

екологічних вимог і норм, дотримання яких сприяє подоланню суперечностей між людиною і довкіллям, суспільством і природою. Вона є механізмом переходу і підтримки стану сталого розвитку. До пріоритетних завдань екологічної модернізації соціально-економічного розвитку належать: – удосконалення законодавчої бази у сфері охорони навколишнього природного середовища, спрямованої на досягнення національних переваг екологічної модернізації, наближення її до відповідних директив ЄС, впровадження багатосторонніх екологічних угод (конвенцій, протоколів тощо), стороною яких є Україна, соціальна прийнятність, реалістичність, економічна ефективність. Необхідно привести законодавство у відповідність до положень, сприяти гнучкому застосуванню екологічних технологій, розв'язанню наявних проблем. З метою розбудови механізму управління екологічною модернізацією соціально-економічного розвитку необхідно встановити її ключові завдання: формування модернізаційного типу еколого-орієнтованої діяльності суспільства; гарантування екологічної безпеки інноваційного оновлення виробництва підприємств; узгодження управлінських дій у системі регіонального розвитку на основі оновлення балансу інтересів між бізнесом, владою та суспільством; розширене відтворення природних ресурсів та факторів на базі оновлених технологій. Як свідчить міжнародний досвід, забезпечити відповідність зростаючої економіки критеріям сталого розвитку та підвищити соціально-екологічний добробут населення можливо у разі спільних дій та регіональних органів влади, бізнесу, щодо пошуку найбільш ефективних інструментів і методів вирішення проблем, взаємовідносин між суспільством і природою. До них належить екологічно спрямована структурна перебудова економіки, підтримка й розвиток високотехнологічних, екологічно безпечних і ресурсозберігаючих виробництв, застосування нових інструментів екологічної політики, включаючи міжнародні стандарти екологічного менеджменту, добровільні екологічні угоди, забезпечення інформаційної відкритості процесів ухвалення і реалізації еколого-економічних та управлінських рішень.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОДУКЦІЇ З КЛЕЙОВИМИ З'ЄДНАННЯМИ ТЕРМОДЕРЕВИНИ**

*Кіндзера А.Р., асп., Кишинецький Б.Я., д.т.н., проф.,  
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна  
Kindzera74@ukr.net*

Хімічна обробка деревини є розповсюдженим методом усунення її природних недоліків, що дає змогу отримати конструкційний матеріал з покращеними властивостями, однак не забезпечує його екологічність. Натомість, на протязі останнього десятиліття, світовий ринок наповнився термодеревиною – затребуваним екологічно чистим матеріалом, спосіб отримання якого полягає у тривалому обробленні деревини в середовищі пари за температури 180–240°C без дії хімічних речовин. Завдяки термічному модифікуванню, в деревині

відбуваються фізико-хімічні перетворення, внаслідок чого покращується ряд показників: збільшуються біологічна стійкість, формо- та розміростабільність, стійкість до деформацій, вологостійкість, довговічність; знижуються теплопровідність та рівноважна вологість [1-3]. Таким чином, термодеревина поєднує якісні характеристики хімічно обробленої деревини з екологічністю природної, що зумовлює широке її застосування в деревообробному та меблевому виробництвах, будівельній сфері. Для отримання заготовок та деталей потрібних розмірів, а також для з'єднання деталей у складальні одиниці та вузли, виникає необхідність склеювання термодеревини. Забезпечення міцності, довговічності та екологічності клейових з'єднань термомодифікованої деревини є актуальним завданням сьогодення. Зважаючи на вищесказане, **метою роботи** є проведення огляду клеїв, для встановлення можливості їх застосування для склеювання термічно модифікованої деревини, а також визначення напрямів досліджень, спрямованих на збільшення міцності та довговічності клейових з'єднань.

Внаслідок проведеного аналізу останніх досліджень та публікацій встановлено, що для склеювання термодеревини можуть використовуватись термореактивні та термопластичні клеї. Термореактивні клеї, а саме фенолоформальдегідні, карбамідоформальдегідні, меламіно-формальдегідні, меламіно-карбамід-формальдегідні, резорцино-формальдегідні формують клейові з'єднання з підвищеною водо-, волого- та термостійкістю [4-6], однак, є токсичними та шкідливими. Термопластичні клеї, до яких належать полівінілацетатні (ПВА), за водо- і вологостійкістю клейового з'єднання дещо поступаються термореактивним, зате є екологічно безпечними [7, 8], тому рекомендуються для застосування. Основним плівкоутворюючим компонентом клею ПВА є полімер полівінілацетат (ПВА), фізико-механічні властивості якого залежать від ступеня розгалуженості полімеру і представлені у табл.1.

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості полівінілацетату

Температура склування, °С	Межа міцності, МПа	Відносне подовження, %	Температура розм'якшення, °С
28-42	20-50	10-20	30-50

Полівінілацетатні клеї поділяють на неструктуровані та структуровані, які, відповідно, формують відмінний за структурою клейовий шов і клейові з'єднання відповідає різним вимогам водостійкості згідно з EN 204 (Табл. 2).

Таблиця 2 – Характеристики полівінілацетатних клеїв

Неструктуровані (однокомпонентні клеї)		Структуровані (одно- та двокомпонентні клеї)	
Структура клейового шва	Водостійкість клейового з'єднання	Структура клейового шва	Водостійкість клейового з'єднання
лінійна	D2	рідкосітчаста	D4

Результати проведених нами досліджень, щодо міцності та терміну експлуатації термопластичних полівінілацетатних клейових з'єднаннях деревини дуба, а саме: 18 місяців (із залишковою міцністю 0,97 МПа) для клейового з'єднання на основі неструктурованого клею з класом водостійкості D2 та 36 місяців (із залишковою міцністю 0,85 МПа) для клейового з'єднання на основі структурованого клею з класом водостійкості D4, служитимуть еталоном для порівняння характеристик клейових з'єднань термодеревини. Як показали результати досліджень авторів робіт [9-12], клейові з'єднання термодеревини не є в достатній мірі міцними, надійними та довговічними, що вказує на один із найістотніших недоліків термодеревини – погіршення її здатності до склеювання. Очевидним є факт, що саме стан поверхні термічно модифікованої деревини різних порід визначає її клейову здатність. Загалом, термічна модифікація деревини призводить до лігніфікації поверхні, що впливає на зниження її адгезійних властивостей і значно зменшує міцність клейових з'єднань. З іншого боку, формостабільність модифікованої деревини сприяє підвищенню ефективності склеювання, оскільки зменшуються напруження, що виникають внаслідок усадки чи набухання затверділого клейового з'єднання. Виходячи з вищесказаного, дослідження, спрямовані на збільшення міцності клейових з'єднань термодеревини, доцільно проводити у двох напрямках, які полягають у пошуку способів покращення адгезійних властивостей поверхні модифікованої деревини, яка піддаватиметься склеюванню та модифікуванню термопластичних клеїв, зокрема ПВА.

Висновок. На основі проведеного огляду клеїв, встановлено доцільність застосування термопластичних клеїв для склеювання термічно модифікованої деревини, зокрема, полівінілацетатних, що сприятиме підвищенню екологічної безпеки продукції з клейовими з'єднаннями термодеревини.

Для збільшення міцності клейових з'єднань термодеревини, доцільним є проведення досліджень у двох напрямках, які полягають у пошуку способів покращення адгезійних властивостей поверхні модифікованої деревини та модифікуванні термопластичних клеїв, зокрема полівінілацетатних. Представлені результати досліджень, щодо міцності та терміну експлуатації термопластичних полівінілацетатних клейових з'єднаннях деревини дуба, служитимуть еталоном для порівняння характеристик клейових з'єднань термодеревини.

#### Література

1. Пінчевська, О. О., Головач, В. М., Горбачова О. Ю. (2014). Деякі фізико-механічні властивості термомодифікованої деревини. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, 147, 3–9.
2. Barčík, Š., Gašparík, M., Razumov, E. (2015). Effect of temperature on the color changes of wood during thermal modification. Cellulose Chemistry and Technology, 49, 789–798.
3. Cao, Y., Lu, J., Huang, R., Zhao, Y., Wu, Y. (2011). Evaluation of decay resistance for steam-heat-treated wood. Bioresources, 6(4), 4696–4704.

4. Manabendra, D., Saikia, C., Baruah, K. (2000). Treatment of wood with thermosetting resins: Effect on dimensional stability, strength and termite resistance. *Indian Journal of Chemical Technology*, 7(6), 312-317.

5. Jin, Y., Cheng, X., Zheng, Z. (2010). Preparation and characterization of phenol-formaldehyde adhesives modified with enzymatic hydrolysis lignin. *Bioresource Technology*, 101, 2046-2048. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.085>

6. Wei, Q., Shujun, L., Fengying, X. (2016). Preparation and Characterization of a phenol-formaldehyde resin adhesive obtained from bio-ethanol production residue. *Polymers & Polymer Composites*, 24(2), 99-105. <https://doi.org/10.1177/096739111602400>

7. Qiao, L., et al. (2011). Improvement of the water resistance of Poly(vinyl acetate). *Emulsion Wood Adhesive. Pigment and Resin Technology*. 29, 152-158. <https://doi.org/10.1108/03699420010334303>

8. Kaboorani, A., Riedl, B. (2011). Improving performance of Polyvinyl Acetate (PVA) as a binder for wood by combination with Melamine based adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 31, 605-611. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2011.06.007>

9. Кшивецький, Б., Дацків, Г., Андрашек, Й. (2019). Загальні відомості про клеї, склеювання та термічно модифіковану деревину. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29 (3), 81-84. <https://doi.org/10.15421/40290317>

10. Горбачова, О. (2016). Щодо впливу термічного модифікування на властивості деревини граба. *Лісове і садово-паркове господарство*, 9. <http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-9/ukr/horbachova-o-yu>

11. Льків, М., Солонинка, В., Гуменюк, Ж., Губер, Ю. (2017). Дослідження міцності клейових з'єднань термодревини ясена, отриманої за технологією вакуумнокондуктивного термічного оброблення. *Науковий вісник НЛТУ України*, 27(3), 136–139.

12. Xing, D., Li, J. (2014). Effects of heat treatment on thermal decomposition and combustion performance of larix spp. wood. *Bioresources*, 9(3), 4274–4287.

## **ЗАЛУЧЕННЯ МІКРОСФЕРИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

*Кіндзера Д.П., к.т.н., доц., Онисик К.С., маг.,  
Національний Університет «Львівська Політехніка», м. Львів, Україна  
kateryna.onysyk.mnkhtml.2021@lpnu.ua*

В Україні близько 35% електроенергії виробляється на ТЕС та ТЕЦ [1]. ТЕЦ потужністю 1 млн. кіловат спалює близько 10000 тон вугілля з виходом 1000 тонн шлаку і золи (при зольності 10%). Для захоронення такої кількості відходів,