витринита с минеральными компонентами в этих углях. Угли месторождений Кузнецкого бассейна характеризуются различными типами витринита, что проявляется в различии их показателей отражения витринита и спекаемости. Это обусловлено различной ботанической природой растений-углеобразователей и степенью интенсивности их превращений.

Таким образом, существенное изменение свойств витринита углей кроется в ботанической природе исходного растительного материала углей. Витринизированное вещество из древесины, листьев, коровых и паренхимных тканей, водорослей отличается по биохимическому составу и характеру преобразования в процессе гумификации и гелификации, а следовательно, и типы витринитов будут отличаться по свойствам.

#### **Заключение**

1. Отмечается многообразие ассоциаций коллинита с телинитом, а также телинита с витродетринитом.

2. Характер ассоциаций витринита с минеральными веществами различен и многообразен. Встречаются отдельные зерна витринита, в котором трещины заполнены кальцитом или

сульфидом железа или одновременно тем и другим. При этом минеральные компоненты в витрините ассоциированы в виде локальных участков и распределены тонкодисперсно.

3. Угли Кузнецкого бассейна характеризуются различными типами витринита, что проявляется в различии их показателей отражения и спекаемости. Это объясняется различной ботанической природой растений-углеобразователей и степенью их превращений в процессе метаморфизма.

4. Различие свойств витринита кузнецких углей, различные типы ассоциаций витринита с минеральными компонентами необходимо учитывать при составлении шихт для коксования.

#### **Благодарности**

*Работа выполнена в рамках гос. задания ИУХМ ФИЦ ВУХ СО РАН (проект ЕГИСУ 121031500512 - 7, 2021-2025). Автор выражает благодарность вед. инженеру Н.А. Грабовой за выполнение петрографического анализа.*

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Еремин И. В., Лебедев В. В., Цикарев Д. А. Петрография и физические свойства углей. М. : Недра, 1980. 263 с.
2. Золотухин Ю.А. Применение рефлектограммного анализа при исследовании углей и шихт // Кокс и химия. 2002. №8. С. 2–13.
3. Золотухин Ю. А. О взаимосвязи показателя отражения витринита углей, смесей углей и шихт с некоторыми характеристиками их качества // Кокс и химия. 2018. №4. С. 14–28.
4. Заостровский А. Н., Исмагилов З. Р. Рефлектограммный анализ углей и шихт Кузнецкого бассейна // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. №3. С. 48–57.
5. Заостровский А. Н. [и др.] Петрографический анализ углей Печорского бассейна // Химия в интересах устойчивого развития. 2015. №23. С. 131–134.
6. Заостровский, А. Н. [и др.] Петрографический состав коксовых углей Кузнецкого бассейна // Химия в интересах устойчивого развития. 2016. №24. С. 363–367.
7. Заостровский А. Н. [и др.] Оценка коксуемости углей по показателям петрографического состава // Химия угл. разв. 2018. Т. 26. №6. С. 589–595.
8. Заостровский А. Н. [и др.] Петрографическая характеристика газовых углей Кузбасса // Кокс и химия. 2017. №11. С. 25–30.
9. Заостровский А. Н., Исмагилов З. Р. Петрографический метод оценки технологических свойств углей // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. №2. С. 53–61.
10. Заостровский А. Н. Зависимость механической прочности кокса от суммы отошающих компонентов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. №6 (148). С. 40–47. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-40-47.
11. Гофтман М. В. Прикладная химия твердого топлива. Гос. науч.-техн. изд-во по черн. и цвет. мет-гии. М. : 1963. С. 600.
12. Жемчужников Ю. А., Гинзберг А. И. Основы петрологии углей. М. : Изд. АН СССР. 1960. 400 с.
13. Штах Э. [и др.] Петрология углей. Пер. с англ. Глушнева С. В., Дубровского В. В., Хасиной А. И. М. : «Мир», 1978. 554 с.
14. Петрографический кодекс России. С.-Петербург : Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 160 с.
15. Арцер А. С., Протасов С. И. Угли Кузбасса: происхождение, качество, использование. Кн. 1. Кемерово : Изд. Кузбасс. гос. техн. ун-та, 1999. 177 с.
16. Арцер А. С., Протасов С. И. Угли Кузбасса: происхождение, качество, использование. Кн. 2. Кемерово : Изд. Кузбасс. гос. техн. ун-та, 1999. 168 с.

© 2023 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)  
Авторы заявляют 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.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## Original article

## PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF GENETIC TYPES OF KUZBASS COALS

Anatoly N. Zaostrovsky

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry SB RAS

\*for correspondence: catalys01@rambler.ru



## Article info

Received:

08 November 2023

Accepted for publication:

10 December 2023

Accepted:

12 December 2023

Published:

21 December 2023

**Keywords:** Coal, petrographic analysis of coal, vitrinite reflection index, reflectogram, telinite, collinite, vitrodetrinite, charge, sinterability, coking coal

**Abstract.**

The properties of coals are determined by the botanical nature of the original plant material, which causes a difference in the types of vitrinite in coals, which differ in the reflectivity of vitrinite, sinterability and yield of volatile substances. Petrographic studies of the coals of the Kuznetsk basin have shown a variety of associations of collinite with telinite, telinite with vitrodetrinite and vitrinite with mineral components in these coals.

There is great diversity not only in the group petrographic composition, but also within the vitrinite group, by which reflectivity is determined. Such diversity dictates the need for identical conditions for measuring reflectivity and the need to determine differences in the reflectivity of the main components of vitrinite in order to more correctly assess the degree of metamorphism of the studied coals. The most prone to sintering are coals of medium degree of metamorphism, corresponding to the grades Zh, KZh, K. The main carriers of sintering are collinite and liptinite. Inertinite and thelinite are characterized by a complete absence of sintering properties.

According to the results of detailed petrographic studies of the hard coals of the Kuznetsk basin of various deposits given in this article, a variation in the properties of various types of vitrinite of Kuznetsk coals was found. This fact must be taken into account when composing coking charges in order to obtain coke of high mechanical strength (CSR) and low reactivity (CRI).

**For citation:** Zaostrovsky A.N. Petrographic characteristics of genetic types of Kuzbass coals. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 6(160):54-61. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-54-61, EDN: UUNSMR

## REFERENCES

1. Yeremin I.V., Lebelev V.V., Tsikarev D.A. Petrografiya i fizicheskiye svoystva ugley. M.: Nedra; 1980. 263 s.
2. Zolotukhin Yu.A. Primeneniye reflektogrammnogo analiza pri issledovanii ugley i shikht. *Koks i khimiya*. 2002; 8:2-13.
3. Zolotukhin Yu.A. O vzaimosvyazi pokazatelya otrazheniya vitrinita ugley, smesey ugley i shchikht s nekotorymi kharakteristikami ikh kachestva. *Koks i khimiya*. 2018; 4:14-28.
4. Zaostrovskiy A.N., Ismagilov Z.R. Reflektogrammnyy analiz ugley i shikht Kuznetskogo basseyna // *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2021; 3:48-57.
5. Zaostrovskiy A.N. [et al.] Petrograficheskiy analiz ugley Pechorskogo basseyna. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*. 2015; 23:131-134.
6. Zaostrovskiy A.N. [et al.] Petrograficheskiy sostav koksovykh ugley Kuznetskogo basseyna. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*. 2016; 24:363-367.
7. Zaostrovskiy A.N. [et al.] Otsenka koksuyemosti ugley po pokazatelyam petrograficheskogo sostava. *Khimiya ust. razv.* 2018; 26(6):589-595.
8. Zaostrovskiy A.N. [et al.] Petrograficheskaya kharakteristika gazovykh ugley Kuzbassa. *Koks i khimiya*. 2017; 11: 25-30.
9. Zaostrovskiy A.N., Ismagilov Z.R. Petrograficheskiy metod otsenki tekhnologicheskikh svoystv ugley. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2021; 2:53-61.
10. Zaostrovskiy A.N. Zavisimost' mekhanicheskoy prochnosti koksa ot summy otoshchayushchikh komponentov. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2021; 6(148):40-47. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-40-47.
11. Gofman M.V. *Prikladnaya khimiya tvordogo topliva*. M.: Gos. nauch.-tekhn. izd-vo po chorn. i tsvet. met-gii;

1963.

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

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

14. Petrograficheskiy kodeks Rossii. S.-Peterburg: Izd-vo VSEGEI; 2009.

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

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

© 2023 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

*About the authors:*

**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:*

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

*All authors have read and approved the final manuscript.*

