

ХІМІЧНИЙ СКЛАД ТА СТУПІНЬ ЗАБРУДНЕННЯ – ОСНОВА СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

Проаналізовано хімічний склад вживаної деревини та ступінь її забруднення – від оброблення сировини та матеріалів на різних стадіях до вилучення готових виробів (відходів споживання) з різних об'єктів господарювання. Детально досліджено склад та матеріал забруднювачів вживаної деревини, зокрема, на основі речовин захисту деревини: антипіренів, антисептиків, інсектицидів, фунгіцидів, біоцидів, комплексних препаратів та ін. Розроблено класифікацію включень вживаної деревини, яка охоплює механічні та хімічні забруднення. Охарактеризовано найнебезпечніші речовини, канцерогенні сполуки та токсичні складники, які можуть міститися у вживаній деревині, зокрема: пентахлорфенол, ліндан, перметрин, дихлордифеніл-трихлоретан (ДДТ), поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані терфеніли (ПХТ), полібромовані біфеніли (ПББ), полівінілхлорид (ПВХ), олії на основі фракцій кам'яновугільних смол (бенз(а)пірен) і сполук, що містять бенз(а)пірен, поверхнево активні вуглеводні (ПАВ) та ін. Запропоновано класифікацію вживаної деревини за ступенями забруднення. Обґрунтовано на підставі детального аналізу чотири групи вживаної деревини, які гармонізуються з міжнародними системами класифікації аналогічних відходів. Систематизовано перелік найпоширеніших деревних відходів – вживаної деревини за групами, видами, підвидами, категоріями та кодами. Узагальнено перелік небезпечних складників відходів – компонентів – хімічних елементів (миш'як, бор, кадмій, мідь, ртуть, свинець, титан, фтор, хлор та ін.) та їхніх сполук. Наведено обмеження для тріски та стружки із вживаної деревини, які використовують для виробництва деревних плит. Представлено критерії класифікації вживаної деревини (допустимі концентрації шкідливих компонентів) для різних видів спалювання.

Ключові слова: вживана деревина, антипірени, антисептики, інсектициди, фунгіциди, речовини захисту, деревні відходи, ступінь забруднення, систематизація вживаної деревини, концентрація шкідливих компонентів.

Актуальність проблеми. На сучасному етапі деревообробного виробництва велике значення має ведення єдиного порядку державного обліку та паспортизації відходів, зокрема, вживаної деревини. Цей порядок встановлює єдині правила ведення державного обліку та паспортизації відходів, дія яких поширюється на підприємства, установи, організації всіх форм власності, громадян-суб'єктів підприємницької діяльності, діяльність яких пов'язана з утворенням відходів та здійсненням операцій з їх використання. Про це записано в Законі України "Про відходи" від 05.03.1998 р. за № 187/98ВР, у постанові Кабінету Міністрів від 01.11.1999 р. № 2034 „Про затвердження порядку ведення державного обліку та паспортизації відходів”, а також у постанові Кабінету Міністрів від 26.07.2001 р. № 915 „Про впровадження системи збирання, сортування, транспортування, переробки та утилізації відходів як вторинної сировини”. Однак питанням раціонального використання відходів деревини, зокрема, і вживаній деревині не приділяється належної уваги. Основна причина – відсутність класифікатора вживаної деревини, обґрунтованої систематизації та її класифікаційних ознак, зокрема, за ступенем забруднення та хімічним складом, які є визначальними для цього виду відходів. У разі правильного та комплексного використання вони б стали додатковим, потенційним ресурсом сировини.

¹ Гайда Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій меблів і виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Ген. Чупринки, 103, м. Львів, 79057. Тел.: 032-258-31-75, +38-067-791-25-22. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661>

Мета досліджень. Створення та систематизація вживаної деревини за групами, видами, категоріями та кодами, виходячи із ступеня її забруднення як за хімічними, так і механічними компонентами.

Дослідження складу та матеріалу забруднювачів вживаної деревини. На різних стадіях життєвого циклу (використання деревини) – від лісозаготівель та деревооброблення до кінцевого споживання готових виробів – утворюються різноманітні відходи – вживана деревина, яка може бути як у натуральному, так і в дуже забрудненому вигляді. Безумовно існує багато різновидів проміжного забруднення, яке виражається механічними та матеріальними включеннями і наявністю шкідливих та безпечних хімічних елементів та їх сполук як зовні, так і в середині вживаної деревини.

Класифікація включень вживаної деревини охоплює такі різновиди:

- зовнішні: залізні і кольорові метали; пісок і пилюка; пластмаса і скло, папір і картон, текстиль і ганчірки, каміння і бетон, тефлон і фольга, ґрунт і мазут та ін.;
- поверхневі:
 - а) личкувальні матеріали: декоративні плівки, ПВХ плівки, декоративні паперово-шаруваті пластики, штучні та натуральні шкіри, тканини, пластмаси та ін.;
 - б) лакофарбові матеріали: плівкоутворювальні матеріали, фарби, лаки, емульсії, ґрунтівки, оліфи, відбілювальні матеріали та ін.;
- внутрішні:
 - а) в'язивні речовини: смоли, клеї та ін.;
 - б) просочувальні речовини – консерванти деревини – речовини захисту: антисептики, антипірени, інсектициди, фунгіциди, біоциди, гідрофобізатори, комплексні препарати та ін.

Хімічна природа речовин захисту деревини. *Антисептики* – хімічні сполуки протимікробної дії, що захищають деревину від руйнування грибами, комахами і морськими деревоточцями. Деякі антисептики виконують і функції антипіренів. Антисептики поділяють на водорозчинні, органорозчинні і олії. Водорозчинні антисептики поділяють на такі, що легко вимиваються і змиваються — фтористі (фтор натрію, кремнефторид натрію, кремнефторид амонію) і борні (препарат ББ-11: по 50 % бури і борної кислоти); ті, що важко вимиваються — хлорфенольні (пентахлорфенолят натрію — ПХФН), хлорфенолоборні, хромомідноборні, хромониткові, хромоміднощіпкові і хромоміднофтористі; і такі, що не вимиваються — хромомідний препарат (50 % біхромату натрію або калію і 50 % міді). Органорозчинні антисептики — пентахлорофенол і нафтенат міді. Ряд антисептиків (ПББ — 10-50 % ПХФН, 25-45 % бури, 25-45 % борної кислоти; ПБС — 10-50 % ПХФН, 25-45 % борної кислоти; 10-50 % кальцинованої соди та ін.) належать до препаратів комплексної (вогнебіозахисної) дії. Антисептики, що легко вимиваються, застосовують для захисту дерев'яних внутрішніх конструкцій і тари; препарат ГР-48 і ПХВН — для антисептування свіжовипиляних матеріалів; препарати, що не вимиваються — добре захищають деталі, які мають контакт з водою та ґрунтом. Органорозчинні антисептики застосовують для швидкого просочування деталей і тари під устаткування.

Антисептування деревини – оброблення її поверхні антисептиками, під час якого на її поверхні утворюється тонка (близько 1 мм) захисна плівка. Антисептуванню підлягають пиломатеріали перед укладанням на атмосферне сушіння або перед транспортуванням в сирому вигляді для захисту від пошкодження деревинозабарвними та пліснявими грибами, дерев'яні елементи внутрішніх конструкцій бу-

динків і споруд, які не контактують з ґрунтом і вологими матеріалами, для захисту від дереворуйнівних грибів, дерев'яна тара для захисту від пошкоджень пліснявими грибами. Для антисептування деревини використовують водні розчини пентахлорфенолята натрію і препаратів на його основі. Антисептування деревини елементів внутрішніх конструкцій будівель і окремих виробів тари здійснюють фтористими, борними, хромомідними, хромомідноцинковими антисептиками.

Антипірени – хімічні сполуки або їх суміші, що в разі оброблення ними деревини надають їй та іншим органічним матеріалам вогнетривкості. Антипірени поділяють на водорозчинні — амонійні солі фосфорної та сірчаної кислот, борні сполуки; розчинні в органічних розчинах — часто містять хлор, бром, фосфор і борні сполуки. Властивості антипіренів мають вуглекислий калій (поташ), натрій і калій (рідке скло), сечовина та ін. речовини. Розрізняють антипірени атмосферостійкі (на олійній основі, на основі хлороорганічних сполук і хлорованих продуктів перероблення нафти тощо) та неатмосферостійкі фарби (силікатні, казеїнові, хлоридні, карбамідформальдегідні, сульфитногліняні, фосфатні та ін.). Використовують як антипірени вапново-глиняні, суперфосфатні та інші обмазки.

Фунгіциди – отруйні хімічні речовини, які застосовують для боротьби з грибковими, бактерійними, вірусними хворобами рослин та грибами (існує близько 100 видів грибів, які поділяють на три групи: плісняви; деревинозабарвні; дереворуйнівні – домові, ґрунтові, атмосферні), які руйнують дерев'яні споруди.

Інсектициди – хімічні засоби захисту деревини від комах (жуків, термітів, морських деревоточців) – шкідників вищих рослин. Вони мають широкий спектр дії, але за відношенням до захисту деревини широко використовували: ліндан, перметрин, дихлордифеніл-трихлоретан (ДДТ) та ін.

Гідрофобізатори – захист дерев'яних матеріалів від змочуваності водою. Здійснюється за допомогою поверхнево-активних речовин, що утворюють на поверхні частинок матеріалу тонкі плівки, які не взаємодіють з водою. Найпоширеніші: парафін, церезин, петролатум, віск, гач та ін.

Неорганічні консерванти деревини. Просочена або опоряджена деревина може містити 80-100 % активних шкідливих речовин, здебільшого солей. У забрудненій деревині можуть бути такі шкідливі хімічні елементи, які входять до складу відповідних солей: миш'як: As_2O_5 ; As_2S_5 ; As_4S_3 ; As_4S_4 ; бор: H_3BO_3 ; $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$; $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}$; хром: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; фтор: KHF_2 ; NH_4BF_2 ; MgSiF_6 ; ZnSiF_6 ; мідь: CuSO_4 ; CuSiF_6 ; цинк: ZnSiF_6 ; ртуть: Hg_2Cl_2 , HgCl_2 , HgO .

Антисептики неорганічного походження:

- Фтор: кремнійфторид амонію – $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$; фторид натрію – NaF ; кремнійфторид натрію – Na_2SiF_6 ;
- Хром: біхромат натрію – $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- Мідь: сульфат міді – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;
- Бор: борна кислота – H_3BO_3 ; бура – $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; диамоній фосфат – $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$;

Інсектициди неорганічного походження – сполуки миш'яку: As_2O_5 ; As_2S_5 ; As_4S_3 ; As_4S_4 ;

Органічні консерванти деревини. Для просочення деревини використовують багато органічних консервантів деревини. Фактичні інгредієнти речовин захисту деревини шляхом просочення становлять 5-20 %, а відповідно частка роз-

чинників (таких, як ненасичені, аліфатичні та / або ароматичні вуглеводні) становить 80-95 %. Найпоширенішими органічними консервантами деревини є:

Антисептики органічного походження:

- ПХФ: пентахлорфенол – C_6HCl_5O ;
- ПХФН: натрієва сіль пентахлорфенолу (пентахлорфенолят натрію) – $C_6Cl_5ONa \cdot H_2O$;
- π -комплекс $Hg(I)-[(C_6H_6)_2Hg_2](AlCl_4)_2$ на основі пентахлорфенолу;
- НМ: нафтенат міді.

Фунгіциди органічного походження:

- дихлорфлуанід;
- гранозан (C_2H_5HgCl) та ін.

Інсектициди органічного походження:

- ліндан (γ -гексахлорциклогексан (γ -ГХЦГ), γ -ізомер, ЛД₅₀ 25-200 мг/кг);
- перметрин ($C_{21}H_{20}Cl_2O_3$) та ін.;
- дихлордифеніл-трихлоретан (ДДТ) та його сполуки: ДДЕ та ДДД;
- діелдрин, алдрин, гептахлор, мірекс, токсафен, ендрин, хлордан, гексахлорбензол та ін.;
- поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані терфеніли (ПХТ), полібромовані біфеніли (ПББ).

ДДТ має широкий спектр дії як інсектицид для оброблення лісів. Наприклад, свого часу широкого застосування ДДТ у європейських країнах набув як засіб проти комах та грибків – збудників голландської хвороби в'язів. З цією метою цим інсектицидом обробляли паркові та лісові насадження. Стійкість ДДТ призводила до того, що він нагромаджувався як у деревині, так і у харчових ланцюгах і згубно впливав на їх кінцеві ланки. Тому значно збільшилась концентрація не тільки в деревині, але й в організмах птахів, риб, ссавців і людей. Подальші дослідження показали, що ДДТ впливає практично на всі живі організми. Так, він нагромаджується в тканинах ссавців і є канцерогеном, мутагеном, ембріотоксином, нейротоксином, імунотоксином; він змінює гормональну систему, спричинює анемію, хвороби печінки. У довкіллі ДДТ поступово втрачає хлор та перетворюється на інші сполуки — ДДЕ та ДДД; але й ці сполуки не менш токсичні. У 1970 р. ДДТ через токсичність та шкідливий вплив на довкілля було заборонено. Але у Росії, навіть, у 1986 р., через 16 років після офіційної заборони, виробництво ДДТ становило 10 тис. т. на рік. До кінця 80-х років ДДТ використовували «як виняток» в Узбекистані й Росії.

ПХБ, ПХТ та ПББ – жовтуваті, майже без запаху і дуже токсичні та канцерогенні рідини. ПХБ за біологічною дією є одними з найстрашніших отрут з-поміж сполук, які містять хлор, але, найголовніше, вони практично не руйнуються. Період напіврозпаду ПХБ у ґрунті становить 2,5-45 років. Базова структура ПХБ за певних комбінацій заміщення водню на хлор дає 209 сполук, серед яких комерційно використовують не більше 60-ти. ПХБ – це суміш сполук із різним змістом хлору (від 40 % до 60 %), які утворюються внаслідок хлорування біфенілу. Станом на 1986 р. у світі було вироблено близько 2 млн тонн ПХБ. У СРСР ПХБ випускали з 1934 р. у вигляді двох препаратів — соволу і трихлордифенілу. Виробництво трихлордифенілу припинено в СРСР у 1980 р., а виробництво соволу зменшено до 500 тонн на рік. Ці дві суміші відрізняються за складом: совол містить більш хлорованіші ПХБ (53 % пента-, 23 % тетра-, 22 % гексахлорбіфенілів), а трихлордифеніл складається на 49 % з три-, на 32% з тетра-, на 14 % з ди- и 4 % пентахлорбіфенілів.

ПХБ, ПХТ та ПББ використовують як пластифікатори для пластмас, лаків і лакофарбових матеріалів, які можуть бути вхідними матеріалами під час виготов-

лення виробів з деревини, і як матеріали-носії та розчинники для інсектицидів (пестицидів). Крім цього, існує підозра, що ПХБ навмисно (але таємно) додають в інсектицидні препарати для обробітку лісових площ. ПХБ потрапляють у довкілля різними шляхами. По-перше, внаслідок сучасного промислового застосування, наприклад, ПХБ, ПХТ та ПББ інтенсивно застосовували до 1972 р. для виготовлення тепло- та звукоізоляційних панелей на основі деревних стружок; по-друге, шляхом його можливого утворення під час розщеплення ДДТ під дією ультрафіолетових променів. Багато ПХБ могло зберігатись з часів широкого використання карболеніуму — препарату для захисту дерев, оскільки поліхлорбіфеніли є побічними продуктами синтезу карболеніуму та могли поширюватися разом з ним. ПХБ можуть також потрапляти в довкілля з лаків, фарб, хімікатів, будівельних матеріалів і т. ін.

Велика небезпека ПХБ, ПХТ та ПББ на довкілля та на здоров'я людей призвела до того, що в багатьох країнах було введено заборону на виробництво цих речовин: у 1971 р. — у Швеції, у 1977 р. — у Норвегії, у 1972 р. — у Японії, в 1977—78 рр. — у США. У Росії ПХБ не заборонені, але виробництво їх до 1993 року було закрито. А з 22 травня 2001 р. рішенням Стокгольмської конвенції виготовлення цих препаратів заборонено по всьому світу. Загалом в Росії було вироблено з 1939 по 1990 рік близько 52 000 тонн совоу (суміш тетра- і пентахлорованих ПХБ — найтоксичніші конгенери), який використовують здебільшого як пластифікатор для лаків і фарб; близько 57 000 тонн совтолу (суміш 1,2,4-трихлорбензолу із соволом, так званий совтол-10), який використовують головним чином для заливання у трансформатори; близько 70 000 тонн трихлорбіфенілу (ТХБ), який використовують в конденсаторах. Всього було вироблено 180 000 тонн ПХБ, з них сьогодні використовують близько 20 000 тонн. Існує величезний дисбаланс між виробленою кількістю ПХБ і кількістю, що використовують. Відомо, що частина виробленого ПХБ залишилася в Україні, в Узбекистані, Вірменії та інших республіках колишнього СРСР.

Олії, як консерванти деревини. У промисловості традиційними антисептиками є також просочувальні *олії* — *кам'яновугільна, антраценова та сланцева*, які добре захищають деревину в тяжких умовах експлуатації на довгий термін. Кам'яновугільна просочувальна олія — фракція кам'яновугільної смоли (утворена за температури 800...1000 °C), яка містить різні складники: нафталін, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) і частково феноли. Кам'яновугільна та сланцева олії містять канцерогенні речовини, зокрема, ПАВ бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$) та сполуки бенз(а)пірену. **Креозот** — суміш фенолів — безбарвна (іноді жовтувата або жовто-зелена), займиста, важкорозчинна у воді масна рідина з сильним запахом і пекуча на смак, що отримується з деревного і кам'яновугільного дьогтю. Кам'яновугільний креозот використовують для консервування деревини (просочування шпал, дерев'яних телеграфних стовпів та опор для вирощування винограду та хмелю і т.ін.) і запобігає її гниттю.

Серед поверхневих включень у вживаній деревині найбільшу проблему під час переробляння та утилізації створює **полівінілхлорид (ПВХ)**. Це — синтетичний полімер, продукт полімеризації вінілхлориду, який використовують для одержання жорсткої та м'якої пластмаси; поліхлорвініл. Хімічну будову ПВХ схематично можна показати так: $(CH_2CH_2Cl)_n$. Число *n* вказує на кількість елементарних ланок мо-

номера $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ вінілхлориду, що входять до макромолекули, і характеризує ступінь полімеризації полімеру. Значення n змінюється у великих межах для полівінілхлориду від 1500 до 3000. Вінілхлорид – небезпечна отрута, яка здатна руйнувати нервову систему і спричинювати ракові захворювання. Виділення вінілхлориду у довкілля посилюється навіть за невеликого нагрівання (наприклад, коли ламіновані підлоги гріються від батареї). У виробництві ПВХ також використовують хлор, тому під час його виготовлення й утилізації у довкілля виділяється велика кількість діоксину – високотоксичних і канцерогенних (можуть спричиняти рак) речовин. Для підвищення еластичності у ПВХ часто додають пластифікатори – фталати або ефіри фталатів, попадання яких в організм може викликати ураження печінки і нирок, зниження захисних властивостей організму, рак та ін.

ПВХ може містити і інші небезпечні речовини: кадмій, хром, свинець, формальдегід. Під час горіння ПВХ утворюються діоксини. Не існує безпечних технологій переробки ПВХ. Він практично не піддається повторному використанню і йде в печі сміттєспалювальних заводів (ССЗ) або на звалища. Відомо, що внаслідок спалювання 1 кг ПВХ утворюється до 50 мкг діоксину. Цього цілком достатньо для розвитку ракових пухлин у 50 000 лабораторних тварин. Діоксини, які невинно виробляють ССЗ, розповсюджується на сотні і тисячі кілометрів. Виробництво одного вікна з ПВХ призводить до утворення близько 20 г токсичних відходів. А ремонт всієї квартири з використанням матеріалів, зроблених з ПВХ, спричиняє утворення 1 кг (!) токсичних відходів. У цивілізованих країнах на товар з ПВХ зазвичай ставлять спеціальне маркування – цифру "3" в оточенні стрілок. Деякі виробники просто пишуть PVC або Vinyl. У промисловості та побуті ПВХ – вельми поширений пластик. Знайти його можна скрізь, він супроводжує людину все життя. У будинку ПВХ найчастіше трапляється у меблевих виробках (плівки ПВХ, стільниці – постформінг, фасади: МДФ та софтвермінг, крайки-ПВХ, поверхні столів та ін.), у вигляді ламінованих підлог та вагонки (за винятком деяких дорогих марок), вінілових декоративних елементів, пластикових віконних та дверних блоків, пластмасової меблевої фурнітури та ін.

Аналіз стану питання. Великий асортимент забруднювачів деревини, які на різних стадіях обробки та використання потрапляють до неї, зумовлює потребу правильного та доцільного її сортування за певними кваліфікаційними критеріями. Вживана деревина, як відходи залежно від ступеня забруднення може мати різне використання – матеріальне, як додаткова сировина, енергетичне, як джерело енергії, або підлягати ліквідації через екологічні обмеження.

В Україні на державному рівні прийнято кілька нормативних документів про відходи, в яких охоплено різноманітні їх види за видом економічної діяльності, зокрема, і деревні. Існує також стандарт ДСТУ 2034-92 «Відходи деревини. Загальні технічні умови». Окремо законів та постанов про деревні відходи, а тим більше про вживану деревину та її класифікацію, немає. Тому зупинимось на аналізі закордонних досліджень стосовно вживаної деревини.

У багатьох країнах різні науковці широко вивчали забрудненість вживаної деревини [1], яка стала визначальною щодо її класифікації, тобто належності до тої чи іншої групи, та використання. Наприклад, у Німеччині 15.08.02 р. прийнято «Положення про переробку та утилізацію деревних відходів», де особливу увагу звернуто на вживану деревину [2]. Після двох поправок (1.03.03 р. та 20.10.06 р.) до цього Положення термін «вживана деревина» представлений у широкому ас-

пекті, а на підставі цього – наведено класифікацію вживаної деревини та інших деревних відходів та їх використання [3, 4, 14].

За останньою редакцією воно називається «Положення про регулювання вживаної деревини» (Altholzverordnung – AltholzV), де наведено особливості поводження з цими відходами. Зокрема, у ньому [4] чітко регламентовано допустиму концентрацію хімічних елементів та їхніх сполук у стружці із вживаної деревини, яка може бути використана у виробництві деревностружкових плит (табл. 1).

Табл. 1. Обмеження для тріски та стружки із вживаної деревини (ВЖД), які використовують для виготовлення деревних плит (мг/кг сухої деревини)

Код	Позн.	Компоненти	Формули сполук	Кон-я
C04	B	Бор та його сполуки:	борна кислота H_3BO_3 ; діамоній фосфат $(NH_4)_2HPO_4$; бура $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	30
C11	Cd	Кадмій та його сполуки	$Cd(CN)_2$, Cd_3As_2 , $CdCO_3$, $Cd(NO_3)_2$	2
C19	Cu	Мідь та її сполуки	$CuSO_4$; $CuSiF_6$; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	20
C21	As	Миш'як та його сполуки	As_2S_3 ; As_2S_5 ; As_4S_3 ; As_4S_4	2
C26	Hg	Ртуть та її сполуки	етилмеркурфосфат, етилмеркурхлорид	0,4
C38	F	Фтор та його органічні сполуки	KHF_2 ; NH_4BF_2 ; NaF ; $(NH_4)_2SiF_6$; $MgSiF_6$; $ZnSiF_6$; Na_2SiF_6 ;	100
C39	Cl	Хлор та його сполуки	ПВХ $(CH_2-CHCl)_n$	600
C40	Cr	Хром та його сполуки:	$K_2Cr_2O_7$; $Na_2Cr_2O_7$; $(NH_4)_2Cr_2O_7$; біхромат калію $K_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	30
C58	ПХБ/ ПХТ/ ПББ	Поліхлоровані біфеніли, поліхлоровані терфеніли, полібромовані біфеніли	$C_6H_5(Cl)_x - C_6H_5(Cl)_y$; $C_6H_5(Br)_x - C_6H_5(Br)_y$	5
C66	ПХФ	Феноли та фенолові сполуки:	пентахлорфенол C_6HCl_5O ; натрію пентахлорфенолят $C_6Cl_5ONa \cdot H_2O$	3

Класифікацією вживаної деревини розробляли багато вчених у різних країнах (табл. 2), зокрема: В. Гофман [5]; Р. Маруцький [6]; К. Дроссель [7]; Д. Ногер [8]; В. Онисько, М. Матейак, Є. Добровольська [9]; Є. Ратайчак [10]; У. Мантау, Н. Веймер, Л. Кайпер, Н. Лік [11]; М. Брандстер [12], П. Бехта [13] та ін.

Табл. 2. Класифікація вживаної деревини у країнах Європи

№	Країна	Категорії вживаної деревини				Л-ра
1.	Європа	Altholzkategorie: AI, AII, AIII, AIV				PCB-A [2-4]
2.	Німеччина	Klasse A I	Klasse A II	Klasse A III	Klasse A IV	PCB-A [5-7]
3.	Австрія	Gruppe H1	Gruppe H2: H2.1; H2.2; H2.3		Gruppe H3	[5,12]
4.	Люксембург	A I	A II	A III	A IV	PCB-b [5-7]
5.	Швейцарія	Klasse A I	Klasse A II	Klasse A III	Klasse A IV	PCB-A [8]
6.	Нідерланди	A-quality	B-quality		C-quality	[11]
7.	Великобританія	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4	[11]
8.	Польща	Grupy I	Grupy II	Grupy III	Grupy IV	[9,10]
9.	Україна	ВЖД-I	ВЖД-II	ВЖД-III	ВЖД-IV	ПХБ Проект

На підставі детального аналізу великої кількості літературних джерел українських та закордонних науковців встановлено, що основним критерієм класифікації вживаної деревини є ступінь її забруднення. У термін «вживана деревина» закладено промислові відходи деревини (зокрема браковану продукцію) та спожиті (відпрацьовані) вироби з деревини, деревинних матеріалів або з композитних матеріалів із вмістом деревини більше ніж 50 % маси. Наприклад, В. Гофман за-

пропонував критерії класифікації ВЖД за наявністю у ній шкідливих елементів та їхніх сполук для різних видів спалювання (табл. 3).

Табл. 3. Критерії класифікації для ВЖД до різних видів спалювання [5]

Код	Позн.	Компоненти	Допустима концентрація, мг/кг сухої ВЖД			
			ВЖД-I	ВЖД-II	ВЖД-III	ВЖД-IV
C04	B	Бор та його сполуки	15,0	30	-	> 30
C10	Fe	Залізо та його сполуки	100,0	-	-	-
C11	Cd	Кадмій та його сполуки	0,5	-	-	-
C19	Cu	Мідь та її сполуки	5,0	20	-	> 20
C21	As	Миш'як та його сполуки	0,8	2	-	< 2
C26	Hg	Ртуть та її сполуки	0,05	0,4	-	> 0,4
C27	Pb	Свинець та його сполуки	3,0	-	-	-
C34	Ti	Титан та його сполуки	5,0	-	-	-
C38	F	Фтор та його органічні сполуки	10,0	30	-	> 30
C39	Cl	Хлор та його сполуки	100,0	300	> 300	-
C40	Cr	Хром та його сполуки	2,0	-	-	-
C41	Zn	Цинк та його сполуки	50,0	-	-	-
C57	N	Солі азотистої кислоти, оксиди азоту	0,5	-	-	-
C66	ПХФ	Феноли та фенолові сполуки	1,0	2,0	-	> 2
C39	Lindan	γ-Гексахлорциклогексан, ізомер (γ-ГХЦГ, ЛД ₅₀ 25-200 мг/кг)	0,25	0,5	-	> 0,5
C80	К-вуг. смоли	Бенз(а)пірен та сполуки, що містять бенз(а)пірен (C ₂₀ H ₁₂)	0,05	0,1	-	> 0,1
Потужність котельні, МВт			< 1,0	0,05<1,0	0,1 < 1,0	> 0,1

На підставі зіставлення аналогічних груп відходів (вживаної деревини), які прийнято в країнах ЄС, пропонується впровадження для українського законодавства в сфері поводження з відходами деревини і вживаними виробами з деревини чотири категорії відходів, які можуть мати матеріальне та енергетичне призначення, та відходи ліквідації, які не входять до жодної із категорій (табл. 4):

- перша категорія – вживана деревина I (ВЖД-I) – природна та тільки механічно оброблена деревина з незначними забрудненнями натуральними зв'язками (парафін, церезин, петролатум, віск, гач, мастило та ін.), а також деревина від стихійних катаклізмів;

Систематизований перелік найпоширеніших деревних відходів – ВЖД за групами, видами, підвидами, категоріями та кодами наведено у табл. 5.

Табл. 4. Приклади вживаної деревини за категоріями

№	Категорія	Приклади вживаної деревини
1	ВЖД-I	Відходи тверді: обапіл, рейки, торці; уламки дощок, брусків; шматки шпону; осереддя; брак тощо; Відходи м'які: шліфувальний порошок, тирса, стружка, волокниста маса тощо; Вироби – не склеєні, не личковані, не опоряджені, не оброблені органічними і неорганічними речовинами: меблі з масивної деревини; Столярні: рейки, бруски, дошки, бруси, лиштва, плінтус та ін.; Будівельна натуральна деревина у змішаному асортименті; Тара: промислові та євро піддони, транспортні ящики, фруктові, овочеві, декоративні та аналогічні коробки з масиву, кабельні барабани (після 1989 р.); Інші: вироби з сільського та єгерського господарств, новорічні ялинки тощо.
2	ВЖД-II	Відходи: шматки обробленої деревини, відрізки та уламки деревних матеріалів; Вироби – склеєні, личковані натуральним шпоном, опоряджені – лаковані або іншим чином оброблені: меблі без ПВХ плівок, меблеві щити, бруси та ін.; Столярні: внутрішні дверні блоки і дверні полотна, ламіновані підлоги і плінтуси, па-

		ркетні планки і щити, вагонка натуральна та ламінована, профільні дошки, рейки і бруски для внутрішніх інтер'єрних робіт та ін.; Будівельна оброблена деревина та деревні матеріали у змішаному асортименті; Тара: піддони і транспортні ящики з деревних матеріалів та ін.
3	ВЖД-III	Меблеві вироби з ПВХ плівками (крайками та покриттями); Щитові вироби: фанера та фанерні плити, OSB плити, постформінг та ін.; Садово-паркові та пляжні меблі з тефлоновим та ПВХ покриттями. Несортована сільськогосподарського призначення та будівельна деревина великогабаритних розмірів та громіздких конструкцій та ін.; Тара: піддони з композитних матеріалів та ін.
4	ВЖД-IV	Меблеві вироби зовнішнього користування: для рекреаційних зон (альтанки), садово-паркові, пляжні, дитячих майданчиків та ін. Вироби від сільського господарства: огорожі, паркани, штахети, стовпи, брами, нестандартні конструкції та ін. Просочені вироби: залізничні шпали, електричні, телеграфічні та виноградні стовпи та стовпи від вирошування хмелю ін.; Столярні вироби: віконні блоки, зовнішні дверні блоки і дверні полотна, зимові сади, балкони, зовнішні сходи з перилами та балясинами, обшивка, вагонка для зовнішнього інтер'єрних робіт та ін.; Вироби з будівельного сектора: елементи дахових конструкцій (крокви, лати, контрлати, платви та ін.), елементи каркасних конструкцій (стіжки, заповнення, балки, косяки, підпори та ін.), елементи опалубки (дошки, стійки, розпірки та ін.), сваї, бані, зруби та ін.; вироби з промислових об'єктів: підлоги індустрії, стінові панелі, комбіновані перекриття, балки та ін.; Тара: ящики від боєприпасів та військової атрибутики, кабельні барабани (до 1989 р.); вироби з гідротехнічних споруд (мости, віадуки); вироби від демонтованих суден, вагонів, кузовів; вироби з обгорівших конструкцій, будівель; фракції з переробки відходів у деревні матеріали; несортована вживана деревина; Вироби з речовинами захисту (залізничні шпали, телетехнічні стовпи та інші вироби з дуже шкідливими забрудненнями) типу: пентахлорфенол (ПХФ); соляних препаратів, які мають зв'язки фтору, міді, ртуті, арсену, миш'яку та ін.; Інші вироби, які не ввійшли до категорій I, II, III.
5	ВЖД-ПХБ	Вироби з речовинами захисту типу: поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані терфеніли (ПХТ), полібромовані біфеніли (ПББ) з концентрацією 50 мг/кг і більше; фракції кам'яновугільної смоли, які містять бенз(а)пірен та сполуки; Тепло- і звукоізоляційні плити (панелі), випуску до 1972 року; Інші вироби, які не ввійшли до IV категорії.

Табл. 5. Систематизований перелік найпоширеніших деревних відходів – вживаної деревини за групами, видами, підвидами, категоріями та кодами

№	Загальний асортимент відходів			Категорія	Код
	група	вид	різновиди		
1	Деревні відходи виробництва деревини, виробів з деревини та матеріалів інших. Бракована продукція		Відрізки, уламки дошок, шпон, тирса, стружка, волокниста маса та інші, змішані бруски в натуральному вигляді	A-I	2000.2.2 2000.3.1
			Відрізки деревних матеріалів і обробленої деревини та інші шмати (без шкідливих домішок)	A-II	2000.2.2 2000.3.1
2	Вживана упаковка	Піддони	З масивної деревини: євро та промислові	A-I	7710.3.1.06
			З деревних матеріалів	A-II	7710.3.1.06
			Інші, з композитних матеріалів	A-III	7710.3.1.06
		Ящики	Транспортні з суцільної деревини	A-I	6000.3.1.04
			Транспортні з деревних матеріалів	A-II	6000.3.1.04
			Фруктові, овочеві, декоративні та аналогічні коробки та бочки з масиву	A-I	7710.3.1.06
			Від боєприпасів та аксесуарів	A-IV	7730.3.2.01
		Кабельні барабани	Виготовлені до 1989 року	A-IV	7730.3.2.01
			Виготовлені після 1989 року	A-I	7710.3.1.06
3	Вживана деревина з	Деревина у змішаному	Натуральна деревина	A-I	4510.1.3.06
			Деревні матеріали, бруски та оброблена	A-II	4510.1.3.06

	будівництва	асортименті	деревина (без шкідливих домішок)		
		Деревина від зносу та розбирання	Дошки для підлоги, плінтуси, щити (без шкідливих домішок)	A-II	4510.1.3.06
			Столярні плити та внутрішні каркаси дверей (без шкідливих домішок)	A-II	4510.1.3.06
			Профільні дошки та бруски для об'ємного інтер'єру, вагонка та стельові панелі (без шкідливих домішок)	A-II	4510.1.3.06
		Деревина від зносу та виведення з експлуатації	Плити тепло- і звукоізоляції, які містять поліхлоровані біфеніли (ПХБ)	Ліквідація	4510.3.2.01
			Уламки будівельних плит, щити	A-II	4510.1.3.06
			Елементи каркасних конструкцій – стійки, косяки, заповнення та ін..	A-IV	4510.1.3.06
			Елементи дахових конструкцій – крокви, лати, контрлати, платви	A-IV	4510.1.3.06
			Віконні блоки (коробки, стулки)	A-IV	4510.1.3.06
			Зовнішні дверні блоки, листи дверей	A-IV	4510.1.3.06
			Зовнішні просочені балки, зимові сади, підпори, балкони, обшивки	A-IV	4510.1.3.06
		Інша	Будівельна деревина із шкідливими домішками	A-IV	4510.3.2.01
4	Просочена вживана деревина від зовнішнього використання	Різні	Залізничні шпали	A-IV	4510.3.2.01
			Електричні стовпи	A-IV	4510.3.2.01
			Виноградні стовпи	A-IV	4510.3.2.01
			Садово-паркові, пляжні та інші меблі зовнішнього користування	A-IV	4510.1.3.06
			Вироби з сільського господарства – огорожі, штахети, сходи, брами та ін..	A-IV	4510.1.3.06
5	Вживані меблеві вироби	Різного призначення	Меблі з масивної деревини	A-I	7710.3.1.10
			Меблі без галогеноорганічних з'єднань у покриттях	A-II	7710.3.1.10
			Меблі з галогенорганічними з'єднаннями у покриттях (тефлон, ПВХ плівки тощо)	A-III	7710.3.1.10
6	Вживана деревина від різних громіздких конструкцій			A-III	4510.3.1.01
7	Вживана деревина з промислових об'єктів (підлоги, перекриття)			A-IV	4510.3.1.01
8	Вживана деревина з гідротехнічних споруд (мости, переправи, віадукі)			A-IV	4510.3.1.01
9	Вживана деревина від демонтованих суден, вагонів і кузовів			A-IV	4510.3.1.01
10	Вживана деревина від пожеж			A-IV	4590.3.1.01

- друга категорія – вживана деревина II (ВЖД-II) – оброблена деревина та деревні матеріали без речовин захисту деревини та без галогеноорганічних зв'язків у покриттях;
- третя категорія – вживана деревина III (ВЖД-III) – оброблена деревина та деревні матеріали без речовин захисту деревини та з галогеноорганічними зв'язками у покриттях;
- четверта категорія – вживана деревина IV (ВЖД-IV) – деревина та деревні матеріали, які оброблені речовинами захисту;
- відходи ліквідації – вживана деревина ПХБ (ВЖД-ПХБ) – деревина та деревні матеріали, які містять поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані терфеніли (ПХТ), полібромовані біфеніли (ПББ) концентрацією 50 мг/кг і більше, а також фракції кам'яновугільної смоли, які містять бенз(а)пірен та його сполуки понад норму.

Висновки.

1. Проаналізовано хімічний склад вживаної деревини та ступінь її забруднення – від оброблення сировини і матеріалів на різних стадіях до вилучення готових виробів (відходів споживання) з різних об'єктів господарювання. Детально досліджено склад та матеріал забруднювачів вживаної деревини, зокрема, на основі речовин захисту деревини: антипіренів, антисептиків, інсектицидів, фунгіцидів, біоцидів, комплексних препаратів та ін. Розроблено класифікацію включень вживаної деревини, яка охоплює механічні та хімічні забруднення.

2. Охарактеризовано найнебезпечніші речовини, канцерогенні сполуки та токсичні складники, які можуть міститися у ВЖД, зокрема: пентахлорфенол, ліндан, перметрін, дихлордифеніл-трихлоретан (ДДТ), поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані терфеніли (ПХТ), полібромовані біфеніли (ПББ),

полівінілхлорид (ПВХ), олії на основі фракцій кам'яновугільних смол (бенз(а)пірен) і сполук, що містять бенз(а)пірен, поверхнево активні вуглеводні (ПАВ) та ін.

3. Запропоновано класифікацію вживаної деревини за ступенями забруднення. Обґрунтовано на підставі детального аналізу чотири групи вживаної деревини, які гармонізуються з міжнародними системами класифікації аналогічних відходів. Систематизовано перелік найпоширеніших деревних відходів – вживаної деревини за групами, видами, підвидами, категоріями та кодами. Узагальнено перелік небезпечних складників відходів – компонентів – хімічних елементів (миш'як, бор, кадмій, мідь, ртуть, свинець, титан, фтор, хлор та ін.) та їхніх сполук.

4. Наведено обмеження для тріски та стружки із вживаної деревини, які використовують для виготовлення деревних плит. Представлено критерії класифікації вживаної деревини (допустимі концентрації шкідливих компонентів) для різних видів спалювання.

Література

1. **Moxn J.** Emissionen und Stoffflüsse von (Rest-) Holzfeuerungen / Das Projekt wurde von den folgenden Institutionen finanziert: BUWAL Schweiz. Vereinigung für Holzenergie IG-Altholz Kantone Anlagenbetreiber. – EMPA. Abteilung Luftfremdstoffe Nr. 880'002/1. – 2000. – S. 180.

2. „**Verordnung über Anforderungen an die Entsorgung von Altholz**“, 15. August 2002. BGBl. I, Nr. 59 vom 23.8.2002. – S. 3302.

3. „**Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von AltholzV (Altholzverordnung)**“, Art. 1a der Verordnung vom 1. März 2003. BGBl. I. – S. 3302-3317.

4. „**Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz V (Altholzverordnung)**“, Art. 2a der Verordnung vom 20.10.2006. BGBl. I Nr. 48, – S. 2298, 2331.

5. **Hoffmann V.** : Zuordnungskriterien für Rest- und Altholz zur energetischen Verwertung oder thermischen Behandlung. In: R. Marutzky und W. Schmidt (Hrsg.): Alt- und Restholz: Energetische und stoffliche Verwertung, Beseitigung, Logistik, VDI-Verlag, Düsseldorf. – 1996. – S. 185-189.

6. **Marutzky R.** Qualitätsanforderungen und Entsorgungswege für Rest- und Gebrauchtholzer. In: Alt- und Restholz – Energetische und stoffliche Verwertung, Beseitigung, Verfahrenstechnik, Logistik, VDI-Verlag, Düsseldorf. – 1997. – S. 114-118.

7. **Drossel K., Wittke B.** Stoffliche Verwertung von Altholz- Rücknahme von Spanplatten und Altmöbeln für die Spanplattenherstellung, VDI-Verlag. – 1996.

8. **Noger D., et al.** Verwertung und Beseitigung von Holzaschen. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Schriftenreihe Umwelt Nr. 269. – 1996.

9. **Onisko W., Dobrowolska E., Matejak M.**: Opracowanie założeń klasyfikacji drewna użytkowego według kierunków jego zużycia. Opracowanie OBRPPD nr 74.1379.3.98.

10. **Ratajczak E., Szostak A., Bidzińska G.** Drewno użytkowe w Polsce, Instytut Technologii Drewna. – 2003. – S. 168.

11. **Mantau, U., H. Weimar, L. Kuiper, and N. Leek.** Final report (part1): Origin and Commercialization Structure of Post-Consumer Wood in Germany and the Netherlands. University of Hamburg and Probos Wageningen. – 2005. – 31 p.

12. **Brandstätter M.** Rest- und Altholz; Anfall und Verwertung in Österreich. Holzforschung und Holzverwertung, No 3, – 1994. – S. 46-48

13. **Бехта П.А.** Можливості повторного використання вживаної сировини: сучасний стан та перспективи// Науковий вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ – 1999, вип. 9.5. – С. 34-44.

14. **COST Action E 31 (Hrsg.).** National summary reports on the European market of recovered wood. – 2004. – 335 p.

15. **Гайда С.В., Кшивецький Б.Я., Войтович І.Г. Прокопович Б.В.** Тлумачний словник з деревооброблення. – Львів: НЛТУ України. – 2002. – 280 p.

16. **Гайда С.В.** Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи створення ГАВ. – Львів: ВМС. – 1998, – 149 с.

17. **Гайда С.В.** Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи робототехніки. – Львів: ВМС. – 1998, – 145 с.

18. **Гайда С.В.** Особливості та перспективи роботизації меблевої промисловості України / Науковий вісник УкрДЛТУ / наук.-техн. зб. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.5 – С. 38-40.

19. **Гайда С.В.** Матеріали для виготовлення виробів з деревини. – Львів:ВМС. – 2000. – 160 с.
20. **Гайда С.В.** Раціональне конструювання виробів з деревини. – Львів:ВМС. – 2001. – 93 с.
21. **Гайда С.В.** Проблема деревної сировини у Європі та Україні // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 33. – С. 55-63. <https://doi.org/10.36930/42073312>
22. **Гайда С.В., Максимів В.М.** Аналіз, особливості, проблеми та досвід використання додаткових ресурсів сировини – відходів та вживаної деревини // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 33. – С. 63-73. <https://doi.org/10.36930/42073313>
23. **Гайда С.В.** Дослідження концентрації операцій у сучасному меблевому виробництві // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 33. – С. 73-79. <https://doi.org/10.36930/42073314>
24. **Гайда С.В., Максимів В.М., Туниця Т.Ю.** Розроблення класифікатора вживаної сировини // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2008, вип. 34. – С. 55-68. <https://doi.org/10.36930/42083410>
25. **Гайда С.В., Коваль Л.І.** Проблеми та особливості вакуумного личкування МДФ-фасадів // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2008, вип. 34. – С. 111-115. <https://doi.org/10.36930/42083419>

Assoc. prof. S.V. Gayda – NUFWT of Ukraine

Chemical compound and degree of its contamination as the basis to systematization of post-consumer wood

Chemical compound of post-consumer wood and degree of its contamination has been analysed beginning with treatment of raw material and wooden materials on the different processing stages up to removal of the finished products (and wastes that could be used) within different entities of management. The compound and substance of the contaminants of post-consumer wood have been studied in detail, especially based on wood preservation characteristics such as fire-retardant, wood preservative, insecticide, fungicide, biocide, fixing agents, and other chemicals. It has been developed a classification of foreign bodies in post-consumer wood covering mechanical and chemical stained agents. The most dangerous substances, carcinogenic compounds and toxic components which can be found in post-consumer wood have been described, in particular pentachlorophenol, lindane, permethrin, dichlorodiphenyl-triethylchloroethane (DDT), polychlorinated biphenyls (PCB), polychlorinated terphenyls (PCT), polybrominated biphenyls (PBB), polyvinylchlorure (PVC), and oils that are produced by fractions of coal tar (benzopyren) and compounds which contain benzo(a)pyren and other superficially active hydrocarbons (SAH) and others. It has been suggested a classification of post-consumer wood based on the degrees of contamination. Based on detailed analysis it has been grounded the four groups of post-consumer wood which meet the international systems of classification of similar wastes. The list of the most widespread post-consumer wood wastes has been systematized in terms of groups, species, sub-species, categories and codes. The list of dangerous components of wastes has been generalized covering the following chemical elements (arsenic, boron, cadmium, copper, mercury, lead, titanium, fluorine, chlorine, chromium, zinc and others) and their compounds. It has been presented a limited range for wood dust and chips which are used for producing of wooden boards. The criteria of classification of post-consumer wood (possible concentrations of harmful components) have been offered for the different types of incineration.

Keywords: post-consumer wood; fire-retardant; wood preservative; insecticides; fungicides; wood preservative agents; wood wastes; degree of contamination; post-consumer wood systematization; concentration of harmful components.