

Н. А. Сергин, магистрант,
Л. Ю. Закирова, канд. техн. наук, доц.,
Ю. Н. Хакимуллин, д-р техн. наук, проф.
(ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань, Российская Федерация);
А. В. Касперович, канд. техн. наук, зав. каф.
(БГТУ, г. Минск)

**ВЛИЯНИЕ ЗОЛЫ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ
НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИН
НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-МЕТИЛСТИРОЛЬНОГО КАУЧУКА
СКМС-30АРКМ-15**

Традиционные минеральные наполнители, такие как технический углерод и кремнезем, широко используются в производстве резины [1, 2], однако они имеют ряд недостатков, включая ограниченность запасов, высокую стоимость добычи и негативное воздействие на окружающую среду. В связи с этим все большее внимание уделяется использованию природных компонентов, таких как растительные волокна, целлюлоза, лигнин и другие биополимеры [3–5].

Использование натуральных наполнителей позволяет снизить зависимость от ископаемых источников энергии и уменьшить выброс диоксида углерода. Это особенно важно в контексте глобальных усилий по борьбе с изменением климата и переходу к низкоуглеродной экономике.

Одним из перспективных материалов, который может использоваться в качестве натурального наполнителя для резин, является зола рисовой шелухи [2]. Рисовая шелуха – это побочный продукт переработки риса, который образуется в больших количествах и часто утилизируется путем сжигания или захоронения. Однако она содержит значительное количество аморфного диоксида кремния [6], который обладает отличными абсорбирующими и усиливающими свойствами, что делает её ценным сырьем для различных промышленных применений.

Зола рисовой шелухи уже используется в некоторых отраслях промышленности, таких как производство цемента и строительных материалов [7, 8], но ее потенциал в области резиновых технологий остается недостаточно изученным.

Исследования показывают, что добавление золы рисовой шелухи в резиновую смесь может значительно повысить механические свойства изделия, такие как прочность на разрыв [9], твердость [9] и устойчивость к износу [6]. Сообщается так же об увеличении стойко-

сти таких резин к воздействию жидких агрессивных сред [2]. Кроме того, некоторые полимерные материалы, содержащие золу рисовой шелухи, обладают низкой плотностью и хорошими теплоизолирующими свойствами [10], что делает его привлекательным для использования в изделиях, работающих в условиях высоких температур.

В морфологии золы рисовой шелухи производства МАК-1 (ТУ 38.21.40-002-91011908-2023), по сравнению с одной из промышленных марок белой сажи БС-120, наблюдаются значительные отличия по размерам и форме частиц (рисунок *а*).



а)



б)

**Рисунок – Изображение с микроскопа при 100-кратном увеличении:
а) золы рисовой шелухи; *б)* белой сажи БС-120**

В результате проведенных исследований по частичной и полной замене белой сажи на золу рисовой шелухи (ЗРШ) в резиновых смесях на основе каучука СКМС-30АРКМ-15 установлено следующее изменение физико-механических свойств резин.

Таблица – Результаты физико-механических испытаний резин

Показатель	Значение					
Содержание БС/ЗРШ, мас. ч.	50/0	40/10	30/20	20/30	10/40	0/50
Прочность при растяжении, МПа	21,2	18,2	12,6	12,0	6,4	4,5
Относительное удлинение, %	746,7	710,0	633,3	746,7	733,3	533,3
Сопротивление раздиру, кН/м	50,3	43,5	27,2	17,9	15,3	11,4
Твердость по Шору А, усл. ед.	50,0	54,0	54,0	55,0	51,0	49,0
Эластичность по отскоку, %	30,0	33,0	38,0	40,0	46,0	47,0
Остаточное удлинение, %	28,0	21,3	17,3	20,0	25,3	12,0

Упруго-прочностные свойства резин ухудшаются (прочность снижается в 4,7 раза, относительное удлинение – в 1,4 раза) при повышении содержания в них золы рисовой шелухи. Сопротивление раздиру таких резин так же существенно снижается (в 4,4 раза). Такое изменение прочностных свойств резин связано со слабым взаимодействием полимер-наполнитель из-за отсутствия активных центров на поверхности частиц золы. Твердость таких резин незначительно увеличивается (в 1,1 раза) при дозировках золы от 0 до 30 масс.ч, а затем снижается в той же степени при дозировках – 40-50 масс.ч. Такой характер изменения твердости объясняется широким разбросом в разме-

рах и форме частиц золы. Эластичность резин, напротив, увеличивается (в 1,5 раза), как и остаточное удлинение (в 2,3 раза).

ЛИТЕРАТУРА

1. Recent Developments in Nanocellulose-Reinforced Rubber Matrix Composites: A Review. / D. Y. S. Low [et. al.] // *Polymers*. – 2021. – Vol. 13, No. 4. – P. 365–371.
2. Боброва В. В., Прокопчук Н. Р., Ефремов С. А., Нечипуренко С. В. Биокomпонент для эластомерных композиций // *Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология*. – 2023. – № 1 (265). – С. 112–121.
3. Наумова Л. Н., Валяев С. Ю. Композиционные материал на основе бутадиен-нитрильного каучука и древесных волокон // *Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 2: Естествознание. Медицина*. – 2021. – № 4(20). – С. 32–49.
4. Бабунова М. В., Хлобыстова Е. С., Фахретдинов Р. К., Галиев Л. Р., Захаров В. П. Изучение сорбционных свойств биоразлагаемых полимерных композиционных материалов на основе вторичного полипропилена и природных наполнителей растительного происхождения // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2017. – Т. 20. – № 18. – С. 5–8.
5. Нигматуллина А.И., Закирова Л.Ю., Лысянский А.В. Результаты изучения гранулометрического состава древесных наполнителей современными методами // *Вестник Технологического университета*. – 2019. – Т. 22. – № 1. – С. 62–66.
6. Rice husks - structure, composition and possibility of use them at surface treatment. / M. Fijalkowski [et. al.] // *Materials Science Forum*. – 2016. – Vol. 844. – P. 153–156.
7. Нгуен Динь Чинь Динь Чинь, Нгуен Тхе Винь Тхе Винь, Баженов Ю. М. Высокопрочные бетоны с комплексным применением золы рисовой шелухи, золы-уноса и суперпластификаторов // *Вестник МГСУ*. – 2012. – № 1. – С. 77–81.
8. Incorporation of untreated rice husk ash and water treatment sludge in masonry unit production. / Sriranganathan Tharshika [et. al.] // *Sustainable Environment Research*. – 2019. – Vol. 29, № 10. – P. 1–10.
9. Rice husk ash reinforced natural rubber composites: effect of benzene diazonium salt treatment. / Paschal Ateb Ubi [et. al.] // *Nigerian Journal of Technology*. – 2022. – Vol. 41, № 5. – P. 879–886.
10. Аунг Х. Т. Получение композиционных материалов на основе продуктов переработки рисовой шелухи: специальность 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Аунг Хтут Тху; РХТУ им. Д.И. Менделеева. – Москва, 2020. – 202 с.