

УДК 662.749.33 © Т.Г. Черкасова, А.В. Неведров, А.В. Папин, 2023

Физико-химическое исследование углей для использования в качестве сырья для технологии получения пеков*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-5-63-67>

В статье приведены данные физико-химических исследований углей Кузбасского бассейна, используемых для технологии получения пеков и пекоподобных продуктов из каменных углей методом термического растворения органической массы углей в органических растворителях. Актуальность данных исследований связана с дефицитом на российском и мировом рынках каменноугольного пека. Были проведены исследования по техническому анализу углей, определены пластометрические показатели, определен индекс вспучивания в тигле, получены данные по петрографическому анализу углей.

Ключевые слова: уголь, пекоподобный продукт, пек, термическое растворение, температура, физико-химические исследования.

Для цитирования: Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В. Физико-химическое исследование углей для использования в качестве сырья для технологии получения пеков // Уголь. 2023. № 5. С. 63-67. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-5-63-67.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день промышленное производство электродов и современных углеродных материалов невозможно без качественного сырья – каменноугольного пека [1, 2], продукта перегонки каменноугольной смолы коксохимического производства. На рынках, в России и в мире, наблюдается рост спроса и, соответственно, цен на каменноугольный пек при общем снижении производства пека из каменноугольной смолы [3, 4]. Дефицит каменноугольного пека и цены на него заставляют страны искать пути увеличения ресурсов пека. К ним относятся технологии получения пеков и пекоподобных продуктов из каменных углей без стадии высокотемпературного коксования, основанные на процессах их термического растворения [5, 6, 7, 8, 9]. При подборе оптимальных технологических параметров и сырья – рас-

ЧЕРКАСОВА Т.Г.

Доктор хим. наук, профессор,
директор Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

НЕВЕДРОВ А.В.

Канд. техн. наук, доцент,
доцент Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

ПАПИН А.В.

Канд. техн. наук, доцент,
доцент Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
e-mail: pav.httt@kuzstu.ru



* Исследование выполнено за счет гранта Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1193).

творителей и каменных углей возможно получать пекоподобные продукты требуемого качества с выходом до 60-80% мас. [10, 11, 12].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Выбор данной технологии связан прежде всего с простотой технологического оформления, отсутствием необходимости использовать дорогостоящие катализаторы и водород, применение которого может представлять большую опасность при нарушении условий эксплуатации.

Наиболее подходящим сырьем для процесса термического растворения являются каменные угли марок Г, ГЖ, Ж. В качестве растворителя органической массы углей наиболее эффективным является антраценовое масло. Процесс термического растворения каменных углей необходимо осуществлять при температурах 350-400°С.

С целью определения сырьевой базы для получения каменноугольных пеков и пекоподобных продуктов из углей был проведен обзор имеющихся в Кемеровской области – Кузбассе месторождений каменных углей и их качественных характеристик (влажность, зольность, выход летучих веществ, содержание серы, толщина пластического слоя), выбор основывался на результатах научных исследований, опубликованных в 2021 г. Федеральным исследовательским центром угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук [13].

Учитывая, что оптимальными для проведения процессов термического растворения являются угли марок Г, ГЖ и Ж, выполнен анализ предприятий в Кузбассе, осуществляющих добычу углей этих марок.

Всего в Кемеровской области работают 28 разрезов и шахт, добывающих угли марок Г, ГЖ, Ж [14]. В этих же литературных источниках приводятся сводные данные по объемам запасов и добыче этих углей предприятиями. Таким образом, в Кемеровской области сосредоточено большое количество угледобывающих предприятий, реализующих угли марок Г, ГЖ и Ж, пригодных для проведения процессов термического растворения и получения синтетического аналога каменноугольного пека. Была проделана работа по отбору проб углей с данных угледобывающих предприятий с целью исследования их комплексом физико-химических методов для определения их качественных характеристик и, соответственно, установления практической возможности их применения как сырья для получения пека.

Рассматривая в перспективе реализацию данного проекта и внедрение технологии получения пека индустриальным партнером проекта, актуальным является привязка исходной сырьевой базы получения пеков к сырьевой базе индустриального партнера – ПАО «Кокс». Поэтому также были отобраны и исследованы пробы углей сырьевой базы ПАО «Кокс».

Исследования образцов углей проводилось комплексом физико-химических методов, включающих в себя определение следующих показателей качества каменных углей: содержание общей влаги, зольность, выход лету-

чих веществ, величина пластического слоя и пластометрической усадки, индекс вспучивания, отражательная способность витринита.

Для проведения технического анализа углей использовались методики, описанные в ГОСТ Р 53357-2013 (ИСО 17246:2010) «Топливо твердое минеральное. Технический анализ» (издание с поправкой) [15]. Показатели технического анализа определялись стандартными методами: общая влага по ГОСТ Р 52911-2013; аналитическая влага по ГОСТ Р 52917-2013; зольность по ГОСТ Р 55661-2013; выход летучих веществ по ГОСТ Р 55660-2013. Определение пластометрических показателей осуществляли по ГОСТ 1186-87 «Угли каменные. Метод определения пластометрических показателей» [16]. Определение индекса вспучивания проводилось по ГОСТ 20330-91 (ИСО 501-81) «Уголь. Метод определения показателя вспучивания в тигле» [17]. Петрографический анализ углей проводился по ГОСТ Р 55659-2013 (ИСО 7404-5:2009) «Методы петрографического анализа углей» [18].

Представленные характеристики углей выбраны, исходя из Технического задания на проект осуществляемой НИР, все исследования выполнены по методикам согласно принятым ГОСТам.

В табл. 1 представлены полученные результаты исследований образцов углей комплексом физико-химических методов.

Согласно проведенному ранее литературному обзору, основными критериями при выборе углей для получения пеков как сырья производства связующего для электродов и сырья для получения углеродных волокон являются: низкая зольность (чем ниже, тем лучше), отражательная способность витринита до 1% и максимально возможная толщина пластического слоя углей.

Получение пеков как сырья производства связующего для электродов и сырья для получения углеродных волокон классическим методом (через коксование углей) является более трудоемким процессом. Более того, в условиях индустриального партнера технологически невозможно коксование только отдельных марок углей с целью получения каменноугольной смолы и далее каменноугольного пека в рамках действующего производства кокса. Поэтому это направление невозможно без реализации независимого от действующего производства блока коксования отдельных марок углей.

Единственным рациональным решением является проведение исследований по получению пека из каменноугольной смолы действующего производства индустриального партнера – ПАО «Кокс», полученной коксованием угольной шихты – смеси углей, идущей на получение кокса. Соответственно, без привязки к конкретным маркам углей.

Полученные экспериментальные результаты исследований образцов углей комплексом физико-химических методов сырьевой базы индустриального партнера ПАО «Кокс» и других потенциальных источников в Кузбассе показали, что наиболее подходящим сырьем для получения пеков методом термического растворения углей являются угли, представленные в табл. 2.

Таблица 1

Результаты исследований образцов углей комплексом физико-химических методов

Results of studying coal samples using a complex of physical and chemical methods

Наименование пробы	W^r	Теханализ		I_{bc} по ИГИ-ДМети/ FSI	Пластометрия		Петрография			Марка по ГОСТ 25543-2013
		A^d	V^{daf}		X	Y	R_0	Vt	ΣOK	
		%	%		%	мм	мм	мм	%	
Сырьевая база Индустриального партнера – ПАО «Кокс»										
Шахта «Полосухинская»	6,9	8,0	38,7	133	36	21	0,844	91	7	ГЖ
Шахта «Есаульская»	7,1	7,5	38,7	131	47	20	0,840	90	6	ГЖ
Шахта им. С.Д. Тихова	7,2	8,4	29,4	131/9	4	31	0,996	94	4	Ж
Разрез «Участок «Коксовый»	6,6	7,7	21,9	53/6,5	35	15	1,329	63	35	К
Разрез «Поляны»	8,8	8,2	25,0	27/4,0	37	13	1,061	57	41	К
Разрез «Поляны»	9,0	8,1	26,6	15	44	10	1,050	51	46	КО
Шахта «Березовская»	7,7	7,7	25,0	15	39	10	1,026	50	47	КО
ШУ «Анжерская»	7,1	8,3	23,2	56	44	10	1,143	62	35	КО
Разрез «Участок «Коксовый»	6,6	7,4	20,4	20/2,5	33	10	1,321	57	40	ОС
АО «Шахта «Антоновская»	7,0	7,5	38,6	7,5	34	22	0,836	89	9	ГЖ
ООО ЦОФ «Краснокаменская»	8,2	8,7	24,3	3,0	36	13	1,074	56	39	К
ООО «Камышанский»	9,0	9,1	38,6	1,5	45	12	0,713	76	27	ГЖО
Обогатительная фабрика «Северная»	8,0	8,9	20,7	4,5	28	14	1,345	57	41	К
Разрез «Участок «Коксовый»	8,2	8,3	18,9	1,5	27	10	1,389	51	45	КС
Разрез «Поляны»	9,5	6,3	16,6	1,0	16	7	1,706	45	53	ОС
ООО «Камышанский»	7,2	7,5	28,6	1,0	33	10	0,919	50	46	КО
АО «ЦОФ «Абашевская»	8,0	7,2	38,4	8,0	40	12	0,836	90	6	ГЖ
Другие потенциальные источники сырья										
Концентрат, шахта «Юбилейная»	9,9	12,1	34,5	9,0	15	35	0,952	94	5	Ж
Концентрат, разрез «Талдинский Южный»	9,0	8,0	38,5	8,0	40	16	0,756	95	4	ГЖ
Концентрат, разрез «Талдинский Кыргызский»	10	13,0	40,9	3,0	30	16	0,674	95	5	Г
Шахта «Чертинская Коксовая»	1,5	9,95	35,3	8,5	32	32	0,859	93,5	5,5	Ж
АО «Луговое»	9,84	5,9	27,4	1,0	40	9	0,867	47	47	КСН
Распадская, пласт 7-7а	2,37	5,1	37,0	6,5	40	20	0,85	90	9	ГЖ
Распадская, пласт 7-7б	2,41	5,5	34,6	6,5	37	20	0,89	86	12	Ж
Шахта «Комсомолец»	2,71	7,0	43,8	6,0	25	14	0,711	93	6	Г
Талдинский угольный разрез, Талдинское поле	8,23	7,9	36,4	6,5	36	10	0,64	78	22	ГЖО
Талдинский угольный разрез, Ерунаковское поле	8,59	8,5	39,1	6,5	41	13	0,636	87	11	Г

Таблица 2

Сырьевая база для получения пеков из углей
Кемеровской области методом термического растворения

Raw materials base for pitch production from the Kemerovo region coals using the thermal dissolution method

Наименование пробы	W^r	Теханализ		I_{bc} по ИГИ-ДМети/ FSI	Пластометрия		Петрография			Марка по ГОСТ 25543-2013
		A^d	V^{daf}		X	Y	R_0	Vt	ΣOK	
		%	%		%	мм	мм	%	%	
Сырьевая база индустриального партнера – ПАО «Кокс»										
Шахта «Полосухинская»	6,9	8,0	38,7	133	36	21	0,844	91	7	ГЖ
Шахта «Есаульская»	7,1	7,5	38,7	131	47	20	0,840	90	6	ГЖ
Шахта им. С.Д. Тихова	7,2	8,4	29,4	131/9	4	31	0,996	94	4	Ж

Наименование пробы	W^r	Теханализ		$I_{\text{вс}}$ по ИГИ-ДМети/ FSI	Пластометрия		Петрография			Марка по ГОСТ 25543-2013
		A^d	V^{daf}		X	Y	R_0	Vt	ΣOK	
	%	%	%	мм	мм	мм	%	%	%	
АО «Шахта «Антоновская»	7,0	7,5	38,6	7,5	34	22	0,836	89	9	ГЖ
ООО «Камышанский»	9,0	9,1	38,6	1,5	45	12	0,713	76	27	ГЖО
ООО «Камышанский»	7,2	7,5	28,6	1,0	33	10	0,919	50	46	КО
АО «ЦОФ «Абашевская»	8,0	7,2	38,4	8,0	40	12	0,836	90	6	ГЖ
Другие потенциальные источники сырья										
Концентрат, шахта «Юбилейная»	9,9	12,1	34,5	9,0	15	35	0,952	94	5	Ж
Концентрат, разрез «Талдинский Южный»	9,0	8,0	38,5	8,0	40	16	0,756	95	4	ГЖ
Концентрат, разрез «Талдинский Кыргызский»	10	13,0	40,9	3,0	30	16	0,674	95	5	Г
Шахта «Чертинская Коксовая»	1,5	9,95	35,3	8,5	32	32	0,859	93,5	5,5	Ж
АО «Луговое»	9,84	5,9	27,4	1,0	40	9	0,867	47	47	КСН
Распадская, пласт 7-7а	2,37	5,1	37,0	6,5	40	20	0,85	90	9	ГЖ
Распадская, пласт 7-7б	2,41	5,5	34,6	6,5	37	20	0,89	86	12	Ж
Шахта «Комсомолец»	2,71	7,0	43,8	6,0	25	14	0,711	93	6	Г
Талдинский угольный разрез, Талдинское поле	8,23	7,9	36,4	6,5	36	10	0,64	78	22	ГЖО
Талдинский угольный разрез, Ерунаковское поле	8,59	8,5	39,1	6,5	41	13	0,636	87	11	Г

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, получение пеков как сырья производства связующего для электродов и сырья для получения углеродных волокон классическим методом (через коксование углей) возможно путем разработки соответствующей методики. Важным будут являться состав и свойства каменноугольной смолы ПАО «Кокс».

Список литературы

1. Новые высокопрочные углеродные материалы для традиционных технологий / В.И. Костиков, В.М. Самойлов, Н.Ю. Бейлина и др. // Российский химический журнал. 2004. Т. 48. № 5. С. 64-75.
2. Сидоров О.Ф., Селезнев А.Н. Перспективы производства и совершенствование потребительских свойств каменноугольных электродных пеков // Российский химический журнал. 2006. Т. 1. № 1. С. 16-25.
3. Рудыка В.И., Малина В.П. Сталь, кокс, уголь в 2010 году и далее – состояние, посткризисные прогнозы и перспективы // Кокс и химия. 2010. № 12. С. 2-11.
4. Хайрутдинов И.Р., Ахметов М.М., Теляшев Э.Г. Состояние и перспективы развития производства кокса и пека из нефтяного сырья // Российский химический журнал. 2006. Т. 50. № 1. С. 25-28.
5. Thermal dissolution of Shenfu coal in different solvents / H. Shui, Y. Zhou, H. Li et al. // Fuel. 2013. Vol. 108. P. 385-390.
6. Hydro-liquefaction of thermal dissolution soluble fraction of Shenfu subbituminous coal and reusability of catalyst on the hydro-liquefaction / H. Shui, L. Yang, T. Shui et al. // Fuel. 2014. Vol. 115. No 1. P. 227-231.
7. Rahman M., Samanta A., Gupta R. Production and characterization of ash-free coal from low-rank Canadian coal by solvent extraction // Fuel Proc. Tech. 2013. Vol. 115. P. 88-98.
8. Investigation on chemical and structural properties of coal- and petroleum derived pitches and implications on physico-chemical properties / G. Russo, A. Giajolo, F. Stanzione et al. // Fuel. 2019. Vol. 245. P. 479-486.
9. Tailor-made C-CL bond towards rapid homogeneous stabilization of low-softening-point coal tar pitch / Guoli Zhang, Taotao Guan, Juncheng Wu et al. // Fuel. 2020. № 284. P. 1-9.
10. Valuable products from coal tar / I.S. Vetoshkina, V.S. Solodov, S.P. Subbotin et al. // Coke and Chemistry. 2019. Vol. 62. No 2. P. 66-68.
11. Solution of coking coal in the anthracene fraction of coal tar at PAO Koks / I.S. Vetoshkina, V.S. Solodov, S.P. Subbotin et al. // Coke and Chemistry. 2019. Vol. 62. No 6. P. 245-248.
12. Об оценке качества каменноугольного пека как связующего в производстве анодов / Ю.А. Уткин, Э.А. Янко, Э.Я. Соловейчик и др. // Кокс и химия. 2012. № 9. С. 22-24.
13. Кравцова Л.А., Дементьева Л.А. Естественно-научные коллекции углей, осадочных пород и палеонтологических объектов Института угля ФИЦ УУХ СО РАН: К 300-летию Кузбасса. Рос. акад. наук, Сиб. отделение, ФИЦ угля и углехимии. Новосибирск: СО РАН, 2021. 192 с.
14. Список угольных предприятий России 2021. [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_угольных_предприятий_Российской_Федерации#Кемеровская_область (дата обращения: 15.04.2023).
15. ГОСТ Р 53357-2013 (ИСО 17246:2010) Топливо твердое минеральное. Технический анализ. М.: Стандартинформ, 2014. 9 с.

16. ГОСТ 1186-87. Угли каменные. Метод определения пластометрических показателей. М.: Издательство стандартов, 1987. 21 с.
17. ГОСТ 20330-91 (ИСО 501-81). Уголь. Метод определения показателя вспучивания в тигле. М.: Издательство стандартов, 1992. 11 с.
18. ГОСТ Р 55659-2013 (ИСО 7404-5:2009). Методы петрографического анализа углей. Метод определения показателя отражения витринита с помощью микроскопа. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.

Original Paper

UDC 662.749.33 © T.G. Cherkasova, A.V. Nevedrov, A.V. Papin, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 5, pp. 63-67
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-5-63-67>

Title

PHYSICAL AND CHEMICAL STUDY OF COALS TO BE USED AS RAW MATERIALS FOR THE PITCH PRODUCTION TECHNOLOGY

Authors

Cherkasova T.G.¹, Nevedrov A.V.¹, Papin A.V.¹

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors Information

Cherkasova T.G., Doctor of Chemical Sciences, Professor, Director of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Nevedrov A.V., PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

Papin A.V., PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

Abstract

The article presents the data of physico-chemical studies of the coals of the Kuzbass basin used for the technology of obtaining pitch and pitch-like products from coal by the method of thermal dissolution of the organic mass of coals in organic solvents. The relevance of these studies is related to the shortage in the Russian and world markets of coal pitch. Studies were carried out on the technical analysis of coals, plastometric indicators were determined, the index of swelling in the crucible was determined, data on the petrographic analysis of coals were obtained.

Keywords

Coal, Pitch-like product, Pitch, Thermal dissolution, Temperature, Physico-chemical studies.

References

- Kostikov V.I., Samoilo V.M., Beilina N.Yu. & Ostronov B.G. New high-strength carbon materials for traditional technologies. *Russian Chemical Journal*, 2004, Vol. 48, (5), pp. 64-75. (In Russ.).
- Sidorov O.F. & Seleznev A.N. Prospects of production and improvement of consumer properties of coal electrode pitches. *Russian Chemical Journal*, 2006, Vol. 1, (1), pp. 16-25. (In Russ.).
- Rudyka V.I. & Malina V.P. Steel, coke, coal in 2010 and beyond – state, post-crisis forecasts and prospects. *Coke and Chemistry*, 2010, (12), pp. 2-11. (In Russ.).
- Khairutdinov I.R., Akhmetov M.M. & Telyashev E.G. The state and prospects of development of coke and pitch production from petroleum raw materials. *Russian Chemical Journal*, 2006, Vol. 50, (1), pp. 25-28. (In Russ.).
- Shui H., Zhou Y., Li H. et. al. Thermal dissolution of Shenfu coal in different solvents. *Fuel*, 2013, (108), pp. 385-390.
- Shui H., Yang L., Shui T. et al. Hydro-liquefaction of thermal dissolution soluble fraction of Shenfu subbituminous coal and reusability of catalyst on the hydro-liquefaction. *Fuel*, 2014, Vol. 115, (1), pp. 227-231.
- Rahman M. & Samanta A., Gupta R. Production and characterization of ash-free coal from low-rank Canadian coal by solvent extraction. *Fuel Proc. Tech.*, 2013, (115), pp. 88-98.

- Russo G., Giajolo A., Stanzione F. et. al. Investigation on chemical and structural properties of coal- and petroleum derived pitches and implications on physico-chemical properties. *Fuel*, 2019, (245), pp. 479-486.
- Guoli Zhang, Taotao Guan, Juncheng Wu et. al. Tailor-made C-CL bond towards rapid homogeneous stabilization of low-softening-point coal tar pitch. *Fuel*, 2020, (284), pp. 1-9.
- Vetoshkina I.S., Solodov V.S., Subbotin S.P., Vasileva E.V., Cherkasova T.G. & Nevedrov A.V. Valuable products from coal tar. *Coke and Chemistry*, 2019, Vol. 62, (2), pp. 66-68.
- Vetoshkina I.S., Solodov V.S., Subbotin S.P., Cherkasova T.G., Vasileva E.V. & Nevedrov A.V. Solution of coking coal in the anthracene fraction of coal tar at PAO Koks. *Coke and Chemistry*, 2019, Vol. 62, (6), pp. 245-248.
- Utkin Yu.A., Yanko E.A., Soloveitchik E.Ya. & Strakhov V.M. On the assessment of the quality of coal pitch as a binder in the production of anodes. *Coke and Chemistry*, 2012, (9), pp. 22-24. (In Russ.).
- Kravtsova L.A. & Dementieva L.A. Natural-scientific collections of coals, sedimentary rocks and paleontological objects of the Institute of Coal FRC CCC SB RAS: To the 300th anniversary of Kuzbass. – Russian Academy of Sciences, Sib. department, FRC of Coal and Coal Chemistry. Novosibirsk, SB RAS, 2021, 192 p. (In Russ.).
- List of coal enterprises of Russia 2021. [Electronic resource]. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/List_of_coal_enterprises_Russia_federation#Kemerovo_region (accessed 15.04.2023). (In Russ.).
- State Standard of the Russian Federation R 53357-2013 (ISO 17246:2010) Solid mineral fuel. Technical analysis. Moscow, Standartinform Publ., 2014, 9 p.
- State Standard of the Russian Federation 1186-87. Stone coals. Method of determination of plastometric indicators. Moscow, Publishing House of Standards, 1987, 21 p.
- State Standard of the Russian Federation 20330-91 (ISO 501-81). Coal. Method for determining the index of swelling in the crucible. Moscow, Publishing House of Standards, 1992, 11 p.
- State Standard of the Russian Federation R 55659-2013 (ISO 7404-5:2009). Methods of petrographic analysis of coals. A method for determining the vitrinite reflection index using a microscope. Moscow, Standartinform Publ., 2014, 16 p.

Acknowledgements

The research was financially supported by a grant from the Russian Ministry of Education and Science (Agreement No. 075-15-2022-1193).

For citation

Cherkasova T.G., Nevedrov A.V. & Papin A.V. Physical and chemical study of coals to be used as raw materials for the pitch production technology. *Ugol'*, 2023, (5), pp. 63-67. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-5-63-67.

Paper info

Received March 9, 2023

Reviewed March 15, 2023

Accepted April 27, 2023