



## ТОВАРОВЕДЕНИЕ И ЭКСПЕРТИЗА ТОВАРОВ

**Е. Л. АНТОНОВА, В. Е. СЫЦКО,  
С. В. ЗОТОВ, В. М. ШАПОВАЛОВ**

---

### ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ

---

Цель авторов статьи — оценить состояние проблемы разработки древесно-полимерных композитов. Задачи статьи — кратко описать специфику этого вида композиционных материалов и выделить перспективные направления исследований в данной области. В статье представлены основные ниши, занимаемые древесно-полимерными композитами среди материалов строительного назначения, сфокусировано внимание на экструзионных технологиях получения таких композитов, подчеркнута возможность совместить в них свойства дерева и пластика, компенсировав некоторые недостатки натуральной древесины. Перечислены виды полимеров, сочетаемых с древесными частицами, обращено внимание на важность исследования межфазных взаимодействий в таких комбинированных системах. Сделан вывод о ключевой перспективе подобных разработок, состоящей в использовании преимущественно вторичных полимеров, что внесет вклад в рециклинг отходов пластиков, позволив более полно реализовать их функциональный, технологический и эксплуатационный ресурс.

**Ключевые слова:** древесно-полимерные композиты; вторичные полимеры; рециклинг; экструзия.

**УДК** 66.092.81

---

Одним из актуальных направлений в полимерном материаловедении представляется разработка древесно-полимерных композитов (ДПК), пред-

*Елена Леонидовна АНТОНОВА (viramaina3@yandex.by), аспирантка кафедры товароведения Белорусского торгово-экономического университета потребительской кооперации (г. Гомель, Беларусь);*

*Валентина Ефимовна СЫЦКО (val19-10@mail.ru), доктор технических наук, профессор кафедры товароведения Белорусского торгово-экономического университета потребительской кооперации (г. Гомель, Беларусь);*

*Сергей Валентинович ЗОТОВ (zotov-1969@mail.ru), кандидат технических наук, вед. науч. сотрудник. Института механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси (г. Минск, Беларусь);*

*Виктор Михайлович ШАПОВАЛОВ (v.shapovalov@tut.by), доктор технических наук, профессор, зав. отделом Института механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси (г. Минск, Беларусь).*

назначенных для производства погонажных изделий методом экструзии и содержащих в качестве полимерной основы термопласты. В ДПК создается возможность совместить свойства дерева и пластика, компенсировав некоторые недостатки натуральной древесины. К достоинствам изделий из ДПК также следует отнести возможность эксплуатации в условиях воздействия внешней среды без лакокрасочного покрытия.

В Республике Беларусь имеется несколько предприятий (ООО «Белань Плюс», ООО «Белвудпласт», ООО «Аярпласт»), занимающихся изготовлением ассортимента погонажных изделий на основе ДПК, включающих отходы деревообработки (мука, опилки, шлифпыль и др.) и ряда полимеров — полиолефинов (полиэтилен, полипропилен) и поливинилхлорида. Конкуренцию этим предприятиям составляют российские и китайские компании, поставляющие аналогичную продукцию на значительные по объемам рынки.

Уверенным лидером потребления ДПК в Европе в настоящее время является автомобильная промышленность (свыше половины общих объемов выпуска). Также имеются значительные перспективы роста продаж ДПК в строительной и мебельной отрасли. Спрос на ДПК стабильно растет в следующих сферах: наружное применение (настилы, скамейки, изгороди, садовые конструкции и др.), дверные и оконные профили, производство мебели. Все большее применение ДПК находят в жилищном строительстве. Растет доля кровли и отделки из ДПК.

Для Республики Беларусь наибольшие перспективы применения высококачественных изделий из ДПК усматриваются в строительстве, мебельном производстве и в автомобильной отрасли (формованные детали интерьера кабин транспортных средств). Широкое внедрение ДПК не только позволит внести вклад в решение экологической проблемы за счет продвижения более экологически чистой продукции, но и будет способствовать увеличению жизненного цикла синтетических полимеров и более полной реализации их функционального, технологического и эксплуатационного ресурса.

В связи с изложенным существует необходимость усиления отечественной производственной базы для изготовления столь важного вида продукции, пользующейся высоким спросом. Одним из перспективных путей является использование в составе ДПК вторичных полимеров. Это позволяет экономить на первичном сырье, попутно решая задачу снижения себестоимости продукции. Новые методы рециклинга вторичных полимеров способны обеспечить получение новых химических продуктов с высокой конкурентоспособностью на рынках.

Следует отметить, что вторичные полимерные материалы, помимо структурных неоднородностей, всегда содержат микроколичества примесей — разного типа стабилизаторов (термо-, свето-), антиоксидантов и др. Так, фенольные антиоксиданты реагируют с пероксидами и дают окрашенные продукты реакции. Продуктами реакции пространственно затрудненных аминов являются соли, а также остатки катализаторов полимеризации. Некоторые из этих продуктов могут влиять на текучесть расплава полимера. Каталитические системы, нередко используемые при полимеризации, влияют и на кинетику деструкции пластика. Кроме того, антипирены, печатные краски, остатки красителей, поверхностно-активных веществ, адгезивов, контактирующих сред (жиров, масел) вследствие собственной термической нестабильности могут резко снизить уровень свойств вторичного материала. Существенную негативную роль также играет загрязнение одних полимеров другими, поскольку большинство смесей полимеров являются термодинамически или технологически несовместимыми [1].

В настоящее время можно считать доказанным факт, что комплекс свойств индивидуальных полимеров достаточно хорошо известен и их «потолок» уже достигнут. Тем самым, получение новых композиционных материалов должно в обязательном порядке предполагать комбинирование различных компонентов с тем, чтобы добиться требуемого уровня технических и эксплуатационных характеристик. В связи с этим к числу основных задач современного полимерного композиционного материаловедения относится объяснение закономерностей и механизмов межфазных взаимодействий, осуществляемых с участием компонентов композиций. Поскольку в рецептуру могут быть введены компоненты самой различной природы (синтетические полимеры, природные полимеры, неорганические вещества, активные функциональные добавки, пластификаторы и др.), спектр реализующихся межфазных взаимодействий чрезвычайно широк и может включать в том числе возникновение новых химических связей. Добавки разного типа и степени дисперсности, совмещаемые с базовым полимером, придадут подобным композитам многоуровневую структурную организацию, что призвано повысить уровень их общетехнических характеристик.

Рассмотрим моделирование межфазных взаимодействий в системах «древесина — термопласт» [2; 3]. Структурные превращения в граничных слоях, разделяющих различные фазы, обуславливают существенные изменения свойств полимерсодержащих композитов. Поэтому, влияя на эти превращения, возможно добиться регулирования характеристик. В ДПК одним из базовых компонентов являются древесные частицы, отличающиеся уникальностью капиллярно-пористой системы, что по-особому влияет на протекание межфазных процессов в граничных слоях. Известно, что изменение характеристик на границе раздела фаз определяется различными физико-химическими явлениями (смачивание, миграция, адгезия, текучесть, пластификация, сшивание). Однако вопрос систематизации этих явлений с определением индивидуального вклада каждого из них до сих пор остается дискуссионным вопросом материаловедения.

Важной проблемой, связанной с разработкой составов и условий получения композиций, является исследование взаимной совместимости компонентов и роли, которую в этом играет дисперсная древесина. Проведенные ранее разработки говорят о том, что для качественного совмещения компонентов ДПК необходимы значительные сдвиговые напряжения, требующие дополнительных энергозатрат, что не всегда целесообразно с экономической точки зрения. Исследования структуры и свойств ДПК показывают, что последовательное совмещение измельченной древесины с компонентами совмещенного связующего в процессе экструзии обеспечивает (при повышенном содержании древесных частиц на первой стадии гомогенизации) формирование на границе раздела «древесина — термопласт» иммобилизованных в древесине слоев. Конкурирование процессов пластификации и сшивания полимеров обеспечивает более стабильный процесс переработки и получение заданного комплекса физико-механических и технологических характеристик ДПК. Активация физико-химических процессов в ДПК и реализация синергетического эффекта совместного воздействия на формуемую систему комплексных модификаторов и сопровождающих экструзию повышенной температуры, касательных и нормальных вектору экструзии напряжений, является перспективной с точки зрения формирования ДПК со стабильными во времени свойствами. Целенаправленное регулирование свойств ДПК во многом определяется изменением молекулярной подвижности и диффузионными процессами на границе контакта с твердой поверхностью наполнителя, а также реологическими составляющими течения композиционной системы [3]. В особенности это важно для процессов, когда время нахождения перерабатываемых экструдатов в экструзии

зионном канале ограничено и активация физико-химического взаимодействия приобретает первостепенное значение.

Исследования последних лет дают основание утверждать, что если твердые материалы подвергнуть воздействию определенных механических сил, а именно, сдвиговой деформации под высоким давлением, то такое сложноплавленное состояние вещества, достигаемое при сжатии среды с одновременным ее сдвигом (кручением), придает материалу химическую и физическую активность [4]. Подобные процессы возможно реализовать на базе экструдеров, где реализуется сложноплавленное состояние среды: расплав сжимается рабочим органом (поршнем или шнеком-винтом) и при сдвиговой деформации течет в формирующем инструменте. Можно предположить, что воздействие на материал происходит по схеме «высокое давление + деформация сдвига». В то же время комплексное воздействие сдвиговой деформации под давлением может приводить и к инициированию физико-химической активности расплава полимера на границе с твердой поверхностью древесного наполнителя в процессе экструзионной переработки. Поэтому изучение закономерностей физико-химического взаимодействия при совокупном влиянии нормальных и касательных напряжений является актуальной задачей, так как позволит установить пути управления структурой и свойствами полимера и сформировать требуемый уровень физико-механических и технологических свойств ДПК [5–9].

Нередко для улучшения совместимости компонентов используют физические смеси различных термопластичных и природных полимеров. Компонентами ДПК могут быть полисахариды, крахмал и продукты его модифицирования, сополимеры сложных эфиров с ненасыщенными карбоновыми кислотами, поликапролактон, сополимер этилена с винилацетатом (СЭВА), а также ПВХ как компатибилизирующий агент, способный образовывать водородные связи с реакционноспособными группами древесных частиц и хорошо совмещаемый с полиолефинами. Известно также применение сополимеров винилового спирта с этиленом (СЭВС), которые могут быть получены гидролизом сэвиленов, причем композиты получают экструзией и литьем под давлением из смесей СЭВС и глицерина с банановой мукой. Использование СЭВС эффективнее СЭВА ввиду улучшения адгезии полиолефиновой матрицы к древесным частицам.

Анализируя научно-техническую информацию и сопоставляя ее с данными по рыночной стоимости изделий из ДПК (например, популярного в строительстве декинга), можно отметить, что, несмотря на высокое процентное содержание отходов древесины в композициях, данная продукция обычно имеет высокую себестоимость. В первую очередь это связано с использованием первичных полимеров и дорогостоящих функциональных модификаторов. Многие модификаторы (комплексные соединения металлов, металлорганические соединения, сополимеры с привитыми функциональными группами и т. п.) токсичны и отрицательно влияют на экологичность изделий. Физико-химическое модифицирование полимерной матрицы и предварительная обработка древесного наполнителя также увеличивают себестоимость конечной продукции (стоимость высокоэффективных аппретирующих веществ может составлять 60–80 % общей стоимости композиции) и значительно усложняют технологический процесс. Поэтому актуальной выглядит постановка задачи разработки рецептурных составов ДПК на основе преимущественно вторичных термопластичных связующих и исследования протекающих при экструзии физико-химических процессов и межфазных взаимодействий. Сделан вывод о ключевой перспективе подобных разработок, состоящей в использовании преимущественно вторичных полимеров, что внесет вклад в рециклинг отходов пластика,

позволив более полно реализовать их функциональный, технологический и эксплуатационный ресурс.

### Литература

1. Вторичная переработка пластмасс / Ф. Ла Мантия (ред.) ; пер. с англ. под ред. Г. Е. Заикова. — СПб. : Профессия, 2006. — 400 с.  
*Vtorichnaja pererabotka plastmass [Recycling of plastics] / F. La Mantija (red.) ; per. s angl. pod red. G. E. Zaikova. — SPb. : Professija, 2006. — 400 p.*
2. Новиков, В. У. Исследование межфазного слоя в наполненных полимерах / В. У. Новиков, Г. В. Козлов, Ю. С. Липатов // Пластические массы. — 2003. — № 10. — С. 36–47.  
*Novikov, V. U. Issledovanie mezhfaznogo sloja v napolnennyh polimerah [Investigation of the interfacial layer in filled polymers] / V. U. Novikov, G. V. Kozlov, Ju. S. Lipatov // Plasticheskie massy. — 2003. — N 10. — P. 36–47.*
3. Ошмян, В. Г. Моделирование вязкого разрушения композитных смесей и композитов с учетом формирования межфазного слоя / В. Г. Ошмян, С. А. Тиман, М. Ю. Шамеев // Высокомолекулярные соединения. — 2003. — Т. 45, № 10. — С. 1689–1698.  
*Oshmjan, V. G. Modelirovanie vjazkogo razrushenija kompozitnyh smesej i kompozitov s uchetom formirovanija mezhfaznogo sloja [Modeling of viscous fracture of composite mixtures and composites taking into account the formation of the interfacial layer] / V. G. Oshmjan, S. A. Timan, M. Ju. Shameev // Vysokomolekuljarnye soedinenija. — 2003. — T. 45, N 10. — P. 1689–1698.*
4. Баронин, Г. С. Закономерности формирования структуры, свойств и оптимальных условий переработки полимерных сплавов методами пластического деформирования / Г. С. Баронин, М. Л. Кербер // Химическая пром-сть. — 2001. — № 1. — С. 13–17.  
*Baronin, G. S. Zakonomernosti formirovanija struktury, svojstv i optimal'nyh uslovij prerabotki polimernyh splavov metodami plasticheskogo deformirovanija [Regularities of the formation of the structure, properties and optimal conditions for processing polymer alloys by plastic deformation methods] / G. S. Baronin, M. L. Kerber // Himicheskaja prom-st'. — 2001. — N 1. — P. 13–17.*
5. Шаповалов, В. М. Влияние воздействия нормальных и касательных напряжений на адгезионное взаимодействие в древесно-полимерных системах / В. М. Шаповалов, С. В. Кудин, Б. И. Купчинов // Материалы. Технологии. Инструменты. — 2004. — № 3. — С. 55–63.  
*Shapovalov, V. M. Vlijanie vozdejstviya normal'nyh i kasatel'nyh naprjazhenij na adgezionnoe vzaimodejstvie v drevesno-polimernyh sistemah [The effect of the effects of normal and tangential stresses on the adhesive interaction in wood polymer systems] / V. M. Shapovalov, S. V. Kudin, B. I. Kupchinov // Materialy. Tehnologii. Instrumenty. — 2004. — N 3. — P. 55–63.*
6. Головкин, Г. С. Волоконная технология производства и переработки в изделия термопластичных композиционных материалов / Г. С. Головкин // Пластические массы. — 2003. — № 9. — С. 35–39.  
*Golovkin, G. S. Volokonnaja tehnologija proizvodstva i pererabotki v izdelija termoplastichnyh kompozicionnyh materialov [Fiber technology of production and processing of thermoplastic composite materials into products] / G. S. Golovkin // Plasticheskie massy. — 2003. — N 9. — P. 35–39.*
7. Шаповалов, В. М. Технология переработки высоконаполненных композитов / В. М. Шаповалов, В. Г. Барсуков, Б. И. Купчинов ; под общ. ред. чл.-кор. НАН Беларуси Ю. М. Плескачевского. — Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2000. — 260 с.  
*Shapovalov, V. M. Tehnologija pererabotki vysokonapolnennyh kompozitov [Technology of processing of highly filled composites] / V. M. Shapovalov, V. G. Barsukov, B. I. Kupchinov ; pod obshh. red. chl.-kor. NAN Belarusi Ju. M. Pleskachevskogo. — Gomel' : IMMS NAN Belarusi, 2000. — 260 p.*
8. Шаповалов, В. М. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов / В. М. Шаповалов, З. Л. Тартаковский ; под общ. ред. Ю. М. Плескачевского. — Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2003. — 262 с.

---

*Shapovalov, V. M.* *Mnogokomponentnye polimernye sistemy na osnove vtorichnyh materialov* [Multicomponent polymer systems based on secondary materials] / V. M. Shapovalov, Z. L. Tartakovskij ; pod obshh. red. Ju. M. Pleskachevskogo. — Gomel' : IMMS NAN Belarusi, 2003. — 262 p.

9. *Головкин, Г. С.* Волоконная технология производства и переработки в изделия термопластичных композиционных материалов / Г. С. Головкин // Пластические массы. — 2003. — № 9. — С. 35–39.

*Golovkin, G. S.* Volokonnaja tehnologija proizvodstva i pererabotki v izdelija termoplastichnyh kompozicionnyh materialov [Fiber technology of production and processing of thermoplastic composite materials into products] / G. S. Golovkin // Plasticheskie massy. — 2003. — N 9. — P. 35–39.

---

**ALENA ANTONAVA, VALIANTSINA SYTSKO,  
SERGEY ZOTOV, VICTOR SHAPOVALOV**

---

**EXPERIENCE AND PROSPECTS  
OF RESEARCH IN THE FIELD  
OF WOOD POLYMER COMPOSITES  
AND PRODUCTS MADE FROM THEM**

---

**Authors affiliation.** *Alena ANTONAVA* (viramaina3@yandex.by), *Belarus Trade and Economics University of Consumer Cooperatives (Gomel, Belarus)*; *Valiantsina SYTSKO* (val19-10@mail.ru), *Belarus Trade and Economics University of Consumer Cooperatives (Gomel, Belarus)*; *Sergey ZOTOV* (zotov-1969@mail.ru), *V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus (Gomel, Belarus)*; *Victor SHAPOVALOV* (v.shapovalov@tut.by), *V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus (Gomel, Belarus)*.

**Abstract.** The article is aimed at assessing the state of the problem of the development of wood-polymer composites. The objectives are to give a brief description of the specifics of this type of composite materials and identify promising directions of the research in this area. The article presents the main niches occupied by wood-polymer composites among construction materials, focuses on extrusion technologies for producing such composites, emphasizes the possibility of combining the properties of wood and plastic in them, thereby offsetting some disadvantages of natural wood. The types of polymers combined with wood particles are listed; attention is drawn to the importance of studying interfacial interactions in such combined systems. The conclusion is made about the key prospect of such research and development, which is the predominant use of secondary polymers, that will contribute to the recycling of plastic waste, thus ensuring fuller implementation of their functional, technological and operational resource.

**Keywords:** wood-polymer composites; secondary polymers; recycling; extrusion.

UDC 66.092.81

---

*Статья поступила  
в редакцию 15. 11. 2022 г.*