

В.В. Боброва, асп.;

Н.Р. Прокопчук, д-р хим. наук, член-корр. НАН Беларуси, проф.  
(БГТУ, г. Минск);

С.А. Ефремов, д-р хим. наук, проф.;

С.В. Нечипуренко, канд. техн. наук, доц.  
(КНУ, г. Алматы, Республика Казахстан)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА РИСА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ

Нестабильность цен и издержек производства технического углерода, который обычно используется в качестве резинового наполнителя [1] и экологические проблемы стимулируют интенсивные исследования, направленные на создание наполнителей новых типов. Ввиду этого становится актуальной тема поиска новых упрочняющих наполнителей из экологически чистых источников для резиновой промышленности [2]. Ранее [3, 4] были изучены структура и химический состав продуктов переработки риса – рисовой шелухи и стебля, и исследовано их влияние на эластомерные композиции на основе бутадиен-нитрильных каучуков, предназначенных для изготовления различных уплотнительных изделий.

Цель данной работы – изучить возможность замены малоусиливающего технического углерода марки N772 на углерод-кремнистый наполнитель (УКН) растительного происхождения, получаемый путем карбонизации в пиролизной печи без доступа кислорода при 650 °С смеси рисовой шелухи и стебля, и их совместного использования в эластомерных композициях на основе комбинации изопренового (СКИ-3) и бутадиенового (СКД) каучуков, предназначенных для изготовления виброизоляторов (таблица 1).

**Таблица 1 – Рецепт эластомерных композиций на основе СКИ-3+СКД**

| Наименование ингредиентов | Содержание ингредиентов,<br>мас. ч. на 100 мас. ч. каучука |
|---------------------------|--|
| СКИ-3                     | 75,00  |
| СКД                       | 25,00  |
| Сера                      | 2,25   |
| Ускорители вулканизации   | 0,60   |
| Белила цинковые           | 45,5   |
| Антикорчинг               | 0,8  |
| Противостарители          | 5,2  |
| Наполнители: N220         | 40,00  |
| N772                      | 40,00  |
| Стеариновая кислота       | 2,00   |
| Итого:                    | 236,35   |

Наполнение смесей осуществляли малоусиливающим техническим углеродом марки N772 и УКН в различном соотношении (таблица 2).

**Таблица 2 – Соотношение наполнителей в исследуемой резиновой смеси**

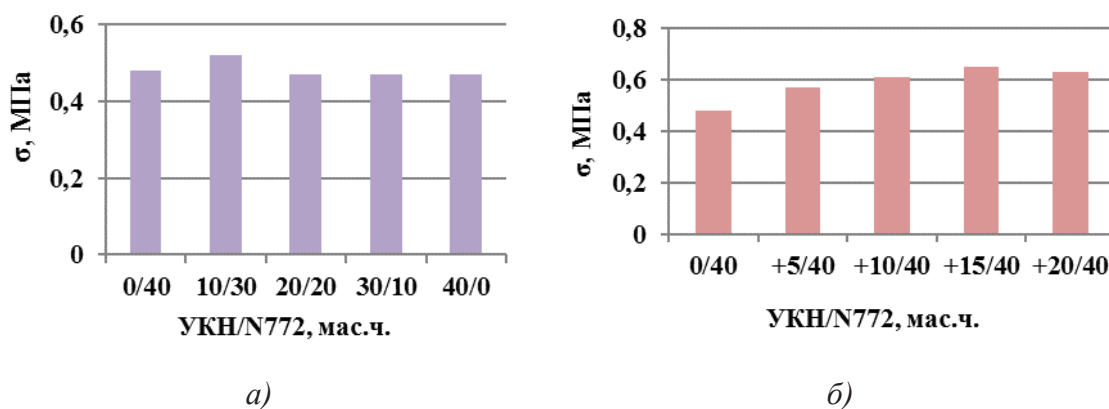
| Соотношение УКН / N772,<br>мас. ч. на 100 мас. ч. каучука |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Замена N772   | Совместное использование УКН и N772 |
| 0 / 40  | 0 / 40                              |
| 10 / 30   | +5 / 40                             |
| 20 / 20   | +10 / 40                            |
| 30 / 10   | +15 / 40                            |
| 40 / 0  | +20 / 40                            |

Применение в рецептурах эластомерных композиций новых наполнителей может оказывать существенное влияние на технологические свойства резиновых смесей. Использование в рецептурах исследуемых резиновых смесей УКН в качестве замены технического углерода приводит к снижению вязкости по Муни резиновых смесей до 41,7 %, что, в свою очередь, снизит энергозатраты на переработку эластомерных композиций; увеличению времени начала вулканизации до 18,2 %, т.е. повышается стойкость к подвулканизации; уменьшению комплексного динамического модуля до 40,7 %. В тоже время до 13 % повышается время достижения оптимума вулканизации, что объясняется адсорбцией компонентов вулканизирующей системы на поверхности золы рисовой шелухи, тем самым замедляя процесс вулканизации. Совместное использование УКН и N772 приводит к некоторому увеличению вязкости, незначительному изменению комплексного динамического модуля, что вероятно обусловлено перенасыщением эластомерной матрицы углеродсодержащими компонентами, что приводит к снижению подвижности сегментов макромолекул эластомерной матрицы, уменьшению ее сдвиговых деформаций, затруднению перемещения макромолекул друг относительно друга.

По результатам определения физико-механических характеристик резин на основе СКИ-3+СКД было установлено, что применение УКН в качестве замены синтетического технического углерода до 20 мас. ч и при совместном действии в количестве до 10 мас. ч. позволит сохранить такие показатели как условная прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве и твердость по Шору А эластомерных композиций в пределах погрешности и позволит снизить себестоимость готовой продукции за счёт низкой стоимости исследуемого продукта и увеличения удельного веса резиновой смеси. Дальнейшее увеличение содержания УКН в эластомерных компози-

циях снижает физико-механические показатели, что может быть обусловлено увеличением содержания в эластомерной матрице наполнителя низкой дисперсности, что способствует снижению межмолекулярного взаимодействия участков макромолекул между узлами сетки, что в свою очередь приводит к деформированию сетки. Стоит отметить, что полная замена технического углерода марки N772 на продукт растительного происхождения в эластомерных композициях, предназначенных для изготовления виброизоляторов, позволяет получать вулканизаты с заданным комплексом свойств по техническим характеристикам на данное изделие [5].

Одной из основных причин изменения различных свойств эластомерных композиций под воздействием повышенных температур является окисление и образование радикалов. Стойкость вулканизатов на основе СКИ-3+СКД, содержащих УКН в различном количестве к тепловому старению оценивалась по коэффициенту старения. Сравнительный анализ полученных данных показал, что, в случае, как замены, так и в случае совместного использования, присутствие продукта переработки риса повышает стойкость эластомерных композиций к действию высоких температур, что обусловлено, прежде всего, структурой и природой вулканизационной сетки (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Коэффициент старения резин по условной прочности при растяжен а) при замене N772 на УКН; б) при совместном использовании N772 и УКН**

Озоностойкость исследуемых резин оценивалась по коэффициенту озонного старения. Установлено, что использование УКН в качестве частичной и полной замены N772 приводит к повышению стойкости резин к воздействию озона в 1,8 раза по сравнению с композициями, не содержащими исследуемый наполнитель. Это в свою очередь вероятно связано с химической инертностью изучаемого наполнителя по отношению к агрессивной среде. Усиливающие и полууси-

ливающие наполнители имеют на своей поверхности активные в химическом отношении свободные радикалы, которые в свою очередь взаимодействуют с окислительными средами. Интенсивность данного взаимодействия, а также его характер, влияют на стойкость резин к агрессивным средам. Кроме того, повышенная эластичность участков макромолекул между узлами пространственной сетки обуславливает снижение механических напряжений на химических связях в макромолекулах из-за их релаксации после растяжения образцов, в результате чего данные связи более устойчивы к действию озона.

В случае совместного использования УКН и N772, коэффициент озонного старения, при использовании УКН в количестве свыше 5 мас. ч., снижается в 1,2 раза, что, вероятно, обусловлено увеличением плотности сшивки макромолекул при добавлении золы в резиновые смеси, что в свою очередь приводит к повышению напряжений на химических связях в макромолекулах при действии растягивающего напряжения и более губительному действию озона на них.

Применение отходов рисового производства в эластомерных композициях, предназначенных для изготовления виброизоляторов, дает возможность регулировать процесс переработки данных композиций, изготавливать изделия с улучшенными эксплуатационными характеристиками и снизить себестоимость готовой продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов В. Ю., Комаров А. М., Ляпина Л. А. Производство и использование технического углерода для резин. Ярославль: Издательство Александр Рутман, 2002. 512 с.
2. Characterization of biogenic silica generated by thermo chemical treatment of rice husk / Н. А. Alyosef [et al.] // Particulate Science and Technology: An International Journal. 2013. Vol. 31, no. 6. P. 524–532.
3. Боброва В. В., Прокопчук Н. Р., Ефремов С. А., Нечипуренко С. В. Углерод-кремнистый наполнитель растительного происхождения // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2022. № 1 (253). С. 89–95.
4. Боброва В. В., Прокопчук Н. Р., Ефремов С. А., Нечипуренко С. В. Свойства эластомерных композиций, наполненных углерод-кремнистым композитом // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2022. № 2 (259). С. 156–164.
5. Виброизоляторы резиновые и резиноармированные для автотракторной техники: ГОСТ 32586-2013. Введ. 01.01.2015. М.: Стандартинформ, 2013. 48 с.