

В настоящее время ученые кафедры полимерных композиционных материалов Белорусского государственного технологического университета приступили к изучению возможности использования УКК в рецептурах протекторных резин легковых и грузовых шин. Кроме того, планируется в лабораторных условиях отработать партию кремнистого наполнителя из УКК при дальнейшей термообработке до полного удаления углеродной фракции, в результате чего получается наполнитель с содержанием  $\text{SiO}_2$  до 98 %.

#### Литература

1. Ajay K., Kalyani M., Devendra K., Om P. Properties and Industrial Applications of Rice husk: A review // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2012. V. 2, is. 10. P. 86–90.
2. Shcherbakova T. P., Vaseneva I. N. A Biogenic Silica Synthesis Method // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2020. V. 54. P. 297–303.
3. Alyosef, H. A., Eilert A., Welscher J., Ibrahim S. S., Denecke R., Schwieger W., Enke D. Characterization of biogenic silica generated by thermo chemical treatment of rice husk // Particulate Science and Technology: An International Journal. 2013. V. 31, is. 6. P. 524–532. doi.org/10.1080/02726351.2013.782931
4. Азарова Ю. В., Толстова О. Н., Коссо Р. А., Тен П. В., Хохряков А. А., Морозов Ю. И. Исследование возможностей использования продуктов сгорания рисовой шелухи для шин и РТИ // 16-й симпозиум «Проблемы шин и резинокордных композитов»: материалы докладов Международной конференции., Москва, 18–19 октября 2005 г. с. 32–34.
5. Углерод-кремнистый наполнитель для эластомерных композиций / В.В. Боброва и др. // Труды БГТУ, 2022, серия 2, №1, с. 89-95. DOI: <https://doi.org/10.52065/2520-2669-2022-253-1-89-95>.

### **МИНЕРАЛЬНЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

В.В. Боброва<sup>1</sup>, Н.Р. Прокопчук<sup>1</sup>, А.Ф. Антипов<sup>2</sup>, С.А. Ефремов<sup>3</sup>,  
С.В. Нечипуренко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь, <sup>2</sup>ТОО «Биокарбон», г. Алматы, Республика Казахстан, <sup>3</sup>Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

The development of polymer composite materials using various environmentally friendly fillers is an area of active research. The main goal of this work is to study the structure and chemical composition of a carbon-silicon composite (CSC) obtained by carbonization of a mixture of rice husk and rice stalk in a pyrolysis furnace without oxygen, at a temperature of 550–600°C, before and after mechanoactivation.

Разработка полимерных композиционных материалов с использованием различных экологически чистых наполнителей является областью активных исследований [1-3]. Основная цель данной работы заключается в изучении структуры и химического состава углерод-кремнистого композита (УКК), полученного путем карбонизации смеси рисовой шелухи и рисового стебля в пиролизной печи без доступа кислорода, при температуре 550–600°C, до и после механоактивации.

Химический состав УКК определен методом рентгенофазового анализа. Установлено, что композит состоит из углерода (35,0–60,0 ± 2,0%), диоксида кремния (30,0–50,0 ± 2,0%) и примесей оксидов металлов различной природы, а также содержит аморфную фракцию оксида кремния. Изучены основные физико-химические характеристики углерод-кремнистого композита. Методом сканирующей электронной микроскопии исследована структура композита. Выявлено, что она представляет собой в основном агрегаты, состоящие из слоистых образований с развитой внутренней системой пор, рисунок 1.

Морфологию и структуру образца УКК анализировали на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-5610 LV при разном увеличении). Установлено, что структура УКК представляет собой, в основном, агрегаты, состоящие из слоистых образований с развитой внутренней системой пор. Кремний, образующийся в процессе естественной эволюции рисовой шелухи, распределяется в материале в виде монокремниевой кислоты, которая перемещается к внешней оболочке шелухи, где в результате испарения и концентрирования она превращается в целлюлозо-кремнеземную мембрану. В дальнейшем этот нежелательный эффект может привести к затруднению в доставке реагентов внутрь углеродной матрицы на стадии активации. Поэтому проведение карбонизации при высоких температурах нецелесообразно для процесса производства активированного углеродного материала [4].

С целью развития поверхности УКК осуществлена его механоактивация путем измельчения в вибрационной и планетарной мельницах при различном времени. Установлено, что продолжительность механоакти-

вазии углерод-кремнистого композита способствует увеличению удельной поверхности композита, таблица 1 и 2.

Таблица 1 – Показатели поверхности механоактивированного УКК в вибрационной мельнице

УКК	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Сорбционный объем, см <sup>3</sup> /г
Без механоактивации	36	0,026
Механоактивированная в течение, мин:		
1 (УКК 1В)	41	0,023
2 (УКК 2В)	57	0,031
3 (УКК 3В)	74	0,040
4 (УКК 4В)	43	0,022
5 (УКК 5В)	39	0,021

Таблица 2 – Показатели поверхности механоактивированного УКК в планетарной мельнице

УКК	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Сорбционный объем, см <sup>3</sup> /г
Без механоактивации	36	0,026
Механоактивированная в течение, мин:		
1 (УКК 1П)	61	0,036
2 (УКК 2П)	85	0,046
3 (УКК 3П)	81	0,061
4 (УКК 4П)	111	0,070
5 (УКК 5П)	52	0,026

С помощью анализатора размеров частиц, дзета-потенциала и молекулярной массы 90Plus Particle Size Analyzer (Brookhaven Instruments Corporation, США) был исследован размер частиц УКК, технического углерода П-803, таблица 3.

Таблица 3 – Размер частиц наполнителей

Тип наполнителя	Размер частиц, мкм
П-803	3,4
УКК	25,0
УКК 1В	25,7
УКК 2В	14,6
УКК 3В	12,7
УКК 4В	18,8

УКК 5В	26,3
УКК 1П	25,8
УКК 2П	14,7
УКК 3П	11,4
УКК 4П	20,6
УКК 5П	28,8

### Литература

1. Kumar A., Mohanta K., Kumar D., Parkash Om. Properties and Industrial Applications of Rice husk: A review // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2012. V. 2, is. 10. P. 86–90.
2. Hadipramana J., Riza F. V., Rahman I. A., Loon L. Y., Adnan S. H., Zaidi A. M. A. Poz-zolanic Characterization Of Waste Rice Husk Ash (RHA) From Muar, Malaysia // International Journal: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. V. 160. No.11. P. 1–10.
3. Bakar R. A., Yahya R., Gan S. N. Production of high purity amorphous silica from rice husk // Procedia Chemistry. 2016. V. 19. P. 189–195.
4. Углерод-кремнистый наполнитель для эластомерных композиций / В.В. Боброва и др. // Труды БГТУ, 2022, серия 2, №1, с. 89-95. DOI: <https://doi.org/10.52065/2520-2669-2022-253-1-89-95>.

## ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ НА СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Р.М. Долинская, Н.Р. Прокопчук, Э.Т. Крутько

учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет» (БГТУ), г. Минск, Республика Беларусь

The paper shows that the use of rubber crumb modified with imide-containing components leads to an acceleration of the process of sulfur vulcanization of the compositions, increases the strength characteristics, their heat and wear resistance and resistance to thermal aging.

Различные виды эластомеров и изделий из них находят все более широкое применение во всех отраслях народного хозяйства. Неотъемлемой частью является максимальное вовлечение отходов производства в народнохозяйственный оборот, что становится в современных условиях важным источником обеспечения роста производства.