

# Термическое растворение каменных углей Кузбасса\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-12-108-111>

## ЧЕРКАСОВА Т.Г.

Доктор хим. наук, профессор, директор  
Института химических и нефтегазовых  
технологий ФГБОУВО «Кузбасский государственный  
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

## НЕВЕДРОВ А.В.

Канд. техн. наук, доцент,  
доцент Института химических и нефтегазовых  
технологий ФГБОУВО «Кузбасский государственный  
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

## ПАПИН А.В.

Канд. техн. наук, доцент,  
доцент Института химических и нефтегазовых  
технологий ФГБОУВО «Кузбасский государственный  
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

В статье рассматривается процесс термического растворения каменных углей Кузбасса марок Г, ГЖ и Ж в антраценовом масле (антраценовой фракции каменноугольной смолы). Целевыми продуктами данного процесса являются пекоподобные продукты. Были получены лабораторные образцы пекоподобных продуктов при варьировании марки каменного угля и конечной температуры процесса. Температура варьировалась в интервале 370–390°C. Для приготовления углемазляной смеси использовалось соотношение 30% каменного угля и 70% антраценового масла. Были исследованы качественные характеристики полученных лабораторных образцов пекоподобных продуктов.

**Ключевые слова:** уголь, антраценовое масло, пекоподобный продукт, пек, термическое растворение, углеродные волокна.

**Для цитирования:** Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В. Термическое растворение каменных углей Кузбасса // Уголь. 2023. № 12. С. 108–111. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-108-111.

## ВВЕДЕНИЕ

Пек представляет собой вязкоупругий материал, содержащий сложную смесь полициклических, ароматических и гетероциклических соединений. Он обладает высокой коксующей и спекающей способностью и низкой вязкостью в расплавленном состоянии, что обуславливает высокий уровень физико-механических свойств получаемых из него различных углеродных материалов [1].

Пек обычно классифицируют по его температуре размягчения, которая является наиболее значительным физическим свойством, влияющим на различные характеристики углеродных материалов на основе пека, такие как электрическая и теплопроводность, механическая прочность и свойства пор. Следовательно, температуру размягчения следует регулировать, чтобы применять пек для получения различных углеродных материалов [2].

Пек является важнейшим сырьевым компонентом для целого ряда высокотехнологичных уникальных продуктов для электродной промышленности, производства углеродных волокон, углеграфитовых, конструкционных, полупрово-



Научно-образовательный  
центр «Кузбасс»

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

дниковых материалов, авиа- и ракетостроения [3, 4]. Потребности в каменноугольном пеке непрерывно увеличиваются в различных отраслях промышленности. Основным потребителем продукции из пеков – алюминиевая отрасль.

Для производства крупнотоннажных электродных масс и многих видов современных углеродных материалов в качестве основного связующего применяется каменноугольный пек. Качество пеков оценивается такими показателями, как выход летучих веществ, зольность, а также групповой состав, оцениваемый по растворимости в различных органических растворителях: по содержанию веществ, растворимых в петролейном эфире ( $\gamma$ -фракция), растворимых в толуоле, но не растворимых в петролейном эфире ( $\beta$ -фракция) и не растворимых в толуоле ( $\alpha$ -фракция). В свою очередь,  $\alpha$ -фракция подразделяется на растворимую в хинолине ( $\alpha_2$ -фракция) и не растворимую в хинолине ( $\alpha_1$ -фракция). Групповой состав во многом определяет такие технологические свойства пека, как температура размягчения, динамическая вязкость, текучесть при определенной температуре, коксующесть и выход коксового остатка [5].

Основным источником получения пеков является каменноугольная смола. В связи с тем, что ресурсы каменноугольной смолы ограничены мощностями коксохимических производств, то и объемы возможного производства каменноугольного пека также весьма ограничены [6, 7]. В настоящее время отечественная коксохимическая промышленность не обеспечивает и половины ее потребностей в пеке. Каменноугольный пек производят только пять промышленных предприятий: АО «ЕВРАЗ ЗСМК», ОАО «ММК», ОАО «Алтай-кокс», ОАО «Губахинский кокс», ПАО «Северсталь». Дефицит покрывается поставками в основном из Китая и Казахстана.

Возрастающий спрос на пек приводит к возникновению его дефицита и росту цен на него, что заставляет искать новые пути увеличения ресурсов пека. В связи с этим актуальной задачей становится разработка альтернативных способов получения пековых продуктов [8, 9, 10, 11, 12, 13].

### ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Особый интерес представляет способ получения пека методом термического растворения углей в «мягких» условиях при температуре начала деструкции органической массы угля и при давлении в несколько атмосфер. Мягкие условия проведения процесса обуславливают более простое технологическое оформление и легкость управления процессом. При этом в получаемом продукте сохраняется потенциал мезогенности, заложенный в пластиче-

ской массе угля. Это делает его очень ценным сырьем для многих отраслей промышленности. До недавнего времени высококипящие фракции, получаемые при термическом растворении углей, не рассматривались в качестве целевых продуктов, поскольку данный процесс был ориентирован на получение жидких продуктов энергетического назначения.

При термическом растворении твердых горючих ископаемых происходят распад их органической массы и образование низкомолекулярных соединений, переходящих в раствор и газовую фазу [8]. Каменные угли по растворимости в органических растворителях располагаются в следующей последовательности: Г, Д, Ж, К, антрацит.

Одним из наилучших органических растворителей каменных углей является антраценовое масло. Его высокая растворяющая способность связана с присутствием в его составе доноров водорода (аценафтена, дигидроантрацена, флуорена, карбазола), переносчиков водорода (фенантрена, флуорантена), а также соединений с сольватирующими свойствами (хинолина, индола, фенола) [1].

В ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» были проведены исследования по термическому растворению каменных углей Кузбасса в органическом растворителе с целью получения пекоподобных продуктов. Исследования проводились на лабораторной установке, описанной в предыдущих работах [14].

В ходе исследований изучалось влияние марки каменных углей и температуры процесса на качество получаемых пекоподобных продуктов термического растворения углей. В качестве органического растворителя применялась антраценовая фракция каменноугольной смолы (антраценовое масло).

В качестве исходного угольного сырья использовались концентраты углей Кузбасса марок Г, ГЖ и Ж. Образцы угольных концентратов подвергались исследованиям по определению следующих показателей их качества: содержание влаги на рабочее состояние угля  $W_r^r$ , %; зольность на сухое состояние угля  $A^d$ , %; выход летучих веществ на сухое беззольное состояние угля  $V^{daf}$ , %; индекс вспучивания угля  $I_{в}$ , мм; толщина пластического слоя угля  $У$ , мм; пластометрическая усадка  $X$ , мм; отражательная способность витринита  $R_0$ , %; содержание витринита,  $V_r$ , %. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Исходный высушенный и измельченный уголь смешивался с антраценовым маслом в соотношении 30/70 до однородного пастообразного состояния. Полученная угле-масляная смесь после взвешивания загружалась в реактор, где осуществлялся процесс термического растворе-

Таблица 1

#### Показатели качества угольных концентратов

Quality indicators of coal concentrates

Марка угля	$W_r^r$ , %	$A^d$ , %	$V^{daf}$ , %	$I_{в}$ , мм	$У$ , мм	$X$ , мм	$R_0$ , %	$V_r$ , %
Г	7,8	7,0	43,8	123	14	25	0,711	93
ГЖ	9,1	8,5	33,9	132	19	42	0,799	92
Ж	7,2	8,4	29,4	131	31	4	0,996	94

**Качественные характеристики пекоподобных продуктов терморастворения каменных углей**

Qualitative characteristics of pitch-like products of black coal thermal dissolution

Марка угля	Конечная температура процесса, градус	Выход продукта, %	Температура размягчения, $T_{разм.}$ , градус	$A^d$ , %	$V^d$ , %	$\alpha$ -фракция (н/т), %	$\alpha_1$ -фракция (н/х), %
Г	370	70,3	70	2,5	74,2	38,9	5,8
	390	71,6	65	1,5	76,4	32,7	3,9
ГЖ	370	73,4	69	1,9	73,8	30,4	6,1
	390	71,5	63	1,4	74,3	27,6	4,0
Ж	370	72,0	58	1,7	70,7	29,2	8,4
	390	71,5	61	1,4	71,0	26,5	7,2

ния угля при конечных температурах процесса 370-390°C. Образовавшийся пекоподобный продукт охлаждался и взвешивался на весах.

Полученные образцы пекоподобных продуктов подвергались исследованию для определения следующих качественных характеристик: зольность  $A^d$ , выход летучих веществ  $V^d$ , температура размягчения  $T_{разм.}$ , содержание  $\alpha$ -фракции (веществ, не растворимых в толуоле), содержание  $\alpha_1$ -фракции (веществ, не растворимых в хинолине). Данные характеристики представлены в табл. 2.

Из представленных в табл. 2 результатов исследований выявлено, что наибольший выход пекоподобных продуктов достигается при термическом растворении каменных углей марок ГЖ и Ж. Это связано с тем, что данные марки углей имеют повышенное содержание пластической массы, характеризующейся показателем толщины пластического слоя угля  $U$ . Марка угля также оказывает существенное влияние на фракционный состав пекоподобных продуктов.

Конечная температура процесса терморастворения также оказывает влияние на фракционный состав пекоподобных продуктов и на температуру их размягчения.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, варьируя сырьем и технологическими факторами процесса термического растворения каменных углей, возможно получать пекоподобные продукты разного качества, соответствующего требованиям к пекам для разных производств углеродных материалов.

**Список литературы**

1. Терморастворение углей ряда метаморфизма в среде антраценовой фракции смолы коксования / П.Н. Кузнецов, Н.В. Перминов, Л.И. Кузнецова и др. // Кокс и химия. 2019. № 4. С. 27-35.
2. Угапьев А.А., Дошлов О.И. Нефтяной пек дезинтегрированный – альтернативное связующее для анодов нового поколения // Вестник ИргТУ. 2013. № 6. С. 151-156.

3. Коротева Л.И. Технология и оборудование для получения волокон и нитей специального назначения. М.: ИНФРА-М, 2019. 288 с.
4. Андрейков Е.И., Сафаров Л.Ф., Цаур А.Г. Получение нефтекаменноугольного пека совместной дистилляцией каменноугольной смолы и тяжелого газойля на смолоперерабатывающей установке АО «Губахинский кокс» // Кокс и химия. 2016. № 3. С. 59-64.
5. Optimisation of the melt-spinning of anthracene oil-based pitch for isotropic carbon fibre preparation / N. Diez, P. Alvarez, R. Santamaria et al. // Fuel Processing Technology. 2012. Vol. 93. P. 99-104.
6. Губанов С.А., Букка А.А., Иващенко Е.Ю. Технологические особенности производства каменноугольного пека из низкотемпературных каменноугольных смол и варианты совершенствования процесса // Кокс и химия. 2017. № 11. С. 37-42.
7. Обзор рынка каменноугольной смолы в СНГ. 2019. [Электронный ресурс]. URL: [https://infomine.ru/files/catalog/185/file\\_185.pdf](https://infomine.ru/files/catalog/185/file_185.pdf) (дата обращения: 15.11.2023).
8. Получение альтернативных пеков из углей / П.Н. Кузнецов, Е.Н. Маракушина, Ф.А. Бурюкин и др. // Химия в интересах устойчивого развития. 2016. № 24. С. 325-333.
9. Русьянова Н.Д. Углекимия: научное издание. М.: Наука, 2003. 320 с.
10. Методы получения угольных пеков / П.Н. Кузнецов, Л.И. Кузнецова, Ф.А. Бурюкин и др. // Химия твердого топлива. 2015. № 4. С. 16-29.
11. Solution of coking coal in the anthracene fraction of coal tar at PAO Koks / I.S. Vetoshkina, V.S. Solodov, T.G. Cherkasova et al. // Coke and Chemistry. 2019. Vol. 62. No 6. P. 245-248.
12. Investigation on chemical and structural properties of coal- and petroleum-derived pitches and implications on physico-chemical properties (solubility, softening and coking) / C. Russo, A. Ciajolo, F. Stanzione et al. // Fuel. 2019. Vol. 245. P. 478-487.
13. Mathews J.P., Burgess-Clifford C., Painter P. The interactions of illinois No 6 bituminous coal with solvents: a review of solvent swelling and extraction literature // Energy and Fuels. 2015. Vol. 29. P. 1279-1294.
14. Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В. Исследование процесса термического растворения угля марки Г // Кокс и химия. 2023. № 6. С. 69-72.

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, № 12, pp. 108-111  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-12-108-111>

**Title****THERMAL DISSOLUTION OF KUZBASS BLACK COALS****Author**

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

<sup>1</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation**Authors Information**

**Cherkasova T.G.**, Doctor of Chemistry Sciences, Professor,  
 Director of 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 discusses the process of thermal dissolution of Kuzbass coal grades G, GJ and W in anthracene oil (anthracene fraction of coal tar). The target products of this process are baking-like products. Laboratory samples of baking-like products were obtained by varying the grade of coal and the final temperature of the process. The temperature varied in the range of 370-390 °C. A ratio of 30% coal and 70% anthracene oil was used to prepare the coal-oil mixture. The qualitative characteristics of the obtained laboratory samples of baking-like products were investigated.

**Keywords**

Coal, Anthracene oil, Pitch-like product, Pitch, Thermal dissolution, Carbon fibers.

**References**

1. Kuznetsov P.N., Perminov N.V., Kuznetsova L.I., Kolesnikova S.M., Kamensky E.S., Pavlenko N.I. & Fetisova O.Yu. Thermal dissolution of coals of a series of metamorphism in the medium of anthracene fraction of coking resin. *Koks i himiya*, 2019, (4), pp. 27-35. (In Russ.).
2. Ugapyev A.A. & Doslov O.I. Disintegrated petroleum pitch – an alternative binder for new generation anodes. *Vestnik IrSTU*, 2013, (6), pp. 151-156. (In Russ.).
3. Koroteeva L.I. Technology and equipment for the production of fibers and threads for special purposes. Moscow, INFRA-M Publ., 2019. 288 p. (In Russ.).
4. Andreikov E.I., Safarov L.F. & Tsaurov A.G. Obtaining of oil-coal pitch by joint distillation of coal tar and heavy gas oil at the resin processing plant of Gubakhinsky Coke JSC. *Koks i himiya* 2016, (3), pp. 59-64.
5. Diez N., Alvarez P., Santamaria R., Blanco C., Menendez R. & Granda M. Optimisation of the melt-spinning of anthracene oil-based pitch for isotropic carbon fibre preparation. *Fuel Processing Technology*, 2012, (93), pp. 99-104.

6. Gubanov S.A., Bukka A.A. & Ivashchenko E.Yu. Technological features of the production of coal pitch from low-pyrolyzed coal tar and options for improving the process. *Koks i himiya*, 2017, (11), pp. 37-42. (In Russ.).
7. Overview of the coal tar market in the CIS. 2019. [Electronic resource]. Available at: [https://infomine.ru/files/catalog/185/file\\_185.pdf](https://infomine.ru/files/catalog/185/file_185.pdf) (accessed 15.11.2023). (In Russ.).
8. Kuznetsov P.N., Marakushina E.N., Buryukin F.A. & Ismagilov Z.R. Obtaining alternative pitches from coal. *Himiya v interesakh ustojchivogo pazvitiya*, 2016, (24), pp. 325-333. (In Russ.).
9. Rusyanova N.D. Coal chemistry: scientific edition. Moscow, Nauka Publ., 2003, 320 p. (In Russ.).
10. Kuznetsov P.N., Kuznetsova L.I., Buryukin F.A., Marakushina E.N. & Frizorger V.K. Methods of obtaining coal pitches. *Himiya tverdogo topliva*, 2015, (4), pp. 16-29. (In Russ.).
11. Vetoshkina I.S., Solodov V.S., Cherkasova T.G., Subbotin S.P., 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.
12. Russo C., Ciajolo A., Stanzione F., Tregrossi A., Oliano M.M., Apicella B. & Carpentieri A. Investigation on chemical and structural properties of coal- and petroleum-derived pitches and implications on physico-chemical properties (solubility, softening and coking). *Fuel*, 2019, (245), pp. 478-487.
13. Mathews J.P., Burgess-Clifford C. & Painter P. The interactions of illinois No 6 bituminous coal with solvents: a review of solvent swelling and extraction literature. *Energy and Fuels*, 2015, (29), pp. 1279-1294.
14. Cherkasova T.G., Nevedrov A.V. & Papin A.V. Investigation of the process of thermal dissolution of coal grade G. *Koks i himiya*, 2023, (6), pp. 69-72. (In Russ.).

**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. Thermal dissolution of Kuzbass black coals. *Ugol'*, 2023, (12), pp. 108-111 (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-108-111.

**Paper info**

Received October 2, 2023

Reviewed November 10, 2023

Accepted November 27, 2023