

23. Ефимова Н.А. Влияние потепления климата на режим отопления зданий / Ефимова Н.А. Байкова И.М. Лаперье В.С. // Метеорология и гидрология. – 1992. – № 12. – С. 95-98.
24. Анисимов О.А. Влияние антропогенного изменения климата на обогрев и кондиционирование зданий / О.А. Анисимов // Метеорология и гидрология. 1999. – № 6. – С. 10-17.
25. Влияние глобальных изменений природной среды и климата на функционирование экономики России / под общ. ред. Н.П. Лаверова. – М. : Изд-во УССС, 1998.
26. Климатические характеристики отопительного периода на субъектах Российской Федерации в настоящем и будущем / Кобышева Н.В., Ключева М.В., Александрова А.А., Булыгина О.Н. // Метеорология и гидрология, 2004. – № 8. – С. 46-52.
27. Национальный доклад по проблемам изменения климата. – М. : Минэкономразвития России. 2002.
28. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. – М. : Стройиздат, 1983.
29. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология / Госстрой России. – М. : Изд-во ГУП ЦПП, 2003.

Волощук В.А., Рокочинский А.Н. Оценка влияния глобальных изменений климата на параметры отапливаемого периода Ривненского региона

На основе ретроспективного анализа метеоданных второй половины XX в., а также исходя из прогноза возможных изменений погодно-климатических условий в случае глобального потепления, оценены изменения параметров отапливаемого периода и объемов теплопотребления жилищно-коммунального сектора Ривненского региона.

Ключевые слова: глобальное потепление, параметры отапливаемого периода, теплопотребление.

Voloshchuk V.A. Rokochynsky A.M. An evaluation of influence of global changes of climate on the parameters of the heated period of Rivne region

On the base of retrospective analysis of the meteorological data of the second half of XX-th century and taking into account forecast of possible changes in climate conditions under global warming the article gives estimation of changes of heating season parameters and energy consumption in Rivne region communal thermal energy sector

Keywords: global warming, heating season parameters, heat energy consumption.

УДК 674.815 Доц. С.В. Гайда, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

**ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ
ЯК ОСНОВА ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ CO₂**

Дано докладний огляд та ґрунтовний аналіз про визначення, потенціал, принципи класифікації вживаної деревини та проблеми, які виникають в Україні у переробленні вживаної деревини як основи для зменшення викидів CO₂ – пом'якшення зміни клімату. За цими дослідженнями отримано такий розрахунковий результат – кількість вживаної деревини в Україні (припущення, 2008) становить близько 2,9 млн т/рік. Розраховано, що ці 2,9 млн т/рік вживаної деревини можуть зробити такий внесок: зберегти 15 ПДж/рік від спалювання викопного палива для виготовлення енергії; зберегти 1 млн т/рік свіжої деревини завдяки переробленню та багатократному використанню; скоротити на 1 млн т/рік викиди CO₂. Розраховано, що найменше викидів CO₂ отримуємо тільки тоді, коли вся вживана деревина буде використана для виробництва енергії, а якщо ні, то викиди CO₂ збільшуються. Додаткова кількість викидів CO₂ з'являється (пропорційно зростає), якщо частину вживаної деревини, яка використовується для виробництва енергії, замінювати свіжою деревиною, але це збільшення є малим або навіть незначним, порівняно з викидами CO₂, отриманими від спалювання (заміни деревини) викопного палива для виробництва енергії.

Ключові слова: деревина, вживана деревина, речовини захисту деревини, систематизація вживаної деревини, повторне використання, управління відходами, отримання енергії, поводження із відходами з деревини, вуглець, оцінка життєвого циклу (ОЖЦ), викиди CO₂, пом'якшення зміни клімату, зміна клімату.

Стан питання. Розширення міжнародної економічної співпраці України потребує проведення енергетичної політики котра була б когерентною політиці провідних держав світу, насамперед Європейського співтовариства. Невідповідність енергетичної політики та практичних дій України у цій сфері може поставити нас у дискримінаційне становище. У сфері енергетики країни ЄС докладають значних зусиль щодо підвищення своєї енергетичної безпеки, розширення використання власних відновлюваних енергоресурсів, зменшення шкідливого впливу енергетики на довкілля. На період до 2010 р. країни ЄС мають плани щодо збільшення частки відновлюваних джерел енергії від рівня 6 % у 1997 до 14,6 % [9] від загального споживання первинних енергоресурсів.

У 2000 р. споживання деревини і деревних відходів для виробництва енергії становило 5,8 ТВт/рік. Згідно з прогнозом спеціалістів України споживання деревини та деревних відходів для виробництва енергії у 2030 р. становитиме близько 13 ТВт год./рік, а у 2040 р. може досягнути 16,3 ТВт год./рік [5]. Можливе і подальше нарощування енергетичного використання деревини. Уже є реальні пропозиції, спрямовані на збільшення продуктивності лісів України до рівня сусідніх країн. Тому на 2050 р. можна прогнозувати збільшення використання відходів деревини до 25 ТВт год./рік.

У грудні 1997 р. у Кіото (Японія) делегації 160 країн підписали Протокол про спільні зусилля щодо зниження рівня емісії парникових газів (ПГ) в атмосферу. У процесі реалізації Кіотського протоколу, Європейський Союз зобов'язався скоротити викиди європейських парникових газів (CO₂, CH₄, N₂O і т.д.) на 8 % від рівня 1990 р. до 2010 р. [4, 13].

Екологічні показники технологій спалювання деревини залежать від ступеня її забруднення. Типовий рівень емісії забруднюючих речовин під час спалювання деревної тріски на європейських станціях становить: SO₂ – 60 мг/МДж; NO₂ – 90 мг/МДж; твердих часток – 300 мг/нм³ після очищення у мультициклоні й 40 мг/нм³ – під час використання системи конденсації продуктів згоряння, золи менше 0,05 % [8].

За датськими нормами, для фермерських котельних установок, які спалюють біомасу, рівень вмісту твердих часток не повинен перевищувати 600 мг/нм³. Вміст сірки у деревині незначний, тому емісія SO₂ на установках і станціях, які спалюють деревну біомасу, відповідає встановленим нормам без вживання допоміжних заходів. Рівень емісії CO і NO підтримується у припустимих межах унаслідок відповідного контролю за процесом горіння. Для досягнення припустимих концентрацій твердих часток здебільшого використовують мультициклони, для більше ретельного очищення – тканинні й електростатичні фільтри.

Одним з найбільш важливих джерел біомаси (рис. 1), крім залишків лісового господарства та енергетичних культур, є вживана деревина (ВЖД),

яка виникає з бракованої продукції, спожитих та відпрацьованих виробів наприкінці свого життєвого циклу (наприклад, старих меблевих виробів, деревини з будівельних майданчиків, пакувань тощо). Як наслідок – ефективне використання ВЖД приведе до зменшення викидів CO_2 .

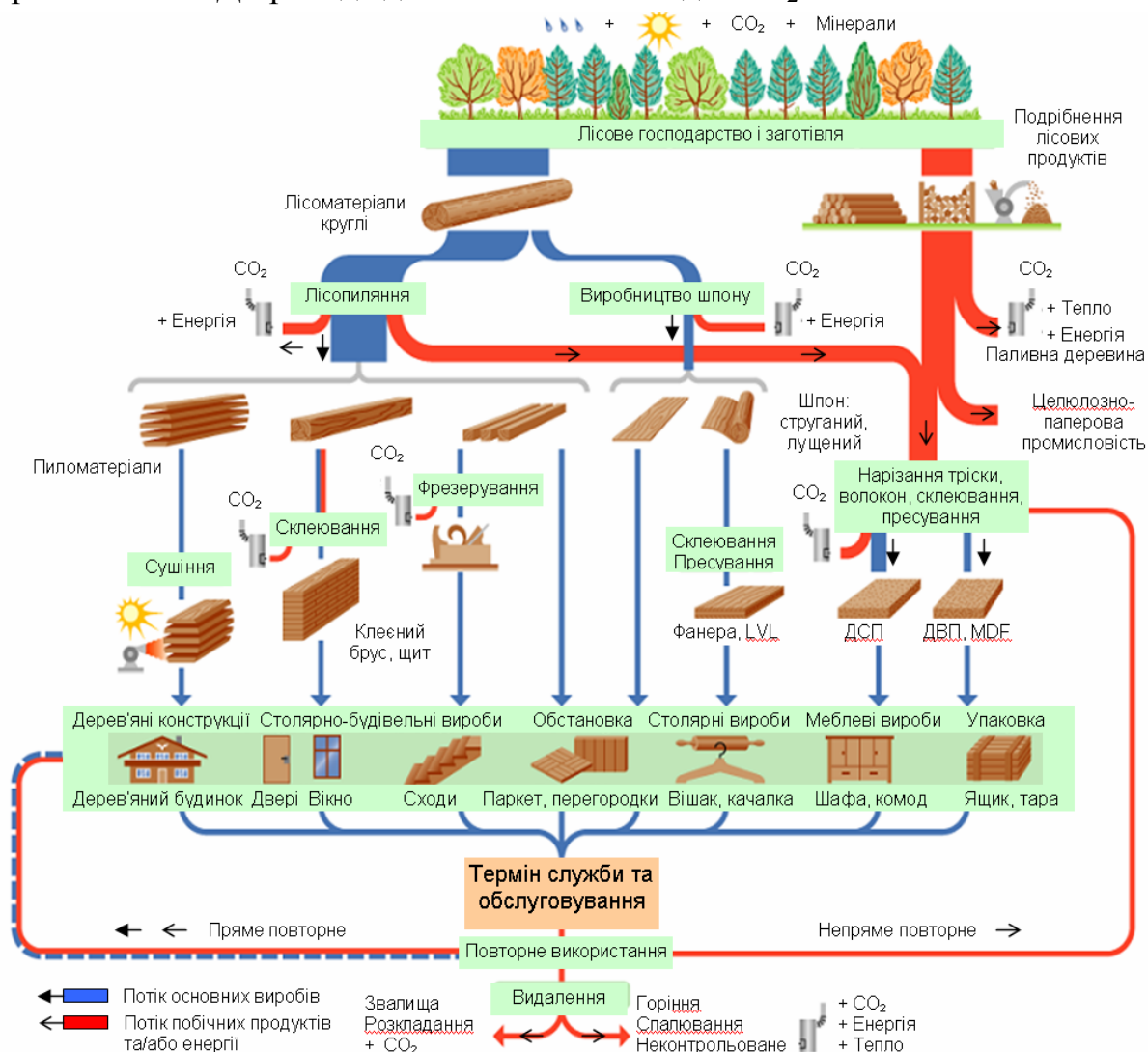


Рис. 1. Перебіг життєвих циклів деревини, виробів із деревини, вживаної деревини та CO_2

Актуальність. Загальна площа земель лісового фонду України становила у 2008 р. 10,9 млн га, лісистість – 15,6 %. За 50 років лісистість України виросла майже у 1,5 раза, а запас деревини – у 2,5 раза і досяг 1,83 млрд м^3 . До 2010 р. ці показники відповідно зростуть і становитимуть – 11,3 млн га, 16,1 %, 2,04 млрд м^3 .

В Україні щорічно заготовлюється близько 15 млн м^3 . Для покриття дефіциту деревину імпортується – 6,6 млн м^3 у 2008 р. Загальний об'єм використання деревини у 2008 р. становив 22 млн м^3 : 9,24 млн м^3 (42 %) становили вироби, 12,76 млн м^3 – деревні відходи. Останні використовуються лише на 60 %, а інші: 1,9 млн м^3 (15 %) – недоступні; 3,2 млн м^3 (25 %) – незадіяні. Окрім цього, в Україні щорічно утворюється 1 млрд т. ТБВ, у яких близько 3 млн т (у середньому 3 %) становлять деревні відходи. Тільки необхідна мобілізація додаткових ресурсів – комплексне використання деревних відходів і

деревини, яка була у використанні, дало б змогу покрити дефіцит деревини в Україні, зокрема задовольнити потреби деревообробної промисловості з випуску плит і пилопродукції (табл. 1), а також – для виробництва енергії. Сумарний еквівалент від використання деревних відходів для виробництва енергії становив би 16 ТВт. год/рік. Сектор енергії на базі деревини, напевно має імунітет на глобальну економічну кризу. Попит на поновлювані джерела енергії, зокрема деревну біомасу, продовжує стабільно зростати завдяки стимулювальній політиці уряду, спрямованій на енергетичну безпеку.

Табл. 1. Динаміка виробництва плит і пиломатеріалів в Україні [1]

Матеріали	Од. вим.	Роки					
		2004	2005	2006	2007	2008	2009*
ДСП	млн м ³	0,998	1,150	1,329	1,641	1,622	1,189
ДВП	млн м ²	23,800	24,100	22,200	25,300	28,700	20,865
Фанера	млн м ³	0,141	0,171	0,163	0,176	0,163	0,092
Пиломатеріали	млн м ³	2,060	1,900	1,418	1,749	1,644	1,118

У регіоні ЄЕК ООН деревина є надійним, стійким джерелом поновлюваної енергії. Окрім цього, використання деревини, як джерела енергії, допоможе країнам досягти своїх цілей щодо скорочення викидів вуглецю, оскільки вуглекислий газ (CO₂), який виділяється під час спалювання деревини, походить з вуглеців, які поглинають дерева протягом їхнього життя, а викиди від спалювання поглинуть нові дерева, що ростуть (рис. 2). Особливу роль у цьому перебігу життєвих циклів відіграє вживана деревина, яка за неможливого перероблення віддає свій вуглець назад у природу. Оцінивши життєвий цикл (ОЖЦ) виробів з деревини з врахуванням вмісту вуглецю, можливо розрахувати його кількість у певний проміжок часу, тобто під час матеріального користування виробами з деревини. Зважаючи на розуміння про дедалі більшу небезпеку, якою є зміна клімату, необхідності гарантування енергетичної безпеки і підвищення цін на викопні види палива, ЄС розробив нові непрограмні заходи щодо боротьби із зміною клімату і заохочення використання поновлюваних джерел енергії в Європі. Європейська комісія (ЄК) опублікувала програмний документ "Стратегія в області використання поновлюваних джерел енергії" (ЄК, 2007 р.), відповідно до якого частка поновлюваних джерел енергії у загальному обсязі споживання енергії в ЄС повинна становити до 2020 р. 20 %. У країнах ЄС велика увага приділяється ВЖД, яку дедалі частіше розглядають як джерело енергії і додаткову сировину для виробництва плитних матеріалів. Згідно з опублікованими дослідженнями [4, 8, 10, 14], у 20-ти країнах ЄС у 2006 р. кількість ВЖД становила 29,6 млн т (44,4 млн м³), а це близько 13 % від річного споживання деревини в цих країнах – 227 млн т (340,5 млн м³), або відповідає 444 ПДж/год (0,7 % від первинного енергоспоживання 67000 ПДж/рік). Для кожного з 454 млн мешканців цих країн річна кількість ВЖД становить 65 кг/чол. Передбачається, що близько 3-4 млн т/рік забрудненої ВЖД (з різними домішками хімічних елементів і їхніх складників) становитиме 10-13 % річної кількості ВЖД. Ці 29,6 млн т/рік зроблять внесок для виробництва 150 ПДж/рік енергії замість використання кам'яного вугілля; зекономлять 10 млн т свіжої деревини через перероблення ВЖД і ба-

гатованості до використання; скоротять викиди CO_2 на 11 млн т [4]. Тепер у цих 20-ти країнах ВЖД використовують 34 % для виробництва електроенергії; 38 % для перероблення і багатократного використання; 28 % – компост, звалища тощо.



Рис. 2. Ліс і вживана деревина як частини глобального вуглецевого циклу

Класифікація ВЖД. Головний критерій класифікації ВЖД – це ступінь її забруднення. На підставі докладного аналізу багатьох 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 понад 50 % маси. Дослідники НЛТУ України розробили Класифікатор ВЖД [2] і, на підставі зіставлення аналогічних груп відходів (ВЖД), які прийнято у країнах ЄС, запропонували для українського законодавства у сфері поводження з відходами деревини і вживаними виробами з деревини чотири категорії, які можуть мати матеріальне та енергетичне призначення, та відходи ліквідації, які не належать 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;
- 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.

У багатьох країнах різні науковці широко вивчали забрудненість вживаної деревини [3, 8, 9], яка була 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 приділено вживаній деревині [12]. Після двох поправок (1.03.03 р. та 20.10.06 р.) до цього Положення термін "вживана деревина" представлений у широкому аспекті, а на підставі цього – наведено класифікацію вживаної деревини та інших деревних відходів та їхнє використання [2, 4, 6]. За останньою редакцією – це "Положення про регулювання вживаної деревини" (Altholzverordnung – AltholzV), де наведено особливості поводження з цими відходами.

Походження і розрахунок потенційної кількості ВЖД в Україні. ВЖД утворюється на деревообробних виробництвах, у секторі будівництва під час ліквідації і будівництві будівель, у торгівлі (тара, піддони, кабельні барабани й ін.), в муніципальному господарстві (вироби з рекреаційних зон і ін.), у сім'ях (старі меблі, столярні вироби і ін.) тощо. Розрахунок потенційної кількості ВЖД здійснено із розрахункової кількості споживання деревини і утворення ТБВ, наприклад, для 2008 р.: відповідно 13 % від кількості 22 млн м³ (14,3 млн т) деревини і 1 % – від 1 млрд т. ТБВ (табл. 2).

Табл. 2. Потенціал вживаної деревини в Україні

Походження	2008 р.		2009 р.*	
	млн т	%	млн т	%
Торгівля (тара, піддони)	0,258	8,90	0,225	8,65
Будівельні дерев'яні відходи	0,658	22,69	0,457	17,58
Деревообробна промисловість	0,184	6,34	0,105	4,04
Господарська діяльність	0,395	13,62	0,335	12,88
Інша ВЖД	0,364	12,55	0,243	9,35
Разом ВЖД (13 % від спожитої деревини)	1,859	64,10	1,365	52,50
Додаткова ВЖД (1 % від ТПВ)	1,041	35,90	1,235	47,50
Всього	2,900	100,00	2,600	100,00
Споживання деревини в Україні	14,300		10,500	

Примітка: * припустимий розрахунковий потенціал вживаної деревини в Україні за 2009 р.

Варіанти поводження ВЖД. Відповідно до розробленої концепції використання ВЖД (рис. 3), спочатку досліджують цю деревину на вміст хлорфенолу, креозотового мастила та інших шкідливих консервантів, а потім спрямовують дерев'яні сортименти з великим їхнім вмістом на окреме термічне оброблення. Частина деревини (залізничні шпали, технічні стовпи то-

що), яка просочена принаймні, може бути спрямована для повторного використання. Із залишеного матеріалу (деревини) вибирається сировина можливо з незначним забрудненням і призначається для перероблення на стружку для ДСП. Решта підлягає енергетичному використанню.



Рис. 3. Концепція утилізації вживаної деревини

Можливі варіанти управління ВЖД за категоріями зображені на рис. 4. Залежно від категорії ВЖД, ці відходи можуть бути використані як для перероблення на виробництво нової або аналогічної продукції менших розмірів, так і для виробництва енергії – електрики і тепла. Необроблена деревина категорія ВЖД-I і значна частина категорії ВЖД-II насамперед призначені для перероблення як вторинна сировина. Відповідно до якості зібраної деревини для категорій ВЖД-I та ВЖД-II визначається придатність до використання для перероблення або виробництва енергії.



Рис. 4. Утилізація ВЖД за категоріями

Зрозуміло, що всі чотири категорії дуже придатні для використання для отримання енергії (наприклад, тепла або комбінованого виробництва тепла та електроенергії), але кожна з груп має свої вимоги до технології спалювання. Відходи категорії ВЖД-II, ВЖД-III треба спалювати у спеціальному обладнанні потужністю від 50 кВт до 1 МВт. Відходи категорії ВЖД-IV призначені для спалювання під час дотримання відповідних параметрів (за

потужності понад 100 кВт і під час дотримання вимог щодо обмеження емісії шкідливих речовин). Окрім цього, ВЖД-IV із дуже шкідливими домішками повинна утилізуватись у спеціальних заводах спалювання ТПВ.

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

Табл. 3. Критерії спалювання ВЖД для різних категорій [3, 4, 12]

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

Деревні відходи у категорій ВЖД-I...ВЖД-IV можуть бути також використані для виробництва активованого вугілля – деревного вугілля і промислового виробництва синтетичного газу, а також у газифікації заводів з обов'язковим контролюванням викидів. Під час цих процедур, органічні забрудники речовини, які містяться у відходах деревини повністю руйнуються через високі температури. Важкі метали зв'язуються у тверді залишки або затримуються під час очищення виниклих газів. Проблема утилізації відходів категорії ВЖД-IV (наприклад, залізничних дерев'яних шпал, просочених антисептиками) – найактуальніша для транспортної галузі та для країни, загалом. Тому виконують дослідження з використання подрібненої ВЖД-IV як палива, відповідно до Директиви ЄС 94/67 від 16 грудня 1994 р. із спалювання шкідливих відходів [11]. З іншого боку, використання шкідливих деревних відходів, як палива, стало можливим завдяки виробленню оптимальних режимів роботи котельних агрегатів та спалювальних заводів.

Тільки цю ВЖД (зокрема категорій ВЖД-I та ВЖД-II), яка не має забруднень, або з незначними забрудненнями, згідно з визначеннями категорій,

можна залучати до повторного використання та перероблення. Дотримання цих вимог забезпечується шляхом обов'язкового відбору відповідних проб та порівняння їх з допустимими граничними значеннями забруднювачів – концентрацію хімічних елементів та їхніх сполук, та аналізу положень, для отримання тріски, яка використовується як сировина у виробництві деревних плитних матеріалів (табл. 4). Відходи деревини оброблені так, що перестають бути відходами і можуть бути перероблені як первинна сировина для лісопромислової продукції.

Табл. 4. Обмеження для тріски та стружки із ВЖД, які використовують для виготовлення деревних плит (мг/кг сухої деревини) [3, 4]

Код	Позн.	Компоненти	Формули сполук	Кон-я
C04	B	Бор та його сполуки:	борна кислота H_3BO_3 ; диамоній 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

Перероблення деревних відходів здавна відбувалося за одним перевіреним способом: розпиляти і спалити. У сучасній цивілізації утилізація деревини відбувається за іншими напрямками. Мета перероблення ВЖД, яка пройшла всі види сортування і розподілу за категоріями, – отримання технологічної тріски як сировини для виробництва деревостружкових плит, виготовлення столярних плит та інших різноманітних виробів. Всі види старої, змішаної і сирої деревини, використаних меблів, піддонів, кабельних котушок, телефонних стовпів, деревини з будівельних майданчиків, від муніципальної і господарської діяльності і т.п. переробляються у тріску, здебільшого у два етапи. Спочатку здійснюють попереднє подрібнення деревини будь-якої товщини (завдовжки близько 5 м) до фракції в межах 150-400 мм. Після цього металеві включення відділяються від деревини за допомогою магнітного сепаратора. Для подрібнення може використовуватися весь модельний ряд подрібнювальних установок різного типу.

Вибір системи поводження. Як наслідок – правильний вибір системи поводження ВЖД (рис. 5) зумовить мінімальні викиди CO_2 . На сьогодні в Європейських країнах рівень використання ВЖД аналізують за трьома систе-

мами: перероблення, виробництво енергії та звалище. Зрозуміло, що за обдуманого поводження у цих країнах кількість ВЖД, яка зосереджується на звалищах мінімізується, а зате у двох інших системах створюється розумна конкуренція за сировину, як основа ефективного використання.

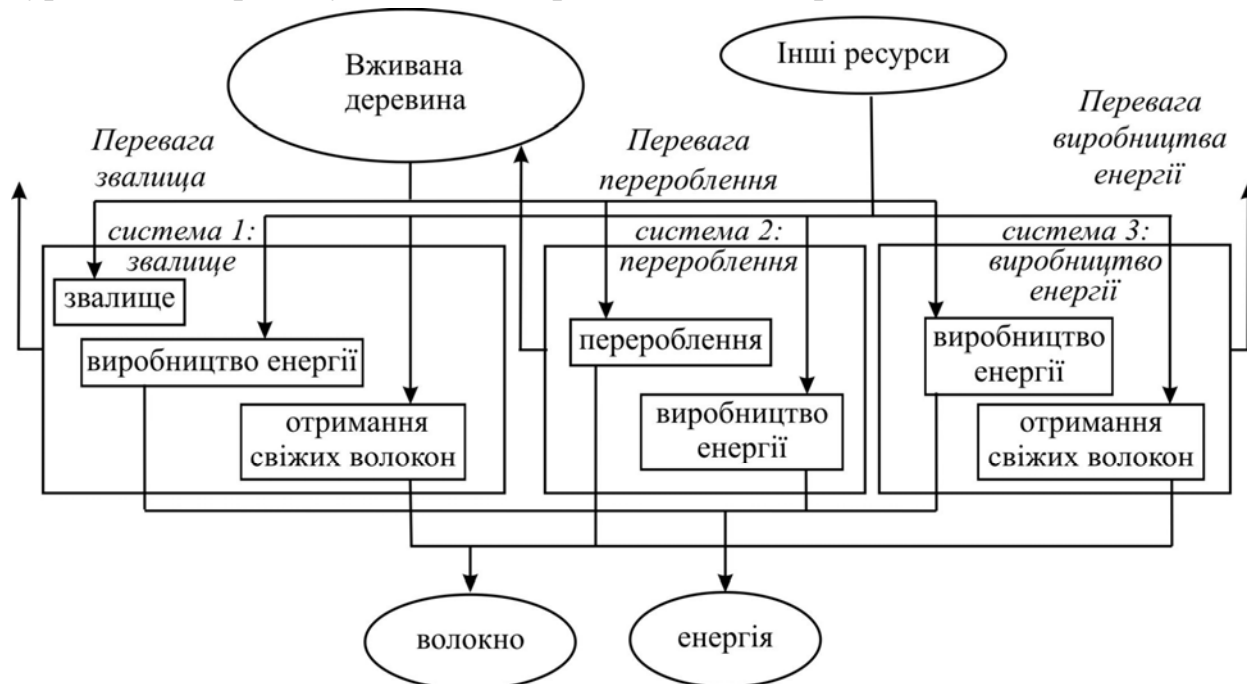


Рис. 5. Вибір системи поводження вживаною деревиною

Прогнозуючи подальший розвиток економіки та енергетики на основі сучасних найбільш ефективних технологій, експерти дійшли висновку про можливість часткової або повної, залежно від регіону, заміни ядерного та викопного палива відновлюваними джерелами енергії. Наприклад, сценарій, розроблений для Данії, демонструє, що перехід до сталої енергетичної системи не перевищить витрат, необхідних для підтримання традиційної енергетики, зокрема, принаймні на найближчі 30 років, але викиди CO₂ можна скоротити на 70 %.

Енергії, які отримуємо з ВЖД, можуть замінити викопне паливо, яке використовується на електрику, теплопостачання та транспортування палива. Тому ВЖД значною мірою сприятиме скороченню викидів парникових газів, здебільшого CO₂, що утворюється внаслідок спалювання викопного палива. Поховання органічної речовини призводить до викидів CH₄, а також зростання кількості парникових газів, зокрема CH₄, а саме: у 21 раз більше, ніж CO₂. Тому необхідно уникати звалищ ВЖД, оскільки це скоротить викиди CH₄.

Оскільки, до парникових належать шість газів, зокрема CO₂, CH₄, N₂O, то використання ВЖД замість викопних палив робить вагомий внесок у зниження парникового ефекту. Так, під час спалювання вугілля, викиди парникових газів (CO₂, CH₄ і N₂O) у перерахуванні на CO₂-еквівалент (CO₂-екв.) становлять близько 200 т/ТДж корисної енергії, тоді як цей показник для деревної тріски – близько 10 т/ТДж [13]. Для цих трьох систем у перерахунку на 1 кВт год. розраховано викиди парникових газів та CO₂-екв. під час отримання енергії з мазуту, як основи порівняння, та з ВЖД, яка вилучена з перероблення, і з ВЖД, яка уникнула звалищ (рис. 6).

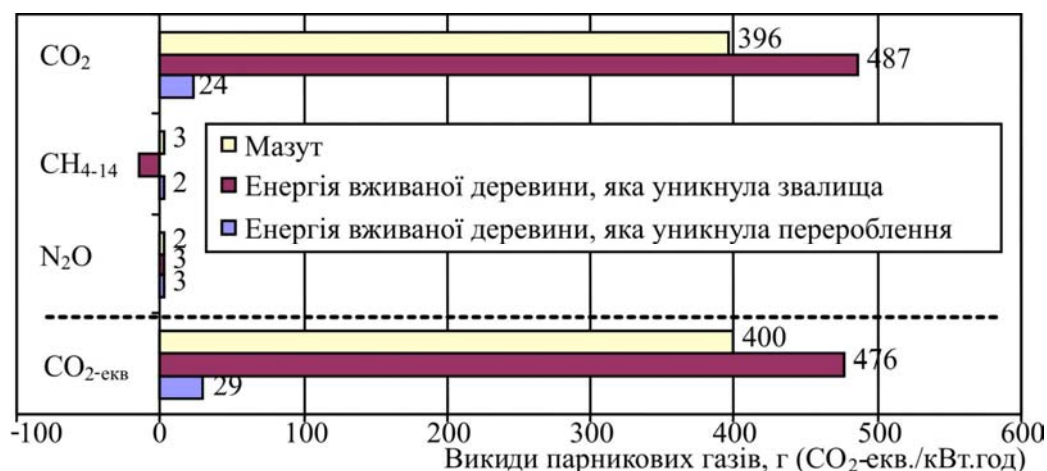


Рис. 6. Викиди парникових газів за різних варіантів виробництва енергії

Точна кількість ВЖД, яка використовується для виробництва енергії та перероблення, не є відомою в Україні. Тому необхідно проаналізувати різні сценарії використання ВЖД та розрахувати викиди CO₂ за розрахунковим потенціалом певного року, зокрема наші дослідження стосувались об'ємів 2008 р.

Можливі Сценарії для майбутнього вибору управління. У табл. 5 описано три сценарії можливого щорічного використання ВЖД в Україні, зокрема за потенційним об'ємом 2,9 млн т за 2008 р. Відмінністю цих трьох сценаріїв є частка ВЖД, яка використовується для виробництва енергії та утилізації відходів. Сценарій 1 "Виробництво електроенергії та перероблення", схоже, відображає нинішню ситуацію краще, тоді як сценарій 2 "Виробництво електроенергії тільки" відображає загальне використання ВЖД для виробництва енергії і сценарій 3 "Максимальне перероблення" прагне використовувати якомога більше ВЖД для перероблення, але не більше, ніж 80 %, оскільки 20 % не відповідає переробленню. Для розрахункової кількості 2,9 млн т ВЖД з теплотворною здатністю 15 ГДж/т кількість енергії може становити 43,5 ПДж/рік (12,1 млрд кВт год./рік), яка становить близько 6,7 % від поточного щорічного споживання первинної енергії в Україні, яка становила у 2008 р. 181 млрд кВт год.

Табл. 5. Порівняння сценаріїв поводження вживаною деревиною в Україні

Сценарії	Енергія	Перероб.	Інше викор.	% енергії
Потенціал для України (припущення)	0,70	0,29	1,91	24 %
С-1: Виробництво електроенергії та перероблення	1,45	1,45	-	50 %
С-2. Виробництво електроенергії тільки	2,90	-	-	100 %
С-3: Максимальне перероблення	0,58	2,32	-	20 %

Згідно з припущеннями, які показано в табл. 6, кількість виробленої енергії розраховується як додаткова необхідна кількість свіжої деревини і викопних видів палива. Порівняно ці три сценарії, де передбачається, що кожен з них забезпечує таку ж кількість корисної енергії і виробів з деревини. Якщо для виробництва енергії використано менше ВЖД, то буде задіяна додаткова кількість викопного палива. А якщо для перероблення буде спожито її також

менше, то буде використана додаткова кількість свіжої деревини, яка підтримала б деревообробну промисловість.

Табл. 6. Показники, які використані для порівняння трьох сценаріїв [6, 7]

Показники	Значення одиниць
Теплотворна здатність вживаної деревини	15 ГДж/т (4167 МВт год./т)
Середня енергоефективність для тепла	60 %
Середнє підвищення енергоефективності на електроенергію	20 %
Частина ВЖД, яка використовується для комбінованого виробництва тепла та електроенергії	20 %
Втрати волокон під час перероблення	10 %
Додаткова викопна енергія на перероблення	0,0035 т/т (0972 МВт год./т)
Більш високий ККД на викопні види палива	10-13 %
Нижча теплота згоряння викопного палива	17 ГДж/т (4,72 МВт год./т)
Викиди CO ₂ внаслідок спалювання викопного палива	78 т/ГДж (280,8 т/ГВт год.)
Викиди CO ₂ з нових джерел постачання деревини	0,030 т/т

Результати від сценаріїв. Для трьох сценаріїв на табл. 5 показано кількість корисної енергії, яка розділена на теплову та електричну енергії, і додатковий попит на свіжу деревину (рис. 7). Сценарій 2 "Виробництво електроенергії тільки" виробляє найбільший обсяг корисної енергії (27,8 ПДж/рік), але також потребує найбільшої кількості свіжої деревини (2 млн т/рік). Тоді як сценарій 3 "Максимальне перероблення" забезпечує найменший обсяг корисної енергії (5,5 ПДж/рік), але не потребує додаткової свіжої деревини. Сценарій 1 "Виробництво електроенергії та перероблення", як реалістичний і середньозважений за сценаріями 2 і 3, дає середню кількість корисної енергії (13,9 ПДж/рік) і потребує близько 0,8 млн т/рік свіжої деревини від сталого лісокористування.

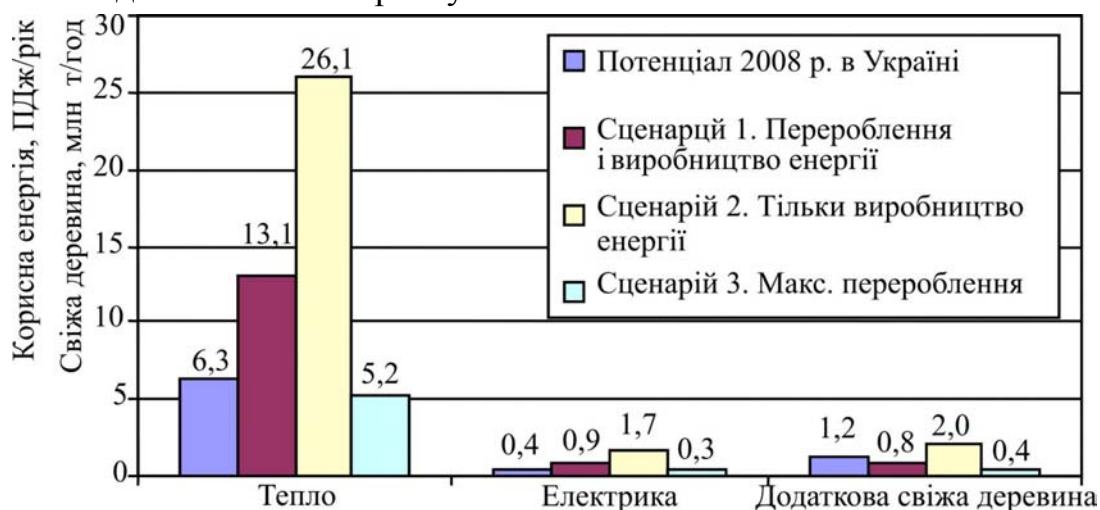


Рис. 7. Корисна енергія і додаткова кількість свіжої деревини за 3 сценаріями

Отже, частка ВЖД, яка використовується для вироблення енергії, узагальнено впливає на результати. Для сценарію 1 "Виробництво електроенергії та перероблення" ця частка становить 50 %, для сценарію 2 "Виробництво

електроенергії тільки" – 100 %, а за сценарієм 3 "Максимальне перероблення" – лише 20 %. На рис. 8 показано додаткові кількості викопного палива, необхідного для енергетики і для перероблення, і потрібний додатковий обсяг свіжої деревини. Збільшення кількості ВЖД, яка використовується для виробництва енергії, призводить до зменшення кількості викопного палива, але зумовлює збільшення на додатковій кількості свіжої деревини.

Сценарій 3 "Максимальне перероблення" не потребує додаткової свіжої деревини, але потребує значної кількості додаткового викопного палива – близько 39,4 ПДж/рік, тоді як сценарій 2 "Виробництво електроенергії тільки" має найбільшу потребу у свіжій деревині – близько 2 млн т/рік, але немає необхідності у додатковому викопному паливі. Сценарій 1 "Виробництво електроенергії та перероблення" має додатковий попит близько 0,8 млн т/рік свіжого дерева і додаткову кількість викопного палива – близько 24,7 ПДж/рік.

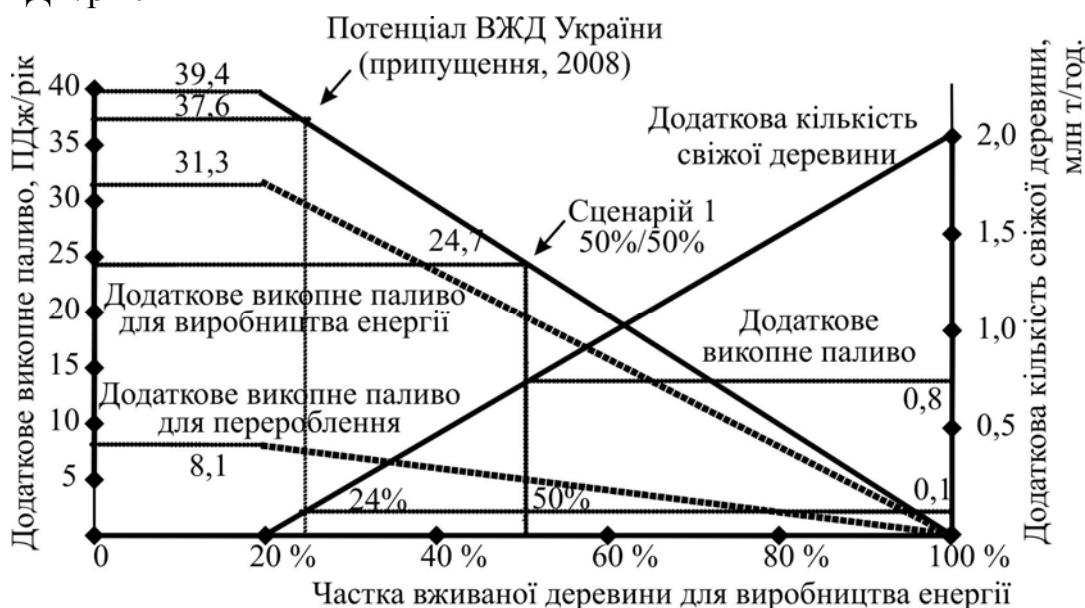


Рис. 8. Додаткові викопне паливо і кількість свіжої деревини відносно частини ВЖД, яка використовується для отримання енергії замість перероблення

Окрім цього, як викиди парникових газів (здебільшого викиди CO_2) є найбільш актуальними для нинішнього та майбутніх рішень. На рис. 9 розраховано викиди CO_2 , які пов'язані з додатковим використанням викопного палива і забезпеченням свіжою деревиною зі сталого лісового господарства. Розраховано, що найменше викидів CO_2 отримуємо тільки тоді, коли вся вживана деревина буде використана для виробництва енергії, а якщо ні, то викиди CO_2 збільшуються. Додаткова кількість викидів CO_2 пропорційно зростає, якщо частину ВЖД, яка використовується для виробництва енергії, замінювати свіжою деревиною, але це збільшення є малим або навіть незначним, порівняно з викидами CO_2 , отриманими від спалювання (заміни деревини) кам'яного вугілля для виробництва енергії.

Викиди CO_2 є найменшими для сценарію 2 (Виробництво електроенергії тільки) і становлять 0,087 млн т/рік, оскільки залежать від використання свіжої деревини, і є найбільшими для сценарію 3 (Максимальне перероблення) – 3,076 млн т/рік. Можливо припустити, що за паритетних умов

сценарію 1 (50 % виробництво енергії та 50 % перероблення) викиди CO_2 будуть становити 1,854 млн т/рік, як найбільш реалістична картина у майбутньому. Порівняно з "Базовим 2008" для України збільшення частки ВЖД для перероблення викиди CO_2 збільшаться до 0,633 млн т/рік, тоді як збільшення частки ВЖД для виробництва енергії, зумовило б максимальне скорочення викидів CO_2 на 2,443 млн т/рік.

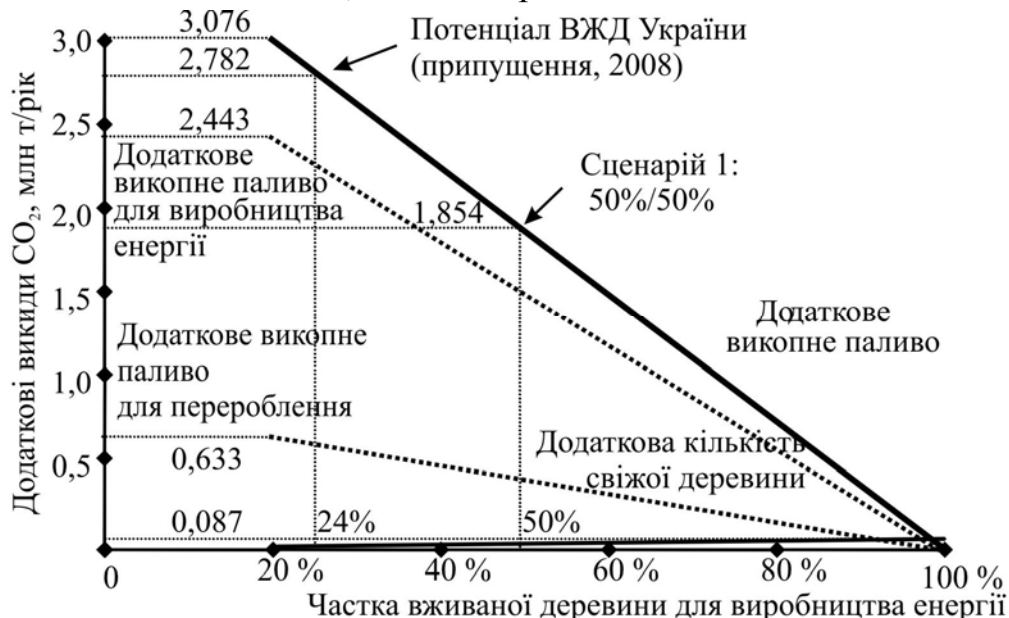


Рис. 9. Додаткові викиди CO_2 відносно частини ВЖД, яка використовується для отримання енергії замість перероблення

Отже, основне завдання для України – удосконалення управління вживаною деревиною на всіх рівнях, яке повинно базуватись на загальних технічних, економічних і екологічних стандартах, зосереджуючись на таких моментах: аналіз управління вживаною деревиною; розрахунок потенціалу ВЖД, як вторинного сировинного матеріалу і джерела енергії; удосконалення баз даних про технічну, економічну, екологічну і статистичну інформацію; запровадження нових підходів управління вживаною деревиною з урахуванням вже існуючих схем. Щоб просувати збалансоване поводження вживаною деревиною на високому Європейському рівні, Україна повинна звернути увагу на такі особливі питання: подальше збільшення інтеграції керуючих систем для ВЖД; удосконалення якості українських баз даних про вживану деревину і її потенціалу на основі технічної, економічної і статистичної інформації; аналіз всіх різних керівних підходів для ВЖД в Україні, щоб встановити надійну основу для стратегічних рішень; подальший розвиток методологій, зокрема аналіз різних систем управління вживаною деревиною, щоб досягти об'єднаної, загальної схеми управління вживаною деревиною в Україні.

Використання деревини для втримання зміни клімату є істотним. Деревина відіграє основну роль у боротьбі із зміною клімату – більше використання ВЖД буде стимулювати розширення українських лісів, і скорочувати викиди парникових газів, заміщаючи кам'яне вугілля альтернативним паливом. Вплив деревини на зміну клімату: ліси і деревопереробна промисловість відіграють стратегічну роль у послабленні зміни клімату, яку потрібно підси-

лити; ліси – "вуглецеві насоси"; "вуглецева стічна труба" створює збільшення зберігання вуглецю у виробках із деревини; вуглецеві зберігання у зібраних виробках із деревини можуть розширити вуглецеві вигоди конфіскації, що забезпечуються лісами; тому їхню роль у пом'якшенні зміни клімату потрібно розвивати.

Загальні висновки.

1. Проаналізовано, що в Україні сьогодні є проблема деревних сировинних ресурсів. Значну частину імпоротної деревини можливо замінити на вживану деревину.
2. Прораховано, що потенціал ВЖД в Україні становить близько 3 млн т/рік. Розрахункова кількість ВЖД за 2008 р. становить 2,9 млн т, що може принести для України 43,5 ПДж/рік (12,1 ТВт/рік) або 6,7 % річного використання енергії в Україні (181 ТВт. у 2008 р.). Ці 2,9 млн т ВЖД можуть також зберегти 15 ПДж/рік енергії, отриманої з вугілля, 1 млн т свіжої деревини і зменшити на 1 млн т викиди CO_2 .
3. Розраховано, що найменше викидів CO_2 отримують тільки тоді, коли вся вживана деревина буде використана для виробництва енергії, а якщо ні, то викиди CO_2 збільшуються. Додаткова кількість викидів CO_2 з'являється (пропорційно зростає), якщо частину ВЖД, яка використовується для виробництва енергії, замінювати свіжою деревиною, але це збільшення є малим або навіть незначним порівняно з викидами CO_2 , отриманими від спалювання (заміни деревини) викопних палив для виробництва енергії.
4. Вперше розроблено класифікатор ВЖД, який є актуальною спробою систематизації відходів деревини та запропоновано класифікацію ВЖД за ступенями забруднення.
5. Запропоновано концепцію утилізації та основні шляхи поводження ВЖД.
6. Розроблено на підставі оцінки життєвого циклу виробів з деревини вибір системи господарювання ВЖД.
7. Розраховано, що викиди парникових газів істотно зменшуються, якщо ВЖД використовувати паритетно як для перероблення, так і для виробництва енергії.
8. Основні досягнення у використанні ВЖД: потенціал, якісні аспекти, класифікація, методологія для екологічної, технічної і економічної оцінок ВЖД.
9. Наведено обмеження для тріски та стружки із ВЖД, яких використовують для виготовлення деревних плит.
10. Представлено критерії класифікації ВЖД (допустимі концентрації шкідливих компонентів) для різних видів спалювання.

Висновки і рекомендації до пом'якшення зміни клімату:

- перероблення ВЖД допоможе пом'якшити зміну клімату, якщо цій деревині надати "друге" життя;
- заміна викопного палива і енергомістких матеріалів на вживані вироби з деревини;
- стимуляція використання ВЖД за рахунок субсидій, наданих для використання цієї деревини як палива;

- стимуляція збирання, сортування і перероблення ВЖД; фінансова стимуляція як, наприклад, зменшення ПДВ для підприємств, які використовують вживану деревину;
- стимуляція ринків шляхом заохочування через пропозиції державної закупівлі ВЖД з домашніх господарств;
- надавати перевагу використанню ВЖД у виробництві плитних матеріалів наскільки це можливо за якістю сировини, оскільки це значно сприяє послабленню зміни клімату;
- збільшення усвідомлення про значення ВЖД для боротьби із зміною клімату.
- не "субсидіювати здалека" вживану деревину як додаткову деревну сировину, за винятком місцевого масштабу, виходячи з соціально-економічних і екологічних міркувань;
- якщо вживану деревину спалювати з енергетичною метою, то важливіше отримувати тепло, ніж тільки електрику;
- визнати, що перероблення виробів з деревини завдяки їхніх основних властивостей збільшує екоефективність утилізації за мінімального використання енергії, порівняно з іншими матеріалами;
- вживана деревина є важливим сировинним матеріалом для плитної промисловості, який постійно зростає порівняно з біомасою, яка йде на виробництво енергії; у майбутньому директивні рішення України повинні базуватись на ефективному використанні ВЖД.
- необхідно уникати масивного спалювання ВЖД, через енергетичні причини.

Література

1. **Гайда С.В.** Аналіз, особливості, проблеми та досвід використання додаткових ресурсів сировини – відходів та вживаної деревини / С.В. Гайда, В.М. Максимів // Лісове господарство, лісова, папер. та деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб. – Львів : НЛТУ України. – 2007. – Вип. 33. – С. 63-73.
2. **Гайда С.В.** Розроблення класифікатора вживаної деревини / Гайда С.В., Максимів В.М., Туниця Т.Ю. // Лісове господарство, лісова, папер. та деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб. – Львів : НЛТУ України. – 2008. – Вип. 34. – С. 55-68.
3. **Гайда С.В.** Хімічний склад та ступінь забруднення – основа систематизації вживаної деревини // Лісове господарство, лісова, папер. та деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб. – Львів : НЛТУ України. – 2008. – Вип. 34. – С. 68-80.
4. **COST Action E 31.** National summary reports on the European market of recovered wood. – 2004. – 335 p.
5. **Geletukha G.** Bioenergy development in Ukraine: state of the art and perspectives / Geletukha G., Zhelyezna T., Matveev Yu., Zhovmir M. // Proceedings of the 8th Polish-Danish workshop on biomass for energy. Starbienino, 12-15 June 2003. / Gdansk University of technology. – Gdansk. – 2003. – P. 9-18.
6. **Holzmann M.** Management von Altholz in Österreich – Mengen, Qualitäten, Aufbereitung, Verwertung; Diplomarbeit an der Fachhochschule Burgenland, Pinkafeld, September. – 2005.
7. **Jungmeier G.** Energy Aspects in LCA of Forest Products – Guidelines from COST Action E9 / Jungmeier G., F. McDarby., A. Evald, C. Hohental, A. Peterson, H. Schwaiger, B. Zimmer // Int J LCA. – 2002.
8. **Mantau, U.** Wood resources availability and demands – Part I National and regional wood resource balances 2005; Background paper to the UN-ECE/FAO Workshop on Wood balances / Mantau, U., Steierer F., Hetsch S., Prins Ch. – Geneva. – 2008.
9. **Marutzky R.** Qualitätsanforderungen und Entsorgungswege für Rest- und Gebrauchtholz. In: Alt- und Restholz – Energetische und stoffliche Verwertung, Beseitigung, Verfahrenstechnik, Logistik, VDI-Verlag, Düsseldorf. – 1997. – S. 114-118.
10. **Merl A.D.** Amounts of Recovered Wood in COST E31 Countries and Europe, Proceedings of the 3rd Conference of COST Action E31 / Merl A.D., M. Humar, T. Okstad, V. Picardo, A. Ribeiro, F. Steierer. – Klagenfurt. – 2007.

11. Peek, R.-D. German experience on wood residues / Federal Research Center for Forestry and Forest Products (BFH) Leuschnerstr. 91, D-21031 Hamburg, Germany. – 2006. – 12 p.

12. Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz V (Altholzverordnung), Art. 2 a der Verordnung vom 20. Oktober 2006. BGBl. I Nr. 48. – S. 2298, 2331.

13. Werner F. Post-Consumer Waste Wood in Attributive Product LCA / Werner F., Althaus H.-J., Richter K. and Scholz R.W. / Context specific evaluation of allocation procedures in a functionalistic conception of LCA/Int J LCA 12(3). – 2007. – P. 160-172.

14. Wilnhammer M. Estimating Potential Sustainable Wood Supply / Background paper for the Workshop. UNECE/FAO Timber Section, Geneva, Switzerland. – 2009. – 45 p.

Гайда С.В. Эффективное использование использованной древесины как основа для уменьшения выбросов CO₂

Дан подробный обзор и обстоятельный анализ об определении, потенциале, принципах классификации использованной древесины и проблемах, которые возникают в Украине в переработке использованной древесины как основы для уменьшения выбросов CO₂ – смягчение изменения климата. По этим исследованиям получен такой расчетный результат – количество использованной древесины в Украине (предположение, 2008) составляет около 2,9 млн т/год. Рассчитано, что эти 2,9 млн т/год использованной древесины могут сделать такой взнос: сохранить 15 Пдж/год от сжигания ископаемого топлива для изготовления энергии; сохранить 1 млн т/год свежей древесины благодаря переработке и многократному использованию; сократить на 1 млн т/год выбросы CO₂. Рассчитано, что менее всего выбросов CO₂ получаем только тогда, когда вся использованная древесина будет использована для производства энергии, а если нет, то выбросы CO₂ увеличиваются. Дополнительное количество выбросов CO₂ появляется (пропорционально растет), если часть использованной древесины, которая используется для производства энергии, заменять свежей древесиной, но это увеличение является малым или даже незначительным, сравнительно с выбросами CO₂, полученными от сжигания (замены древесины) ископаемого топлива для производства энергии.

Ключевые слова: древесина, использованная древесина, вещества защиты древесины, систематизация использованной древесины, повторное использование, управление отходами, получение энергии, поведение с отходами из древесины, углерод, оценка жизненного цикла (ОЖЦ), выбросы CO₂, смягчение изменения климата, изменение климата.

Gayda S.V. The effective use of post-consumer wood is basis for diminishing of CO₂-emission

This paper gives an overview about the Ukrainian definitions and classification principles for hazardous wastes and the problems arising there of for the Ukrainian post-consumer wood recycling as basis for diminishing of CO₂-emission – mitigates climate change. The most interesting results gained during research are the following: the amount of Recovered Wood in Ukraine (assumption, 2008) is about 2,9 Mio. t/a. These 2,9 Mio. t/a contribute to: 15 PJ/a fossil fuel savings because of energy generation; 1 Mio. t/a fresh wood savings because of recycling and reuse; 1 Mio. t/a CO₂ reduction. The total CO₂-emissions decrease significantly by an increasing share of recovered wood used for energy generation and vice versa. The additional amount of CO₂-emissions from providing fresh wood is increasing by an increasing share of recovered wood for energy, but the increase is insignificantly or even negligible compared to the achievable CO₂-reduction from substituting fossil fuels for energy generation.

Keywords: wood, post-consumer wood, wood preservative agents, post-consumer wood systematization, recycling, waste management, energy recovery, assignment waste wood, carbon, life cycle assessment (LCA), CO₂-emissions, mitigates climate change, climate change.