

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
Satbayev University

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Satbayev University

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Satbayev University

SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

3 (441)

MAY – JUNE 2020

THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of geology and technical sciences scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of geology and technical sciences in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of geology and engineering sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы "ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы" ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді геология және техникалық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по геологии и техническим наукам для нашего сообщества.

Б а с р е д а к т о р ы
э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА академигі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., академик (Қазақстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғызстан)
Беспәев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Қазақстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.К. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., академик (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2020

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыр көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «NurNaz GRACE», Алматы қ., Рысқұлов көш., 103.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д. э. н., профессор, академик НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., академик (Казахстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.К. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кожамбетов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., академик (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2020

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

Адрес типографии: «NurNaz GRACE», г. Алматы, ул. Рыскулова, 103.

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, academician of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., academician (Kazakhstan)
Agabekov V.Ye. academician (Belarus)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., academician (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.K. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., academician (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty).

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 10892-Ж, issued 30.04.2010.

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2020

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

Address of printing house: «NurNaz GRACE», 103, Ryskulov str, Almaty.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 3, Number 441 (2020), 117 – 125

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.62>

UDC 544.6+538.953+405

IRSTI 61.31.40

**M. K. Kazankapova¹, B. T. Yermagambet¹, B. K. Kasenov², N. U. Nurgaliyev¹,
Zh. M. Kassenova¹, E. E. Kuanyshbekov², A. T. Nauryzbayeva¹, S. M. Martemyanov³**

¹“Institute of Coal Chemistry and Technology” LLP, Nur-Sultan, Kazakhstan;

²Chemical and Metallurgical Institute named after Zh. Abishev, Karaganda, Kazakhstan;

³“National Research Tomsk Polytechnical University”, Tomsk, Russia.

E-mail: coaltech@bk.ru, kasenov1946@mail.ru, maira_1986@mail.ru, nurgaliyev_nao@mail.ru,
zhanar_k_68@mail.ru, mr.ero1986@mail.ru, asemai_2296@mail.ru, martemyanov@tpu.ru

ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF CARBON MATERIAL BASED ON COAL OF “SARYADYR” DEPOSIT

Abstract. The article presents the results of heat treatment (carbonization) of grade G coal of the «Saryadyr» deposit («Pyatimetrovyy» layer) in the temperature range 250–550 °C at a heating rate of 10–15 °C/min and holding at 550 °C for 1, 2 and 3 hours. As a result of carbonization, carbon materials (CM) were obtained. Using the methods of thermogravimetric, energy dispersive X-ray spectroscopy, electron microscopy, we studied the technical, elemental composition, and surface morphology of the obtained products. The electrophysical characteristics of the CM were determined by measuring the electrical resistance (R), electric intensity (C), and dielectric constant (ϵ) of the samples in the temperature range 293–483 K. Based on the data obtained, the band gap (ΔE) of the samples was calculated. The carbon material obtained at 550 °C for 3 hours has a dielectric constant of 740 thousand at 293 K and will increase to 1.1 billion at 453 K, i.e. up to 109 degrees to colossal values and is a very attractive material for microelectronics, i.e. at 453 K, ϵ CM is higher than the reference BaTiO₃ by about 540 thousand times.

Key words: carbon material (CM), chemical composition, electrophysical properties, electrical resistance, electrical intensity, dielectric constant.

Introduction. Recent decades have been marked by a surge of scientific activity in the development and study of carbon materials (CM). This is reflected in the targeted synthesis of allotropic forms of carbon (carbohydrates, fullerenes, nanotubes, compasses, etc.), as well as in the creation of a wide range of porous materials in a series of mixed (transitional) forms of carbon, which are of practical interest as adsorbents, catalysts, and carriers for catalysts, substrates in new generation current sources (lithium-ion batteries, supercapacitors, ionistors and fuel cells) etc. [1-7].

Promising devices for the accumulation and storage of electrical energy, combining both high energy intensity and relatively high output power, are supercapacitors (SC) and capacitive deionization systems capable of reversibly accumulating charge on the surface of electrode material [8-11]. In [12-14], based on the porous - carbon material of carbon nanotubes, the production of materials with pore sizes up to angstroms for flexible and printing devices with a short response time, as well as nanoparticles of transition metal oxides and nitrides for pseudo-capacitors, which are the latest achievements, was developed and organized in the field of supercapacitors. Natural materials, such as coconut shells, wood, resins, coals, or synthetic materials, such as polymers, are commonly used as precursors. Carbon materials used in capacitors are usually pretreated to remove moisture and most of the functional groups present on the carbon surface to increase stability during cycling, since they can cause wilting of the capacitance and aging of the capacitor [15].

Electrophysical properties is as the main indicator of the carbon material used in electrothermal processes [16], as well as for the manufacture of superconducting materials, capacitors and fuel cells from them. The aim of this work is to study the electrophysical properties of a carbon material based on coal from the Saryadyr deposit (Pyatimetrovyy layer) (Kazakhstan). Coal belongs to high-ash, gas grade "G".

Research methodology. Samples of carbon material were obtained at the “Institute of Coal Chemistry and Technology” LLP (Nur-Sultan) by heat treatment in a tube furnace in the temperature range of 250-550 °C at a heating rate of 10-15 °C/min and holding at 550 °C for 1, 2 and 3 hours.

The elemental composition, structure, and dimensionality of the samples were studied by energy dispersive X-ray spectroscopy on an SEM instrument (*Quanta 3D 200i*) with an attachment for energy dispersive analysis from EDAX. The energy of the exciting electron beam in the analysis was 15 keV.

The heat of combustion of coal and the resulting products was determined by the calorimetric method on the device "Calorimeter V08MA K"

Results and its discussion. The results of the elemental analysis, presented in table 1, show that after heat treatment of coal, most of the heteroatoms (oxygen, hydrogen, sulfur, nitrogen) are removed in the form of gaseous products. Accordingly, the carbon concentration decreases from 82.98 to 67.80 wt. % and the structure of flat aromatic rings developing, uniting into basic structural units or elementary graphite crystallites, develops.

Table 1 – The chemical composition of the carbon material from coal of the «Saryadyr» deposit («Pyatimetrovyy» layer)

| Indicators | Content | | | |
|--|--------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Initial coal | CM, 1 hour exposure | CM, 2 hours exposure | CM, 3 hours exposure |
| Humidity, W^a , % | 1.68 | 1.36 | 1.64 | 2.24 |
| Ash content, A^d , % | 37.33 | 23.72 | 26.13 | 27.92 |
| Volatility, V^{daf} , % | 26.35 | 14.11 | 10.57 | 8.48 |
| Sulfur per working mass, S^{daf} , % | 0.59 | 0.32 | 0.27 | 0.28 |
| Carbon content, C^{daf} , % | 82.98 | 67.97 | 68.17 | 67.80 |
| Hydrogen content, H^{daf} , % | 5.59 | 3.07 | 1.78 | 0.68 |
| Oxygen content, O^{daf} , % | 7.88 | 3.58 | 2.45 | 2.09 |
| Nitrogen content, N^d , % | 1.38 | 1.34 | 1.20 | 1.23 |
| Aluminum content, Al, % | 2.30 | 1.90 | 2.12 | 2.36 |
| Silicon content, Si, % | 5.48 | 4.50 | 4.12 | 4.03 |
| Calorific value, Q_{i1} , kcal/kg | 5215 | 6271 | 5987 | 5689 |

The data from table 1 show that a noticeable effect of the exposure time of coal during heat treatment affects the calorific value of the obtained product [17]. At the shortest time ($t = 1$ hour), the calorific value is the highest and amounts to 6271 kcal/kg, which significantly exceeds the same parameter of the initial coal (5215 kcal/kg). With a further increase in the exposure time, this parameter decreases.

Figures 1–2 show micrographs of samples of the initial coal and carbon materials (with an increase of 5,000 and 50,000 times).

When analyzing the surface morphology of the samples, it was found that the cleaved surface is represented by heterogeneity of the structure and has dense formations with strong agglomerates. Despite the presence of an increased content of the mineral component, the structure is characterized by flocculent inclusions in the carbon matrix; it is also seen that there are elevations and depressions on the surface. This is due to the heterogeneity of the composition and the natural origin of coal.

The results of the analysis of micrographs show that after heat treatment the surface structure changes with smaller particle sizes (up to ~ 170 nm). In CM products, crystallites are arranged irregularly, the gaps between them are filled (or blocked) with amorphous carbon, which is formed upon decomposition of resinous substances. As a result of carbonization, volatile (moisture and partially resin) substances are released from raw materials. At the same time, primary macroporous structures with a diameter of 2 to 30 microns are formed in it.

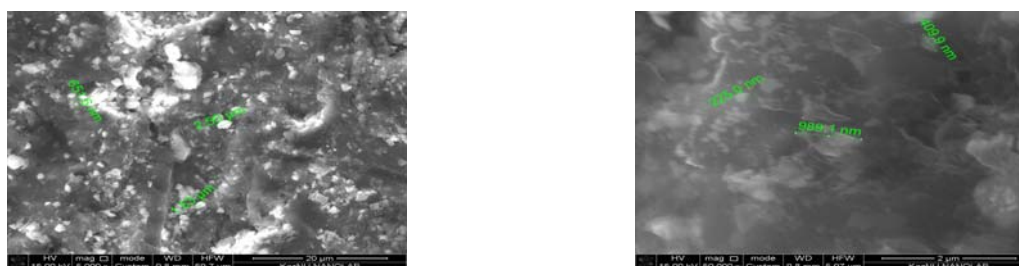


Figure 1 – Electron microscopic images of the Initial coal of the “Saryadyr deposit”

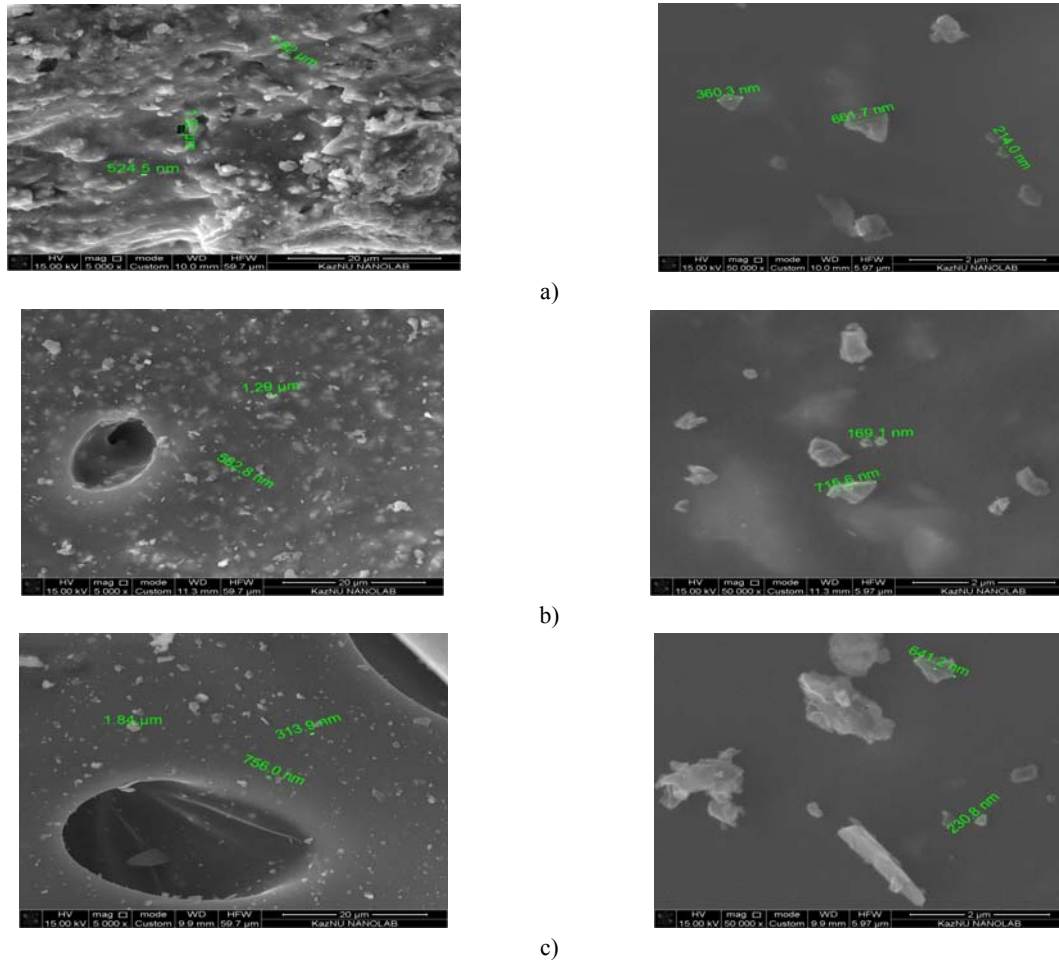


Figure 2 – Electron-microscopic images of CM from coal of the Saryadyr deposit:
 a) 1 hour exposure, b) 2 hours exposure, c) 3 hours exposure

An analysis of micrographs (figure 2) at various magnifications indicates that the surface of the CM is represented by an inhomogeneous structure with local clusters of cluster-like (dendritic) and isometric shapes, overlays (secondary textures) are interspersed and streaked. The figures show that finely dispersed carbon nanoparticles with diameters from ~ 100 to 700 nm were formed on the surface of the sample, this may be due to the fact that, as a result of carbonization, the reactive radicals forming interact with each other with the formation of new substances. The most likely cause of the appearance of nanoparticles on the surface layer is synthesis from the gas phase. The nucleation and growth of ordered carbon during the heat treatment of coal can occur through self-organization of carbon nanoparticles without the participation of the mesophase. Measurements of the electrophysical properties were carried out according to the procedures [18,19].

The study of electrophysical properties (dielectric constant and electrical resistance) was carried out by measuring the electric capacity of the samples on a LCR-800 serial device (Taiwan) at an operating frequency of 1 kHz continuously in dry air in thermostatic mode with a holding time at each fixed temperature.

Plane-parallel samples were preliminarily made in the form of disks with a diameter of 10 mm and a thickness of 5 – 6 mm with a binder additive ($\sim 1.5\%$). Pressing was carried out under a pressure of 20 kg / cm^2 . The resulting disks were fired in a silica furnace at 200 °C for 6 hours. Next, they were thoroughly double-sided grinding.

The dielectric constant was determined from the electric capacity of the sample at known values of the thickness of the sample and the surface area of the electrodes. To obtain the relationship between the electric induction D and the electric field E was used a Sawyer-Tower circuit. Visual observation of the D (E -hysteresis loop) was carried out on a $CI-83$ oscilloscope with a voltage divider consisting of a resistance of 6 mOhm and 700 kOhm, and a reference capacitor of 0.15 μF . The frequency of the

generator is 300 Hz. In all temperature studies, the samples were placed in a furnace, the temperature was measured with a chromel-alumel thermocouple connected to a B2-34 voltmeter with an error of ± 0.1 mV. The rate of temperature change is ~ 5 K / min. The value of the dielectric constant at each temperature was determined by the formula: $\varepsilon = C/C_0$, where C_0 is the capacitance of the capacitor without the test substance (air).

Below are the results of measurements of the electrophysical characteristics of carbon materials from coal of the Saryadyr deposit.

Table 2 – Electrical properties of CM based on Saryadyr coal (Pyatimetrovyy layer) ($\tau = 1$ hour) (C - capacity, R - electrical resistance, ε - dielectric constant)

| T, K | C, nF | R, Ohm | ε | lg ε | lgR |
|------|---------|---------|---------------|------------------|------|
| 293 | 0.24402 | 2220000 | 1335 | 3.13 | 6.35 |
| 303 | 0.26692 | 2101000 | 1460 | 3.16 | 6.32 |
| 313 | 0.33632 | 1860000 | 1840 | 3.26 | 6.27 |
| 323 | 0.43216 | 1622000 | 2364 | 3.37 | 6.21 |
| 333 | 0.48451 | 1535000 | 2650 | 3.42 | 6.19 |
| 343 | 0.50585 | 1508000 | 2767 | 3.44 | 6.18 |
| 353 | 0.51147 | 1483000 | 2798 | 3.45 | 6.17 |
| 363 | 0.50135 | 1489000 | 2742 | 3.44 | 6.17 |
| 373 | 0.53663 | 1458000 | 2935 | 3.47 | 6.16 |
| 383 | 0.61584 | 1315000 | 3369 | 3.53 | 6.12 |
| 393 | 1.0248 | 1025000 | 5605 | 3.75 | 6.01 |
| 403 | 1.8592 | 716400 | 10169 | 4.01 | 5.86 |
| 413 | 3.3245 | 504000 | 18184 | 4.26 | 5.70 |
| 423 | 4.7521 | 387200 | 25993 | 4.41 | 5.59 |
| 433 | 6.5738 | 317000 | 35957 | 4.56 | 5.50 |
| 443 | 8.5247 | 276200 | 46628 | 4.67 | 5.44 |
| 453 | 11.202 | 245900 | 61273 | 4.79 | 5.39 |
| 463 | 13.877 | 230500 | 75904 | 4.88 | 5.36 |
| 473 | 17.703 | 219700 | 96837 | 4.99 | 5.34 |
| 483 | 21.427 | 211300 | 117201 | 5.07 | 5.32 |

CM obtained at 550 °C for 1 hour, in the entire studied temperature range exhibits semiconductor conductivity. The dielectric constant at the indicated ΔT is also low.

The calculation of the band gap was determined by the formula 1:

$$\Delta E = \frac{2kT_1T_2}{0.43(T_2 - T_1)} \lg \frac{R_1}{R_2}, \quad (1)$$

where k - is the Boltzmann constant; for calculating ΔE , it is $8.6173303 \cdot 10^{-5}$ eV·K⁻¹.

The calculation of ΔE was performed in the range 293–483 K. At a temperature of 293 K, the electrical resistance is 6.35, and at 483 K, $\log R = 3.32$.

$$\Delta E = \frac{2 \times 0,000086173 \times 293 \times 483}{0.43(483 - 293)} \lg \frac{6.35}{5.32} = \frac{24.3902}{81.7} \times 1.1936 = 0.36eV$$

This carbon material can be attributed to narrow-gap semiconductors.

Table 3 presents the dependence of electrical resistance (R), electric capacity (C) and dielectric constant (ε) on temperature (CM based on Saryadyr coal (Pyatimetrovyy layer) ($\tau = 2$ hours).

As can be seen from the data in the table, a CM with up to 383 K exhibits a low dielectric constant, then at 463 K it exhibits a relatively high dielectric constant (1.89 million). In the temperature range under study, the CM exhibits semiconductor conductivity; there are small temperature jumps at 333–373 K, which can be neglected. Calculation of the band gap, at $T = 293$ K, $\log R = 6.62$; $T = 483$ K, $\log R = 4.85$.

$$\Delta E = \frac{2 \times 0.000086173 \times 293 \times 483}{0.43(483 - 293)} \lg \frac{6.62}{4.85} = \frac{24.3902}{81.7} \times 1.3649 = 0.41eV$$

Table 3 – Electrical properties of CM based on Saryadyr coal (Pyatimetrovyy layer) ($\tau = 2$ hours)
(C - capacity, R - electrical resistance, ϵ - dielectric constant)

| T, K | C, nF | R, Ohm | ϵ | $lg\epsilon$ | lgR |
|--------|---------|----------|------------|--------------|-------|
| 293 | 0.05706 | 4160000 | 452 | 2.65 | 6.62 |
| 303 | 0.03489 | 4512000 | 276 | 2.44 | 6.65 |
| 313 | 0.03116 | 4173000 | 247 | 2.39 | 6.62 |
| 323 | 0.0299 | 4417000 | 237 | 2.37 | 6.65 |
| 333 | 0.02452 | 4645000 | 194 | 2.29 | 6.67 |
| 343 | 0.02557 | 4403000 | 202 | 2.31 | 6.64 |
| 353 | 0.05134 | 3217000 | 406 | 2.61 | 6.51 |
| 363 | 0.07499 | 3481000 | 594 | 2.77 | 6.54 |
| 373 | 0.04192 | 4031000 | 332 | 2.52 | 6.61 |
| 383 | 1.0483 | 730600 | 8299 | 3.92 | 5.86 |
| 393 | 6.2496 | 342500 | 49477 | 4.69 | 5.53 |
| 403 | 11.135 | 255300 | 88154 | 4.95 | 5.41 |
| 413 | 19.302 | 195500 | 152810 | 5.18 | 5.29 |
| 423 | 32.592 | 162100 | 258024 | 5.41 | 5.21 |
| 433 | 69.704 | 111500 | 551833 | 5.74 | 5.05 |
| 443 | 113.14 | 86600 | 895707 | 5.95 | 4.94 |
| 453 | 194.56 | 70440 | 1540293 | 6.19 | 4.85 |
| 463 | 239.31 | 65340 | 1894570 | 6.28 | 4.82 |
| 473 | 60.347 | 104200 | 477755 | 5.68 | 5.02 |
| 483 | 133.0 | 71250 | 1052935 | 6.02 | 4.85 |

This CM can also be attributed to narrow-gap semiconductors. Figures 3 and 4 below show the temperature dependence of the samples in the range 293–483 K.

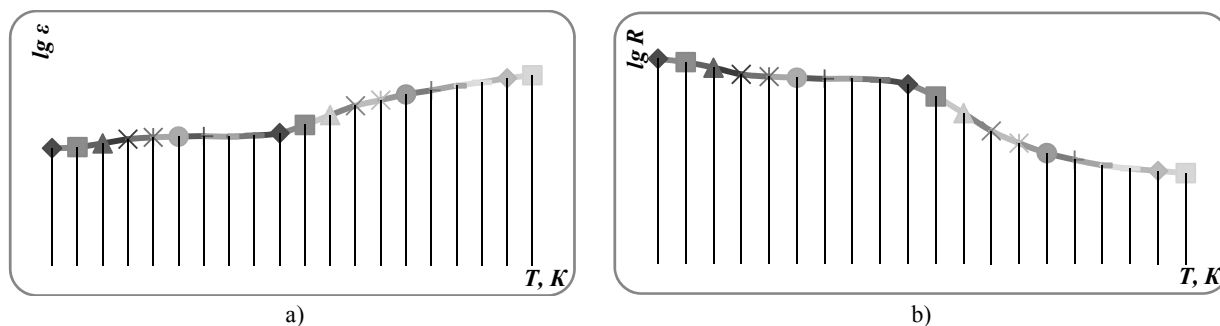


Figure 3 – Temperature dependence of CM based on coal from the Saryadyr deposit ($\tau = 1$ hour) in the range 293–483 K: a) dielectric constant; b) electrical resistance

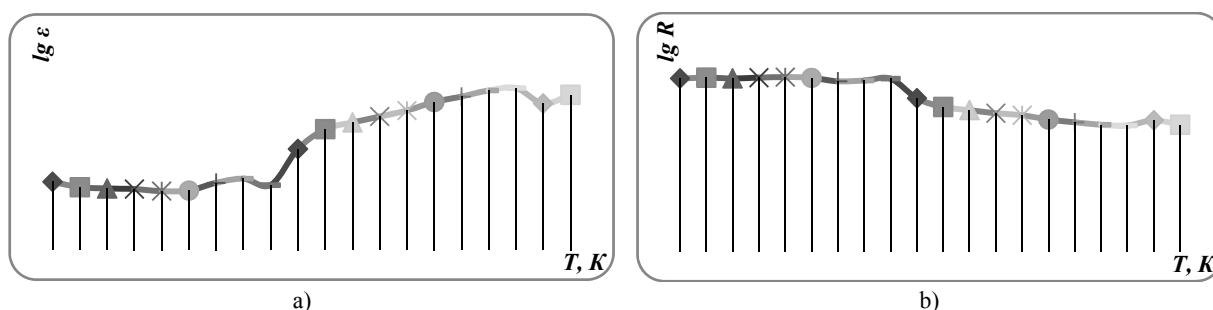


Figure 4 – Temperature dependence of CM based on coal from the Saryadyr deposit ($\tau = 2$ hours) in the range 293–483 K: a) dielectric constant; b) electrical resistance

Table 4 below shows the results of measuring the electrophysical characteristics of CM based on coal from the Saryadyr deposit, at a holding temperature of 3 hours.

Table 4 – Electrical properties of CM based on Saryadyr (Pyatimetrovyy layer) ($\tau = 3$ hours) (C - capacity, R - electrical resistance, ϵ - dielectric constant)

| T, K | C, nF | R, Ohm | ϵ | $lg\epsilon$ | lgR |
|--------|---------|----------|------------|--------------|-------|
| 293 | 65.899 | 148600 | 739879 | 5.87 | 5.17 |
| 303 | 15.198 | 234800 | 170635 | 5.23 | 5.37 |
| 313 | 217.17 | 42510 | 2438268 | 6.39 | 4.63 |
| 323 | 1927.1 | 15120 | 21636446 | 7.34 | 4.18 |
| 333 | 2529.8 | 11450 | 28403239 | 7.45 | 4.06 |
| 343 | 3630.1 | 8885 | 40756817 | 7.61 | 3.95 |
| 353 | 4884.2 | 7061 | 54837180 | 7.74 | 3.85 |
| 363 | 6286.9 | 5780 | 70585944 | 7.85 | 3.76 |
| 373 | 8504.2 | 4963 | 95480600 | 7.98 | 3.70 |
| 383 | 11653 | 3991 | 130833639 | 8.12 | 3.60 |
| 393 | 15050 | 3385 | 168973335 | 8.23 | 3.53 |
| 403 | 22778 | 2764 | 255739177 | 8.41 | 3.44 |
| 413 | 31371 | 2290 | 352216776 | 8.55 | 3.36 |
| 423 | 44725 | 1833 | 502148332 | 8.70 | 3.26 |
| 433 | 61763 | 1469 | 693441866 | 8.84 | 3.17 |
| 443 | 77146 | 1212 | 866153946 | 8.94 | 3.08 |
| 453 | 97302 | 1103 | 1092454712 | 9.04 | 3.04 |
| 463 | 2156.9 | 20030 | 24216517 | 7.38 | 4.30 |
| 473 | 1383.4 | 23290 | 15532074 | 7.19 | 4.37 |
| 483 | 2454.3 | 18670 | 27555565 | 7.44 | 4.27 |

As can be seen from the data obtained, the CM in the interval 293–453 K exhibits semiconductor properties, at $\Delta T = 453$ –473 K - metal and at $\Delta T = 473$ –483 K - the semiconductor nature of conductivity.

Figure 5 below shows the temperature dependence of the CM Saryadyr (Pyatimetrovyy layer) ($\tau = 3$ hours) in the range 293–453 K.

The calculation of ΔE was performed in the range of 293–453 K. At a temperature of 293 K, the electrical resistance is 5.17, and at 453 K, $log R = 3.04$.

$$\Delta E = \frac{2 \times 0,000086173 \times 293 \times 453}{0.43(453 - 293)} \lg \frac{5.17}{3.04} = \frac{22.8753}{68.8} \times 1.7007 = 0.57 eV$$

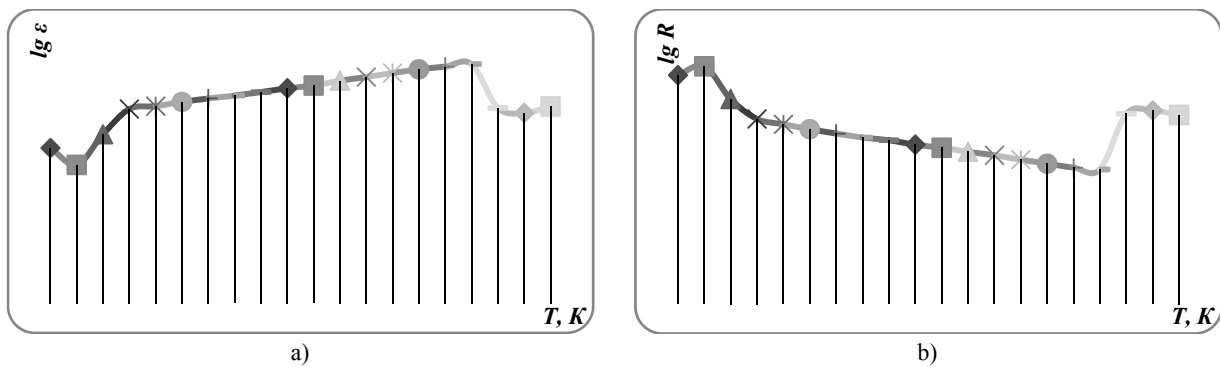


Figure 5 – Temperature dependence of UM based on coal from the Saryadyr deposit ($\tau = 3$ hours) in the range 293–483 K: a) dielectric constant; b) electrical resistance

The obtained carbon material in the range 293–453 K exhibits semiconductor conductivity characteristic of narrow-gap semiconductors. This CM have large values of dielectric constant, which from 740 thousand at 293 K reaches up to 1.1 billion at 453 K, i.e. up to 10^9 degrees to a colossal value and is very attractive as a promising material for microelectronics, i.e. at 453 K, ϵ of CM exceeds the reference $BaTiO_3$ by about 540 thousand times.

This is explained by a phase transition and the formation of carbon nanoparticles ranging in size from 100–700 nm on the surface of the sample, which is evidenced by electron microscopic images (3 hours exposure) (figure 2).

Conclusion. Thus, a chemical analysis of carbon materials from coal from the Saryadyr deposit (Pyatimetrovy layer) was carried out in the work. In the temperature range 293–483 K, their electrophysical characteristics C , R , ϵ were determined. The analysis showed that the obtained carbon material from Saryadyr coal is promising as a capacitive material, fuel cell and semiconductor, as well as for the manufacture of electrodes.

Acknowledgement. This work was carried out as part of the scientific and technical program No. IRN BR05236359 “Scientific and technological support for coal processing and production of high-value coal products” and project No. IRN AP05130707 on the theme “Development of technology and creation of production of carbon nanocomposite materials based on domestic mineral raw materials for gas phase purification and wastewater”, funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

М. К. Казанкапова¹, Б. Т. Ермагамбет¹, Б. К. Касенов², Н. У. Нурғалиев¹,
Ж. М. Касенова¹, Е. Е. Қуанышбеков², А. Т. Наурызбаева¹, С. М. Мартемьянов³

¹«Көмір химиясы және технология институты» ЖШС, Нур-Сұлтан, Қазақстан;

²Ж. Абишева атындағы химико-металлургиялық институты, Қарағанды, Қазақстан;

³«Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск, Россия

«САРЫАДЫР» КЕН ОРНЫНЫҢ КӨМІРІ АРҚЫЛЫ АЛЫНҒАН КӨМІРТЕКТІ МАТЕРИАЛДЫҢ ЭЛЕКТРОФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Аннотация. Мақалада «Сарыадыр» («Пятиметровый») қабаты кен орнындағы Г маркалы көмірді 250–550 °C температурада 10–15 °C/мин жалдамдықта және 550 °C-та 1, 2 және 3 сағат көлемінде термиялық өңдеудің (карбонизация) нәтижелері келтірілген. Карбонизация нәтижесінде көміртекті материалдар (КМ) алынды. Термогравиметриялық, энергодисперсиялық рентгендік спектроскопия, электронды микроскопия әдістерін қолдана отырып, алынған өнімнің техникалық, элементтік құрамы мен беттік морфологиясы зерттелді. КМ-дың электрофизикалық сипаттамалары 293–483 К температура диапазонындағы үлгілердің электрлік кедергісін (R), электр сыйымдылығы (C) және диэлектриктік өткізгіштігін (ϵ) өлшеу арқылы анықталды. Алынған мәліметтер негізінде үлгілердің тыйым салынған аймақ ені (ΔE) есептелінді. 3 сағат ішінде 550 °C температурада алынған көміртегі материал үлкен диэлектрик тұрақты мәнге ие, оның мәні 293 К-де 740 мыңнан 453 К кезінде 1,1 млрд.-қа дейін жетеді, яғни 10^9 дейінгі үлкен мәнге ие және микроэлектроника үшін перспективті материал болып табылады, яғни 453 К кезінде диэлектрик өткізгіштігі ϵ эталон $BaTiO_3$ -тен шамамен 540 мың есе асады. Үлгілердің элементтік құрамы, құрылымы және өлшемі SEM (Quanta 3D 200i) құралында энергия дисперсиялық талдау EDAX көмегімен энергиялық дисперсиялық рентгендік спектроскопия көмегімен зерттелді. Талдаудағы электронды сәуленің энергиясы 15 кэВ. Элементтік талдау нәтижелері көмірді термиялық өңдеуден кейін гетероатомдардың көп бөлігі (оттегі, сутегі, күкірт, азот) газ тәрізді өнімдер түрінде бөлінеді. Тиісінше, көміртегі концентрациясы 82,98-ден 67.80 мас. %-ға дейін төмендейді және қарапайым құрылымдық блоктарға немесе қарапайым графит кристаллиттеріне біріктірілген ароматты сақиналардың құрылымы дамиды. Микросуреттерді талдау нәтижелері термоөңдеуден кейін беттік құрылымында кіші бөлшектер (~ 170 нм дейін) пайда болғанын көрсетеді. КМ өнімдерінде кристаллиттер тұрақты емес орналасады, олардың арасындағы саңылаулар шайырлы заттардың ыдырауы кезінде пайда болатын аморфты көміртегімен толтырылған. Карбонизация нәтижесінде ұшқыш заттар шикізаттан бөлініп, диаметрі 2-ден 30 мкм-ге дейінгі бастапқы макропорлы құрылымдар пайда болады. Электрлік қасиеттерді (электр өткізгіштік пен электр кедергісі) зерттеу LCR-800 сериялы қондырғысындағы (Тайвань) үлгілердің электр сыйымдылығын 1 кГц тұрақты жиіліктегі құрғақ ауада термостатикалық режимде әр белгіленген температурада ұстап тұру уақытымен өлшеу арқылы жүргізілді. 550 °C температурада 1 сағатта алынған КМ, зерттелген температура диапазонында жартылай өткізгіштік қасиет көрсетеді. Көрсетілген ΔT диэлектрик константаның мәні де төмен. Бұл көміртекті материалды тар аймақты жартылай өткізгіштерге жатқызуға болады. 550 °C температурада 2 сағат ішінде 383 К дейін алынған КМ төмен диэлектрик тұрақты, ал 463 К кезінде салыстырмалы түрде жоғары диэлектрик тұрақты (1,89 млн) көрсетеді. Зерттеліп жатқан температура диапазонында КМ жартылай өткізгіштік қасиетке ие, 333–373 К температурада кішігірім ауытқулар байқалады, оларды ескермеуге болады. $T = 293$ К, $\lg R = 6.62$ $T = 483$ К, $\lg R = 4.85$ кезінде тыйым салынған аймақ ені есептелінді (ΔE). Бұл КМ-ды жартылай өткізгіштерге де жатқызуға болады. 3 сағат ұстау температурасында алынған 293–453 К диапазонында жартылай өткізгіштік қасиеттері бар, $\Delta T = 453$ –473 К - металлдық және $\Delta T = 473$ –483 К кезінде - жартылай өткізгіштік. ΔE есептеу 293–453 К аралығында жүргізілді, 293 К температурада электр кедергісі 5,17, ал 453 К температурада $R = 3.04$. Алынған көміртегі материалдар 293–453 К диапазонында жартылай өткізгіштікке ие. Бұл КМ диэлектрик өткізгіштік мәні өте жоғары, олар 293 К-де 740 мыңнан 453 К 1,1 миллиардқа жетеді, яғни 10^9 дәрежесіне дейінгі үлкен мәнге ие және микроэлектроника үшін перспективті материал болып табылады. Мұны фазаның ауысуымен және үлгінің бетінде мөлшері 100–700 нм-ге дейін болатын көміртекті нанобөлшектердің түзілуімен түсіндіріледі, электронды микроскопиялық суреттермен дәлелденеді. Сонымен, жұмыс

барысында «Сарыадыр» кен орны көмірінен («Пятиметровый» қатпары) алынған көміртекті материалға химиялық талдау жүргізілді. 293–483 К температуралық диапазонда олардың электрофизикалық сипаттамалары C , R , ϵ анықталды. Талдау нәтижесі Сарыадыр көмірінен алынған көміртекті материал сыйымдылық материал ретінде, отын элементі және жартылай өткізгіш ретінде, сондай-ақ электродтар өндірісі үшін перспективті материал екенін көрсетті.

Түйін сөздер: көміртекті материал (КМ), химиялық құрамы, электрофизикалық қасиеттер, электркердегі, электрсыымдылық, диэлектриктік өткізгіштік.

М. К. Казанкапова¹, Б. Т. Ермагамбет¹, Б. К. Касенов², Н. У. Нурғалиев¹,
Ж. М. Касенова¹, Е. Е. Қуанышбеков², А. Т. Наурызбаева¹, С. М. Мартемьянов³

¹ТОО «Институт химии угля и технологии», Нур-Султан, Казахстан;

²Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, Караганда, Казахстан;

³«Томский политехнический национальный исследовательский университет», Томск, Россия

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «САРЫАДЫР»

Аннотация. В статье приведены результаты термической обработки (карбонизации) угля марки Г месторождения «Сарыадыр» (пласт «Пятиметровый») в интервале температур 250–550 °С при скорости нагрева 10–15 °С/мин и с выдержкой при 550 °С в течение 1, 2 и 3 часов. В результате карбонизации получены углеродные материалы (УМ). Методами термогравиметрического, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, электронной микроскопии изучены технический, элементный состав, морфология поверхности полученных продуктов. Определены электрофизические характеристики УМ путем измерения электросопротивления (R), емкости (C) и диэлектрической проницаемости (ϵ) образцов в интервале температур 293–483 К. На основании полученных данных рассчитаны ширина запрещенной зоны (ΔE) образцов. Углеродный материал, полученный при 550 °С в течение 3 часов, обладает большими значениями диэлектрической проницаемости, которая от 740 тыс. при 293 К достигает до 1.1 млрд при 453 К до 10^9 степени до колоссального значения и является очень привлекательным в качестве перспективного материала для микроэлектроники, при 453 К ϵ УМ превышает эталонного BaTiO₃ примерно в 540 тыс. раз. Исследование элементного состава, структуры и размерности образцов проводили методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии на приборе SEM (*Quanta 3D 200i*) с приставкой для энергодисперсионного анализа от EDAX. Энергия возбуждающего пучка электронов при анализе была 15 кэВ. Результаты проведенного элементного анализа показали, что большая часть гетероатомов (кислород, водород, сера, азот) удаляется в виде газообразных продуктов. Соответственно уменьшается концентрация углерода с 82,98 до 67,80 мас. % и развивается структура плоских ароматических колец, объединяющихся в основные структурные единицы или элементарные графитовые кристаллиты. Результаты анализа микроснимков показывают, что после термической обработки поверхностная структура изменяется с меньшими размерами частиц (до ~170 нм). В продуктах УМ кристаллиты расположены нерегулярно, промежутки между ними заполнены (или блокированы) аморфным углеродом, который образуется при разложении смолистых веществ. Как известно, в результате карбонизации из сырья выделяются летучие (влага и частично смолы) вещества. Одновременно в нем образуются первичные макропористые структуры диаметром от 2 до 30 мкм. Исследование электрофизических свойств (диэлектрической проницаемости и электрического сопротивления) проводилось путем измерения емкости образцов на серийном приборе LCR-800 при рабочей частоте 1кГц непрерывно в сухом воздухе в термостатном режиме со временем выдержки при каждой фиксированной температуре. УМ, полученный при 550 °С в течение 1 часа, во всем исследуемом интервале температуры проявляет полупроводниковую проводимость. Диэлектрическая проницаемость также при указанном ΔT невысокая. Данный углеродный материал можно отнести к узкозонным полупроводникам. УМ, полученный при 550 °С в течение 2 часов, до 383 К проявляет низкую диэлектрическую проницаемость, далее при 463 К он проявляет относительно высокую диэлектрическую проницаемость (1.89 млн.). УМ проявляет в исследуемом интервале температуры полупроводниковую проводимость, есть небольшие скачки температуры при 333–373 К, которыми можно пренебречь. Рассчитана ширина запрещенной зоны при $T = 293$ К, $\lg R = 6,62$; $T = 483$ К, $\lg R = 4,85$. Данный УМ можно также отнести к узкозонным полупроводникам. УМ, полученный при температуре выдержки 3 часа в интервале 293–453 К, проявляет полупроводниковые свойства, при $\Delta T = 453–473$ К – металлическую и при $\Delta T = 473–483$ К – полупроводниковый характер проводимости. Расчет ΔE произведен в интервале 293–453 К. При температуре 293 К электросопротивление составляет 5.17, а при 453 К $\lg R = 3.04$. Полученный углеродный материал в интервале 293–453 К проявляет полупроводниковую проводимость, характерную узкозонным полупроводникам. Данный УМ обладает большими значениями диэлектрической проницаемости, которая от 740 тыс. при 293 К достигает до 1.1 млрд при 453 К, т.е. до 10^9 степени до колоссального значения и является очень привлекательным в качестве перспективного материала для микроэлектроники. Это объясняется фазовым переходом и образованием углеродных наночастиц размером от 100–700 нм на поверхности образца, о чем свидетельствуют электронно-микроскопические снимки. Таким образом, в работе проведен химический анализ углеродных материалов из угля месторождения «Сарыадыр» (пласт «Пятиметровый»). В интервале температур 293–483 К определены их электрофизические характеристики C , R , ϵ . Проведенный анализ показал, что полученный углеродный материал из Сарыадырского угля представляется перспективным в качестве емкостного материала, топливного элемента и полупроводника, а также для изготовления электродов.

Ключевые слова: углеродный материал (УМ), химический состав, электрофизические свойства, электросопротивление, емкость, диэлектрическая проницаемость.

Information about authors:

Kazankapova Maira Kuttybaevna, PhD in Philosophy, LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Nur-Sultan, Kazakhstan; maira_1986@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9016-3062>

Yermagambet Bolat Toleukhanuly, Director of LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Doctor of Chemical Science, Professor, Nur-Sultan, Kazakhstan; bake.yer@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1556-9526>

Kasenov Bulat Kunurovich, Head of the laboratory of thermochemical processes, "Chemical and Metallurgical Institute" named. Zh. Abisheva, Doctor of Chemistry, Professor, Karaganda, Kazakhstan; kasenov1946@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9394-0592>

Kuanyshtbekov Erbolat Ermekovich, leading engineer, master of technical sciences "Chemical and Metallurgical Institute" named. Zh. Abisheva, Karaganda, Kazakhstan; mr.ero1986@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9172-9566>

Nurgaliyev Nurken Uteuovich, leading Researcher of LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Candidate of Chemical Science, Nur-Sultan, Kazakhstan; nurgaliyev_ao@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9171-2238>

Kassenova Zhanar Muratbekovna, Master of Engineering and Technology, Deputy Director of LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Nur-Sultan, Kazakhstan; zhanar_k_68@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9497-7319>

Nauryzbaeva Asemay Turlangyzy, Bachelor, Junior Researcher of LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Nur-Sultan, Kazakhstan; asemai_2296@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4912-3856>

Martemyanov Sergey Mikhaylovich, Candidate of Technical Science, Associate professor, Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia; martemyanov@tpu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5372-6276>

REFERENCES

- [1] Abramov A.A. (2003) Processing, enrichment and integrated use of solid minerals. M.: MSTU. T. I. 470 p. (in Russ.).
- [2] Ermagambet B.T., Kasenov B.K., Nurgaliyev N.U., Nabiev M.A., Kasenova Zh.M., Kazankapova M.K., Zikirina A.M. (2018) Electrophysical properties and heat capacity of shale from the Kendyryk deposit, *Solid Fuel Chemistry*, 52 (2): 11-14. DOI 10.3103/S0361521918020039 (in Eng.).
- [3] Rybak L.V., Alekseev G.F., Burtsev S.V., Efimov V.I., Korchagina T.V., Shapranko D.S. (2018) [Coal – Russian Coal Journal] 7: 62. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-7-62-67> (in Russ.).
- [4] Hoang V.C., Hassan M., Gomes V.G. (2018) Coal derived carbon nanomaterials—recent advances in synthesis and applications, *Applied Materials Today*, 12: 342-358. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2018.06.007> (in Eng.).
- [5] Moothi K., Iyuke S.E., Meyyappan M., Falcon R. (2012) Coal as a carbon source for carbon nanotube synthesis, *Carbon*, 50 (8): 2679-2690. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2012.02.048> (in Eng.).
- [6] Kalybay A.A., Teltayev B.B., Abzhaliyev A.K. (2019) Nanoenergetic materials and low-carbon nanoenergetics: regularities, technology and raw products // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical sciences*. 2019. Vol. 3, 435. P. 189-202. ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print). <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.85> (in Eng.).
- [7] Shabanova T.A., Glagolev V.A. (2019) Graphen and natural formations, *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical sciences*. 2019. Vol. 3, 435. P. 80-84. ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print). <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.71> (in Eng.).
- [8] Uvarov N.F. (2018) Mesoporous carbon materials and their use in capacitive electrochemical devices. *Materials of the V International Russian-Kazakhstan Scientific and Practical Conference “Chemical Technologies of Functional Materials”*. P. 3-6 (in Russ.).
- [9] Simon P., Gogotsi Y. (2008) Materials for electrochemical capacitors, *Nature materials*, 7 (11): 845-854. DOI:10.1038/nmat2297 (in Eng.).
- [10] Ignatov V.G., Kokin A.V. (2003) *Methods for processing coal*, M.: Phoenix. 512 p. (in Russ.).
- [11] Dresselhaus M., Dresselhaus G., Elkund P. (1996) *Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes*, New York: Academic Press. 965 p. (in Eng.).
- [12] Marsh H., Rodriguez-Reinoso F. (2006) *Activated Carbon*, Elsevier Science & Technology Books. 536 p. (in Eng.).
- [13] Khare R. et al. (2005) Carbon nanotube based composites - a review, *Journal of minerals and Materials Characterization and Engineering*, 4 (01): 31. ISBN: 0080444636
- [14] Rashevsky N.D., Kronik V.S., Moroz V.A., Neelova I.P. (2001) Problems of the collection, processing and disposal of waste, *Sat. scientific articles*. Odessa: OSTNEI. P. 290-295 (in Russ.).
- [15] Qiu J.S., Zhang F., Zhou Y., Han H.M., Hu D.S., Tsang S.C., Harris P.G. (2002) Carbon nanomaterials from eleven caking coals, *Fuel*, 81 (11-12): 1509-1514 (in Eng.).
- [16] Novikova G.V., Zhdankin G.V., Mikhailova O.V., Belova M.V., Semenov V.G., Baimukanov D.A., Iskhan K.Zh., Karynbayev A.K. (2019) Installations for complex influence of electrophysical factors on raw materials // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical sciences*. 2019. Vol. 4, 436. P. 54-61. ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print). <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.97> (in Eng.).
- [17] Yermagambet B.T., Nurgaliyev N.U., Kazankapova M.K., Kasenova Zh.M., Abylgazina L.D. (2019) Smokeless fuel production - semi-coke from coal // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical sciences*, 2: 144-148. DOI: 10.32014/2019.2518-170X.48 (in Eng.).
- [18] Okazaki K. (1976) *Technology of ceramic dielectrics*. M.: Energy. 256 p. (in Russ.).
- [19] Zhumadilov E.K., Davrenbekov S.Zh., Mustafin E.S., Kasenov B.K., Edilbaeva S.T. (2004) Investigation of the electrophysical properties of GdSrCr₂O_{5,5} chromite // *Bulletin of NAS RK*. 5: 114-118.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

Редакторы *Д. С. Аленов, М. С. Ахметова, Т. А. Апендиев*
Верстка *Д. А. Абдрахимовой*

Подписано в печать 12.06.2020.
Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
13,6 п.л. Тираж 300. Заказ 3.