

## 7. РЕСУРСООЩАДНІ ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ



Наукові праці Лісівничої академії наук України  
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411815>  
Article received 2018.03.08  
Article accepted 2018.05.31

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Pavlo Bekhta  
bekhta@ukr.net

Generala Chuprynyky st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674-419.32

### Термопластичні полімери у виробництві фанерної продукції: переваги, можливості та перспективи застосування

П. А. Бехта<sup>1</sup>, І. І. Кусняк<sup>2</sup>

Одними з основних клеїв, які застосовують для виробництва фанерної продукції, є карбамідо- та фенолоформальдегідні клеї. Однак, маючи багато позитивних характеристик, такі клеї є токсичними. Низкою попередніх досліджень доведено, що виділення формальдегіду може призвести до пошкодження органів дихання, очей та нервової системи і навіть до раку та лейкемії. Всесвітня організація охорони здоров'я також недавно дійшла висновку, що формальдегід є канцерогеном для людини. Тому зменшення токсичності деревинних матеріалів має величезне значення для довкілля, а особливо – для здоров'я людини. Впродовж останніх років стали жорсткішими вимоги до виробів, з якими контактує людина, а також до тих матеріалів, які використовують для їх виготовлення. У цій оглядовій статті проаналізовано переваги, можливості та перспективи використання термопластичних полімерів для виготовлення фанерної продукції. Однією з основних переваг таких полімерів є їх не токсичність.

Розглянуто поверхнєве оброблення фанери полімерними плівками на основі поліетилену та поліпропілену. Крім того, з'ясовано вплив прискорення старіння поверхні фанери, опорядженої поліетиленовими та поліпропіленовими плівками, на її властивості. Для поліетилену та поліпропілену властива низька адгезія до деревини. Проаналізовано можливості підвищення адгезії між термопластичними полімерами та шпоном/фанерою шляхом хімічного і термічного модифікування як полімерів, так і шпону.

Окремо розглянуто можливість використання відходів термопластичних полімерів у виробництві фанери, переробка яких зменшить витрати первинного полімеру, що вирішить проблему захисту довкілля. Загалом невисока вартість та сприятливі екологічні показники сукупно відкривають широкі можливості використання термопластичних полімерів у виробництві фанери.

**Ключові слова:** фанера; формальдегід; токсичність; природні полімери; синтетичні клеї; термореактивні полімери; термопластичні плівки; модифікувальні речовини; термічне модифікування; хімічне модифікування; відходи термопластичних полімерів.

<sup>1</sup> Бехта Павло Антонович – дійсний член Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. Факс: +38-032-237-89-05. E-mail: bekhta@ukr.net

<sup>2</sup> Кусняк Ірина Іванівна – асистент кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. E-mail: iryna.rondyak@gmail.com

**Вступ.** З огляду на світовий ринок економіки, виробництво фанери є одним із найбільш перспективних (FAOSTAT, 2015). Фанера застосовується практично у всіх галузях промисловості – в машино-, вагоно-, судно- та автомобілебудуванні, в будівництві, у меблевому виробництві, для виготовлення музичних інструментів, іграшок, для декоративного оздоблення та в інших областях.

Національна економіка розвивається і, відповідно, споживання фанери в промисловості зростає. На сьогоднішній день в Україні велику увагу приділяють охороні навколишнього середовища, тому із збільшенням попиту на фанерну продукцію, зростають вимоги до її екологічних показників. Головною причиною токсичності деревинно-композиційного матеріалу є його виготовлення на основі терморезактивних клеїв, які виділяють вільний формальдегід, що має негативний вплив на організм людини, зокрема, зумовлює алергічні реакції та захворювання і виявляє загально-токсичну дію.

Тому низка дослідників відзначають доцільність застосування в технології склеювання шпону термопластичних полімерів (Hu et al., 2005, Matsi et al., 2010, Piirlaid et al., 2010, Beaud et al., 2006, Hagdan et al., 2015, Haghdan & Smith, 2015, Lustosa et al., 2015, Fang et al., 2013, Fang et al., 2012, Han & Lee, 1997, Chang et al., 2017, Liiri, 2013, Zike & Kalnins, 2011, Song et al., 2016, 2017, Sorensen & Ky, 1933).

Поряд з цим, результати інших досліджень підтверджують доцільність використання відходів термопластичних полімерів у виробництві фанери, переробка яких зменшить витрати первинного полімеру та вирішить проблему захисту навколишнього середовища (Borysiuk et al., 2010, Climenhage, 2003, Haghdan & Smith, 2015, Yorur, 2016, Kajaks et al., 2012, 2014, Smith et al., 2002, Cui et al., 2010). Адже в Україні переробляють лише 10% відходів полімерних матеріалів, а решта нагромаджується на полігонах та місцевих сміттєзвалищах. Період розкладання, наприклад, поліетиленових пакетів складає від 500 до 1000 років. Під час спалювання полімерних матеріалів забруднюється навколишнє середовище отруйними речовинами, шкідливими для здоров'я людини.

*Метою дослідження є з'ясування можливості використання термопластичних полімерів у виробництві фанери.*

**Терморезактивні полімери: переваги та недоліки.** Клеї відіграють головну роль у виробництві деревинних композиційних матеріалів (стружкових плит, волокнистих плит, волокнистих плит середньої щільності, плит OSB, фанери тощо) (American wood council, 2017, Caulfield et al., 2010, Vick, 1999, El-Bashir, 2013, Gardner & Han, 2010, Grubbström et al., 2009, Grubbström & Oksman, 2009a, 2009b, Wang, 2007). Якість склеювання, а, отже, властивості деревинних композитів визначаються в основному типом і якістю клеїв. Тому розвиток деревинних композитів завжди пов'язаний з еволюцією клеїв і смол (Dunky, 2003). Світове виробництво і споживання деревинних композитів наведено в табл. 1. Так, за

даними ФАО (FAOSTAT, 2015), обсяги виробництва і споживання деревинних композитів є практично однаковими. Із зростанням кількості населення на планеті обсяги виробництва і споживання композитів й надалі зростатимуть. Отже, попит на клеї для деревини також зростатиме. У 2015 р. світовий ринок клеїв для деревини оцінювався в 1,96 млн тонн.

Таблиця 1

**Світове виробництво та споживання деревинних композиційних матеріалів (FAOSTAT, 2015)**

Тип матеріалу	Виробництво (м <sup>3</sup> )	Споживання (м <sup>3</sup> )
Стружкові плити	110,937,000	110,355,000
Плити MDF	95,922,000	94,474,000
Фанера	156,851,000	153,310,000
Деревинно-композиційні матеріали	399,368,000	393,196,000

У виробництві деревинних композиційних матеріалів сьогодні використовують велику різноманітність клеїв. Конденсаційні смоли на основі формальдегіду (феноло-формальдегідні (PF), карбамідоформальдегідні (UF), меламіно-формальдегідні (MF) і меламіно-карбамідо-формальдегідні (MUF)) складають собою найбільший об'єм у загальній частці клеїв для деревини. Вони готуються шляхом реакції формальдегіду з різними хімічними речовинами – карбамідом, меламіном, фенолом, резорцином або їх комбінаціями. Під час доставляння ці клейові смоли в основному рідкі і складаються з лінійних або розгалужених олігомерів і полімерів у водному розчині або дисперсії. Під час затвердіння та гелеутворення вони перетворюються на тривимірні зшиті і, отже, нерозчинні та неруйнівні системи. Промисловий успіх цих смол пов'язаний з їх високою реактивністю, відмінною адгезією до деревини, простотою у використанні для широкого спектру умов затвердіння, низькою температурою затвердіння, коротким часом склеювання, розчинністю у воді та низькою ціною. Однак їх головним недоліком є викиди формальдегіду. Доведено, що виділення формальдегіду може привести до пошкодження органів дихання, очей та нервової системи і навіть призвести до виникнення раку та лейкемії. Всесвітня організація охорони здоров'я (World Health Organization, 2004) також недавно дійшла висновку, що формальдегід є канцерогеном для людини.

Зменшення токсичності клеїв можливе на основі глибокого теоретичного вивчення чинників їхнього виникнення та пошуку речовин, які були б здатні зв'язати шкідливий для здоров'я формальдегід. Зв'язування його певними добавками, стабілізація процесу поліконденсації терморезактивних смол призведе до підвищення економічних затрат. Тому, із збільшенням попиту на деревинно-композиційні матеріали, зокрема, фанери, спостерігається підвищена зацікавленість в їх екологічних та економіч-

них показниках. Відповідно виникає потреба у пошуку нових клейових матеріалів.

**Клеї без вмісту формальдегіду.** Впродовж останніх років були запропоновані клеї для склеювання деревини, які не містять формальдегіду (Huang & Li, 2008, Kishi et al., 2006, Mittal & Sharma, 1992, Sowunmi et al., 1996, Tohmura et al., 2005, Umemura et al., 1999, Hu et al., 2005, Liu & Li, 2007). Для одержання клеїв без формальдегіду використовують промислові ізоціанатні смоли (Tohmura et al., 2005, Umemura et al., 1999), епоксидні смоли (Kishi et al., 2006) та інші, а також деякі натуральні продукти, такі як танін (Sowunmi et al., 1996), лігнін (Mittal & Sharma, 1992) та соєвий білок (Liu & Li, 2007). Здійснюється низка досліджень у напрямку пошуку нових і нетоксичних смол, які не містять формальдегіду і можуть застосовуватися в процесі виробництва фанери без зниження її міцності.

Так, запропоновано клей, що не містить формальдегіду, приготовлений за допомогою штучної сополімеризації (Tang et al., 2011). Основними інгредієнтами цього клею є малеїновий ангідрид (МАН) та поліетилен високої щільності (ПЕНТ), де МАН прищеплений на ПЕНТ (PE-cg-МАН). Оскільки на поверхні деревини є велика кількість полярних гідроксильних груп з целюлози, клей PE-cg-МАН, синтезований ISCGC (замість хлорованої привитої сополімеризації), має кращу спорідненість до деревини, ніж ПЕНТ, через його підвищену молекулярну полярність групами *Cl*. У процесі ISCGC, до ПЕНТ був прищеплений МАН і хлорований одночасно. Хлор спочатку розбив хімічний зв'язок і утворив радикали хлору за відносно високої температури процесу. На другому етапі радикали хлору реагували з ПЕНТ, щоб утворити макрорадикал поліетилену (ПЕ), який би ініціював реакцію прищеплення МАН на ПЕНТ. Хімічний склад продукту відрізняється від того, що використовується іншим методом прищеплення. Одержаний продукт взаємодіє з гідроксильними групами на поверхні деревини, утворюючи складні ефіри під час гарячого пресування.

Однією з можливостей зменшення токсичності клеїв є часткова заміна токсичних продуктів, що містять формальдегід, природними, екологічно чистими речовинами, такими як дубильні речовини, лігнін, крохмаль і т. д. (Mittal & Sharma, 1992). Однак, повна відсутність токсичності клеїв можлива лише за наявності термопластичних полімерів – поліолефінів або біологічно розкладених синтетичних та природних полімерів – полівінілового спирту, крохмалю, полімілової кислоти, соєвих продуктів, бензилової лігноцелюлози тощо (Liu & Li, 2007, Matuana et al., 1998).

**Опорядження термопластичними полімерами.** Вперше термопластичні полімери почали пропонувати не для склеювання, а для опорядження фанери гарячим розплавом поліолефінів (поліетилену та поліпропілену) методом екструзії (Jarvela P. et al., 1996, Jarvela et al., 1999, Kuusipalo, 2001, Tervala & Jarvela, 1999). Термопластичний розплав наносили

на поверхню деревини якомога швидше, щоб максимізувати проникнення термопластів у пори деревини. Тиск зберігається настільки низьким, наскільки це можливо під час покриття, щоб збільшити проникнення в'язкого полімерного розплаву в структуру деревини. З іншого боку, покриття зберігається в тому ж об'ємі без зовнішнього тиску, щоб запобігти появі пор (випаровування вологи з фанери) між поверхнею фанери та покриттям. Екструзійний метод покриття (Jarvela et al., 1999) запобігає утворенню отворів на поверхні шляхом проникнення повітря і вода випаровується з пор деревини через покриття.

У процесі нанесення покриття температура високого розплаву знижує в'язкість і тим самим покращує проникнення. Взаємодія між полярною фанерою та неполярними полімерами була досягнута методом модифікування малеїновим поліпропіленовим воском (Erolene E-430). Цей метод пресування недоцільний для термопластичних полімерів з температурою плавлення 315 °C (Patent № 5,415,943, United States, 1995), оскільки присутня в середині пакета шпону волога за час випаровування утворює здуття поверхні фанери та відбувається деструкція деревини (Melnik et al., 1986, Sirotenko et al., 1995), що негативно впливає на фізико-механічні показники фанери.

Borysiuk & Omen (2006) з'ясували вплив прискореного старіння поверхні фанери (виготовленої з букового лущеного шпону), опорядженої поліетиленовими та поліпропіленовими плівками, на властивості покриття, адгезію покриття, водопоглинання та набрякання опорядженої фанери. Встановлено, що поліетиленове та поліпропіленове покриття фанери є достатньо стійким до підвищеної вологи. Найкращі результати з поглинання та набрякання фанери були одержані після опорядження її поліетиленом. Результати досліджень показали, що прискорене старіння поверхні фанери візуально не погіршує якість покриття.

Порівнювали механічні властивості фанери (IsoPLYform, 2017), верхні шари якої оброблені поліпропіленовими та фенольними плівками. Фанера, опоряджена поліпропіленовими плівками, є добрим замінником фанери на основі фенольних плівок. Використання поліпропіленових плівок має низку переваг: забезпечує довготривале слугування продукції, захищає фанеру від абсорбції та зменшує пошкодження матеріалу. Одержані результати досліджень показали, що після вимочування зразків фанери у холодній воді більше 24 год, міцність фанери, опорядженої поліпропіленовими плівками, не зменшується, а залишається сталою на відміну від фанери на основі фенольних плівок.

**Термопластичні полімери в технології склеювання.** Запропоновано можливість склеювання листів шпону з пінополістиролом (Hu et al., 2005), фурановою смолою (Matsi et al., 2010, Piirlaid et al., 2010), поліуретановими клеями (Beaud et al., 2006) та поліефірними смолами (Hagdan et al., 2015, Haghdan & Smith, 2015). Одним із напрямків покращення якості фанери (Lustosa et al., 2015, Fang et al.,



2013, Fang et al., 2012, Han & Lee, 1997, Chang et al., 2017, Liiri, 2013, Zike & Kalnins, 2011, Song et al., 2016, 2017, Sorensen & Ky, 1933) є використання як клею термопластичних полімерів (поліетилену високої щільності, поліетилену низької щільності, поліпропілену, полістиролу) у вигляді плівки. Плівка усуває багато ускладнень у процесі виготовлення фанери, адже її простіше наносити, ніж рідкий клей. Усі складні та неприємні операції зі змішування та нанесення рідкого клею стають непотрібними у фанерному виробництві. Клейові плівки є простими, чистими та швидкими під час застосування, а також усувають багато недоліків, які є непривабливими сьогодні у рідких терморезактивних клеях.

У роботі (Song et al., 2016) представлено узагальнення з розроблення та оцінювання композитів на основі евкаліптового шпону та ПЕ плівки високої щільності (ПЕНТ). Мікроскопічні зображення показали, що міжфазна взаємодія була сформована механічним блокуванням. Оптимальні значення водостійкості клейового з'єднання досягли стандарту для вологостійких плівок, що вказує на те, що запропоновані композити можуть бути використані для вологостійких і безформальдегідних будівельних матеріалів і меблевих виробів.

Термопластичні плівки можна використовувати як клей у виробництві фанери, оскільки міцність з'єднання відповідає вимогам стандарту GB/T 9846.3 2004. Механізм з'єднання досліджували за допомогою оптичної мікроскопії та сканувальної електронної мікроскопії (Fang et al., 2012, Han & Lee, 1997, Chang et al., 2017, Smith et al., 2002, Umemura et al., 1999) і системи оцінки автоматизованих зв'язків (ABES) (Piirlaid et al., 2010, Segerholm et al., 2010).

Електронна мікроскопія (Goto et al., 1982) не вказує на наявність хімічних зв'язків між плівкою та деревинною речовиною, оскільки елементи деревини можна легко відокремити від лінії клею після короткочасного занурення у гарячу воду. Таким чином, міцність клейового з'єднання, отримана під час механічного випробування, свідчить про механізм закріплення полімеру, який проникає в різні елементи деревини та просвіти в шпоні. ABES – це компактна система, яка дає змогу точно контролювати параметри пресування і одночасно оцінювати міцність зсуву отриманих зв'язків (Piirlaid et al., 2010). ABES використовують в основному в дослідженнях, що характеризують процес затвердіння клею. Результати показують, що попередня гідротермічна обробка, температура сушіння та вологість шпону впливають на міцність зв'язків між шпоною та клеєм.

Крім того, багато уваги приділено вивченню фізико-механічних властивостей фанери, включаючи набрякання за товщиною, водопоглинання, межу міцності на зріз, межу міцності на згин та модуль пружності за оптимальних умов склеювання. Термопластичний полімер здатен проникати в різні типи клітин та судин шпону, сприяючи механічному блокуванню шляхом утворення ґратки в клейових

лініях по всій діагоналі. Важливим є те, що вміст вологи (8-25%) у шпоні не має значного впливу на процес склеювання (Lustosa et al., 2015, Goto et al., 1982, Kajaks et al., 2012). Шпон не потрібно висушувати до низької вологості, оскільки завдяки своїй формі та анатомічній будові, вологу, що виходить із шпону можна видалити через судини та волокна, розташовані поздовжньо. Оскільки термопластичний матеріал не блокує структуру деревини, пара може легко вийти. Відповідно, не було виявлено здуття фанери та відшарування шпону. Полімер заповнював порожнини на поверхні шпону.

Технологічні та екологічні показники підтверджують придатність використання для внутрішнього застосування, особливо за високої вологості, термопластичної фанери (Lustosa et al., 2015, Fang et al., 2012, 2013, Song et al., 2016, 2017) замість традиційної на основі карбамідо- та фенолоформальдегідних смол. У табл. 2 наведено фізико-механічні властивості фанери на основі термопластичних полімерів та порівняння межі міцності на зріз згідно з вимогами стандарту EN 314-2: 1993.

**Модифікування поверхні шпону.** Досягнути ефективної деревинно-термопластичної адгезії достатньо важко. Оскільки деревинний компонент (шпон) є гідрофільним, а термопластичний полімер – гідрофобним, то пропонується застосувати модифікування шпону для покращення міжфазного з'єднання двох різних фаз.

Розуміння механізму зчеплення між термопластичним полімером і шпоном є необхідним для прогнозування та покращення міцності. На основі більшості теорій про адгезію, сильне міжфазне зчеплення не може існувати без ефективного змочування поверхні шпону. Загальна умова, яка повинна бути виконана для змочування є такою, щоб поверхневий натяг розплаву полімеру був меншим, ніж шпону. Оптимальні умови для змочування настають тоді, коли полярність двох фаз є однаковою.

Найбільшого застосування отримало хімічне модифікування (застосування сумібілізаторів) – малеїновим ангідридом (Goto et al., 1982, Segerholm et al., 2010, Song et al., 2017), полімер модифікований малеїновим ангідридом та хлорований одночасно (Tang et al., 2011), вінілтриметоксиланом (силан А-171) (Fang et al., 2014), фталевим ангідридом, малеїновим ангідридом, у-амінопропілтриоксиланом, дихлордиетилсиланом (Matuana et al., 1998), а також термічне модифікування деревини (за температури 200 °C впродовж 5, 30, 60 хв) (Follrich et al., 2006).

Адсорбція декількох прегідролізованих алкоксисиланів (Fang et al., 2014) на поверхні шпону та наявність ковалентного з'єднання між шпоном і силановим агентом підтверджуються за допомогою інфрачервоної спектроскопії (FTIR), х-променевої фотоелектронної спектроскопії (XPS) та кута змочування. Поверхнева обробка силаном призводить до підвищення міцності зсуву та водостійкості.

Після модифікування поверхонь шпону, кут змочування збільшився, а поверхневий натяг – змен-

шився (Fang et al., 2014, Hagdan et al., 2015). Було встановлено, що модифікувальні сполуки з вмістом атомів азоту змінюють електронно-донорний/акцепторний характеристики деревини і можуть бути відповідальними за підвищення адгезії. Інші спо-

соби обробки дихлордиетилсиланом, фталевим ангідридом і малеїновим поліпропіленом (Matuana et al., 1998) виявилися неефективними, надаючи аналогічні показники міцності зв'язків порівняно з необробленим шпоном.

Таблиця 2

**Фізико-механічні властивості фанери на основі термопластичних полімерів**

Показник	Вид полімера							Вимоги згідно EN 314-2: 1993 <sup>8</sup>
	ПЕНТ <sup>1</sup>	ПЕНТ <sup>2</sup>	ПЕНТ <sup>3</sup>	ПЕНТ <sup>4</sup>	ПП <sup>5</sup>	КФС <sup>6</sup>	ФФС <sup>7</sup>	
Водопоглинання за 24 год, %	43,82	81,7	60,0	98,0	–	–	–	–
Набрякання за товщиною 24 год, %	5,51	7,65	8,0	–	8,2	–	8,7	–
Межа міцності на зріз, МПа	2,32	1,46	1,15	1,3	1,41	1,35	1,52	> 1,0
Межа міцності при згині, МПа	91,0	82,78	62,0	86,94	106,0	75,71	126,0	–
Модуль пружності, МПа	10,83	7,480	6,42	8,33	13,7	7,52	14,9	–

*Примітка.* 1. ПЕНТ – поліетилен високої щільності, (Lustosa et al., 2015); 2. ПЕНТ – поліетилен високої щільності, (Fang et al., 2013); 3. ПЕНТ – поліетилен високої щільності, (Fang et al., 2012); 4. ПЕНТ – поліетилен високої щільності, (Song et al., 2016); 5. ПП – поліпропілен, (Song et al., 2017); 6. КФС – карбамідо-формальдегідна смола, (Fang et al., 2013); 7. ФФС – феноло-формальдегідна смола, (Song et al., 2017); 8. EN 314-2: 1993 – європейський стандарт з міцності клеєвого з'єднання у виробництві фанери.

Термічне модифікування деревини за температури 200°C значно зменшує гідрофільність її поверхні (Follrich et al., 2006). Внаслідок цього початкова сила розриву та енергія зламу деревинно-термопластичних клейових з'єднань, виміряні на зразках склеєних з подвійних брусків (DCB), суттєво зросли за збільшення часу обробки. Цей результат є важливим для склеювання деревини термопластами, оскільки він вказує на альтернативний спосіб збільшення адгезії між деревиною та гідрофобними термопластами без додавання сумібілізаторів у композиціях із деревини (табл. 3).

Таблиця 3

**Межа міцності на зріз фанери склеєної з модифікованого шпону та термопластичних полімерів**

Вид полімера та модифікувальної речовини	Межа міцності на зріз, МПа
ПЕНТ <sup>1</sup> , модифікований вінілтриметоксисиланом (силан А-171)	1,18
ПЕВТ <sup>2</sup> , термічне модифікування	3,8
ПП <sup>3</sup> , модифікований малеїном ангідридом	1,0
ПВХ <sup>4</sup> , модифікований:	
у-амінопропілтриоксисиланом А-1100	3,9
дихлордиетилсиланом	2,1
фталевим ангідридом	2,3
малеїновим поліпропіленом	2,0
ПП <sup>5</sup> , модифікований:	
малеїновим ангідридом	1,8
у-амінопропілтриоксисиланом	1,7
ПЕНТ <sup>6</sup> , модифікований малеїновим ангідридом та хлорований одночасно	1,17

*Примітка.* 1. ПЕНТ<sup>1</sup> – поліетилен високої щільності (Fang et al., 2014); 2. ПЕВТ<sup>2</sup> – поліетилен низької щільності

(Follrich et al., 2006); 3. ПП<sup>3</sup> – поліпропілен (Goto et al., 1982); 4. ПВХ<sup>4</sup> – полівінілхлорид (Matuana et al., 1998); 5. ПП<sup>5</sup> – поліпропілен (Song et al., 2017); 6. ПЕНТ<sup>6</sup> – поліетилен високої щільності (Tang et al., 2011).

**Використання відходів термопластичних полімерів.** Зростання населення у світі сприяє збільшенню використання пластмас, і тому кількість пластичних відходів значно зростає. У розвинених країнах вміст пластмаси в побутовому смітнику може досягати 18-20 кг на одну людину на рік. Переробка цих полімерів зменшить витрати первинного полімеру, допомагаючи вирішити проблеми захисту навколишнього середовища. Крім того, оскільки поліолефінові плівки можуть бути виготовлені з переробленої пластмаси, то нові деревинні композити сприяють також зменшенню обсягів пластичних відходів, що приносить величезні економічні, соціальні та екологічні переваги.

У цілому, багато робіт присвячено використанню відходів термопластичних полімерів у виробництві деревинних композитів (Borysiuk et al., 2010, Climenhage, 2003, Haghdan & Smith, 2015, Yorur, 2016, Kajaks et al., 2012, 2014, Smith et al., 2002, Cui et al., 2010). Різні перероблені термопластичні полімери, виготовлені з відходів тетра-пакування, відходів побутової плівки, переробленого поліпропілену та переробленого поліаміду-6 (Kajaks et al., 2014), використовували як гарячі розплави для склеювання шпону.

На цей час вивчаються можливості використання різноманітних термопластичних текстильних відходів гарячого розплаву для шпону з метою виготовлення плівок та порівняння їх з використовуваними терморективними і термопластичними клейовими смолами (Kajaks et al., 2012, 2014). Для склеювання деревинного шпону використовують відходи з термопластичного текстильного волокна (поліуретан, поліамід-6, нитки з поліпропілену

та скла), вторинного поліетилену, поліпропілену і полістиролу та пластикові пакети з поліетилену, поліпропілену, полівінілхлориду (Cui et al., 2010, Borysiuk et al., 2010).

Використання високоміцних поліетиленових, поліуретанових та поліамідних відходів гарячого розплаву (Kajaks et al., 2012) для склеювання деревинного шпону забезпечує високу міцність на зріз (5,6-10 МПа), що значно перевищує міцність на зріз промислової фанери (2,5-3,7 МПа), склеєної фенолоформальдегідними смолами. Крім того, встановлена задовільна водостійкість всіх зразків, склеєних досліджуваними гарячими розплавами, а, отже, існує можливість їх використання у зовнішніх умовах.

У табл. 4 наведено показники межі міцності на зріз фанери, склеєної з відходів термопластичних полімерів. Дослідження можливості використання термопластичних відходів у виробництві фанери показали, що гарячі розплави термопластичних полімерних матеріалів на основі первинних і перероблених відходів можуть успішно використовуватися для склеювання деревинного шпону з високими експлуатаційними властивостями. Їх використання дасть змогу усунути у клеях токсичність та значно покращити охорону навколишнього середовища.

Таблиця 4

#### Межа міцності на зріз фанери склеєної з відходів термопластичних полімерів

Відходи термопластичних полімерів	Межа міцності на зріз, МПа
Відходи ПС <sup>1</sup> для фанери породи:	
береза	3,5
сосна	2,8
Відходи <sup>2</sup> :	
поліетилену високої щільності	2,42
поліпропілену	3,84
Відходи <sup>3</sup> :	
поліетилену високої щільності	2,34
поліпропілену	4,42
поліуретану	2,18
Відходи з суміші ПЕНТ, ПП, ПВХ та ПС <sup>4</sup> :	1,1

Примітка. 1 – відходи полістиролу (Borysiuk et al., 2010); 2 – відходи поліетилену та поліпропілену (Kajaks et al., 2014); 3 – відходи поліетилену, поліпропілену та поліуретану (Kajaks et al., 2012); 4 – відходи поліетилену, поліпропілену, полівінілхлориду та полістиролу (Cui et al., 2010).

**Висновки.** У світі зростає тенденція до збільшення обсягів виготовлення та споживання деревинних композиційних матеріалів, зокрема й фанери. Одним із основних компонентів фанери, який визначає її властивості, ціну, сферу використання, є застосований клей. В основному для виготовлення фанерної продукції використовують термореактивні клеї, які попри свої позитивні технологічні та

експлуатаційні характеристики є токсичними. Поряд з цим, існують реальні шляхи зменшення токсичності клеїв і фанерної продукції шляхом заміни існуючих токсичних термореактивних клеїв нетоксичними термопластичними полімерами. Крім того, перспективними є клеї без вмісту формальдегіду, опорядження фанери термопластичними полімерами, модифікування поверхні шпону для покращення адгезії з термопластичними полімерами. Існує висока доцільність використання відходів термопластичних полімерів у виробництві фанери, переробка яких дає змогу зменшити витрати первинного полімеру. Технологічні та екологічні показники термопластичної фанери підтверджують придатність її використання замість традиційної на основі карбамідо- та фенолоформальдегідних клеїв.

Загалом, невисока вартість та екологічні показники сукупно відкривають широкі можливості використання термопластичних полімерів у виробництві фанерної продукції.

#### Бібліографічні посилання

- Adhesives awareness guide (2017). American wood council. Retrieved from <http://www.woodaware.info>.
- Beaud, F., Niemz, P., & Pizzi, A. (2006). Structure-property relationships in one-component polyurethane adhesives for wood: Sensitivity to low moisture content. *Journal of Applied Polymer Science*, 101, 4181-4192. <https://doi.org/10.1002/app.24334>.
- Borysiuk, P., & Omen, J. (2006). The influence of accelerated ageing on properties of coatings from thermoplastics created on the surface of plywood. *Annals of Warsaw Agricultural University, Forestry and Wood Technology*, 58, 91-94.
- Borysiuk, P., Mamiński, M.Ł., Parzuchowski, P., & Zado, A. (2010). Application of polystyrene as binder for veneers bonding – the effect of pressing parameters. *European Journal of Wood and Wood Products*, 68 (4), 487-489. (in English).
- Caulfield, D., Clemons, C., & Rowell, R.M. (2010). Wood thermoplastic composites. Chapter 6. *Sustainable development in the forest products industry : eds Roger M Rowell Fernando Caldeira Judith K. Rowell -Porto Edições Universidade Fernando Pessoa*, 141-161.
- Chang, L., Guo, W., & Tang, Q. (2017). Assessing the tensile shear strength and interfacial bonding mechanism of poplar plywood with high-density polyethylene films as adhesive. *BioResources*, 12 (1), 571-585. <https://doi.org/10.15376/biores.12.1.571-585>.
- Climenhage, D. (2003). *Recycled Plastic Lumber. A Strategic Assessment of its Production, use and Future Prospects*. Environment and Plastic Industry Council and Corporations Supporting Recycling. Canada.
- Cui, T., Song, K., & Zhang, S. (2010). Research on utilizing recycled plastic to make environment-friendly plywood. *Forestry Studies in China*, 2 (4), 218-222. <https://doi.org/10.1007/s11632-010-0401-y>.



- Dunky, M. (2003). Adhesives in the Wood Industry. In: Handbook of Adhesive Technology. 2<sup>nd</sup> edition, revised and expanded, edited by A. Pizzi & K.L. Mittal. Marcel Dekker, Inc. New York – Basel.
- El-Bashir, S. M. (2013). Thermal and mechanical properties of plywood sheets based on polystyrene/silica nanocomposites and palm tree fibers. *Polym. Bull.*, 70, 2035-2045. <https://doi.org/10.1007/s00289-013-0962-8>.
- EN 314-2: (1993). Plywood. Bonding quality. Part 2: Requirements, BSI, 12.
- Fang, L., Chang, L., Guo, W., Chen, Y., & Wang, Z. (2012). Manufacture of environmentally friendly plywood bonded with plastic film. *Forest Products Journal*, 63 (7/8), 283-288. <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-12-00062>.
- Fang, L., Chang, L., Guo, W., Chen, Y., & Wang, Z. (2014). Influence of silane surface modification of veneer on interfacial adhesion of wood-plastic plywood. *Applied Surface Science*, 288, 682-689.
- Fang, L., Chang, L., Guo, W., Ren, Y., & Wang, Z. (2013). Preparation and characterization of wood-plastic plywood bonded with high density polyethylene film. *European Journal of Wood and Wood Products*, 71, 739-746. <https://doi.org/10.1007/s00107-013-0733-0>.
- FAO Statistics (2015). Yearbook of Forest Products. <http://www.fao.org/3/a-i7304m.pdf>.
- Follrich, J., Muller, U., & Gindl, W. (2006). Effects of thermal modification on the adhesion between spruce wood (*Picea abies* Karst.) and a thermoplastic polymer. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64, 373-376. <https://doi.org/10.1007/s00107-006-0107-y>.
- Gardner, D. J., & Han, Y. (2010). Towards structural wood plastic composites: technical innovations. *Proceedings of the 6th meeting of the Nordic-Baltic network in wood material science and engineering (WSE)*. Tallinn, Estonia, 7-22.
- GB/T 9846.3 (2004). Plywood-Part 3: General specification for plywood for general use.” Standardization Administration of China, Beijing, China, 199 (in China).
- Goto, T., Saiki, H., & Onishi, H. (1982). Studies on wood gluing. XIII: Gluability and scanning electron microscopic study of wood-polypropylene bonding. *Wood Sci. Technol*, 16, 293-303. <https://doi.org/10.1007/BF00353157>.
- Grubbström, G., & Oksman, K. (2009). Silane-crosslinking efficiency in wood-polyethylene composites: Study of different polyethylenes. *Proceedings of 10th International Conference on Wood and Biofiber Plastic Composites*, Madison, WI, USA, 1-24.
- Grubbström, G., & Oksman, K. (2009). Influence of wood flour moisture content on the degree of silane crosslinking and its relationship to structure-property relations of wood-thermoplastic composites. *Composites Science and Technology*, 69, 1045-1050. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2009.01.021>.
- Grubbström, G., Holmgren, A., & Oksman, K. (2010). Silane-crosslinking of recycled low-density polyethylene/wood composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41, (5), 678-683. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.01.018>.
- Hagdan, S., Tannert, T., & Smith, G. (2015). Wettability and impact performance of wood veneer/polyester composites. *BioResources*, 10 (3), 5633-5654. <https://doi.org/10.15376/biores.10.3.5633-5654>.
- Haghdan, S., & Smith, G. D. (2015). Fracture mechanisms of wood/polyester laminates under quasi-static compression and shear loading. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 74, 114-122. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.04.006>.
- Haghdan, S., Tannert, T., & Smith, G. D. (2015). Effects of reinforcement configuration and densification on impact strength of wood veneer/polyester composites. *Journal of Composite Materials*, 49 (10), 1161-1170. <https://doi.org/10.1177/0021998314531308>.
- Han, K-S., & Lee, H-H. (1997). Adhesion characteristics and anatomic scanning of plywood bonded by high density polyethylene. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 25 (3), 16-23 (in Korea).
- Hu, Y., Nakao, T., Nakai, T., Gu, J., & Wang, F. (2005). Vibrational properties of wood plastic plywood. *Journal of Wood Science*, 51 (1), 13-17. <https://doi.org/10.1007/s10086-003-0624-9>.
- Huang, J., & Li, K. (2008). A new soy flour-based adhesive for making interior type II plywood. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85, 63-70. <https://doi.org/10.1007/s11746-007-1162-1>.
- IsoPLY form (2017). Construction boards for formwork. Retrieved from [http://www.bayou-holz.com/wp-content/uploads/isoply\\_eng\\_new.pdf](http://www.bayou-holz.com/wp-content/uploads/isoply_eng_new.pdf).
- Jarvela, P., Jarvela P., & Tervala, O. (1996). Thermoplastic coating for plywood, modification and properties of thermoplastics. VTT Press Releases - State Technical Research Center, 1803, X-32.
- Jarvela, P.K., Tervala, O., Jarvela, P.A. (1999). Coating plywood with a thermoplastic. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 19, 295-301.
- Kajaks, J., Kalniņš, K., Reihmane, S., & Bernava, A. (2014). Recycled thermoplastic polymer hot melts utilization for birch wood veneer bonding. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, 30 (2), 87-102.
- Kajaks, J., Reihmane, S., Grinbergs, U., & Kalniņš, K. (2012). Use of innovative environmentally friendly adhesives for wood veneer bonding. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 61 (3), 207-211. <https://doi.org/10.3176/proc.2012.3.10>.
- Kishi, H., Fujita, A., Miyazaki, H., Matsuda, S., & Murakami, A. (2006). Synthesis of wood-based epoxy resins and their mechanical and adhesive properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 102, 85-92.
- Kuusipalo, J. (2001). Plastic coating of plywood using extrusion technique. *Silva Fennica*, 35 (1), 103-110.
- Liiri, M. (2013). Properties of a new thermoplastic plywood product. *Master's thesis*. Espoo, 110 p.
- Liu, Y.J., & Li, K. (2007). Development and characterization of adhesives from soy protein for

- bonding wood. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 27 (1), 59-67.
- Lustosa, ECB, Del Menezzi, CHS, de Melo, R.R. (2015). Production and properties of a new wood laminated veneer/high-density polyethylene composite board. *Materials Research*, 18 (5), 994-99. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-1439.010615>.
- Matsi, M., Rohumaa, A., Piirlaid, M., Hughes, M., & Meier, P. (2010). Assessing the potential of furan polymer-based resin development in bonded veneer processing factors on adhesive bond strength. *Proceedings of the 6th meeting of the Nordic-Baltic Network In Wood Material Science And Engineering (WSE)*. Tallinn, Estonia, 193 p.
- Matuana, L.M., Balatinez, J.J., & Park, C.B. (1998). Effect of surface properties on the adhesion between PVC and wood veneer laminates. *Polymer Engineering and Science*, 38 (5), 765-773. <https://doi.org/10.1002/pen.10242>.
- Melnik, I.P., Annenkov, V.F., & Lebedev, E.V. (1986). Application of thermoplastic polymers for the production of pressed materials and products from crushed wood. *Moscow: VNIPIEllesprom*, 1, 20 p. (in Russian).
- Mittal, M., & Sharma, C.B. (1992). Studies on lignin-based adhesives for plywood panels. *Polymer International*, 29 (1), 7-8.
- Patent № 5,415,943, United States (1995). Wood composite materials and methods for their manufacture / Groger, H.P., Kamke, F.A., Churchill, R.J., American Research Corporation of Virginia, Radford, Va – № 24,752; filed mar. 2, 1993; posted may 16, 1995.
- Piirlaid, M., Rohumaa, A., Matsi, M., Hughes, M., & Meier, P. (2010). Effect of birch veneer processing factors on adhesive bond strength development. *Proceedings of the 6th meeting of the Nordic-Baltic Network In Wood Material Science And Engineering (WSE)*. Tallinn, Estonia, 193 p.
- Segerholm, B.K., Walinder, M.P., & Holmberg, D. (2010). Adhesion studies of scots pine-polypropylene bond using ABES. *Proceedings of the 6th meeting of the Nordic-Baltic Network in Wood Material Science and Engineering (WSE)*. Tallinn, Estonia, 142-146.
- Sirotenko, L. D., Obodovskaya, L. A., & Khramtsov, Yu. D. (1995). Non-toxic wood composite materials based on thermoplastics. *Woodworking industry*, 2, 20-23 (in Russian).
- Smith, M.J., Dai, H., & Ramani, K. (2002). Wood-thermoplastic adhesive interface-method of characterization and results. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 22 (3), 197-204. [https://doi.org/10.1016/S0143-7496\(01\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S0143-7496(01)00055-0).
- Song, W., Wenbang, W., Congrong, R., & Shuangbao, Z. (2016). Developing and evaluating composites based on plantation eucalyptus rotary-cut veneer and high-density polyethylene film as novel building materials. *BioResources*, 11 (2), 3318-3331.
- Song, W., Wenbang, W., Xuefei, L., & Shuangbao, Z. (2017). Utilization of polypropylene film as an adhesive to prepare formaldehyde-free, weather-resistant plywood-like composites: Process optimization, performance evaluation, and interface modification. *BioResources*, 12 (1), 228-254.
- Sorensen, R., & Ky, L. (1933). Dry film gluing in plywood manufacture. *The American Society of Mechanical Engineers*, 37-48.
- Sowunmi, S., Ebewe, R.O., Conner, A.H., & River, B.H. (1996). Fortified mangrove tannin-based plywood adhesive. *Journal of Applied Polymer Science*, 62, 577-584.
- Tang, L., Zhao-gang, Z., Jiao, Q., Ji-ruo, Z., & Ying, F. (2011). The preparation and application of a new formaldehyde-free adhesive for plywood. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 31 (6), 507-512.
- Tervala, O., & Jarvela, P. (1999). Thermoplastic coating processes for plywood. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 38 (4), 831-848.
- Tohmura, S.I., Li, G.Y., & Qin, T.F. (2005). Preparation and characterization of wood polyalcohol-based isocyanate adhesives. *Journal of Applied Polymer Science*, 98, 791-795.
- Umamura, K., Takahashi, A., & Kawal S. (1999). Durability of isocyanate resin adhesives for wood. II. Effect of the addition of several polyols on the thermal properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 74, 7-14.
- Vick, C.B. (1999). Adhesive bonding of wood materials. Chapter 9. *Wood handbook - wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory*, 9 (1), 9-24.
- Wang, Y. (2007). Morphological characterization of wood plastic composite (WPC) with advanced imaging tools: Developing methodologies for reliable phase and internal damage characterization. *Master's thesis*, Oregon, 163 p.
- World Health Organization. (2004). IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to humans. International Agency for Research on Cancer. [www.iarc.fr/ENG/Press-Releases/archives/pr153a](http://www.iarc.fr/ENG/Press-Releases/archives/pr153a).
- Yorur, H. (2016). Utilization of waste polyethylene and its effects on physical and mechanical properties of oriented strand board. *BioResources*, 11 (1), 2483-2491. <https://doi.org/10.15376/biores.11.1.2483-2491>.
- Zike, S., & Kalnins, K. (2011). Enhanced impact absorption properties of plywood. *Civil Engineering' 11 3rd International Scientific Conference Proceedings, Vol. 3, Jelgava, Latvia University of Agriculture*, 125-130.



## **Термопластические полимеры в производстве фанерной продукции: преимущества, возможности и перспективы применения**

П. А. Бэхта<sup>1</sup>, И. И. Кусняк<sup>2</sup>

Одними из основных клеев, используемых в производстве фанерной продукции является карбамидо- и фенолоформальдегидные клеи. Однако, имея много положительных характеристик, такие клеи являются токсичными. Доказано, что выделение формальдегида может привести к повреждению органов дыхания, глаз и нервной системы и даже к раку и лейкемии. Всемирная организация здравоохранения также недавно пришла к выводу, что формальдегид является канцерогеном для человека. Поэтому уменьшение токсичности древесных материалов имеет огромное значение для окружающей среды, особенно для здоровья человека. В последние годы стали более жесткими требования к изделиям, с которыми контактирует человек, а также к тем материалам, которые используются для их изготовления.

Перед учеными встал вопрос поиска новых клеящих веществ, которые бы смогли заменить существующие токсичные синтетические терморезактивные клеи на новые нетоксичные.

Были попытки в изготовлении фанеры на основе природных клеев – белки (казеин), коллаген костный, мездровый и рыбный, альбумин, углеводы (на основе крахмала или его производного – декстрина), натуральные латексные и каучуковые клеи. Однако, вследствие невысокой водо- или биостойкости, низкой теплостойкости, отсутствии некоторых видов сырья для их производства, а также из-за необходимости экономии пищевого сырья на сегодня они не находят большого применения для производства древесных композиционных материалов в широких масштабах.

После ряда исследований была предложена возможность склеивания фанеры синтетическими термопластичными полимерами, температура плавления которых не превышает 200°C. Вопросами изготовления фанеры на основе термопластических полимеров занималось много ученых. В частности предлагалось производство фанеры с применением термопластичных пленок.

На основе анализа большого количества научных работ проанализированы преимущества, возможности и перспективы использования термопластичных полимеров для изготовления фанерной продукции. Одним из основных преимуществ таких полимеров является их нетоксичность.

Анализируется поверхностная обработка фанеры полимерными пленками на основе полиэтилена и полипропилена. Кроме того, выясняется влияние ускоренного старения поверхности фанеры облицованной полиэтиленовыми и полипропиленовыми пленками на ее свойства. Для полиэтилена и полипропилена свойственна низкая адгезия к древесине. Проанализированы возможности повышения адгезии между термопластичными полимерами и шпоном / фанерой путем химического и термического модифицирования как полимеров, так и шпона.

Указано на возможность использования отходов термопластических полимеров в производстве фанеры, переработка которых уменьшит расходы первичного полимера, решит проблему защиты окружающей среды. В целом, невысокая стоимость и экологические показатели в совокупности открывают широкие возможности использования термопластичных полимеров в производстве фанеры.

**Ключевые слова:** фанера; формальдегид; токсичность; природные полимеры; синтетические клеи; терморезактивные полимеры; термопластичные пленки; модифицирующие вещества; термическое модифицирование; химическое модифицирование; отходы термопластичных полимеров.

## **Thermoplastic polymers in the production of plywood products: advantages, opportunities and perspectives for application**

P. Bekhta<sup>1</sup>, I. Kusniak<sup>2</sup>

One of the main adhesives used in the production of plywood are urea – and phenol-formaldehyde adhesives. In spite of their many positive characteristics such adhesives are toxic. Previous studies have proved that the formaldehyde giving off can cause the respiratory, nervous system and eyes damage and even cancer

<sup>1</sup> Бэхта Павло Антонович – действительный член Лесной академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий древесных композиционных материалов, целлюлозы и бумаги. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-238-44-99, E-mail: bekhta@ukr.net

<sup>2</sup> Кусняк Ирина Ивановна – ассистент кафедры технологий древесных композиционных материалов, целлюлозы и бумаги. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-238-44-99, + 38-093-622-18-08. E-mail: iryna.rondyak@gmail.com

<sup>1</sup> Pavlo Bekhta – full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, Generala Chuprynyk st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-44-99, E-mail: bekhta@ukr.net

<sup>2</sup> Iryna Kusniak – assistant of the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, Generala Chuprynyk st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-032-238-44-99. E-mail: iryna.rondyak@gmail.com.

and leukemia. The World Health Organization has also recently concluded that formaldehyde is a human carcinogen. Therefore, the wood materials toxicity reduction has great importance for the environment and especially for human health. Throughout recent years, requirements to the products that a person contacts, as well as those materials used for their manufacture, have increased.

Scientists were faced with the question of finding new adhesives which could replace existing toxic synthetic thermosetting glues on the new non-toxic glues.

Attempts to make plywood based on natural glues were done – proteins (casein), bone collagen, skin and fining, albumin, carbohydrates (on the basis of starch or its derivative – dextrin), natural latex and rubber glues.

However, due to low water or biodegradability, low heat resistance, lack of some types of raw materials for their production and also necessity to save food raw materials nowadays they do not find large-scale application in wood composite materials production.

After several researches, the possibility of gluing plywood with synthetic thermoplastic polymers, the melting point of which does not exceed 200 °C were proposed. Many scientists studied the question of plywood production based on the thermoplastic polymers. In particular the plywood production with the use of thermoplastic films was proposed.

In this review the advantages, possibilities and perspectives of the thermoplastic polymers using for the plywood products production are analyzed. One of the main advantages of such polymers is their non-toxicity.

Surface treatment of the plywood with polymeric films based on polyethylene and polypropylene is considered. In addition, an accelerating aging impact of the plywood surface covered with polyethylene and polypropylene films on its properties is found out. Polyethylene and polypropylene have low adhesion to the wood. **The adhesion increasing possibilities between thermoplastic polymers and veneer / plywood by chemical and thermal modification of both polymers and veneer are analyzed.**

The possibility of the thermoplastic polymers waste using in the plywood production, the retreatment of which will reduce the cost of the primary polymer and will solve the problem of the environmental protection is considered as well. In general, low cost and environmental indicators jointly open the wide opportunities of using thermoplastic polymers in plywood production.

**Key words:** plywood; formaldehyde; toxicity; natural polymers; synthetic adhesives; thermosetting polymers; **thermoplastic films; modifying agents; thermal modification; chemical modification; thermoplastic polymers waste.**