

6. Хакимуллин Ю.Н., Галимзянова Р.Ю., Куркин А.И. Герметизирующие материалы на основе эластомеров в строительстве / Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал. 2014. № 1 (1). С. 126–149.

7. Муртазина Л.И., Никульцев И.А., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н. Реактивные термоплавкие герметики на основе этиленпропилендиенового каучука и уретановых олигомеров с концевыми силанольными группами / В книге: Олигомеры-2015. сборник тезисов докладов V Международной конференции-школы по химии и физикохимии олигомеров. отв. редактор М. П. Березин. 2015. С. 170.

8. Галимзянова Р.Ю., Имамутдинов И.В., Лисаневич М.С., Муртазина Л.И., Хакимуллин Ю.Н. Реактивные термоплавкие герметики на основе эластомеров / В сборнике: Олигомеры - 2017. Сборник трудов XII Международной конференции по химии и физикохимии олигомеров. Ответственный редактор М.П. Березин. 2017. С. 123.

9. Галимзянова Р.Ю. Неотверждаемые герметизирующие композиции на основе бутилкаучука: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Казанский государственный технологический университет. Казань, 2008

10. Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Русанова С.Н., Хакимуллин Ю.Н., Стоянов О.В. Термоплавкие герметики отверждаемого типа на основе бутилкаучука и сополимера этилена с винилацетатом / Клеи. Герметики. Технологии. 2018. № 4. С. 9-12.

УДК 678.07

**Горбачев А.В., Файзуллин И.З.,  
Вольфсон С.И., Казаков Ю.М.**

(Казанский национальный  
исследовательский технологический университет)

**Петрушеня А.Ф.**

(Белорусский государственный технологический университет)

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА  
И МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ  
НАПОЛНИТЕЛЕЙ**

Главной задачей развития полимерных композиционных материалов с лигноцеллюлозными наполнителями на данный момент является улучшение их характеристик [1]. В связи с ограничениями поставок совместителей, предназначенных для улучшения совмещения

лигноцеллюлозных наполнителей и полимеров, в России является важной задачей внедрять альтернативные решения повышения физико-механических и эксплуатационных свойств полимерных композитов. Механо-биохимическая модификация позволяет комплексно воздействовать на лигноцеллюлозный наполнитель, тем самым увеличивая связь между полимером и наполнителем, повышая физико-механические свойства композита [2–3]. Также представляется возможным использование в качестве наполнителя отходов агро-лесопромышленных комплексов (рисовая шелуха, древесная мука) [4]. Данный вид сотрудничества позволит уменьшить затраты на наполнитель при производстве древесно-полимерных композитов и улучшить экологическую обстановку.

Таким образом, модификация наполнителей является актуальной задачей для получения композиций с улучшенными эксплуатационными свойствами. В этой связи, в данной работе проведены исследования, направленные на получения композиций на основе полипропилена и модифицированных лигноцеллюлозных наполнителей на основе агро- лесопромышленных комплексов.

В качестве полимерного связующего для получения композиционных материалов был использован полипропилен марки PP 4215M производства ПАО «СИБУР холдинг». В качестве лигноцеллюлозного наполнителя использовались древесная мука лиственной породы с размером частиц 0,18 мм и рисовая шелуха с размером частиц 1 мм. Основываясь на данных, полученных в ходе научно-технического и патентного обзора, дозировка наполнителя в композициях была фиксированной и составляла 50 % мас., так как эта дозировка является предпочтительной с практической точки зрения для производителей [5]. Механо-биохимическая модификация наполнителя проводилась в водной среде при высокосдвиговых усилиях. Получение композиционных материалов, осуществлялось с использованием двухроторного смесителя закрытого типа «Measuring Mixer 350E» лабораторной станции «Lab-Station» (Brabender, Германия) при числе оборотов ротора 60 об/мин. Температура смешения составляла 180 °С, продолжительность смешения 11 минут. Образцы для испытаний готовились на инъекционно-литьевой машине Krauss Maffei ClassiX CX 50–180. Давление впрыска составляла 110 МПа, температура по зонам –  $T_1=185$  °С,  $T_2=195$  °С,  $T_3=205$  °С,  $T_4=210$  °С. Характеристики композиционных материалов на основе полипропилена и лигноцеллюлозных наполнителей представлены в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что композиции с модифицированным наполнителем имеют улучшенные физико-механические и

эксплуатационные характеристики, а именно прочность при растяжении, модуль упругости, показатель ударной вязкости, что связано с уменьшением частиц наполнителя и удалением полярных компонентов из волокон благодаря биохимической модификации с высокосдвиговыми усилиями, тем самым снижая полярность волокон и улучшая взаимодействие с полипропиленовой матрицей.

**Таблица 1 – Характеристика композиционного материала на основе полиолефинов и лигноцеллюлозных наполнителей**

Показатель, ед. изм.		Вид растительного наполнителя	Значения	
			контроль	контроль + модификация
Прочность при растяжении, МПа		ДМ	28,48	31,91
		РШ	18,9	21
Модуль упругости при изгибе, МПа		ДМ	4378	4791
		РШ	2850	2850
Ударная вязкость, J/м <sup>2</sup>	+ 23 °С	ДМ	7,6	8,7
		РШ	8,6	9,5
	- 40 °С	ДМ	6,3	7,7
		РШ	6	7,2
Показатель текучести расплава, гр /10 мин		ДМ	4,61	1,35
		РШ	4	2,5
Твердость по Шор Д, усл. ед.		ДМ	71,2	72
		РШ	71,6	72
Водо-поглощение	2 часа при 100 °С, %	ДМ	1,3	0,9
		РШ	1,1	1,0
	14 суток при 23 °С, %	ДМ	3,5	2,6
		РШ	2,5	1,8

Как следует из данных таблицы 1, при введении модификатора показатель текучести расплава у композиции с древесной мукой уменьшается на 70 %, а у композиции с рисовой шелухой уменьшается на 40 %. Предположительно, уменьшение показателя текучести при модификации коррелирует с уменьшением частиц лигноцеллюлозных наполнителей. При исследовании зависимости показателя поглощения воды при 100 °С в течение 2 часов, у образцов с модифицированной древесной мукой – водопоглощение снизилось на 30 %, а с модифицированной рисовой шелухой данный показатель снизился на 10 % по отношению к контрольному образцу. Благодаря способности целлюлозы впитывать воду в два раза больше своей массы, вероятно,

показатель водопоглощения коррелирует с содержанием целлюлозы в растительных наполнителях: в древесной муке содержание целлюлозы 43 %, в рисовой шелухе 31 %. При исследовании зависимости показателя поглощения воды при 23 °С в течение 14 суток у композиций с модифицированной рисовой шелухой – водопоглощение снизилось на 28 %. Модификация поверхности древесной муки позволяет уменьшить водопоглощение на 21 % относительно не модифицированных образцов.

Таким образом, установлено, что механо-биохимическая модификация растительного наполнителя позволяет улучшить физико-механические и эксплуатационные свойства композиций на основе полипропилена и значительно уменьшить водопоглощение. Также было выяснено, что оптимальным наполнителем для лигноцеллюлозного полимерного композита является древесная мука. Дальнейшее исследование необходимо направить на оптимизацию механизма механо-биохимической модификации для каждого вида наполнителя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Fayzullin I. Z. et al. Influence of the type of wood flour and nanoadditives on the structure and mechanical properties of polypropylenebased wood-polymer composites //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2016. – Т. 1785. – №. 1. – С. 040098.

2. Prá Andrade M., Poletto M. Wood Treatments and Interfacial Bonding in Wood-Plastic Composites //Wood Polymer Composites. – Springer, Singapore, 2021. – С. 43–65.

3. Горбачев А.В., Файзуллин, И. З. Вольфсон, С. И. Канарский, А. В. Захаров, И. В. Биохимическая модификация растительного наполнителя и разработка полимерного композиционного материала на основе полипропилена и модифицированного наполнителя // Технология органических веществ. – 2021. – № 85. – С. 225–226.

4. Файзуллин И. З., Мусин И. Н., Вольфсон С. И. Влияние размера частиц наполнителя на свойства древесно-полимерных композитов // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – №. 5. – С. 106–109.

5. Сулейманова Д.Ф., Газизов М.А., Каримов И.Р., Гизатуллина Л.И., Ахметова Д.А. Технология производства древесно-полимерного композита на основе термомодифицированной муки // Лесозащита и комплексное использование древесины. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – 2020. – С. 197–201.