

**Довбенко Т. О., к.т.н, доцент, Гомон Св. Св., д.т.н., професор,
Матвіюк О. В., ст. викл., Павлюк А. П., к.т.н., ст. викл.** (Національний
університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

МОДИФІКАЦІЯ ДЕРЕВИНИ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Проведено аналіз модифікації деревини натуральними, екологічно чистими матеріалами. Процес модифікації (хімічний, фізичний або біологічний) деревини передбачає підвищення якості матеріалу за рахунок покращення ряду властивостей – стійкості до гниття, зміни геометричних розмірів, впливу атмосферних впливів, підвищення механічних властивостей тощо. Вивчено фізичний спосіб підвищення якості деревини шляхом методу просочення. Встановлено, що для просочення деревини використовують розчини на основі олій та смол з додаванням компонентів, які пришвидшують їх поліконденсацію та сприяють видозміні властивостей. Проаналізовано вплив різних видів натуральних олій (деревна, тикова, дігтярна, ляна, тунгова), враховано їх позитивні та негативні властивості. Перевагами натуральних олій є їх природне походження та екологічність. Крім того, визначено властивості мінеральних олій, які виробляються з нафти шляхом тривалого багатоступеневого очищення.

Ключові слова: *деревина; модифікація; мінеральні та натуральні олії; механічні властивості; агресивне середовище.*

Вступ. Передові технології у сфері будівництва передбачають значний попит на синтетичні матеріали, враховуючи їх низьку вартість та швидкість виготовлення. Проте, на противагу штучним виробам, суспільство бореться за екологічно чисті та ефективні способи виготовлення та обробки будівельних матеріалів. Значної уваги потребують дерев'яні вироби та конструкції, адже дерев'яні елементи – це сприятливе середовище для життєдіяльності організмів, особливо при зміні вологості. Тому такі вироби вимагають ретельної обробки проти руйнування, що провокується грибами, бактеріями, комахами. Відомо, що традиційним та ефективним методами боротьби із зовнішніми чинниками (шкідниками) є використання олій як захисних покриттів. Також

такими матеріалами підвищують механічні властивості деревини.

Класичний спосіб обробки деревини передбачає застосування різного виду олій, при цьому чільне місце займає лляна олія, яка наділена відмінними захисними властивостями та покращує зовнішній вигляд поверхні. Такий метод модифікації деревини залишається актуальним і сьогодні, не зважаючи на значний спектр синтетичних смол і потужних антисептиків. На ринку спостерігається значний вибір олій для просочення деревини, від мінеральних до натуральних. Проаналізуємо деякі з них, визначимо їх вплив на деревину та оберемо оптимальні методи обробки деревини для різних цілей.

Аналіз останніх публікацій. Передові ідеї в області модифікації деревини належать європейським та американським дослідникам таким, як Hill C. [1], Sandberg D., Kutnar A., Mantanis G. [2], Woźniak M., Kwaśniewska-Sip P., Krueger M., Roszyk E., Ratajczak I. [3], Gindl W., Zargar-Yaghubi F., Wimmer R. [4], які активно пропагували в своїх роботах різні підходи щодо вдосконалення властивостей деревини та використовували для досягнення поставленої мети полімерні і натуральні речовини. Hill C. [1] акцентує увагу на відновлюваному середовищі та використанні екологічних чистих додатків при модифікації деревини. Сучасні вітчизняні підходи в цьому напрямі досліджень належать Ярізу В. О., Ведю В. В., Зибайло С. М. тощо [5], які пропонують застосовувати лляну та талову олії (з вмістом борної кислоти) для підвищення стійкості деревини. В наших попередніх роботах [6–9] ми описували процес модифікації деревини мономерами для підвищення її механічних властивостей.

Мета досліджень проаналізувати екологічно чисті матеріали олійного типу (лляна, тунгова, дігтярна, мінеральні тощо) як безпечний спосіб надійної модифікації деревини.

Результати досліджень. Відомо, що основною метою модифікації деревини є підвищення її якості за рахунок покращення ряду властивостей – стійкості до гниття, зміни геометричних розмірів, впливу атмосферних впливів, підвищення механічних властивостей тощо, адже особливістю деревини є її нестійкість до біологічних пошкоджень та зміни вологості, що пояснюється пористістю структури. Шляхи покращення властивостей деревини передбачають застосування різних методів її модифікації – хімічних, фізичних або біологічних. Серед фізичних способів підвищення якості матеріалу використовують фізичний метод просочення. Такий

спосіб модифікації у виробничих умовах передбачає застосування автоклавної обробки, що характеризується параметрами температури та тиску. Також існує конденсаційний метод модифікації деревини, що включає вплив на деревину атмосферного тиску.

Встановлено, що для просочення деревини використовують розчини на основі олій та смол з додаванням компонентів, які пришвидшують їх поліконденсацію та сприяють покращенню властивостей (витривалість до зміни температур, атмосферного або біологічного впливу тощо).

В якості захисних покриттів використовують рослинні олії невисихаючі (оливкову, мигдальну та інші) та висихаючі (горіхову, конопляну, макову тощо). Крайнім з них характерний процес полімеризації, в результаті взаємодії з деревиною висихаючі олії утворюють щільну плівку. При цьому ефективна фізична модифікація деревини здійснюється лляною олією, яка глибоко проникає в пори та після висихання утворює з деревиною полімер, що володіє стійкістю до гниття, є досить щільним, не вбирає вологу та володіє декоративними властивостями.

Крім того, нині значним попитом користуються мінеральні олії, які виробляються з нафти шляхом тривалого багатоступеневого очищення. Відповідної популярності вони набули завдяки активному науково-технічному розвитку. Також для обробки деревини використовують трансформаторну олію, застосування якої дозволяє попереджувати процеси гниття деревини та зберігати її первинний вигляд. Проте такий вид олій впливає на навколишнє середовище. Альтернативним варіантом є комплексне використання натуральної та мінеральної олій.

Процес використання натуральних олій при обробці деревини в порівнянні з мінеральними є одним з найдавніших способів. Проте такі олії вирізняються підвищеною вартістю, що стримує їх активне використання, але сучасні методи виробництва вирішують цю задачу. Перевагами натуральних олій є їхнє природне походження та екологічність. Серед найпоширеніших видів натуральних олій для фізичної модифікації деревини є деревна, тикова, дігтярна, лляна тощо. Характеристики найбільш розповсюджених олій при модифікації деревини наведено на рисунку.

Деревна олія є продуктом перегонки деревної смоли, що отримана при сухій переробці деревини або газифікації і наділена властивістю захищати дерева від загнивання, води та термітів. Ефективна в роботі з елементами підлоги та стелі тощо.

<p>Мінеральна олія</p>	<p>відсутність запаху та кольору, швидке висихання та легке нанесення</p>	<p>не є натуральною, процес виробництва зашкоджує екології</p>
<p>Тикова олія (тунгова та лляна олії, очищений скипидар)</p>	<p>придатна до будь-яких поверхонь, дбайлива обробка цінних деревних порід, екологічність</p>	<p>не підлягає розбавленню</p>
<p>Тунгова олія</p>	<p>швидке поглинання деревиною, підлягає розбавленню (Уайт Спіріт)</p>	<p>можна працювати в приміщеннях з температурою вище 15° С (при нижчих температурах – загусає, збільшуються витрати</p>
<p>Дігтярна</p>	<p>дезінфікує поверхню деревини, стійка до низьких температур (щільно закриті ємності)</p>	<p>подовжений період висихання при нанесенні в декілька шарів (протягом тижня)</p>
<p>Лляна</p>	<p>прийнятна вартість, хороші гідроізоляційні властивості, ефективна при змішуванні з розчинниками, які пришвидшують процес висихання</p>	<p>довго застигає без прискорювачів, характерне загусання на поверхні за рахунок окислення та гліцеридів</p>

Рисунок. Характеристика мінеральної та натуральних олій

Дігтярна олія вміщує у складі смолу, скипидар та лляну олію. Має антисептичні властивості. Введення в рецептуру скипидару сприяє кращому просоченню матеріалу, а функція лляної олії – підвищення міцнісних характеристик. Використовується переважно для конструкцій, які будуть експлуатуватися при дії негативного впливу атмосферного середовища, а також для обробки екстер'єру.

Водночас тикова олія, що вміщує натуральні олії (*тунгову, лляну*), а також смоли та сикативи, підходить для всіх типів дерев'яних поверхонь внутрішнього (підлога, стеля, сходи, перила) і зовнішнього застосування (фасади, альтанки, меблі тощо). Найкращий матеріал для модифікації дуба, бука та інших дорогих порід дерев.

Одним з економічно вигідних та ресурсоефективних засобів захисту дерев'яних поверхонь є застосування лляної олії. Її характерна висока гідрофобна здатність, що є відмінним способом боротьби із вологістю. Процес застосування лляної олії характеризується глибоким проникненням олії в пористу структуру деревини, що сприяє укріпленню структури матеріалу. В переважній більшості підходить для обробки кімнатних та вуличних конструкцій.

Масло-тонік виготовляють на основі згущених рослинних ліпідів, які здатні повернути дереву природну витонченість та захищають від руйнування. Застосування масла-тоніка дозволяє уникнути вицвітання деревини, утворення тріщин та висихання. Застосовується для зовнішнього використання шляхом глибокого проникнення в структуру деревини.

Встановлено, що абсолютно чисті натуральні олії не працюють ефективно з деревиною, необхідно вводити додаткові компоненти, для прискорення реакцій та надання додаткових властивостей. З цією метою застосовують смоли на основі меламіноформальдегіду, низькомолекулярні фенольні смоли тощо. Смолами на основі меламіноформальдегіду покращують такі властивості деревини, як твердість поверхні та стійкість до атмосферних впливів. Просочення деревини низькомолекулярними фенольними смолами сприяє підвищенню стійкості та біологічному захисту. В роботі [5] автори висвітлюють результати досліджень деревини з норвезької ялинки, зразки (500×25×25 мм) піддавали просоченню лляною олією протягом 2–3 годин при тиску 0,8–1,4 МПа та температурі 60–140° С. З позицій розвитку стійкості проти дії грибів коричневої гнилі,

застосовують просочувальний розчин, основу якого складає талова олія з вмістом борної кислоти (1–2%).

Технологія модифікації деревини шляхом просочення лляною олією здійснюється такими способами:

- поверхневе покриття (розпилення);
- просочування зануренням;
- просочування деревини олією за допомогою вакуумної установки.

При цьому варто враховувати вологість деревини. Рекомендована – в межах 12%. Збільшення значення призводить до погіршення та зниження властивостей.

Важливим етапом перед просоченням є підготовка поверхні деревини. Зазвичай породи деревини попередньо обробити уайт-спіритом, що сприяє збільшенню ступеня проникнення та однорідності поверхні, оскільки лляна олія для просочення деревини завжди наноситься на очищену поверхню та в декілька шарів (2–7). З метою покращення проникності лляної олії найперші шари покриття варто здійснювати в комплексі з терпентиною олією (скипидар). Решту шарів наносять лише після висихання попереднього.

Існує технологія фізичної модифікації просочення під дією тиску. Суть процесу полягає в зануренні виробів в олії і після припинення виділення на поверхні бульбашок, до посудини підключають вакуумний насос, що сприяє швидкому просоченню деревини (1–2 год).

В результаті проведення просочення деревини лляною олією, вона набуває водовідштовхувальних властивостей. З метою зменшення поглинання останніх шарів, можна зробити суміш з олії та натурального воску. Цей метод передбачає використання розігрітого воску, до якого додають лляну олію та шляхом перемішування досягають однорідності суміші. Ефективним є співвідношення олії до воску від 2:1 до 1:1, що залежить від визначеної густоти. Комплекс компонентів забезпечує набуття необхідних властивостей: захист від дії агресивного середовища, презентабельний вигляд, міцнісні характеристики.

Відомо, що лляна олія без додаткових компонентів висихає впродовж 7 діб, проте все залежить від ряду факторів – температури, пористості деревини, якості олії тощо. Загальновідомий факт, що для зменшення часу полімеризації лляної олії для обробки деревини

застосовують її попереднє кип'ятіння (архаїчний метод одержання оліфи). Проте цей процес відрізняється від кипіння води – бульбашки будуть дрібні, і ніби підвишені в товщі. Можливе додавання до лляної олії допоміжної речовини – сикативу, що вводиться як прискорювач висихання. Більш натуральний компонент – соснова каніфоль. Процес її додавання передбачає розбавлення у спиртовому розчині та введення у киплячу олію, можливе також окреме розплавлення у ємності, в яку потім додають ллють олію з наступним етапом кип'ятіння. Крім того, відома рецептура комплексного використання киплячого масла, каніфолі, воску і живичного скипидару, які змішують приблизно в пропорції 1(2):0,1(0,03):1:1, така модифікуюча добавка вирізняється швидкою полімеризацією деревини.

Висновки. Отже, в статті проведено аналіз застосування різних видів олій для фізичної модифікації, яка найбільш відома як метод просочення деревини. Встановлено, що ефективними в процесі модифікації є мінеральні та натуральні види олій. Визначено властивості різних видів натуральних олій, спектр яких складають мінеральна, тикова, тунгова, дігтярна та лляна. Крім того, для покращення властивостей деревини (твердість поверхні та стійкість до атмосферних впливів) застосовують меламіноформальдегіду та низькомолекулярні фенольні смоли. З'ясовано, що найбільш економічно та екологічно ефективною для фізичної модифікації деревини є лляна олія. Розкрито дієвий спосіб просочення порід деревини лляною олією в комплексі з іншими видами добавок – сикатив, соснова каніфоль.

1. Hill C. Wood modification: An update. *BioResources*. 2011. Vol. 6 (2). Pp. 918–919. 2. Sandberg D., Kutnar A., Mantanis G. Wood modification technologies – a review. *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 2017. Vol. 10(6). Pp. 895–908. 3. Woźniak M., Kwaśniewska-Sip P., Krueger M., Roszyk E., Ratajczak I. Chemical, Biological and Mechanical Characterization of Wood Treated with Propolis Extract and Silicon Compounds. *Forests*. 2020. Vol. 11(9). P. 907. 4. Gindl W., Zargar-Yaghubi F., Wimmer R. Impregnation of softwood cell walls with melamine-formaldehyde resin. *Bioresource Technology*. 2003. Vol. 87 (3). Pp. 325–330. 5. Yaris V., Ved V., Zybalo S., Chaban O., Karpenko V. Research of Stability of Geometric Parameters of Wood Under the Moisture Action. *Technology Audit and Production Reserves*. 2020. Vol. 3, № 1 (53). Pp. 32–35. 6. Yasniy P., Homon S., Iasnii V., Gomon S. S., Gomon P., Savitskiy V. Strength properties of chemically modified solid woods. *Procedia Structural Integrity*. 2022. Vol. 36. Pp. 211–216. 7. Yasniy P., Gomon S. Timber with

improved strength and deformable properties. *Scientific Journal of Ternopil National Technical University*. 2020. Ternopil : TNTU, 2020. Vol. 99. No 3. P. 17–27. **8.** Матвіюк О. В., Гомон Св. Св., Кулаковський Л. Я. Композити на основі деревини з підвищеними міцнісними властивостями. *Фізика і хімія твердого тіла. Стан, досягнення і перспективи* : матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених, 21–22 жовтня 2022 р., м. Луцьк. Луцьк : ІВВ ЛНТУ, 2022. С. 27. **9.** Гомон С. С., Савчук В. О., Мельник Ю. О., Верешко О. В. Область застосування та способи модифікації композиційних матеріалів на основі деревини. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2019. Луцьк : ЛНТУ, 2019. Вип. 12. С. 44–50.

REFERENCES:

1. Hill C. Wood modification: An update. *BioResources*. 2011. Vol. 6 (2). Pp. 918–919.
2. Sandberg D., Kutnar A., Mantanis G. Wood modification technologies – a review. *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 2017. Vol. 10(6). Pp. 895–908.
3. Woźniak M., Kwaśniewska-Sip P., Krueger M., Roszyk E., Ratajczak I. Chemical, Biological and Mechanical Characterization of Wood Treated with Propolis Extract and Silicon Compounds. *Forests*. 2020. Vol. 11(9). P. 907.
4. Gindl W., Zargar-Yaghubi F., Wimmer R. Impregnation of softwood cell walls with melamine-formaldehyde resin. *Bioresource Technology*. 2003. Vol. 87 (3). Pp. 325–330.
5. Yaris V., Ved V., Zybalo S., Chaban O., Karpenko V. Research of Stability of Geometric Parameters of Wood Under the Moisture Action. *Technology Audit and Production Reserves*. 2020. Vol. 3, № 1 (53). Pp. 32–35.
6. Yasniy P., Homon S., Iasnii V., Gomon S. S., Gomon P., Savitskiy V. Strength properties of chemically modified solid woods. *Procedia Structural Integrity*. 2022. Vol. 36. Pp. 211–216.
7. Yasniy P., Gomon S. Timber with improved strength and deformable properties. *Scientific Journal of Ternopil National Technical University*. 2020. Ternopil : TNTU, 2020. Vol. 99. No 3. P. 17–27.
8. Matviuk O. V., Homon Sv. Sv., Kulakovskiy L. Ya. Kompozyty na osnovi derevyny z pidvyshchenymy mitsnisnymy vlastyvostyamy. *Fizyka i khimiia tverdoho tila. Stan, dosiahnennia i perspektyvy* : materialy VII Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity ta molodykh vchenykh, 21–22 zhovtnia 2022 r., m. Lutsk. Lutsk : IVV LNTU, 2022. S. 27.
9. Homon S. S., Savchuk V. O., Melnyk Yu. O., Vereshko O. V. Oblast zastosuvannya ta sposoby modyfikatsii kompozytsiinykh materialiv na osnovi derevyny. *Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi*. 2019. Lutsk : LNTU, 2019. Vyp. 12. S. 44–50.

Dovbenko T. O., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Homon Sv. Sv., Doctor of Engineering, Professor, Matviuk O. V., Senior Lecturer, Pavliuk A. M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Senior Lecturer (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

MODIFICATION OF WOOD WITH ENVIRONMENTALLY CLEAN MATERIALS

The publications of Ukrainian and foreign researchers on this issue in recent years have been analyzed in detail. The purpose of research is to analyze environmentally friendly materials of the oil type (linen, tung, tar, mineral, etc.) as a safe way of reliable modification of wood. An analysis of wood modification with natural, environmentally friendly materials was carried out. The process of modification (chemical, physical or biological) of wood involves improving the quality of the material due to the improvement of a number of properties - resistance to decay, changes in geometric dimensions, exposure to atmospheric influences, improvement of mechanical properties, etc. The physical method of improving the quality of wood by the method of impregnation has been studied. It has been established that solutions based on oils and resins are used to impregnate wood with the addition of components that accelerate their polycondensation and contribute to changing properties. The impact of different types of natural oils (wood, teak, tar, linseed, tung oil) was analyzed, their positive and negative properties were taken into account. The advantages of natural oils are their natural origin and environmental friendliness. In addition, the properties of mineral oils, which are produced from oil through long-term multi-stage purification, have been determined. In the future, it is necessary to conduct experimental and theoretical studies of wood modified with natural materials in various ways. To propose the main progressive methods of modifying wood with natural, environmentally friendly materials. In the future, establish the main mechanical properties of the obtained materials under the influence of various aggressive environments, in particular strength and deformation indicators, including the initial modulus of elasticity. Also offer a theoretical rationale for the future results.

Keywords: wood; modification; mineral and natural oils; mechanical properties; aggressive environment.