

Торайғыров университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайғыров университета

**ТОРАЙҒЫРОВ
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ**

Химия-биологиялық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



**ВЕСТНИК
ТОРАЙҒЫРОВ
УНИВЕРСИТЕТА**

Химико-биологическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3544

№ 1 (2024)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайгыров университета

Химико-биологическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ84VPY00029266

выдано
Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Тематическая направленность
публикация материалов в области химии, биологии, экологии,
сельскохозяйственных наук, медицины

Подписной индекс – 76134

<https://doi.org/10.48081/AFVW5822>

Бас редакторы – главный редактор

Ержанов Н. Т.
д.б.н., профессор

Заместитель главного редактора
Ответственный секретарь

Ахметов К. К., *д.б.н., профессор*
Камкин В. А., *к.б.н., доцент*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Яковлев Р. В.,	<i>д.б.н., профессор (Российская Федерация);</i>
Титов С. В.,	<i>доктор PhD;</i>
Касанова А. Ж.,	<i>доктор PhD;</i>
Jan Micinski,	<i>д.с.-х.н., профессор (Республика Польша);</i>
Surender Kumar Dhankhar,	<i>доктор по овощеводству,</i> <i>профессор (Республика Индия);</i>
Шаманин В. П.,	<i>д.с.-х.н., профессор</i> <i>(Российская Федерация);</i>
Азаренко Ю. А.,	<i>д.с.-х.н., профессор</i> <i>(Российская Федерация);</i>
Омарова А. Р.,	<i>(технический редактор).</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/MLSP3571>

***М. Нажипкызы¹, А. Р. Сейтказинова², Г. Г. Курманбаева³,
А. Т. Исанбекова⁴, А. К. Калыбаева⁵**

^{1,2,4}Институт проблем горения,

Республика Казахстан, г. Алматы;

^{1,2,4}Казахский национальный университет имени аль-Фараби,

Республика Казахстан, г. Алматы;

³Сатбаев Университет,

Республика Казахстан, г. Алматы;

⁵Инженерно-технологический институт

Кызылординского университета имени Коркыт Ата,

Республика Казахстан, г. Кызылорда.

*e-mail: meruert82@mail.ru

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ В ПОРИСТЫЙ УГЛЕРОД

В данной работе представлены результаты по получению пористого углерода из огуречных кожурей. Полученный пористый углерод был исследован физико-химическими методами анализа, такими как, сканирующая электронная микроскопия, энергодисперсионная рентгеновская флуоресцентная спектроскопия, рамановская и инфракрасная спектроскопия. Элементный анализ показывает, что с повышением температуры карбонизаций, увеличивается массовая доля углерода в образце.

Рамановские спектры образцов, полученных в результате карбонизации, показали характерные пики, соответствующие G (графитовый) и D (дисордерный) пикам в районах 1360 и 1580 см⁻¹ соответственно. Эти пики являются типичными для углеродных материалов и могут использоваться для оценки структурных особенностей.

Морфология и структурные особенности образцов были также исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии, что позволило получить дополнительную информацию о форме и пористой структуре материалов.

Этот подход к получению и анализу углеродных материалов из биомассы имеет потенциал для различных применений, включая области энергетики, катализа и сенсорики.

Ключевые слова: карбонизация, карбонизат, углерод, пористый, кожуры огурца.

Введение

Пищевые отходы определяются как любые несъеденные продукты питания или остатки приготовления пищи, полученные из жилых домов или коммерческих предприятий; и их можно разделить по крайней мере на две группы.

Отходов первой группы можно избежать (например, остатков тарелок). Вторую группу составляют части растений и животных, которые обычно не употребляются в пищу (например, яичная скорлупа, кожа) [1].

Состав типичных пищевых отходов существенно различается, в зависимости от их происхождения. Из-за большого количества, воздействия на окружающую среду и сложных свойств накопленных пищевых отходов, их утилизация и повышение ценности становится растущей глобальной проблемой.

Утилизация отходов энергии – прогрессивный метод, дающий множество преимуществ. В последние годы, благодаря усилиям по использованию возобновляемых источников энергии вместо ископаемого топлива, были разработаны новые технологии пиролиза, особенно для термической переработки биомассы [2; 3].

Термические методы - перспективные технологии, позволяющие превращать отдельные виды отходов в качественное топливо или ценное химическое сырье [4].

Пиролиз является одним из важных методов разрушения органических веществ (обычно целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина) в биоотходах и преобразования их в уникальную форму углеродных материалов. Углеродный материал из различных источников биоотходов получают с использованием либо одностадийного высокотемпературного процесса карбонизации, либо двухэтапного процесса, включающего предварительную карбонизацию и метод активации. Процесс активации создает большое количество пор, а именно микро-, мезо- и макропоры, которые по-разному связаны с электрохимическими свойствами [5; 6; 7].

Для предотвращения резкого термического удара по пищевым отходам перед карбонизацией применяется низкая температура термообработки (от 300 °С до 700 °С), известная как предварительная карбонизация.

При проведении процесса предварительной карбонизации образуется относительно менее дефектный углеродсодержащий промежуточный продукт. Подход к высокотемпературной карбонизации приводит к увеличению плотности электрода, что, однако, снижает его удельную поверхность [8].

В данном исследовании пористый углерод был синтезирован из огуречных кожурей и исследован физико-химическими методами анализа.

Пористый углерод, полученный из огуречных кожурей в виде биомассы, может быть использован в качестве материала для электродов суперконденсаторов и обладать превосходными электрохимическими характеристиками. Высокая удельная поверхность и размер пор являются важнейшими факторами, способствующими улучшению электрохимических свойств углеродных суперконденсаторов [9; 10].

Материалы и методы

Для выявления оптимальных параметров процесса предварительной карбонизации варьировали температурой проведения и длительностью процесса. Для проведения процесса предварительной карбонизации исходные материалы в виде огуречных кожурей несколько раз промывали дистиллированной водой для удаления загрязняющих примесей. После промывки материал высушивали при температуре 80 °С в течение 16 часов в сушильном шкафу. Высушенный материал механически измельчали до однородности с использованием фарфоровой ступки и пестика. Экспериментальные исследования для определения оптимальных условий карбонизации были проведены с использованием установки, изображенной на рисунке 1.

Результаты и обсуждение

Экспериментальными исследованиями было установлено, что наиболее оптимальными для процесса предварительной карбонизации в инертной среде аргона являются температуры 500 °С, 600 °С и 700 °С. Средняя скорость подачи аргона составляла около 0,005 л/мин. Повышение температуры в печи во всех проведенных экспериментах производилось при заданной скорости нагрева 7,5 °С/мин. Для определения оптимальных режимов продолжительность предварительной карбонизации изменяли в пределах от 60 до 120 минут.



Рисунок 1 – Установка для карбонизации

Было установлено, что оптимальная продолжительность процесса карбонизации для получения пористых углеродных материалов составляет 2 часа.

На рисунке 2 представлены фотографии образцов, высушенных, измельченных и подвергнутых предварительной карбонизации.



Рисунок 2 – Высушенные (а), измельченные (б) и карбонизованные (в) образцы огуречных кожуры

На фотографиях видно, как после процесса карбонизации цвет огуречной кожуры меняется с зеленого на черный, что свидетельствует о насыщении образцов углеродом.

Исходное сырье и карбонизаты были исследованы с использованием физико-химических методов, таких как сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), элементный анализ (EDAX), и Рамановская спектроскопия.

Информация о морфологии поверхности исходного сырья (кожуры огурцов) и карбонизатов, синтезированных из огуречных кожурей при температурах 500 °С, 600 °С и 700 °С, была получена с помощью СЭМ.

На рисунке 3(а) показано, что кожура огурцов имеет структуру, схожую с сетчатой, с крупными полостями различной формы и размера. После процесса карбонизации при температуре 500 °С (рисунок 3(б)), образец сохраняет свою трехмерную сетчатую структуру, хотя размеры полостей уменьшаются, а их количество увеличивается. На изображениях 3(в) и 3(г) видно, что при более высоких температурах карбонизации 600 °С и 700 °С, образцы приобретают менее структурированную морфологию, с множеством пор неправильной формы и меньших размеров.

Сравнение биоотходов и соответствующих углеродных материалов показало, что морфология поверхности стала более сложной из-за разложения и улетучивания сырья, в результате чего в углеродных материалах появились поры различного размера. Во время термической обработки при 600 °С и 700 °С большое количество летучих веществ выделяется из твердого материала, что приводит к изменению поверхности частиц, их сжатию и расщеплению, как показано на рисунках 3(в, г) и 4(в, г). Во всех карбонизатах присутствуют большие поры и длинные каналы. Большее количество пор образуется в результате высокотемпературного пиролиза, что может свидетельствовать о том, что морфологические изменения в углеродных материалах происходят в некоторой степени во время реакций формирования угля

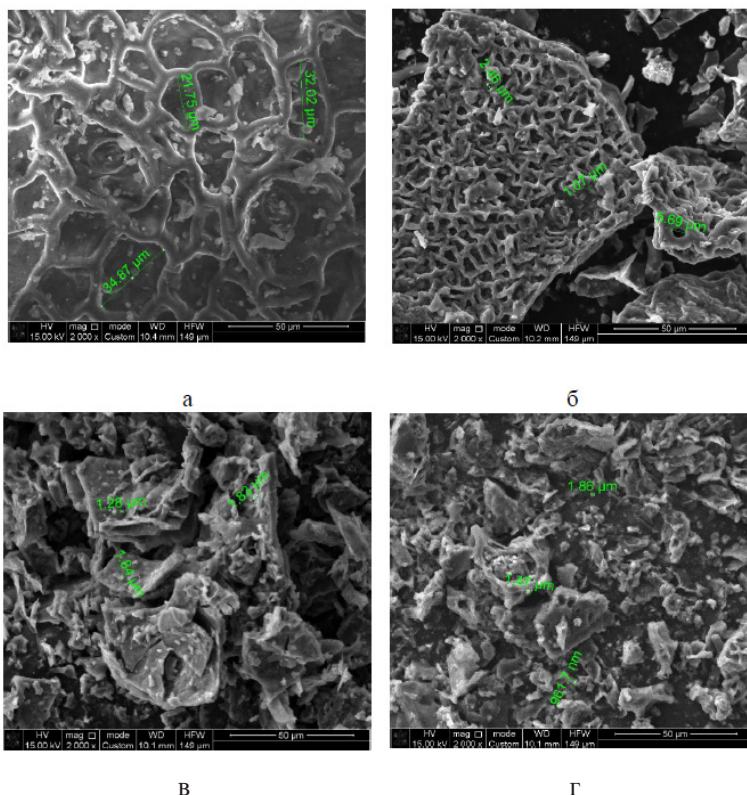


Рисунок 3 – СЭМ снимки образцов:

а) исходный кожура огурца; кожура огурца карбонизованные при разных температурах: б) при 5000; в) при 6000; г) при 7000.

Для определения элементного состава карбонизатов был проведен анализ с использованием EDAX. На рисунке 4 представлены результаты элементного анализа кожуры огурцов и полученных из нее карбонизатов. Из данных видно, что с повышением температуры увеличивается массовая доля углерода в образце.

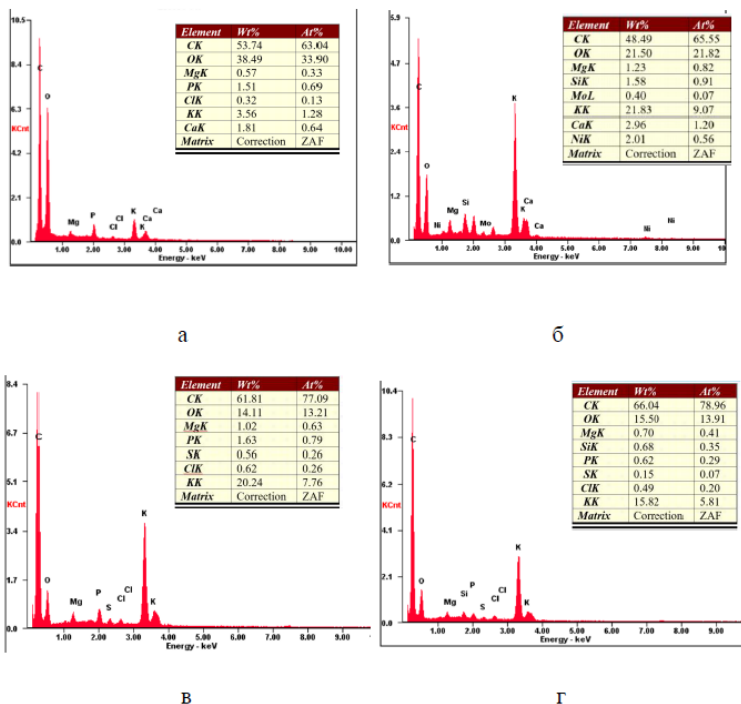


Рисунок 4 – Результаты элементного анализа образцов:

а) исходный кожура огурца; кожура огурца карбонизованная при различных температурах: б) при 5000; в) при 6000; г) при 7000.

Таким образом, если исходное сырье содержит 53,74 % углерода, то синтезированные углеродные материалы содержат от 48,49 % до 66,04 % углерода по массе.

Для определения структуры, дефектов и неупорядоченной природы образцов углеродных материалов была использована Рамановская спектроскопия. На рисунке 5 представлены спектры комбинационного рассеяния образцов из огуречных кожурей. На спектрах видны два характерных пика: пики D-диапазона около 1360 см⁻¹ и пики G-диапазона около 1580 см⁻¹, соответствующие дефектной структуре и графитовой структуре углерода соответственно. Полоса D указывает на наличие структурных дефектов, а полоса G свидетельствует о хорошей электропроводности. Вычисленное соотношение интенсивности D-диапазона

к G-диапазону (ID/IG) для карбонизатов из огуречных кожур, полученных при различных температурах (CPC500, CPC600 и CPC700), составило 0,95; 0,98; 0,93 соответственно. Это свидетельствует об образовании структурных дефектов в графитизированном углероде. Высокие значения ID/IG образцов из огуречных кожур обусловлены усилением структурного беспорядка и образованием пор в процессе карбонизации, что может привести к улучшению электронной проводимости.

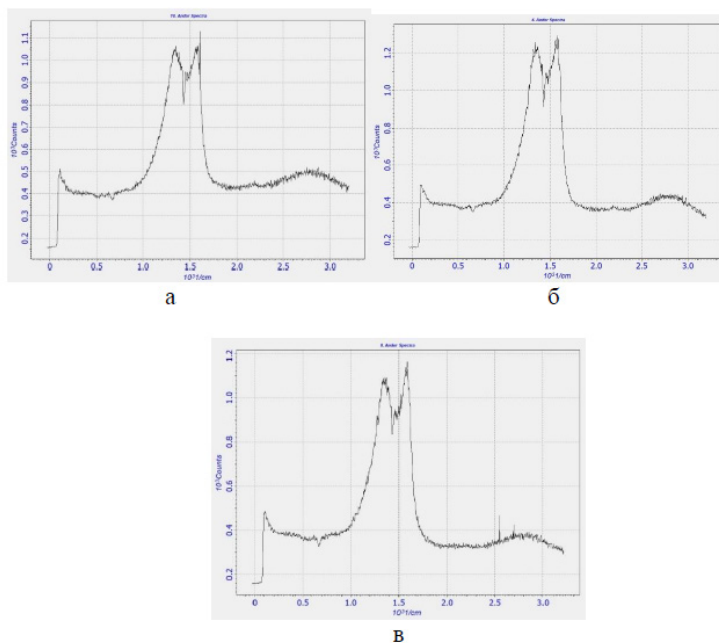


Рисунок 5 – Результаты Рамановской спектроскопии образцов:
а) CPC500; б) CPC600; в) CPC700

Рамановские спектры карбонизированных образцов на основе огуречных кожур демонстрируют характерные пики G и D в районах 1360 и 1580 см⁻¹ соответственно.

Благодарность

Авторы выражают благодарность Комитету науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан за финансовую

поддержку («AP19677415 Получение нанокмозитов из пищевых отходов и создание на их основе электродных материалов для суперконденсаторов»).

Выводы

В результате проведенных исследований было установлено, что огуречные кожуры могут быть успешно использованы в процессе получения пористого углерода. Применение термической обработки в инертной среде при различных температурах позволяет получить углеродные материалы с различными структурами и свойствами. В частности, образцы карбонизированных огуречных кожур демонстрируют характерные пики G и D на Рамановских спектрах, указывающие на графитовую структуру и структурные дефекты углерода. Кроме того, выявлено, что с повышением температуры карбонизации увеличивается массовая доля углерода в образцах.

Эти результаты подтверждают потенциал использования биоотходов, таких как огуречные кожуры, в качестве исходного материала для производства пористых углеродных материалов. Полученные углеродные материалы могут быть полезны в различных областях, включая создание электродов для суперконденсаторов или других электрохимических устройств, благодаря их пористой структуре и улучшенным электрохимическим характеристикам.

Таким образом, переработка биоотходов с использованием термических методов является перспективным подходом, который может способствовать решению проблемы утилизации отходов и одновременно созданию ценных продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Список использованных источников

1 **Silvennoinen, K., Katajajuri, J-M., Hartikainen, H. , Heikkilä L., Reinikainen, A.**, Br Food J, 116, 1058–68 (2014).

2 **Yuxuan, Yang, Bingcheng. Lin, Chen Sun, Minghui, Tang, Shengyong, Lu, Qunxing, Huang, Jianhua, Yan.** Facile synthesis of tailored mesopore-enriched hierarchical porous carbon from food waste for rapid removal of aromatic VOCs. Science of the Total Environment 773 (2021) 145453.

3 **Grycová, B., Koutník, I., Prysycz, A.** 2016. Pyrolysis process for the treatment of food waste. Bioresour. Technol. 218, 1203–1207.

4 **Ahmedna, M., Marshall, W. E., Rao, R. M.** 2000. Production of granular activated carbons from select agricultural by-products and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties. Bioresour. Technol. 71, 113–123.

5 **Elkhalifa, S., Al-Ansari, T., Mackey, H. R., McKay, G.**, 2019. Food waste to biochars through pyrolysis: a review. Resour. Conserv. Recycl 144, 310–320.

6 **Barbora, Grycová, Ivan, Koutník, Adrian, Prysycz.** Pyrolysis process for the treatment of food waste. *Bioresource Technology*, V. 218, 2016, P. 1203-1207.

7 **Sundriyal, S., Shrivastav, V., Pham, H. D., Mishra, S., Deep, A., & Dubal, D. P.** (2021). Advances in bio-waste derived activated carbon for supercapacitors: Trends, challenges and prospective. *Resources, Conservation and Recycling*, 169, 105548.

8. **Edis, Glogic, A. Kamal Kamali, Nilanka, M. Keppetipola, Babatunde Alonge, G. R. Asoka Kumara, Guido Sonnemann, Thierry Toupance, Ludmila Cojocar.** (2022) Life Cycle Assessment of Supercapacitor Electrodes Based on Activated Carbon from Coconut Shells. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 10(46), 15025–15034. [Electronic resource]. – <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c03239>.

9 **Surya, K., Michael, M. S.** (2021). Hierarchical porous activated carbon prepared from biowaste of lemon peel for electrochemical double layer capacitors. *Biomass and Bioenergy*, 152, 106175. [Electronic resource]. – <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106175>.

10 **Tongtong, Ji, Kuihua, Han, Zhaocai, Teng, Jinxiao, Li, Meimei. Wang, Jigang, Zhang, Yang, Cao, Jianhui, Qi.** (2021). Synthesis of Activated Carbon Derived from Garlic Peel and Its Electrochemical Properties. *Int.J.Electrochem. Sci.*, 16, 150653. [Electronic resource]. – <https://doi.org/10.20964/2021.01.61>.

Поступило в редакцию 30.11.23.

Поступило с исправлениями 24.04.24.

Принято в печать 26.08.24.

**М. Назипқызы¹, А. Р. Сейткашинова², Г. Г. Құрманбаева³,
А. Т. Исанбекова⁴, А. Қ. Қалыбаева⁵*

^{1,2,4}Жану проблемалары институты,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

^{1,2,4}Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

³Сәтбаев атындағы университет,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

⁵Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті,

Қазақстан Республикасы, Қызылорда қ.

30.11.23 ж. баспаға түсті.

24.04.24 ж. түзетулерімен түсті.

26.08.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ТАҒАМ ҚАЛДЫҚТАРЫН КЕУЕКТІ КӨМІРТЕККЕ АЙНАЛДЫРУ

Бұл жұмыста қияр қабығынан кеуекті көміртекті алу нәтижелері берілген. Алынған кеуекті көміртекті материал сканерлеуші электронды микроскопия, энергетикалық дисперсиялық рентген-флуоресцентті спектроскопия, және Раман спектроскопиясы сияқты физика-химиялық талдау әдістерімен зерттелді. Элементтік талдау карбонизация температурасының жоғарылауымен үлгідегі көміртектің массалық үлесі жоғарылайтынын көрсетті.

Карбонизация нәтижесінде алынған үлгілердің раман спектрлері сәйкесінше 1360 және 1580 см⁻¹ аймақтарында G (графит) және D (бұзылу) шыңдарына сәйкес келетін сипаттамалық шыңдарды көрсетті. Бұл шыңдар көміртекті материалдарға тән және құрылымдық ерекшеліктерді бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Үлгілердің морфологиясы мен құрылымдық ерекшеліктері сканерлеуші электронды микроскоптың көмегімен де зерттелді, бұл материалдардың пішіні мен кеуекті құрылымы туралы қосымша ақпарат алуға мүмкіндік берді.

Биомассадан көміртекті материалдарды алу және талдаудың бұл тәсілі энергияны, катализді және сезуді қоса алғанда, әртүрлі қолданбалар үшін әлеуетке ие.

Кілтті сөздер: карбонизация, карбонизат, көміртегі, кеуекті, қияр қабықтары.

**M. Nazhipkyzy¹, A. R. Seitkazinova², G. G. Kurmanbaeva³,
A. T. Isanbekova⁴, A. K. Kalybayeva⁵*

*^{1,2,4}Institute of Combustion Problem,
Republic of Kazakhstan, Almaty;*

*^{1,2,4}al-Farabi Kazakh National University,
Republic of Kazakhstan, Almaty;*

³Satbayev University, Republic of Kazakhstan, Almaty;

*⁵Korkyt Ata Kyzylorda University,
Republic of Kazakhstan, Kyzylorda.*

Received 30.11.23.

Received in revised form 24.04.24.

Accepted for publication 26.08.24.

CONVERTING FOOD WASTE INTO POROUS CARBON

In this work, the results of obtaining porous carbon from cucumber peels are presented. The obtained porous carbon was studied by physico-chemical methods of analysis, such as scanning electron microscopy, energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy, and Raman spectroscopy. Elemental analysis shows that with the increase in carbonization temperature, the mass fraction of carbon in the sample increases.

Raman spectra of samples obtained as a result of carbonization showed characteristic peaks corresponding to G (graphite) and D (disorder) peaks in the regions of 1360 and 1580 cm^{-1} , respectively. These peaks are typical for carbon materials and can be used to evaluate structural features.

The morphology and structural features of the samples were also investigated using scanning electron microscopy, which allowed to obtain additional information about the shape and porous structure of the materials.

This approach to obtaining and analyzing carbon materials from biomass has potential for various applications, including energy, catalysis, and sensing.

Keywords: carbonization, carbonate, carbon, porous, cucumber.

Теруге 04.03.2024 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

2,56 МБ RAM

Шартты баспа табағы 7,94.

Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген А. К. Темиргалинова

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4292

Сдано в набор 04.03.2024 г. Подписано в печать 29.03.2024 г.

Электронное издание

2,56 МБ RAM

Усл. п. л. 7,94. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка А. К. Темиргалинова

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4292

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

Павлодар мемлекеттік университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-cb.tou.edu.kz