

2. Abe Y., Tomioka M., Kabir M., Kumagai S. Role of SiO_x in rice-husk-derived anodes for Li-ion batteries // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12, no. 1. – P. 1–11.
3. Yunhai M., Shengwang Y., Zichao M., Yihao H., Shichao N., Li L., Guoqin L., Feipeng C. Comparative Study of Different Pretreatment and Combustion Methods on the Grindability of Rice-Husk-Based SiO_2 // Nanomaterials. – 2023. – Vol. 13. – P. 2951–2969.
4. Guojie Z., Ge W., Yang J., Shefing W., Yong Z. Preparation and properties of rice husk ash silica filled natural rubber // Polymer Composites. – 2024. – Vol. 45. – P. 438–447.
5. Moresco S., Sicinski M., Gozdek T., Giovanela M., Carli L.N., Crespo J. S. Plasma treatment of rice husk ash for application in tire retread compounds based on natural rubber // Polymer Engineering & Science. – 2024. – Vol. 65, no. 2. – P. 700–713.
6. Boonmee A., Sabsiroht P., Jarukumjorn K. Preparation and characterization of rice husk ash for using as a filler in natural rubber // Materials Today: Proceedings. – 2019. – Vol. 17. – P. 2097–2103.

УДК 678.074.046.3.03

**Касперович А.В., Боброва В.В.,
Колосовский Р.С., Фарафонов В.Н.**

(УО «Белорусский государственный технологический университет»)

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ КАРБЕНИЗАТА РИСОВОЙ ШЕЛУХИ НА СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Отходы сельского хозяйства могут служить сырьевым источником для производства зольных материалов на основе переработки биомассы. Исследования, проведенные в широком географическом диапазоне, показывают, что многие виды отходов сельского хозяйства, в том числе шелуха риса, кукурузы и овса, косточки плодовых деревьев, косточки оливок, виноградные косточки, а также миндаль, скорлупа подсолнечника и др., могут быть использованы в целях получения материалов для применения их в различных отраслях промышленности [1]. Сообщения мировой литературы в области материалов, содержащих растительные биодобавки, обычно включают композиты на основе термопластов и реактопластов [2]. Важным фактором, определяющим свойства композиций, является выбор соответствующих натуральных материалов в качестве

армирующего материала. Одним из методов улучшения характеристик наполнителей композитных эластомеров может быть их модификация различными способами [3]. Модификация наполнителей из биологических масс осуществляется для установления связи усиливающего материала с матрицей, что способствует увеличению совместимости рецептурообразующих компонентов композиции [4].

Ранее проведенные исследования [5] были направлены на снижение размера частиц карбонизата рисовой шелухи (КРШ) путем измельчения его на вибрационной и планетарной мельницах в сухой среде с различным временем воздействия ударных и истирающих сил. Было определено, что обработка КРШ в планетарной мельнице приводит к улучшению его поверхностных характеристик. Это, в свою очередь, усиливает адгезию наполнителя к каучуку и приводит к росту показателя вязкости по Муни для резиновых композиций, повышению стойкости резин к преждевременной подвулканизации и получению вулканизатов с более высокими упруго-прочностными показателями. Однако представляло интерес дальнейшее исследование различных методов модификации КРШ с целью смещения значений размера частиц в диапазон более низких показателей, а также для расширения распределения частиц по размерам. Для достижения более высокой удельной поверхности КРШ и усиления его прочностных характеристик в композициях эластомеров первоначальный материал подвергали разнообразным поверхностным модификациям [6]. На основании проведенных исследований было установлено, что модификация КРШ на измельчительном оборудовании в сухой среде и в среде (этанола) C_2H_5OH позволяет обеспечить получение материала, обладающего повышенными показателями удельной поверхности, распределения частиц по размерам и сорбционного объема за счет увеличения активности поверхности при сравнении с наполнителем без аналогичной модификации. Данное исследование направлено на изучение влияния различных видов модификации КРШ на основные физико-механические и эксплуатационные характеристики промышленных эластомерных композиций на основе каучука специального назначения БНКС-18АМН и комбинации каучуков общего назначения СКИ-3+СКД.

Сравнительный анализ физико-механических характеристик исследуемых эластомерных композиций показал, что применение ЗРШ модифицированной на планетарной мельнице в течение 9 и 12 мин, а также модифицированной в среде этанола в течение 10 мин в качестве замены полуусиливающего технического углерода марки N550 в резинах на основе каучука специального назначения БНКС-18АМН

в дозировке 40 мас. ч., а также при частичной замене (5 мас. ч.) высокоусиливающего технического углерода N772 и полной замене (40 мас. ч.) малоусиливающего технического углерода марки N772 в композициях на основе комбинации каучуков общего назначения СКИ-3+СКД позволяет получать вулканизаты с физико-механическими характеристиками соответствующими требованиям на изделия, изготавливаемые из них.

Определено, что модификация золы рисовой шелухи оказывает влияние на структуру вулканизационной сетки (плотность поперечного сшивания резин на основе каучука специального назначения увеличивается до 44,4 %, а на основе комбинации каучуков общего назначения снижается до 27,3 %).

Исследования влияния различных видов модификации ЗРШ в эластомерных композициях на основе БНКС-18АМН на показатель относительной остаточной деформации при сжатии (ООДС) по сравнению с композициями, наполненными техническим углеродом марки N550, показали, что введение в резиновую смесь ЗРШ модифицированной на планетарной мельнице как в сухой среде, так и в среде этанола в качестве частичной замены синтетического наполнителя практически не оказывает влияние на ООДС (изменение составляет до 0,5 %).

Сравнительный анализ исследований амортизирующей способности резин на основе комбинации каучуков СКИ-3+СКД выявил, что при частичной замене высокоусиливающего технического углерода марки N220 и полной замене малоусиливающего технического углерода марки N772 на ЗРШ модифицированной на планетарной мельнице как в сухой среде, так и в среде этанола происходит уменьшение ООДС до 18,0 % в сравнении с композицией, содержащей промышленные марки наполнителей. Выявленный характер улучшения ООДС исследуемых резин с золой обусловлен повышенной эластичностью сегментов макромолекул между узлами сетки, что способствует обратному возвращению к исходной конформации до сжатия, т.е. к снижению ООДС. Стоит отметить, что значения показателя ООДС в композициях на основе СКИ-3+СКД, содержащих ЗРШ модифицированную на планетарной мельнице в сухой среде в течение 9 и 12 мин, а также в среде этанола во всех исследуемых временных интервалах, фактически достигают значений аналогичного показателя вулканизатов, наполненных техническим углеродом различных марок (изменение составляет до 4,2 %);

Результаты определения стойкости эластомерных композиций на основе каучука специального назначения БНКС-18АМН с ЗРШ, которая подвергалась различным видам модификации, к набуханию в агрессивной

среде выявили, что применение золы в исследуемых дозировках при частичной замене полуусиливающего технического углерода марки N550 приводит к повышению стойкости вулканизатов к воздействию жидкой агрессивной среды на 4,8–17,6 %. Так, значение изменения массы резины с техническим углеродом составляет не более 18,8 %, а для резин с УКН модифицированным на планетарной мельнице в сухой среде при частичной замене технического углерода марки N550 не более 17,9 %, а в среде этанола – не более 17,0 %;

Анализ полученных результатов показал целесообразность модификации золы рисовой шелухи на планетарной мельнице в сухой среде в течение 9 и 12 мин, а также в среде этанола в течение 10 мин, поскольку в данном случае сохраняются основные прочностные характеристики эластомерных композиций и повышаются эксплуатационные свойства готовых резинотехнических изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Das P.P., Chaudhary V. Moving towards the era of bio fibre based polymer composites // *Cleaner Engineering and Technology*. – 2024. – Vol. 4. – P. 182–196.
2. Faruk O., Bledzki A.K., Fink H.P., Sain M. Progress Report on Natural Fiber Reinforced Composites // *Macromolecular Materials and Engineering*. – 2013. – Vol. 299. – P. 9–26.
3. Sokolova M.D., Davydova M.L., Shadrinov N.V. The Modification of Surface of Dispersed Fillers for Their Application in Polymer–Elastomer Composites // *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. – 2018. – Vol. 54. – P. 845–852.
4. Miedzianowska J., Masłowski M., Strzelec K. Improving performance of natural rubber composites by the application of functional biofiller: horse-tail modified with silane coupling agents // *Cellulose*. – 2023. – Vol. 30. – P. 10175–10198.
5. V. Bobrova, A. Kasperovich, S. Efremov, S. Nechipurenko, S. Lezhnev, E. Panin. Effect of mechanical activation of natural filler on the properties of elastomeric composites // *Polymers and Polymer Composite*. – 2024. – Vol. 32. – P. 1–11.
6. Боброва В.В., Касперович А.В., Ефемов С.А., Нечипуренко С.В., Вернигоров К.Б., Казаков Ю.М., Стоянов О.В. Физическая модификация карбонизата рисовой шелухи для уменьшения его дисперсности // *Нефтегазохимия – 2024: материалы VII Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке*, Минск: БГТУ, С. 93–96.