

В тоже время, происходит рост количества поперечных связей в 1 см³ вулканизата и меняется плотность поперечного сшивания. Это подтверждает, что под действием ионизирующего излучения образуются свободные радикалы, образующиеся при диссоциации молекул в возбужденном состоянии или при взаимодействии молекулярных ионов. Радикалы могут быть очень реакционноспособными и легко рекомбинировать или вступать в реакцию с полимером с образованием стабильных продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chmielewski, A.G., Al-Sheikhly, M., Berejka, A.J., Cleland, M.R. and Antoniak, M. (2014) Recent Developments in the Application of Electron Accelerators for Polymer Processing. *Radiation Physics and Chemistry*, 94, 147-150.

2. A. Hirozumi T. Akihiro, K. Nobuo, I. Tadashi, K. Makoto, S. Soichi, N. Takeshi, F. Kenzo, T. Kazuyuki, M. Takaaki, *Jpn. J. Appl. Phys.* 2004, 43, L 1250.

УДК 678.046.3

В.В. Боброва, асп.; Н.Р. Прокопчук, д-р хим. наук, проф.;
А.В. Касперович, канд. техн. наук, зав. кафедрой ПКМ;
В.Н. Фарафонов, канд. техн. наук, доц. (БГТУ, г. Минск);
С.А. Ефремов, д-р хим. наук, проф.;
С.В. Нечипуренко, канд. техн. наук, доц.
(КНУ, г. Алматы, Республика Казахстан)

СТРУКТУРА И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ УГЛЕРОД-КРЕМНИСТОГО КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Рисовая шелуха является одним из побочных продуктов, получаемых при помоле риса. Известно, что из каждой тонны произведенного риса образуется примерно 0,23 т рисовой шелухи [1]. Мировое производство риса составляет примерно 645 млн. т. В странах Азии производят рис около 90% от общего объема производства 100000 т и более, при этом две страны, Китай и Индия, выращивают более половины всего урожая [2]. В некоторых странах рисовую шелуху иногда используют в качестве топлива, абсорбентов и т.п. Однако, частично сгоревшая рисовая шелуха, в свою очередь, способствует загрязнению окружающей среды, поэтому актуальным является ее переработка для производства экологически чистого материала, имеющего высокую конечную ценность [3].

Внимание исследователей привлекает идея создания наполнителей эластомерных композиций из рисовой шелухи [4]. Известно, что конечное использование любого материала зависит от его структуры, свойств и, главным образом, от химического состава. Целью данной работы стало исследование структуры и химического состава углерод-кремнистого композита (УКК), полученного на основе карбонизатов рисовой шелухи и рисового стебля, который может быть использован в производстве резинотехнических изделий (РТИ) и шин, а также в качестве углеродного наполнителя композиционных материалов – тормозные фрикционы, пластмасса, полиэтилен, полипропилен и т. д.

Ранее [5], была изучена структура и исследован элементный состав углерод-кремнистого наполнителя. В настоящей работе исследован химический состав зольного остатка углерод-кремнистого композита (УКК), полученного по ГОСТ 25699.8-90 [6].

Для установления элементного состава были проведены исследования на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201. Результаты представлены в таблицах 1–2.

Таблица 1 – Элементный состав зольного остатка УКК

Образец	Состав, масс.%					
	O	Al	Si	K	Ca	Fe
Зольный остаток	51,96	0,45	44,46	1,36	1,11	0,66

Таблица 2 – Состав УКК в пересчете на оксиды

Образец	Состав, масс.%				
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	FeO
Зольный остаток	0,85	95,11	1,64	1,55	0,85

Элементный анализ показал наличие 95,11 масс.% оксида кремния. На рисунке 1 представлен энергодисперсионный спектр от образца золы УКК. Методом инфракрасной микроскопии было установлено присутствие следующих основных функциональных групп в УКК:

- 800 и 1100 см⁻¹ (колебания силоксановых групп –Si–O–Si–);
- 960 см⁻¹ (асимметричные колебания силанольных групп);
- 1500–1700 см⁻¹ соответствует содержанию H₂O;
- 2600–3700 см⁻¹ соответствует содержанию групп –ОН;
- 3180–3200 см⁻¹ – обертон 1630 см⁻¹ (адсорбированная вода, связанная водородной связью с одним силанолом);
- 3400 см⁻¹ (адсорбированная вода, связанная водородной связью с соседними силанолами);
- 3650 см⁻¹ (внутренние ОН-группы, связанные водородными связями).

Для определения текстурных параметров, таких как объем и средний радиус пор образца УКК, была снята изотерма адсорбции азота при 77 К.

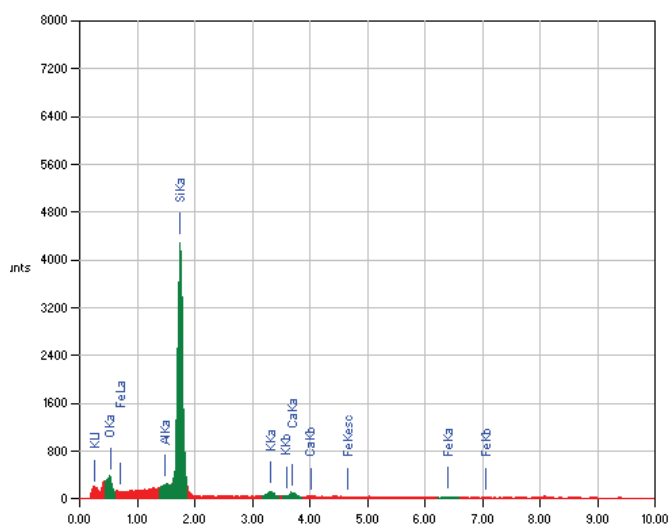


Рисунок 1 – EDX-спектр от образца УКК

В результате исследований было установлено, что сорбционный объем пор составляет $0,066 \text{ см}^3/\text{г}$. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что у частиц УКК отсутствуют мезо- и микропоры, что может говорить о слабом взаимодействии частиц наполнителя с каучуком. Удельная геометрическая поверхность по адсорбции азота составила $35 \text{ м}^2/\text{г}$, что соответствует классу низкоусиливающих напол-

нителей для резиновых смесей [6].

В связи с этим для изменения удельной поверхности частиц УКК планируется провести работы по механоактивации поверхности композитного наполнителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Prasad R., Pandey M. Rice Husk Ash as a Renewable Source for the Production of Value Added Silica Gel and its Application: An Overview // *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. – 2012. – V.7. – № 1. – p. 1–25.
2. Yalcin N., Sevinc V. Studies on silica obtained from rice husk // *Ceram. Inter.* – 2001. – V. 27. – p. 219-224.
3. Pijarn N., Jaroenworoluck A., Sunsaneeyametha, W., Stevens R. Synthesis and characterization of nanosized-silica gels formed under controlled conditions // *Powder Technol.* – 2010. – V. 203. – №3. – p. 462–468.
4. Sac-Oui P., Rakdee C., Thanmathorn P. Use of rice husk as filler in nature rubber vulcanizates: In comparison with other commercial fillers // *J. Appl. Polym. Sci.* – 2002. – Vol.83. – № 11. – P. 2485–2493.
5. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Касперович А.В., Фарафонов В.Н., Ефремов С.А., Антипов А.Ф. Инновационный наполнитель эластомеров на основе растительного сырья // *Материалы IV Междунар. науч.-техн. форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке «НЕФТЕХИМИЯ-2021»*, Минск, 22–23 ноября 2021 г. – Минск: БГТУ, 2021. – с. 113–116.
6. Большой справочник резинщика. Резины и резинотехнические изделия: в 2 ч. / Под ред. С.В. Резниченко, Ю.Л. Морозова. – М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2012. – Ч. 1. – 744 с.