

**Полная исследовательская публикация** Тематический раздел: Физико-химические исследования.  
Утвержденная специальность ВАК: 1.4.4. Физическая химия; 1.4.12 Нефтехимия;  
2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.  
Идентификатор ссылки на объект – ROI: jbc-01/25-84-11-106  
Цифровой идентификатор объекта – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-11-106  
УДК 535.1:539.22. Поступила в редакцию 29 октября 2025 г.

## Определение анизотропии углеродных материалов, полученных при различных температурно-временных условиях по фотоизображениям в поляризованном свете

Доломатов<sup>1,2\*</sup> Михаил Юрьевич, Левашов<sup>1,2+</sup> Дмитрий Андреевич,  
Запорин<sup>2</sup> Виктор Павлович, Казаев<sup>1,2</sup> Иван Владимирович,  
Белотелов<sup>1,2</sup> Олег Александрович, Бурангулов Данияр Загирович<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Лаборатория углеродных технологий и спектроскопии. Центр водородно-углеродных технологий. Уфимский государственный нефтяной технический университет.

ул. Заки Валиди, д.32/2. г. Уфа, 450008. Россия. E-mail: loctas616@bk.ru

<sup>2</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет. Кафедра технологии нефти и газа. ул. Космонавтов, д.1. г. Уфа, 450064. Россия. E-mail: info@rusoil.net

\*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

**Ключевые слова:** углеродные материалы, анизотропия, фотоизображение, поляризованный свет, светлота, яркость, степень анизотропии, мезофаза.

### Аннотация

Недостатком существующих способов качественной оценки углеродных материалов различного происхождения является продолжительность процесса оценки и ее низкая точность, связанная с субъективностью оценки. В этой связи актуальна разработка новых быстрых и точных способов качественного контроля углеродных материалов различного происхождения, например полученных термоллизом тяжелого нефтяного сырья, включающего пиролизные и каменноугольные смолы, малосернистые вакуумные нефтяные остатки, крекинг-остатки, гудроны, тяжелые газойли каталитического крекинга и др. Целью работы является исследование возможности определения степени анизотропии углеродных материалов по фотоизображениям, полученным оптической микроскопией в поляризованном свете, от оптического параметра яркости в колориметрической системе RGB. В качестве объектов исследования выбраны образцы углеродных материалов, полученные термоллизом тяжелых нефтяных остатков при различных температурно-временных условиях. Исследована возможность определения степени анизотропии углеродных материалов по оптическим параметрам их фотоизображений в поляризованном свете. Приведены результаты оценки степени анизотропии образцов, полученных из разных видов сырья при различных температурно-временных условиях. Установлена линейная зависимость степени анизотропии от оптического параметра яркости в колориметрической системе RGB. Обнаруженные закономерности проверены на тестовой выборке, состоящей из продуктов термоллиза тяжелого нефтяного сырья, и подтверждается статистической обработкой полученных данных. Показано, что установленные закономерности отражают процессы формирования жидкокристаллической мезофазы в углеродных материалах. Практическое применение установленных закономерностей заключается в возможности быстрого и точного определения анизотропии углеродных материалов в различных технологических процессах получения углеродных материалов из сырья с высоким содержанием углерода

### Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Доломатов М.Ю., Левашов Д.А., Запорин В.П., Казаев И.В., Белотелов О.А., Бурангулов Д.З. Определение анизотропии углеродных материалов, полученных при различных температурно-временных условиях по фотоизображениям в поляризованном свете. *Бутлеровские сообщения*. 2025. Т.84. №11. С.106-112. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-11-106.

### Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Доломатов М.Ю., Левашов Д.А., Запорин В.П., Казаев И.В., Белотелов О.А., Бурангулов Д.З. Определение анизотропии углеродных материалов, полученных при различных температурно-временных условиях по фотоизображениям в поляризованном свете. *Бутлеровские сообщения В*. 2025. Т.11. №4. Id.6. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-11-106/ROI-jbc-RB/25-11-4-6

### The output for citing the English online version of the article:

Mikhail Yu. Dolomatov, Dmitry A. Levashov, Viktor P. Zaporin, Ivan V. Kazaev, Oleg A. Belotelov, Daniyar Z. Burangulov. Assessment of the anisotropy of carbon materials obtained under various temperature and time conditions from photo images in polarized light. *Butlerov Communications B*. 2025. Vol.11. No.4. Id.6. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-11-106/ROI-jbc-B/25-11-4-6

106 \_\_\_\_\_ © Бутлеровские сообщения. 2025. Т.84. №11. \_\_\_\_\_ г. Казань. Республика Татарстан. Россия.

**Литература**

- [1] Z. Zhang, B. Lou, N. Zhao, E. Yu, Z. Wang, H. Du, Z. Chen, D. Liu. Co-carbonization behavior of the blended heavy oil and low temperature coal tar for preparation of needle coke. *Fuel*. **2021**. DOI: 10.1016/j.fuel.2021.121139.
- [2] R.R. Gabdulkhakov, V.A. Rudko, I.N. Pyagay. Methods for modifying needle coke raw materials by introducing additives of various origin. *Fuel*. **2022**. DOI: 10.1016/j.fuel.2021.122265.
- [3] J. Wu, T. Yang, Y. Song, Z. Ma, X. Tian, Z. Liu. Preparation of disordered carbon for alkali metal-ion batteries by pitch molecular modification. *Carbon*. **2024**. DOI: 10.1016/j.carbon.2024.118937.
- [4] L. Lum, D. Tan, C.W. Tan, B.K. Tay. Electromagnetic crosstalk isolation with transferred vertically aligned carbon nanotube arrays through thermocompression bonding. *Carbon*. **2024**. DOI: 10.1016/j.carbon.2024.118943.
- [5] Y. Zhang, X. Liu, M. Tian, Y. Zhu, C. Hua, X. Zhao. Generation and characterization of coal-based needle coke produced by the co-carbonization of coal liquefaction pitch and anthracene oil. *RSC Adv*. **2022**. DOI: 10.1039/D2RA03602A.
- [6] X. Xu, L. Cui, J. Shi, J. Liu, Y. Zhu, Y. Tian, M. Ma, T. Liu, H. Zheng, D. Li. Effects of co-carbonization of medium and low temperature refined pitch and high temperature refined pitch on the structure and properties of needle coke. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*. **2023**. Vol.169. P.105783.
- [7] J.-J. Kim, S.-H. Lee, U.-S. Youn, S.-U. Gwon, T.-S. Byun, J.-S. Roh. Effect of mesophase formation from quinoline insoluble-containing coal tar pitch on physical properties of carbon blocks. *Carbon Lett*. **2024**. Vol.34. P.1833-1844.
- [8] ГОСТ 26132-84. Коксы нефтяные и пековые. Метод оценки микроструктуры. Введ. 1985-07-01. Москва: Стандартинформ. **1985**. [GOST 26132-84. Petroleum and pitch cokes. Method for microstructure evaluation. Introduced on July 1, 1985. Moscow: Standartinform. **1985**.]
- [9] Ландсберг Г.С. Оптика. Москва: ФИЗМАТЛИТ. **2021**. 848с. [G.S. Landsberg. Optics. Moscow: FIZMATLIT. **2021**. 848p.]
- [10] Mikhail Yu. Dolomatov, Dmitry A. Levashov, Viktor P. Zaporin, Ivan V. Kazaev, Oleg A. Belotelov, Daniyar Z. Burangulov. Assessment of the anisotropy of carbon materials obtained under various temperature and time conditions from photo images in polarized light. *Butlerov Communications B*. **2025**. Vol.11. No.4. Id.6. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-11-106/ROI-jbc-B/25-11-4-6
- [11] Долوماتов М.Ю., Левашов Д.А., Запорин В.П., Казаев И.В., Белотелов О.А., Бурангулов Д.З. Определение анизотропии углеродных материалов, полученных при различных температурно-временных условиях по фотоизображениям в поляризованном свете. *Бутлеровские сообщения В*. **2025**. Т.11. №4. Id.6. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-11-106/ROI-jbc-RB/25-11-4-6

The English version of the article have been published in the international edition of the journal

***Butlerov Communications B***  
*Advances in Chemistry & Thermophysics*

*The Reference Object Identifier* – ROI: jbc-B/25-11-4-6

*The Digital Object Identifier* – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-11-106/ROI-jbc-B/25-11-4-6

**Assessment of the anisotropy of carbon materials obtained  
under various temperature and time conditions  
from photo images in polarized light**

**Mikhail Yu. Dolomatov,<sup>1,2</sup> Dmitry A. Levashov,<sup>1,2+</sup> Viktor P. Zaporin,<sup>2</sup>**

**Ivan V. Kazaev,<sup>2</sup> Dmitry O. Kondrashov,<sup>2</sup> Oleg A. Belotelov,<sup>1,2</sup> Daniyar Z. Burangulov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Laboratory of Carbon Technologies and Spectroscopy. The Center for Hydrogen-Carbon Technologies. Ufa State Petroleum Technical University. Zaki Validi St. 32/2. Ufa, 450008. Russia. E-mail: loctas616@bk.ru*

<sup>2</sup> *Ufa State Petroleum Technical University. Department of Oil and Gas Technology. Kosmonavtov St., 1. Ufa, 450064. Russia. E-mail: info@rusoil.net*

\*Supervising author; +Corresponding author

**Keywords:** carbon materials, anisotropy, photographic image, polarized light, brightness, degree of anisotropy, mesophase.

**Abstract**

The disadvantage of the existing methods of qualitative assessment of carbon materials of various origins is the length of the assessment process and its low accuracy due to the subjectivity of the assessment. In this regard, it is relevant to develop new fast and accurate methods of qualitative control of carbon materials of various origins, for example, obtained by thermolysis of heavy petroleum raw materials, including pyrolysis and coal tar, low-sulfur vacuum oil residues, cracking residues, tar, heavy gas oils of catalytic cracking, etc. The aim of the work is to investigate the possibility of determining the degree of anisotropy of carbon materials from photographic images obtained by optical microscopy in polarized light from the optical brightness parameter in the RGB colorimetric system. Samples of carbon materials obtained by thermolysis of heavy oil residues under various temperature and time conditions were selected as objects of research. The possibility of determining the degree of anisotropy of carbon materials based on the optical parameters of their photographic images in polarized light is investigated. The results of estimating the degree of anisotropy of samples obtained from different types of raw materials under different temperature and time conditions are presented. A linear dependence of the degree of anisotropy on the optical brightness parameter in the RGB colorimetric system has been established. The discovered patterns were tested on a test sample consisting of thermolysis products of heavy petroleum raw materials, and confirmed by statistical processing of the data obtained. It is shown that the established patterns reflect the processes of formation of the liquid crystal mesophase in carbon materials. The practical application of the established patterns lies in the possibility of quickly and accurately determining the anisotropy of carbon materials in various technological processes for producing carbon materials from raw materials with a high carbon content.