

Література

1. Сидоров Ю.І. Локальні очисні споруди / Ю.І. Сидоров // Біотехнологія. – 2011. – Т. 4, № 3. – С. 18-28.
2. 2006 рік на Львівщині можна вважати змарнованим. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.postup.brama.com/usual.php?what=54376>.
3. Витрати на охорону навколишнього природного середовища та екологічні платежі у Львівській області у 2009 р. / Головне управління статистики у Львівській області. Експрес-випуск від 14.05.2010 р., № 143. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.stat.lviv.ua>.
4. Довкілля Львівщини. Статистичний зб. / за ред. С. О. Маяковського. – Львів : Головне управління статистики у Львівській області, 2009. – 100 с. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.stat.lviv.ua>.
5. Довкілля Львівщини. Статистичний зб. – Львів : Головне управління статистики у Львівській області, 2009. – 100 с.
6. Екологічні проблеми Львівщини та шляхи їх вирішення. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://www.mail.menr.gov.ua/publ/regobl02/dpsir/Lvov_2003/tablica.htm.
7. За 40 км від Львова планують виготовляти очисні споруди. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.zik.ua/ua/news/2010/10/11/249573>.
8. Львівський транспорт: зміна радикальна, рух – радіальний. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://www.zaxid.net/home/showSingleNews.do?lvivskiy_transport_zmina_radikalna_ruh_radialniy&objectId=1232279.
9. Львівську Полтву повернуть до життя. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.zik.ua/ua/news/2010/11/19/257341>.
10. Львівщина у цифрах. Статистичний зб. – Львів : Головне управління статистики у Львівській області, 2009. – 155 с.
11. Офіційний сайт ДЕІАМ – 100 об'єктів. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.azovseaco.com.ua/index/0-28>.
12. Очисні споруди Полтви. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.explorer.lviv.ua/forum/index.php?topic=652.0>.
13. Про міський бюджет м. Львова на 2011 рік. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.city-adm.lviv.ua/authorities-the-city/structure-lmr/budget/5829-pro-miskij-budzheta-m-lvova-na-2011-rik>.
14. Сміттєзвалище Львова – екологічне лихо, стверджують науковці. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.radiosvoboda.org/content/article/2281309.html>.
15. Стан навколишнього природного середовища в Львівській області у 2008 р. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://www.ekology.lviv.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=576&Itemid=87.
16. У Львові ТЕЦ-2 працюватиме на "вугіллі-гібриді"... [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.zik.ua/ua/news/2007/09/06/89014>.

Павлюк У.В. Определение приоритетных направлений в природоохранной деятельности города Львова

Проведен авторский анализ экологического состояния Львова и Львовской области в аспекте загрязнения окружающей среды вредными газами, недостаточно очищенными сточными водами и твердыми отходами. Определены неотложные экологические проблемы и возможности их решения.

Ключевые слова: Львов, Львовская область, экологическое состояние, атмосфера, сточные воды, реконструкция, мусороперерабатывающий завод.

Pavlyuk U.V. Definition of priority directions in environmental activities of Lviv city

An author's analysis of the ecological conditions of Lviv and Lviv region in terms of environmental pollution of harmful gases, insufficiently cleaned waste water and solid waste is presented in the article. Urgent environmental problems and possible solutions are determined.

Keywords: Lviv, Lviv area, ecological conditions, atmosphere, sewages, reconstruction, garbage-processing factory.

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 674.047

Доц. Й.В. Андрашек, канд. техн. наук;
аспир. Р.Б. Щупаківський – НЛТУ України, м. Львів

АНАЛІЗ ЗМІНИ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕРМІЧНО МОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ КЛЕНА (*ACER PSEUDOPLATANUS L.*) ТА ЯЛИНИ ЗВИЧАЙНОЇ (*PICEA ABIES K.*) ШЛЯХОМ ДОСЛІДЖЕННЯ ЇЇ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ

Наведено методику визначення об'єму деревинної речовини шляхом ртутної порозиметрії та гелієвої пікнометрії; проаналізовано зміну пористої структури деревини в процесі її термічної модифікації.

Ключові слова: термічно модифікована деревина, щільність деревинної речовини, пористість, ртутна порозиметрія, гелієва пікнометрія.

Фізико-механічні властивості термодеревини зумовлюють обширність сфер її використання, насамперед, як конструкційного матеріалу. Аналіз їх змін в процесі термічного модифікування здійснено у низці робіт та публікацій [4, 5]; усі вони здебільшого зводяться до того, що механічні властивості термічно обробленої деревини дещо знижуються.

До механічних властивостей деревини відносять її здатність протистояти дії зовнішніх сил, які спричиняють тимчасові або постійні деформації. Однією з найважливіших характеристик такої протидії є міцність деревини, тісно пов'язана з поняттям стиску, розтягу, згину тощо. Міцність деревини, як інтегральний показник, характеризується залежністю від породи, структурного напрямку волокон, вологості матеріалу тощо. Найбільш значущо впливає саме порода деревини; для прикладу, границя міцності під час стиску вздовж волокон деревини дуба становить 57,5 Н·мм⁻² (за вологості зразків 12 %) та 31,0 Н·мм⁻² (за вологості 30 % і більше), тоді як деревини сосни кедрової 42,0 Н·мм⁻² та відповідно 18,5 Н·мм⁻² [1, с. 206]. Описані явища насамперед зумовлені різною структурною будовою деревини, адже розподіл пор в деревині впливає не лише на її сорбційні властивості та вологопровідність, а й фізико-механічні властивості. Як видно з рівняння (1), пористість безпосередньо пов'язана з поняттям щільності деревинної речовини.

$$\rho_0 = \rho_{d.p.} \cdot (1 - P / 100) \tag{1}$$

де: ρ_0 – щільність абсолютно сухої деревини, кг/м³; $\rho_{d.p.}$ – щільність деревинної речовини, кг/м³; P – пористість деревини, %.

Деревинна речовина – це основні компоненти клітинної оболонки (целюлози, лігніну, геміцелюлози). Своєю чергою, потрібно зазначити, що аналізуючи зміну фізико-механічних властивостей термічно модифікованої деревини, всі ці компоненти клітинної оболонки в процесі теплового оброблення так чи інакше змінюються (якісно і кількісно) [5, с. 1-4]. Тому логічним

буде припущення, що саме зміна пористої структури термічно модифікованої деревини найбільш значущо позначається насамперед на її механічних властивостях.

Практичне визначення щільності деревинної речовини проводять шляхом визначення маси зразка деревини та об'єму деревинної речовини [2, с. 110].

$$\rho_{d.p.} = m_{d.p.} / V_{d.p.} \quad (2)$$

де: $m_{d.p.}$ – маса деревної речовини, кг; $V_{d.p.}$ – об'єм деревної речовини, м³;

Якщо визначення маси зразка не становить значних труднощів, то визначення об'єму можливе з використанням низки методик [3], більшість з яких ґрунтується на явищі витіснення повітря, що знаходиться у міжклітинному просторі, та заповненні пор рідиною чи газом. Як рідину вибирають речовини що не викликають розбухання деревини (зазвичай бензол, толуол, ртуть), а інертним середовищем можуть бути гази: гелій, азот тощо.

Дослідження [A. Pfriem, W. Fubian, 2006] проводили методом гелієвої пікнометрії та ртутної порозиметрії. Як досліджуваний матеріал обрано деревину клена та ялини, що пройшли термічне оброблення сухим способом в інертному середовищі протягом 4 годин.

Результати досліджень проведених методом гелієвої пікнометрії (рис. 1.) показують, що щільність деревної речовини у термічно обробленій деревини за температури 180 °С є дещо менша як для деревини клена, так і ялини, порівняно з не обробленою деревиною. Зміна щільності (особливо шпилькової породи) є більш значною в разі її оброблення за температури 200 °С. Це доволі важко пояснити та застосувати до загальних уявлень та теорій міцнісних властивостей термічно модифікованої деревини [4, 5] та класичних уявлень про зміну в її клітинній структурі.

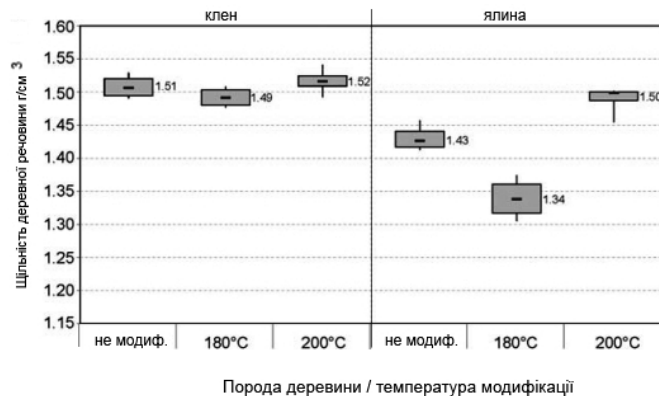


Рис. 1. Зміна щільності деревинної речовини клена та ялини в процесі їх термічного модифікування

Зниження щільності деревної речовини за температури 180 °С можна пояснити початком розпаду геміцелюлози та, відповідно, кількісним збільшенням лігніну; її ж збільшення за температури 200 °С – як наслідок процесу деструкції лігніну. З іншого боку, хімічний аналіз термічно обробленої дере-

вини (рис. 2-3) не підтверджує цієї гіпотези (деструктивних розкладів лігніну, що могли б пояснити стрімке збільшення щільності деревинної речовини не спостерігається). Таке збільшення щільності деревинної речовини може бути пояснене і з погляду особливостей методів, які застосовували для її визначення. Зокрема, тиск ртутного порозиметра Pascal 240, який використовували як лабораторну установку, може досягати 2·10³ бар (ISO 15901-1). Зрозуміло, що за такого тиску мікропорожнини клітинної стінки стискаються, а порожнини пор збільшуються. Згідно ж з дослідженнями (Rapp, 2006), термічне оброблення деревини сприяє зниженню стійкості клітинних стінок, що призводить до деформативності їх мікропорожнин та зміни її пористої структури.

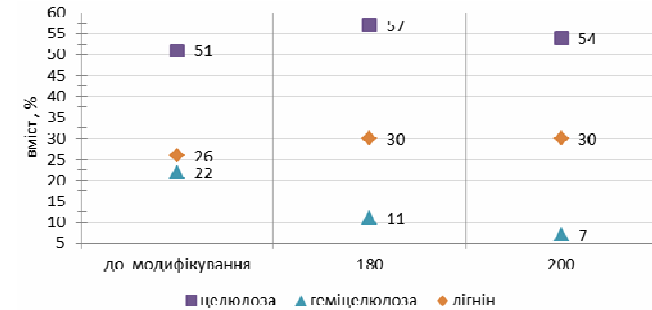


Рис. 2. Відносний вміст целюлози, геміцелюлози та лігніну у деревині клена до та після термічного модифікування

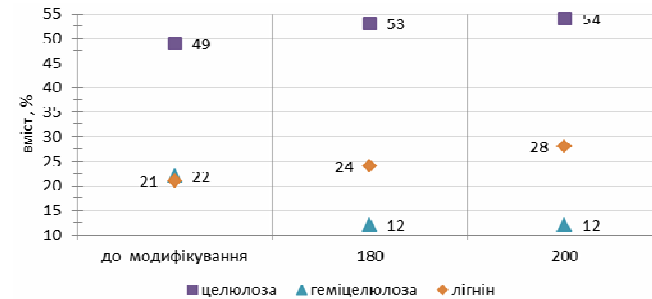


Рис. 3. Відносний вміст целюлози, геміцелюлози та лігніну у деревині ялини до та після термічного модифікування

Висновки. Термічне оброблення деревини клена та ялини сприяє збільшенню щільності деревинної речовини цих порід. Використання методу ртутної порозиметрії не дає змоги провести конкретні дослідження зміни розмірів пор в деревині та їх розподілу, виявити вплив вологості на зміну пористої структури термічно модифікованої деревини. Описані дослідження видаються можливими з використанням інших методів визначення пористості деревини, зокрема ПЧ – Фур'є-спектроскопії, термомеханічної спектроскопії тощо.

Література

1. Вінтонів І.С. Деревинознавство : навч. посібн. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.] / І.С. Вінтонів, І.М. Сопушинський, А. Тайшінгер. – Львів : Изд-во "Апріорі", 2007. – 321 с.

2. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебник [для студ. ВУЗов] / Б.Н. Уголев. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1986. – 368 с.
3. Полуобояринов О.И. Плотность древесины / О.И. Полуобояринов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1976. – 160 с.
4. Holger Militz, Professor Dr. – Heat Treatment Technologies in Europe: Scientific Background and Technological State-of-Art. (In: Proceedings of Conference on "Enhancing the durability of lumber and engineered wood products" February 11-13, 2002, Orlando. Forest Products Society, Madison, US.).
5. Finnish Thermowood Association, 2003. Thermowood Handbook. Wood Focus Oy, Helsinki, Finland. – 246 p.

Андрашек И.В., Щупакивский Р.Б. Анализ изменения механических свойств термически модифицированной древесины клёна (*Acer pseudoplatanus* L.) и ели обыкновенной (*Picea abies* K.) путем исследования ее пористой структуры

Приведена методика определения объема древесного вещества путем ртутной порозиметрии и гелиевой пикнометрии; проанализировано изменение пористой структуры древесины в процессе ее термической модификации.

Ключевые слова: термически модифицированная древесина, плотность древесного вещества, пористость, ртутная порозиметрия, гелиевая пикнометрия.

Andrashek Y.V., Shchupakivskyy R.B. Analysis of changes in mechanical properties of thermally modified wood maple (*Acer pseudoplatanus* L.) and spruce (*Picea abies* K.) by examining its porous structure

Performed method of determining the volume of wood substance by helium pycnometry and mercury intrusion porosimetry; analyzed the changes of porous structure of wood due to thermal treatment.

Keywords: thermal treatment wood, wood density, porosity, helium pycnometry, mercury intrusion porosimetry.

УДК 604.2(045)

Доц. О.А. Васильченко, канд. мед. наук;
магістрант О.О. П'янкова – НАУ, м. Київ

БИОТЕХНОЛОГИЧНИ АСПЕКТИ ОТРИМАННЯ ЛИМОННОЇ КИСЛОТИ

Розглянуто особливості біосинтезу лимонної кислоти культурою *Aspergillus niger*, вплив фізичних і хімічних факторів на цей процес, вимоги до продуцента лимонної кислоти. Обґрунтовано поверхневий, глибинний та твердофазний методи отримання лимонної кислоти в промислових умовах, їх переваги та недоліки.

Ключові слова: лимонна кислота, біосинтез, продуцент, *Aspergillus niger*, поверхневий метод, глибинний метод, твердофазний метод.

До початку двадцятих років минулого століття лимонну кислоту отримували з соку лимонів, таким чином задовольнялося близько трьох чвертей світової потреби в ній (вихід лимонної кислоти з однієї тонни лимонів становить 25 кг). Виробництво лимонної кислоти методом ферментації за участю грибів – давно відомий (з 1893 р.) біотехнологічний процес. Як продукт ферментації лимонна кислота займає друге місце за об'ємом виробництва у світі (400 тис. тонн на рік, що в грошовому еквіваленті становить близько 325 млн євро), поступаючись лише промислового спирту.

Незважаючи на значний прогрес у сфері органічного синтезу, на сьогодні лимонну кислоту отримують мікробіологічним синтезом, а саме

шляхом лимоннокислого бродіння солодких відходів цукрового виробництва – патоки (меляси), спричиненого пліснявими грибами роду *Aspergillus niger*, тому виробництво часто розташовують спільно з виробництвом цукру. Харчова промисловість традиційно є основним споживачем виробленої таким чином кислоти, оскільки продукти природного бродіння мають переваги порівняно з хімічно синтезованими та не містять токсичних для організму людини домішок. Лимонна кислота є широкоживаною нешкідливою харчовою добавкою (E330), крім того, її застосовують у медицині, кондитерській промисловості, друкарській справі тощо.

Одним з головних завдань у виробництві лимонної кислоти є досягнення її високого виходу.

Продуценти лимонної кислоти. Технологія виробництва кислоти застосовує різні джерела вуглецю та способи культивування мікроорганізмів (поверхневий та глибинний, періодичний та неперіодичний). Багато мікроорганізмів нагромаджує лимонну кислоту, зокрема види *Aspergillus awamori*, *A. fenicis*, *A. fonsecaeus*, *A. luchensis*, *A. fumaricus*, *A. wentii*, *A. saitoi*, *A. usami*, *A. phoenicus*, *A. lanosus*, *A. foetidus*, *A. flavus* [2]. У промисловому виробництві лимонної кислоти широко застосовують гриби *A. niger*, оскільки цей вид дає високий вихід цільового продукту, з ним легко працювати, він відносно недорогий і цим самим робить виробничий процес економічно вигідним [5]. Проте необхідно взяти до уваги, що до *A. niger* належить багато штамів, що відрізняються один від одного за своєю морфологією та біохімічними характеристиками: кольору спор та міцелію, розміру та кількості спор, розміру міцелію, утилізації субстрату, ферментаційному часу, здатності продукувати лимонну кислоту на різних субстратах [2, 3].

Продуцент лимонної кислоти має мати певні характеристики, а саме:

- високу швидкість кислотоутворення;
- високий ступінь трансформації джерела вуглецю у лимонну кислоту;
- генетичну однорідність та стабільність;
- толерантність до зміни температури та контамінантів середовища, зокрема до високих концентрацій вуглеводів [2, 4].

Під час культивування продуценту має бути низький вихід побічних продуктів (щавлевої, глюконової кислот, невикористаних вуглеводів) [15]. Перерахованим критеріям, крім *Aspergillus niger*, відповідають гриби *Trihododerma viride*, *Penicillium janthinellum*, дріжджі *Candida tropicalis*, *C. oleophila*, *C. citroformans*, *Yarrowia lipolytica*, бактерії *Corynebactreium*, *Arthrobacterium*, *Brevibacterium*, *Bacillus licheniformis* [2, 6, 17].

Біосинтез лимонної кислоти. Біосинтез лимонної кислоти – це регульований процес, який значною мірою залежить від складу поживного середовища та його фізико-хімічних параметрів [16]. Лимонна кислота є первинним метаболітом *A. niger*. Зазвичай, первинні метаболіти необхідні для росту та життєдіяльності продуценту [13].

Метаболічним шляхом вироблення лимонної кислоти в аеробних організмів є цикл трикарбонових кислот (ЦТК). Внаслідок гліколізу з глюкози формується дві молекули пірвіноградної кислоти (пірувату). Далі відбу-