

ДРЕВЕСНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

WOOD COMPOSITE MATERIALS

УДК 674.81

В. В. Глухих, А. Е. Шкуро
(**V. V. Glukhikh, A. E. Shkuro**)
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) gluhihvv@m.usfeu.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ТВЁРДЫХ ОТХОДОВ

PRODUCTION OF WOOD COMPOSITES TO REDUCE THE HARMFUL ENVIRONMENTAL IMPACT OF SOLID WASTE

Одним из эффективных направлений решения мировой проблемы обезвреживания твёрдых промышленных и бытовых пластиковых отходов и отходов растительного происхождения является их использование в качестве сырья для производства полимерных композиционных материалов. Результаты научных исследований Уральского государственного лесотехнического университета показывают возможность и перспективы использования некоторых промышленных отходов деревообрабатывающей промышленности в качестве наполнителей для производства полимерных композиционных материалов с необходимыми потребительскими свойствами. Древесные композиционные материалы с биоразлагаемыми полимерами могут найти применение для производства изделий с требуемой динамикой изменения их физико-механических свойств и биоразложения при эксплуатации их в грунте.

One of the effective ways to solve the global problem of neutralization of solid industrial and household plastic waste and waste of plant origin is their use as raw materials for the production of polymer composite materials. The results of scientific research of the Ural State Forestry Engineering University show the possibility and prospects of using some industrial waste from the woodworking industry as fillers for the production of polymer composite materials with the necessary consumer properties. Wood composite materials with biodegradable polymers can be used for the production of products with the required dynamics of changes in their physical and mechanical properties and biodegradation during their operation in the ground.

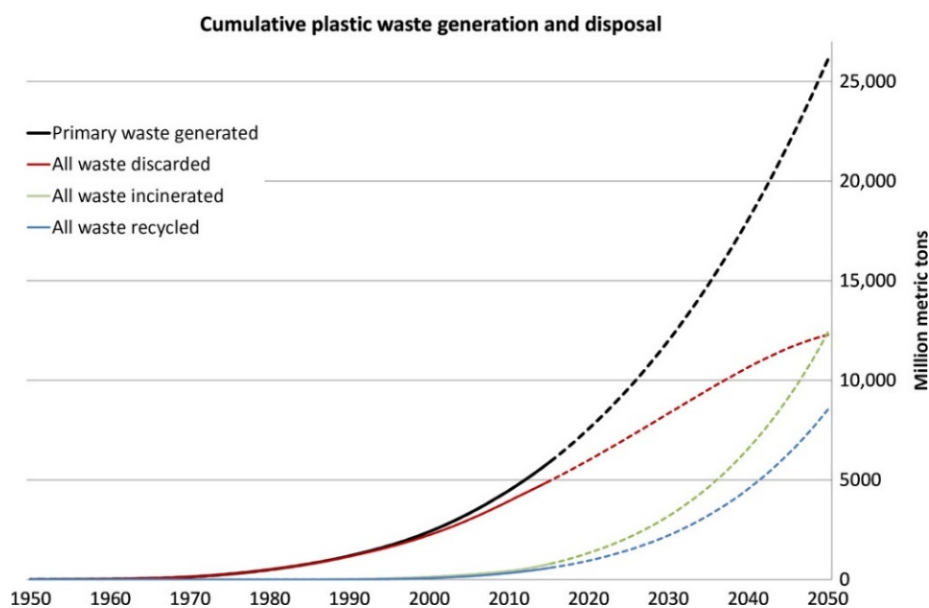
Во всём мире существует проблема накопления и обезвреживания твёрдых бытовых и промышленных отходов, включая пластиковые отходы. Сжигание таких отходов приводит к образованию углекислого газа, имеющего парниковый эффект и негативно влияющего на климат Земли. Особую озабоченность многих стран вызывает большой рост накопления пластиковых отходов.

Мировое производство полимерной продукции ежегодно постоянно увеличивается, и при этом значительно возрастает количество отходов её производства и потребления (рисунки).

В настоящее время считается, что из всех производимых пластиков в мире:

- сжигаются – около 10 %;
- перерабатываются – чуть более 10 %;
- накапливаются на свалках или засоряют наземные и водные среды – около 80 %.

Одним из направлений борьбы с пластиковыми отходами является их вовлечение в производство продукции, востребованной на рынке. Наиболее перспективными для повторной переработки являются термопластичные синтетические полимеры, такие как полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), поливинилхлорид (ПВХ), полиэтилентерефталат (ПЭТФ). Эти полимеры в большом масштабе получают из невозобновляемого сырья (нефти и природного газа). В связи с уменьшением запасов нефти и повышением её стоимости цены на синтетические полимеры увеличиваются, и использование их отходов для производства полимерных материалов и изделий становится экономически выгодным.



Совокупное образование и утилизация пластиковых отходов, млн т [1]:
 сплошные линии показывают исторические данные с 1950 по 2015 гг.;
 пунктирные линии показывают прогнозы исторических тенденций до 2050 г.

Количество твёрдых растительных отходов лесного и аграрного хозяйств огромно, они тоже обезвреживаются путём их сжигания.

Как показывает мировая практика [2], одним из эффективных методов утилизации твёрдых полимерных и растительных отходов является их использование в качестве сырья для производства полимерных композитов (экокомпозитов). Важное достоинство технологий получения композитов с термопластичными полимерами и наполнителями растительного происхождения – возврат в производство технологических отходов и бракованной продукции, а также многократная переработка аналогичной продукции после её эксплуатации.

Достоинства и недостатки, прогресс и проблемы производства композитов с переработанными отходами термопластичных полимеров (вторичными полимерами) и наполнителями растительного происхождения подробно представлены в обзоре Nassar M. M. A. с коллегами [2].

В Уральском государственном лесотехническом университете на кафедре технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров, в научно-образовательном центре полимерных материалов проводятся систематические научные исследования по разработке технологий получения биостойких и биоразлагаемых композитов с первичными и вторичными термопластичными полимерами, наполняемыми лигноцеллюлозными отходами деревообработки, аграрного, лесного и садово-паркового хозяйств.

Основной целью этих научных исследований является определение закономерностей влияния химического строения и состава всех компонентов на физические и механические свойства композитов, скорость их биоразложения в грунте, технологичность получения из них материалов и изделий методами компрессионного прессования, экструзии, вальцевания и литья под давлением.

Из термопластичных первичных и вторичных синтетических полимеров мы исследовали в составе композитов широко применяемые в различных отраслях народного хозяйства полиэтилен, полипропилен и их сополимеры, поливинилхлорид; из природных полимеров – производные целлюлозы; из технологических добавок – пластификаторы, компатибилизаторы, смазывающие вещества, биоциды, антипирены.

В наших работах по этому направлению объектами исследований в качестве наполнителей из отходов деревообработки и лесного хозяйства являются опилки хвойных и лиственных пород древесины, древесная пыль, образующаяся в производствах древесных плит и фанеры из шпона различных пород древесины при шлифовании поверхности этих композиционных материалов, древесная кора, скорлупа лесных орехов; из отходов аграрного хозяйства – оболочки семян (шелуха) злаковых культур; садово-паркового хозяйства – собираемые опавшие листья и скошенная трава.

Результаты выполненных нами лабораторных исследований показали, что при замене в составе древесно-полимерного композита (ДПКт) с первичным полиэтиленом низкого давления марки ПЭНД 273-83 (50 мас. %) хвойной древесной муки марки 180 (ДМ) на древесную шлифовальную пыль производства фанеры (ДПф) и древесностружечных плит (РПдсп) большинство показателей свойств композитов, полученных компрессионным прессованием, не ухудшаются (табл. 1). Композит с древесной шлифовальной пылью производства фанеры превосходит композит с мукой хвойных пород древесины по прочностным показателям, ударной вязкости и водостойкости.

Таблица 1

Физико-механические свойства ДПКт

Показатели свойств композита	Наполнитель (50 мас. %)		
	ДМ	Пф	Пдсп
Плотность, кг/м ³	1062	1104	1047
Предел прочности при растяжении, МПа	11,9	15,2	12,0
Предел прочности при изгибе, МПа	23,3	35,9	22,3
Контактный модуль упругости, МПа	785	538	949
Относительное удлинение, %	2	3	4
Твердость при вдавливании шарика, МПа	85	56	75
Ударная вязкость, кДж/м ² :			
без надреза	4,8	6,7	3,4
с надрезом	4,2	5,8	3,4
Водопоглощение за 24 ч, %	5,6	3,8	4,9

Композиты с первичным полиэтиленом низкого давления марки ПЭНД 273-83 и мукой коры сосны (30 мас. %), полученные компрессионным прессованием при составе компонентов, приведённых в табл. 2, продемонстрировали хорошие показатели твёрдости, упругости и ударной вязкости (табл. 3).

Вторым направлением наших исследований по промышленному использованию твёрдых отходов растительного происхождения является разработка технологий получения биоразлагаемых полимерных композиционных материалов и изделий на их основе.

Таблица 2

Состав композитов с первичным полиэтиленом

Компонент композита	Содержание компонента в образце композита, мас. %				
	1	2	3	4	5
Полиэтилен марки ПЭНД-273-83	67,75	67,75	67,75	67,75	67,75
Хвойная древесная мука марки 180	30,00	27,00	24,00	15,00	0,00
Мука коры сосны	0,00	3,00	6,00	15,00	30,00
Смазывающие вещества	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Компатибилизатор	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Таблица 3

Физико-механические свойства образцов ДПКт с ПЭНД-273-83

Свойства композита	Номер образца композита				
	1	2	3	4	5
Прочность при изгибе, МПа	47,3	28,9	30,9	34	31,2
Твёрдость при вдавлении шарика, МПа	70,7	51,6	37,2	60,5	119,6
Число упругости, %	69,3	71,3	74,5	75,5	92,1
Ударная вязкость, кДж/м ²	8,3	6,00	7,30	7,06	8,76
Ударная вязкость с надрезом, кДж/м ²	8,3	7,3	8,1	9,9	8,2
Прочность при растяжении, МПа	20,1	6,4	10	11	12,3
Относительное удлинение, %	0,5	8,4	12,6	15,2	16,0
Прочность при изгибе, МПа	58,0	28,9	30,9	34,0	31,2
Водопоглощение за 24 ч, мас. %	1,1	0,7	0,4	0,7	1,5
Водопоглощение за трое суток, мас. %	1,0	2,6	0,9	1,1	1,9
Водопоглощение за неделю, мас. %	1,5	4,0	1,5	1,8	4,0

В работах по второму направлению объектами исследований в качестве наполнителей, помимо отходов деревообработки, являются отходы аграрного и садово-паркового хозяйств: оболочки семян (шелуха) злаковых культур, собираемые опавшие листья и скошенная трава. В качестве полимерной матрицы для получения биоразлагаемых полимерных композиционных материалов мы исследуем биоразлагаемые полимеры (целлюлозу, лигнин, полилактид) и их производные.

Так, например, для исследования влияния содержания древесной муки марки 300 на физико-механические свойства наполненного полилактида была получена компрессионным прессованием серия образцов композиционных материалов в соответствии с рецептурами компонентов, представленными в табл. 4.

Таблица 4

Состав композитов с полилактидом

Компонент композита	Содержание компонента в образце композита, мас. %				
	1	2	3	4	5
Полилактид	98,5	78,5	68,5	58,5	48,5
Древесная мука марки 300	0,0	20,00	30,00	40,00	50,00
Смазывающие вещества	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Оценка способности образцов пластифицированного полилактида к биоразложению производилась по величине потери его массы после выдержки в активном грунте.

При увеличении степени наполнения полилактида древесной мукой марки 300 до 40–50 % наблюдается рост следующих показателей физико-механических свойств композита: прочность при изгибе, твердость, модуль упругости. Также наблюдается увеличение показателей водопоглощения за 24 ч и 30 сут, что положительно влияет на скорость биоразложения композитов в грунте.

На основании анализа полученных регрессионных зависимостей от времени выдержки в грунте массы образцов полилактида, наполненных древесной мукой, был сделан прогноз о сроках 90%-ного разложения исследуемых материалов. Для наиболее склонных к биодеградации образцов, содержащих 40 и 50 мас. % древесной муки, сроки такого разложения предположительно составят 376 и 356 сут соответственно, что значительно меньше времени, требуемого на разложение в грунте ненаполненного полилактида. Высоконаполненные образцы полилактида сочетают в себе высокие показатели физико-механических свойств (в первую очередь твердости и жесткости) с высокой скоростью их биоразложения в грунте.

В заключение можно отметить, что результаты проведенных нами научных исследований показывают возможность и перспективу использования древесной шлифовальной пыли производства фанеры и древесностружечных плит, муки коры сосны в качестве наполнителей для производства полимерных композиционных материалов с необходимыми потребительскими свойствами. Древесные композиционные материалы с биоразлагаемыми полимерами могут найти применение для производства изделий с требуемой динамикой изменения их физико-механических свойств и биоразложения при эксплуатации их в грунте.

Библиографический список

1. Корпоративный сайт Dow.com. – URL: <https://corporate.dow.com/en-us/science-and-sustainability/plastic-waste.html> (дата обращения: 25.06.2021).
2. Nassar M. M. A., Alzebdeh K. I., Pervez T., Al-Hinai N., Munam A. J. Appl. Polym. Sci. 2021;e51284. [wileyonlinelibrary.com/journal/app](https://doi.org/10.1002/app.51284) © 2021 Wiley Periodicals LLC. 1 of 31 <https://doi.org/10.1002/app.51284>

УДК 674.81

А. С. Ершова, А. В. Артёмов, А. В. Савиновских, В. Г. Бурындин
(A. S. Ershova, A. V. Artyomov, A. V. Savinovskikh, V. G. Buryndin)
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) ershovaas@m.usfeu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАРБАМИДА НА БИОСТОЙКОСТЬ ПЛАСТИКА БЕЗ СВЯЗУЮЩЕГО НА ОСНОВЕ СОСНОВЫХ ОПИЛОК

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF UREA ON THE BIOSTABILITY OF PLASTIC WITHOUT A BINDER BASED ON PINE SAWDUST

Целью настоящего исследования являлась оценка влияния препарата карбамида на биостойкость пластика без связующего (ПБС) на основе опилок сосны обыкновенной. Установлено, что использование карбамида в качестве модификатора пресс-сырья приводит к улучшению физико-механических свойств получаемого ПБС.