



О. А. Кійко, М. М. Льків, О. Р. Пелюх, І. П. Соловій, Т. О. Челепіс, В. В. Лавний, Д. Б. Савка, А. О. Луценко

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

ЕКОЛОГІЧНИЙ СЛІД ВІД ДІЯЛЬНОСТІ ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА: ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ТА ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ

Виявлено, що деревообробна промисловість України є важливим сектором економіки, що сприяє сталому розвитку країни, забезпечуючи раціональне використання, відтворення та збереження природних ресурсів, зокрема лісових. Встановлено, що виготовлення меблевих щитів потребує великих обсягів лісових ресурсів і має істотний вплив на навколишнє середовище, що зумовлює потребу ефективних методів оцінювання цього впливу. З'ясовано, що для оцінювання екологічного впливу деревообробних підприємств доцільно застосовувати методику визначення екологічного сліду. Цей підхід дає змогу врахувати всі чинники негативного впливу на навколишнє середовище та є ефективним інструментом для аналізу екологічних наслідків виготовлення меблевих щитів. Розглянуто практичні особливості застосування методології розрахунку екологічного сліду на прикладі деревообробного підприємства. Оцінено вплив виробничо-господарської діяльності підприємства на навколишнє середовище, зокрема, емісію парникових газів, споживання води та енергії і утворення відходів. Такий підхід дає повне уявлення про екологічні наслідки кожного етапу виробничого процесу. Визначено екологічний слід від процесів заготівлі деревини, транспортування сировини, генерування електроенергії для забезпечення роботи технологічного обладнання і освітлення, а також теплової енергії для сушіння заготовок і опалювання приміщень, які мають найбільший екологічний вплив. За результатами розрахунку, екологічний слід від виготовлення 1 м³ меблевого щита становить 0,475 га або 95 га землі, вкритої лісовою рослинністю для компенсації негативного впливу середньомісячного виготовлення меблевих щитів на підприємстві. Встановлено, що для компенсації негативного впливу виготовлення паливних брикетів і пелет із відходів основного виробництва необхідно 17,76 га землі, вкритої лісовою рослинністю, для опалювання приміщень – 34,86 га, для генерування електроенергії для забезпечення роботи офісних приміщень – 0,016 га. Використання води для виробничих і побутових потреб підприємства становить 100 м³ щомісяця. Для зменшення екологічного сліду необхідно оптимізувати виробничі процеси, перейти на відновлювані джерела енергії, підвищити ефективність використання сировини та скоротити споживання води шляхом впровадження систем повторного її використання. Результати дослідження є важливими для розроблення стратегій зменшення екологічного впливу деревообробних підприємств, сприяють підвищенню їхньої екологічної та соціальної відповідальності, а також конкурентоспроможності в контексті інтеграції України до Європейського Союзу. Це сприяє досягненню принципів сталого розвитку та відповідає сучасним викликам.

Ключові слова: лісові ресурси; меблевий щит; вплив на довкілля; вхідні та вихідні потоки даних; сталий розвиток.

Вступ / Introduction

В Україні деревообробна промисловість становить важливий сектор економіки та є одним із ключових елементів майбутнього сталого розвитку України [13]. Виготовлення меблевих щитів є невід'ємною складовою частиною деревооброблення та потребує великих обсягів лісових ресурсів і має значний вплив на їх стале використання. З огляду на це потрібні належні інструменти для вимірювання екологічного впливу цього виробництва на навколишнє середовище. У цьому контексті

широко застосовують оцінку життєвого циклу (англ. *Life Cycle Assessment*) для оцінювання виробничих систем, проте існують й інші методології, такі як екологічний слід (англ. *Ecological Footprint*), який вимірює використання біологічно продуктивної землі та ресурсів певною особою, компанією або видом діяльності [25]. Поняття екологічного сліду від виду діяльності придатне для оцінювання впливу на навколишнє середовище галузей з високою часткою використання природних ресурсів, зокрема, під час виготовлення меблевих щитів. Екологічний слід надає зведений показник, який аг-

Інформація про авторів:

Кійко Орест Антонович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технологій меблів та виробів з деревини.

Email: orest.kiyko@nltu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5504-0278>

Льків Михайло Миколайович, асистент, кафедра технологій меблів та виробів з деревини. Email: mykhailo.ilkiv@nltu.edu.ua; <https://orcid.org/0009-0004-1630-9974>

Пелюх Оксана Романівна, канд. екон. наук, асистент, кафедра економіки, туризму та рекреації. Email: pelyukh.o@nltu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-1889-3623>

Соловій Ігор Павлович, д-р екон. наук, професор, кафедра економіки, туризму та рекреації. Email: soloviy@yahoo.co.uk; <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>

Цитування за ДСТУ: Кійко О. А., Льків М. М., Пелюх О. Р., Соловій І. П., Челепіс Т. О., Лавний В. В., Савка Д. Б., Луценко А. О. Екологічний слід від діяльності деревообробного підприємства: оцінювання впливу та шляхи мінімізації. Науковий вісник НЛТУ України. 2025, т. 35, № 1. С. 68–75.

Citation APA: Kiyko, O. A., Ilkiv, M. M., Pelyukh, O. R., Soloviy, I. P., Chelepis, T. O., Lavnyy, V. V., Savka, D. B., & Lutsenko, A. O. (2025). Ecological footprint of the woodworking enterprise: impact assessment and ways of minimization. *Scientific Bulletin of UNFU*, 35(1), 68–75. <https://doi.org/10.36930/40350109>

регує всі внески в один індекс і виражається в одиницях, які легко інтерпретувати навіть нефахівцям, що робить його ефективним інструментом для оцінювання впливу процесу виготовлення меблевих щитів на навколишнє середовище.

Об'єкт дослідження – вплив діяльності деревообробного підприємства, що спеціалізується на виготовленні меблевих щитів, на навколишнє середовище.

Предмет дослідження – теоретико-методологічні та практичні підходи до аналізу виробничо-господарської діяльності деревообробних підприємств і розрахунку їх впливу на навколишнє середовище, що дасть змогу визначити збитки від кожного виду діяльності.

Мета роботи – визначити вплив на навколишнє середовище кожного із елементів виробничо-господарської діяльності підприємства для встановлення його екологічного сліду, що дасть можливість розробити обґрунтовані рекомендації з пом'якшення, запобігання та мінімізації цих впливів.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- провести аналіз виробничо-господарської діяльності підприємства, що дасть змогу визначити джерела його негативного впливу на навколишнє середовище;
- визначити екологічний слід кожного із виявлених джерел негативного впливу на навколишнє середовище, що дасть можливість визначити сумарний екологічний слід від діяльності підприємства та надати рекомендації для його зменшення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Упродовж останніх десятиліть вивчення впливу на довкілля за допомогою методології екологічного сліду стало об'єктом детального аналізу, зокрема й у сфері лісового господарства. Зокрема, у Німеччині проведено оцінку "сліду деревини" в контексті планетарних меж і розвитку біоекономіки [7]. У роботах [26, 29] досліджено вплив виготовлення і використання дров на навколишнє середовище, а автори роботи [32] здійснили оцінку життєвого циклу виробництва біоенергії, зокрема в межах ланцюгів постачання деревних пелет. Інші дослідники [5] зосередилися на розумінні вуглецевого сліду лісогосподарських заходів. Споживання палива та викиди парникових газів у ланцюгах постачання лісової біомаси детально вивчені у роботах таких дослідників [3, 6, 15, 21, 36].

У роботі [27] автор виконав порівняльний розрахунок вуглецевого сліду на підставі методу оцінювання життєвого циклу для лісозаготівлі, що сприяє кращому розумінню та пом'якшенню екологічних наслідків, пов'язаних із споживанням деревного палива і лісозаготівельними практиками. Окрім специфічних особливостей, дослідники, зокрема [9], також аналізували ширші теми, такі як екологічні наслідки різних сценаріїв лісового господарства, враховуючи як інтенсивні, так і екстенсивні підходи. Автори роботи [10] розробили і дослідили моделі вуглецевих бюджетів лісового господарства в межах оцінювання життєвого циклу.

Автори роботи [31], застосовуючи методологію визначення екологічного сліду, встановили, що споживання матеріальних ресурсів є ключовим елементом екологічного сліду через значний обсяг круглих лісоматеріалів, що використовують для виготовлення стружкових плит. Ці результати вказують на те, що зусилля з покращення екологічної стійкості повинні зосереджуватися на категорії матеріальних ресурсів.

В Україні методику визначення екологічного сліду застосовано для оцінювання впливу на довкілля хлібопекарських підприємств [16], де виконано розрахунки запасів природних ресурсів, необхідних для функціонування підприємства, та площі біологічно продуктивної території для виробництва ресурсів і асиміляції відходів. Методику визначення екологічного сліду також використовували для аналізу антропогенного впливу на рівні областей [1, 2].

У сучасних умовах підприємства прагнуть адаптувати свою діяльність до принципів корпоративної соціальної відповідальності з метою досягнення Цілей сталого розвитку [37], що охоплює зниження скидів, викидів, скорочення кількості сировини (вхідні потоки) та відходів (вихідні потоки) [20]. Методологія визначення екологічного сліду може стати ефективним інструментом для оцінювання різних секторів і рівнів управління, їх видів діяльності та ланцюгів постачання, а також для обґрунтування стратегічних підходів і управлінських рішень у контексті забезпечення екологічної та соціальної відповідальності.

Оскільки розрахунок впливу екологічного сліду є важливим для збереження екосистем і природних ландшафтів, подальше дослідження теоретико-практичних особливостей застосування цього інструменту, зокрема, для аналізу діяльності деревообробних підприємств в умовах зміни клімату та зростання антропогенного навантаження, є актуальним і необхідним.

Матеріали та методи дослідження. Визначення екологічного сліду джерел негативного впливу деревообробного підприємства на навколишнє середовище проводили відповідно до методик, наведених у роботах [24, 33].

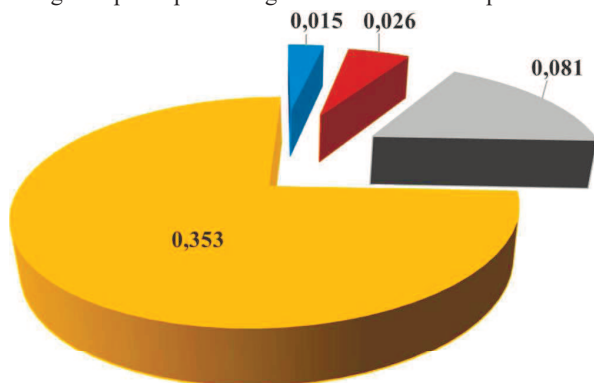
Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Екологічний слід від діяльності підприємства (англ. *Enterprise Ecological Footprint*) – комплексне оцінювання впливу діяльності підприємства на навколишнє середовище. Таке оцінювання містить емісію парникових газів в атмосферу, споживання води, використання енергії, утворення відходів та інші компоненти, що можуть мати екологічні наслідки. Розрахунок впливу екологічного сліду від діяльності деревообробного підприємства проводили на підставі даних, отриманих з ТОВ "Агродерев", яке спеціалізується на виготовленні меблевих щитів та паливної продукції. Джерелами негативного впливу підприємства на навколишнє середовище є: виготовлення меблевого щита, виготовлення паливної продукції, опалювання виробничих і офісних приміщень, використання електроенергії на забезпечення роботи офісу, а також використання води (рис. 1).

Екологічний слід від процесу виготовлення меблевого щита враховує такі складові частини: слід від заготівлі деревини; слід від транспортування сировини до підприємства; слід від генерування електроенергії, необхідної для забезпечення роботи технологічного обладнання; слід від процесу сушіння заготовок для виготовлення меблевого щита. За результатами розрахунку, екологічний слід від виготовлення 1 м³ меблевого щита на досліджуваному підприємстві становить 0,475 га землі, вкритої лісовою рослинністю (рис. 2) [33]. Беручи до уваги, що середньомісячне виготовлення меблевих щитів на підприємстві становить 200 м³ – екологічний слід від їх виготовлення становитиме 95 га площі, вкритої лісовою рослинністю.



Рис. 1. Схема екологічного сліду від діяльності деревообробного підприємства, що спеціалізується на виготовленні меблевого щита / Diagram of the ecological footprint of a woodworking enterprise specializing in the furniture board production



- Площа землі прямого користування, необхідна для виготовлення 1 м куб. меблевого щита, га
- Віртуальна площа землі, необхідна для поглинання CO₂, утвореного внаслідок:
 - транспортування сировини, з якої виготовлятимуть 1 м куб. меблевого щита, га;
 - генерування електроенергії, необхідної для забезпечення роботи технологічного обладнання та освітлення виробничих приміщень під час виготовлення 1 м куб. меблевого щита, га;
 - генерування теплової енергії для сушіння чорнових заготовок шляхом спалювання відходів виробництва під час виготовлення 1 м куб. меблевого щита, га.

Рис. 2. Структура екологічного сліду від виготовлення 1 м³ меблевого щита / Structure of the ecological footprint for the production of 1 m³ of furniture board [33]

Екологічний слід від виготовлення паливних брикетів і пелет із відходів основного виробництва складається зі сліду від генерування електроенергії для забезпечення роботи технологічного обладнання та сліду від процесу сушіння подрібненої деревини. За даними із ТОВ "Агродерев", щомісячно маса виготовленої паливної продукції в середньому становить 250 т, при цьому середньомісячна витрата електроенергії на забезпечення роботи обладнання для подрібнення та пресування відходів основного виробництва меблевого щита становить 70,5 тис. кВт·год. Беручи до уваги значення викидів парникових газів за різних методів генерування електроенергії (табл. 1) та структуру генерування електроенергії в Україні (табл. 2), за формулою (1) визначено, що внаслідок генерування 1 кВт·год електроенергії в об'єднаній енергетичній системі України утворюється 235,3 г CO₂ та інших парникових газів в еквіваленті CO₂.

$$M^{CO_2/\text{кВт}\cdot\text{год}} = \sum_{i=1}^n M_i^{CO_2/\text{кВт}\cdot\text{год}} \cdot S_i, \quad \frac{\text{г CO}_2}{\text{кВт}\cdot\text{год}}, \quad (1)$$

де: $M_i^{CO_2/\text{кВт}\cdot\text{год}}$ – викиди парникових газів в еквіваленті CO₂ внаслідок виробництва 1 кВт·год електроенергії залежно від i -го способу генерування (табл. 1); S_i – частка генерування електроенергії i -тим способом в об'єднаній енергосистемі України (табл. 2).

Табл. 1. Викиди парникових газів в еквіваленті CO₂ внаслідок генерування 1 кВт·год електроенергії залежно від способу генерування / Greenhouse gas emissions in CO₂ equivalent per 1 kWh of electricity generation depending on the production method [4]

№ з/п	Метод генерування електроенергії	Викиди парникових газів, г CO ₂ екв/кВт·год
1	Відновлювальна енергетика	20
2	Гідроелектрична енергетика	33
3	Ядерна енергетика	35-60
4	Генерування електроенергії внаслідок спалювання природного газу	400
5	Генерування електроенергії внаслідок спалювання вугілля	1000

Табл. 2. Структура джерел генерування електроенергії в Україні / Structure of electricity production in Ukraine [8]

№ з/п	Джерело генерування електроенергії	Частка у структурі, %
1	Атомні електростанції	55
2	ТЕС та ТЕЦ	29,3
3	ГЕС та ГАЕС	6,7
4	Відновлювана енергетика (сонячні, вітрові, біостанції)	8

Масу парникових газів в еквіваленті CO₂, утворених внаслідок генерування електроенергії, необхідної для середньомісячної роботи технологічного обладнання для виготовлення паливної продукції, обчислили за формулою (2) і становить 16,589 т.

$$M^{CO_2} = 10^{-6} \cdot M^{CO_2/\text{кВт}\cdot\text{год}} \cdot P, \quad \text{т}, \quad (2)$$

де: $M^{CO_2/\text{кВт}\cdot\text{год}}$ – маса парникових газів в еквіваленті CO₂, утворених внаслідок генерування 1 кВт·год електроенергії в об'єднаній енергосистемі України; P – середньомісячні витрати електроенергії, необхідної для забезпечення роботи технологічного обладнання, кВт.

Віртуальна площа землі, яка необхідна для поглинання CO₂, утвореного внаслідок генерування електроенергії, необхідної для забезпечення роботи технологічного обладнання впродовж місяця, становить 6,21 га та визначено за такою формулою [24].

$$A_i^{\text{Ліс}} = \frac{CDE_i}{AFCS}, \quad i = \overline{1, m}, \quad \text{га}, \quad (3)$$

де: m – кількість видів забруднювальної речовини; CDE_i – еквівалентне значення викидів двоокису вуглецю, специфічне для кожного i -го виду забруднювальної речовини (т CO₂); $AFCS$ (середнє поглинання вуглецю в лісі) – це довготермінова здатність 1 га середньосвітової лісової екосистеми поглинати атмосферний вуглекислий газ за допомогою механізму фотосинтезу: $0,73 \frac{\text{т C}}{\text{га} \cdot \text{рік}}$ або $2,67 \frac{\text{т CO}_2}{\text{га} \cdot \text{рік}}$ [19].

Для виготовлення паливної продукції підприємство використовує відходи основного виробництва. При цьому частка сирих відходів, які потребують проведення операції сушіння, становить близько 60 %. Отже, щомісяця підприємство здійснює сушіння 150 т подрібненої деревини. Для цих цілей підприємство спалює 22,5 т деревних відходів (для генерування теплової ене-

ргії, необхідної для висушування 1 кг подрібненої деревини, необхідно спалити 0,15 кг деревини). Унаслідок спалювання деревини утворюється вуглекислий газ (CO_2), оксид азоту (N_2O) та метан (CH_4), які є парниковими газами [14]. Масу вуглекислого газу, утвореного внаслідок спалювання деревини, визначено за формулою (4) та становить 29,34 т.

$$M^{\text{CO}_2} = W_{\text{дер.відх.}} \cdot M^{\text{CO}_2/\text{кг}} \cdot 10^{-3}, \text{ т}, \quad (4)$$

де: $M^{\text{CO}_2/\text{кг}}$ – маса вуглекислого газу, виділеного внаслідок спалювання 1 кг деревини [34] ($M^{\text{CO}_2/\text{кг}} = 1,304 \text{ кг}$); $W_{\text{дер.відх.}}$ – маса деревних відходів, які спалюють для отримання теплової енергії для сушіння паливної сировини на підприємстві впродовж місяця, кг.

Масу оксиду азоту, утвореного внаслідок спалювання деревини, визначено за формулою (5) та становить 0,0005175 т.

$$M^{\text{N}_2\text{O}} = W_{\text{дер.відх.}} \cdot M^{\text{N}_2\text{O}/\text{кг}} \cdot 10^{-3}, \text{ т}, \quad (5)$$

де $M^{\text{N}_2\text{O}/\text{кг}}$ – маса оксиду азоту, виділеного внаслідок спалювання 1 кг деревини [34] ($M^{\text{N}_2\text{O}/\text{кг}} = 0,023 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$).

Масу метану, утвореного при спалюванні деревини, визначено за формулою (6) та становить 0,05355 т.

$$M^{\text{CH}_4} = W_{\text{дер.відх.}} \cdot M^{\text{CH}_4/\text{кг}} \cdot 10^{-3}, \text{ т}, \quad (6)$$

де $M^{\text{CH}_4/\text{кг}}$ – маса метану, виділеного внаслідок спалювання 1 кг деревини [34] ($M^{\text{CH}_4/\text{кг}} = 2,38 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$).

Масу оксиду азоту (N_2O) та метану (CH_4) в еквіваленті вуглекислого газу (CO_2) визначено за формулою (7) та відповідно становить 0,154215 т та 1,33875 т.

$$CDE_i = M_i \cdot E_i^{\text{CO}_2}, i = \overline{1, m}, \text{ т}, \quad (7)$$

де: M_i – маса i -го парникового газу, т; $E_i^{\text{CO}_2}$ – коефіцієнт глобального потепління i -го парникового газу впродовж 100 років [14] ($E_{\text{N}_2\text{O}}^{\text{CO}_2} = 298$, $E_{\text{CH}_4}^{\text{CO}_2} = 25$).

Віртуальну площу землі, яка необхідна для поглинання CO_2 , утвореного внаслідок генерування теплової енергії, яку необхідно затратити на сушіння паливної сировини впродовж місяця, визначено за формулою (3) та становить 11,55 га.

Екологічний слід від опалювання виробничих і офісних приміщень. Площа опалювальних виробничих приміщень підприємства становить 6000 м^2 з висотою стелі 6 м. Отже, опалювальний об'єм виробничих приміщень становить 36000 м^3 . Площа офісних приміщень становить 920 м^2 . Електроенергія, що затрачається на опалювання виробничих приміщень, має становити $20 \text{ Вт/год} \cdot \text{м}^3$, а для опалення офісних приміщень – $80 \text{ Вт/год} \cdot \text{м}^2$ [11].

Обсяг електричної енергії, яку необхідно затратити для обігріву виробничих і офісних приміщень впродовж доби під час робочого тижня, визначали за формулою (8) і становить для виробничих приміщень 12,24 тис. кВт·год та 1,25 тис. кВт·год – для офісних приміщень. Сумарна ж витрата електроенергії на опалювання приміщень підприємства впродовж доби під час робочого тижня становить 13,5 тис. кВт·год, а витрата електроенергії на опалювання приміщень підприємства у робочі дні впродовж місяця (22 робочі дні) становить 297 тис. кВт·год.

$$W_i^{\text{ен.}} = (P_i^{\text{рн.}} \cdot H^{\text{рн.}} + P_i^{\text{оф.}} \cdot H^{\text{оф.}}) \cdot S_i \cdot 10^{-3}, i = \overline{1, m}, \text{ кВт}, \quad (8)$$

де: $P_i^{\text{рн.}}$ – електрична енергія для опалення i -го типу приміщень під час робочого часу (для виробничих при-

міщень $20 \text{ Вт/год} \cdot \text{м}^3$, для офісних – $80 \text{ Вт/год} \cdot \text{м}^2$; $H^{\text{рн.}}$ – тривалість роботи підприємства впродовж доби ($H^{\text{рн.}} = 10 \text{ год}$); $P_i^{\text{рн.}}$ – електрична енергія для опалення i -го типу приміщень у неробочий час (для виробничих приміщень $10 \text{ Вт/год} \cdot \text{м}^3$, для офісних – $40 \text{ Вт/год} \cdot \text{м}^2$; $H^{\text{оф.}}$ – неробочий час підприємства впродовж доби ($H^{\text{оф.}} = 14 \text{ год}$); S_i – опалювальний об'єм (площа) i -го типу приміщення, м^3 (м^2).

Витрату електроенергії для опалювання виробничих і офісних приміщень під час вихідних і святкових днів (впродовж місяця 8 днів) приймаємо відповідно $10 \text{ Вт/год} \cdot \text{м}^3$ та $40 \text{ Вт/год} \cdot \text{м}^2$ впродовж усієї доби. Отже, витрата електроенергії становитиме 76,2 тис. кВт·год. Сумарна витрата електроенергії на опалювання приміщень підприємства впродовж місяця становитиме 371 тис. кВт·год.

Оскільки будь-яке підприємство для опалювання своїх виробничих і офісних приміщень використовує відходи власного виробництва, а не електроенергію, то потрібно перерахувати витрату електроенергії у деревні відходи. Такий перерахунок можна здійснити за такою формулою:

$$W_{\text{дер.відх.}} = W_{\Sigma \text{ ен.місяць}} \cdot K, \text{ кг}, \quad (9)$$

де: $W_{\Sigma \text{ ен.місяць}}$ – сумарна витрата електроенергії для опалення на місяць, кВт·год; K – коефіцієнт, що враховує різницю теплотворної здатності деревини та електроенергії, можна визначити за такою формулою:

$$K = \frac{Q_{\text{кВт-год}}}{Q_{\text{кг дер.}}}, \quad (10)$$

де: $Q_{\text{кВт-год}}$ – теплотворна здатність 1 кВт·год електроенергії ($Q_{\text{кВт-год}} = 3,6 \text{ МДж}$); $Q_{\text{кг дер.}}$ – теплотворна здатність 1 кг деревини ($Q_{\text{кг дер.}} = 19,77 \text{ МДж}$) [35].

Отже, маса деревних відходів, необхідна для заміщення електричної енергії для опалювання приміщень підприємства впродовж місяця, становитиме 67,9 т. Водночас, сумарну масу вуглекислого газу та інших парникових газів в еквіваленті вуглекислого газу, утвореного внаслідок спалювання 67,9 т деревини, визначено за формулами (4), (5), (6) та (7) і становить 93,07 т.

Віртуальна площа землі, яка необхідна для поглинання CO_2 , утвореного внаслідок генерування теплової енергії, яку необхідно затратити на опалювання виробничих і офісних приміщень впродовж місяця, визначено за формулою (3) та становить 34,86 га.

Екологічний слід від генерування електроенергії для забезпечення роботи офісних приміщень. Щомісячно на потреби функціонування офісних приміщень підприємство в середньому споживає 180 кВт·год електроенергії. Скориставшись формулою (2), визначено, що маса парникових газів в еквіваленті CO_2 , які утворюються в процесі генерування 180 кВт електроенергії, становитиме 0,04272 т. Отже, віртуальна площа землі, яка необхідна для поглинання CO_2 , утвореного внаслідок генерування електроенергії для забезпечення роботи офісних приміщень впродовж місяця становитиме 0,016 га.

Використання води. Окрім перерахованих вище джерел негативного впливу підприємства на довкілля, також існує використання води. За даними підприємства, щомісячно воно використовує в середньому 100 м^3 води: 40 м^3 – для забезпечення процесів сушіння чорнових заготовок, 15 м^3 – для миття обладнання та забез-

печення інших технологічних операцій, ще 45 м³ – для забезпечення побутово-господарських потреб.

Отже, середньомісячний екологічний слід від діяльності деревообробного підприємства, що спеціалізується на виготовленні меблевого щита, складається з окре-

мих елементів виробничого процесу (рис. 3) та сумарно становитиме 100 м³ води та 147,64 га площі землі, вкритої лісовою рослинністю під час опалювального сезону та 112,78 га площі землі, вкритої лісовою рослинністю під час неопалювального періоду.

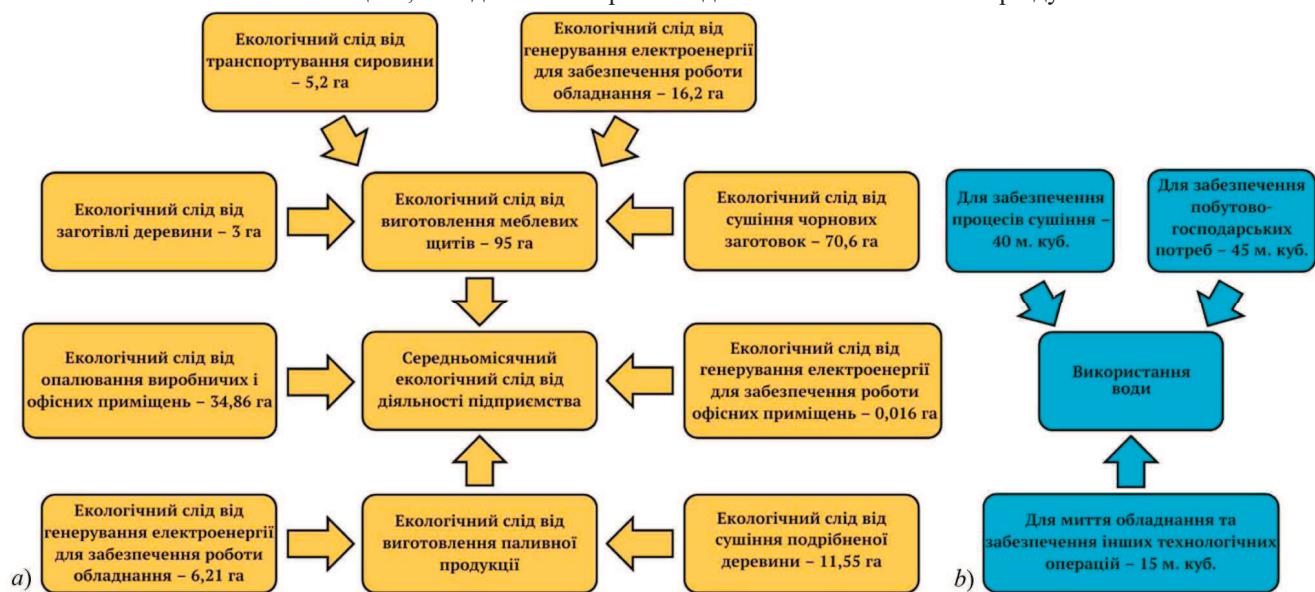


Рис. 3. Структура середньомісячного екологічного сліду від діяльності підприємства, що спеціалізується на виготовленні меблевого щита / Structure of the average monthly ecological footprint of an enterprise specializing in the furniture board production

Деревообробний сектор економіки відіграє ключову роль у досягненні цілей сталого розвитку України [13], сприяючи сталому використанню, відтворенню та збереженню природних ресурсів, зокрема, лісових. Зменшення екологічного сліду від діяльності підприємств цього сектору слугує взірцем для інших секторів у реалізації екологічно відповідального економічного зростання. Дані щодо екологічного сліду є основою для обґрунтованого прийняття рішень та розроблення стратегій, спрямованих на мінімізацію впливу на навколишнє середовище [25].

Поточні дослідження, спрямовані на вдосконалення методики розрахунку екологічного сліду, розширили її початковий фокус на облік природних ресурсів, врахувавши оцінку виробничих систем [12, 23]. Методика розрахунку екологічного сліду від діяльності підприємства, що застосована у цьому дослідженні [24, 33], має низку переваг, зокрема враховує витрати електроенергії, води та обсяги використаних матеріалів, зокрема деревини. Це дає змогу встановити виробничі процеси, що мають найбільший вплив на довкілля і, як наслідок, сприяє сталому управлінню ресурсами. Додатково, ця методика дає змогу відстежувати, як зміни у виробничих процесах впливають на їхній екологічний слід, забезпечуючи можливості для постійного вдосконалення діяльності підприємства.

Результати дослідження показали значний вплив діяльності підприємства на довкілля через емісію парникових газів, споживання енергії та води, а також утворення відходів. Основними джерелами впливу є виготовлення меблевого щита, паливної продукції, опалення приміщень, споживання електроенергії та води. Для компенсації викидів на виготовлення 1 м³ меблевого щита необхідно 0,475 га лісової площі, а щомісячне виготовлення 200 м³ меблевих щитів потребує вже 95 га лісу. На виготовлення паливної продукції, зокрема брикетів і пелет, щомісяця затрачається 70,5 тис. кВт-год електроенергії, внаслідок генерації якої утворюється приблизно 16,6 т CO₂, для поглинання якого

необхідно 6,21 га лісу. Процес сушіння деревних відходів додатково потребує 22,5 т деревини, спалювання якої виробляє близько 29,34 т CO₂, 0,0005 т оксиду азоту та 0,0535 т метану, що також підвищує екологічний слід від діяльності підприємства.

Дослідження підтвердило, що найбільший вплив на довкілля чинять операції, пов'язані з генеруванням енергії, транспортуванням та обробленням деревини. Підприємство може зменшити свій екологічний слід унаслідок удосконалення виробничих процесів, зокрема, скороченням витрат електроенергії, переходом на відновлювані джерела енергії, підвищенням ефективності використання сировини та скороченням споживання води завдяки застосуванню систем повторного її використання. Також зниження викидів парникових газів можливе через модернізацію обладнання, підвищення енергоефективності виробничих процесів, удосконалення логістики та транспортних процесів.

Варто зазначити, що, попри численні дослідження щодо застосування методології екологічного сліду в інших галузях, таких як харчова промисловість, текстиль, електроніка та будівельні матеріали [12, 23], дослідження в лісовому секторі залишаються обмеженими, особливо в українському контексті [25]. Це вказує на важливість нашого дослідження, яке надає цінні інсайти щодо екологічного сліду від діяльності деревообробного підприємства, що спеціалізується на виготовленні меблевих щитів у регіоні Українських Карпат.

Результати дослідження мають позитивний вплив на міжнародний імідж підприємства та України загалом і створюють передумови для виходу на нові екологічно чутливі ринки. Оцінювання екологічного сліду від діяльності підприємства також узгоджується з процесом адаптації до європейських екологічних стандартів у межах процесу інтеграції України до Європейського Союзу.

Обговорення результатів дослідження. Деревообробний сектор економіки відіграє ключову роль у до-

сягненні цілей сталого розвитку України [13], сприяючи раціональному використанню, відтворенню та збереженню природних ресурсів, зокрема, лісових. Зменшення екологічного сліду від діяльності підприємств цієї галузі слугує зразковим прикладом для інших секторів у реалізації екологічно відповідального економічного зростання. Як зазначено у роботі [18], підвищення ефективності роботи підприємств деревообробного сектору, збільшення коефіцієнта використання деревини та охорона довкілля є надзвичайно актуальними завданнями в сучасних економічних умовах.

Методологія визначення екологічного сліду є одним із інноваційних інструментів для ухвалення обґрунтованих управлінських рішень та розроблення стратегій, спрямованих на мінімізацію впливу на навколишнє середовище [25]. Також, застосування цього інструменту у перспективі надасть змогу деревообробним підприємствам досягнути гнучкості, інноваційності та можливості адаптуватися до нових змінних умов [30].

Поточні дослідження, спрямовані на вдосконалення методології розрахунку екологічного сліду, розширили її початковий фокус на облік природних ресурсів, врахувавши оцінку виробничих систем [12, 23]. Методика розрахунку екологічного сліду від діяльності підприємства, що застосована у цьому дослідженні [24, 33], має низку переваг, зокрема враховує витрати електроенергії, води та обсяги використаних матеріалів, таких як деревина. Це дає змогу точно встановити виробничі процеси, що мають найбільший екологічний вплив, і, як наслідок, сприяє ефективному управлінню ресурсами. Додатково, ця методика дає змогу відстежувати, як зміни у виробничих процесах впливають на екологічний слід від діяльності підприємства, забезпечуючи можливість для постійного вдосконалення. Ці результати узгоджуються із результатами досліджень [17], які надали перелік новітніх технологій управління даними у діяльності підприємств лісової та деревообробної галузей задля економічного використання та ефективного управління процесами деревооброблення.

Результати наших досліджень узгоджуються із результатами досліджень [22, 28], які вказують на потребу впровадження системних та інноваційних підходів для удосконалення процесу управління виробничо-господарською діяльністю підприємств деревообробної галузі. Основними напрямками є екологічна стійкість, інтеграція Індустрії 4.0, соціальна відповідальність, циркулярна економіка та енергетична безпека. Такі стратегії сприятимуть одночасному зниженню впливу на довкілля та відновленню економічного потенціалу країни, зокрема в умовах воєнного стану, коли підприємства стикаються з такими викликами, як руйнування інфраструктури, зменшення виробничих потужностей і обмеження на експорт [30].

Отже, проведене дослідження підтвердило необхідність застосування методики екологічного сліду для оцінювання впливу деревообробних підприємств на навколишнє середовище. Аналіз наукових джерел [5, 7, 10, 15, 17, 21, 22, 27, 28, 29, 30, 31] засвідчив, що, хоча окремі особливості цього інструменту досліджували, проте комплексне врахування витрат електроенергії, води та використаних матеріалів у контексті деревообробної галузі досі залишалося недостатньо висвітленим. Отже, отримані результати заповнюють цю прогалину, демонструючи ефективність запропонованого підходу

для вдосконалення виробничих процесів, підвищення екологічної відповідальності підприємств і їхньої стійкості в умовах полікризи, ризиків та невизначеності.

Отже, внаслідок виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше адаптовано методику розрахунку екологічного сліду для дослідження впливу діяльності деревообробного підприємства на навколишнє середовище, що дало можливість ідентифікувати критичні етапи виробничого процесу з найбільшим його впливом на довкілля.

Практична значущість результатів дослідження – результати дослідження використано для розроблення рекомендацій з удосконалення виробничих процесів досліджуваного деревообробного підприємства, які можна екстраполювати на інші підприємства деревообробної галузі у контексті зменшення впливу на навколишнє середовище, а також використати для вдосконалення екологічної політики на рівні галузі задля удосконалення екологічних стандартів в межах процесу інтеграції України до Європейського Союзу.

Висновки / Conclusions

Визначено вплив на навколишнє середовище кожного із елементів виробничо-господарської діяльності підприємства для розрахунку його екологічного сліду, що дало можливість розробити рекомендації з його пом'якшення, запобігання та мінімізації цих впливів. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. Встановлено, що середньомісячний екологічний слід від окремих складових частин виробничо-господарської діяльності підприємства становить: виготовлення меблевих щитів – 95 га; виготовлення паливної продукції – 17,76 га; опалювання виробничих і офісних приміщень – 34,86 га; генерування електроенергії для забезпечення роботи офісних приміщень – 0,016 га; використання води для забезпечення технологічних і побутових потреб – 100 м³.
2. Досліджено, що екологічний слід від безпосереднього використання землі, вкритої лісовою рослинністю, пов'язаний із заготівлею деревини, є найменшою часткою у сумарному екологічному сліді від діяльності підприємства та становить 3 га на місяць. Найбільшу ж вагу у сумарному екологічному сліді від діяльності підприємства займають процеси, які пов'язані із спалюванням деревних відходів, тобто генерування теплової енергії для: сушіння чорнових заготовок – 70,6 га, опалювання виробничих і офісних приміщень – 34,86 га, сушіння подрібненої деревини – 11,55 га. Встановлено, що істотний екологічний слід притаманний компоненті, яка пов'язана із генеруванням електроенергії в об'єднаній енергосистемі України, для забезпечення виробничого процесу підприємства (22,426 га).
3. Для істотного зменшення екологічного сліду від діяльності підприємства, необхідно розглянути використання інших (альтернативних) джерел теплової та електричної енергії. Результати проведеного дослідження стануть основою для розроблення рекомендацій щодо оптимізації виробничих процесів на досліджуваному підприємстві. Вони також зможуть бути застосовані до інших підприємств галузі з метою зменшення впливу на довкілля та сприятимуть удосконаленню екологічної політики на галузевому рівні. Це, водночас, допоможе підвищити екологічні стандарти в межах процесу інтеграції України до Європейського Союзу.

Подяка. Стаття виконана у межах проекту, що фінансується ЄС – проект "CircHive" (Project 101082081–CircHive) "Розроблення та пілотування слідів біорізноманіття та обліку природного капіталу через "вулик" галузевих центрів для сталого переходу до циркулярної біоекономіки ЄС", що виконується у рамках міжнародної програми "Горизонт Європа" (Horizon Europe. Topic HORIZON-CL6-2022-BIODIV-01-04 (IA). Natural capital accounting: Measuring the biodiversity footprint of products & organisation).

References

- Barabash, O., & Voznyuk, Ya. (2018). Ecological footprint as an indicator of the natural capital of ecosystems. *Ecological Sciences: Scientific and practical journal*, 1(20), 109–113. [In Ukrainian]. URL: http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2018/1/part_1/22.pdf
- Bogomazyuk, Ya. (2014). Ecological footprint. Assessment methodology and dynamics in Ukraine. Flight: Modern problems of science. Environmental safety: abstracts of reports of the XIV International Scientific and Practical Conference of Young Student Scientists, National Aviation University, 66. [In Ukrainian]. URL: https://nau.edu.ua/site/variables/docs/docsmenu/studnauka/polit2013/Zbimik_IEB_2014
- Cespi, D., Passarini, F., Ciacci, L., Vassura, I., Castellani, V., Collina, E., et al. (2014). Heating systems LCA: Comparison of biomass-based appliances. *Int J Life Cycle Assessment*, 19(1), 89–99. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0611-3>
- Climate Change. (2008, August). Nuclear Energy and the Environment. [In Ukrainian]. URL: <https://atom.org.ua/zmina-klimatu.html>
- Cosola, G., Grigolato, S., Ackerman, P., Monterotti, S., & Cavalli, R. (2016). Carbon footprint of forest operations under different management regimes. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 37(1), 201–217. URL: <https://crojfe.com/site/assets/files/4042/cosola.pdf>
- de la Fuente, T., González-García, S., Athanassiadis, D., & Nordfjell, T. (2017). Fuel consumption and GHG emissions of forest biomass supply chains in Northern Sweden: A comparison analysis between integrated and conventional supply chains. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32(7), 568–581. <https://doi.org/10.1080/02827581.2016.1259424>
- Egenolf, V., Distelkamp, M., Morland, C., Beck-O'Brien, M., & Bringezu, S. (2022). The timber footprint of German bioeconomy scenarios compared to the planetary boundaries for sustainable roundwood supply. *Sustainable Production and Consumption*, 33, 686–699. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.07.029>
- Features of domestic electricity production. (2022, June). Ukrainian Energy Exchange. [In Ukrainian]. URL: <https://www.ueex.com.ua/presscenter/news/osoblivosti-vitchiznyanogo-virobnitstva-elektroenergi/>
- González-García, S., Bonnesoeur, V., Pizzi, A., Feijoo, G., & Moreira, M. T. (2014). Comparing environmental impacts of different forest management scenarios for maritime pine biomass production in France. *Journal of Cleaner Production*, 64, 356–367. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.040>
- Head, M., Bernier, P., Levasseur, A., Beauregard, R., & Margni, M. (2019). Forestry carbon budget models to improve biogenic carbon accounting in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 213, 289–299. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.122>
- Hegger, M., Keller, M., Kern, T., & Kern, A. (2009). Forschungsprojekt energy: Label – Solar Decathlon. Stuttgart: IRB Verlag. [In German]. URL: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/09119002750.pdf>
- Herva, M., García-Díez, C., Franco-Uriá, A., & Roca, E. (2012). New insights on ecological footprinting as environmental indicator for production processes. *Ecological Indicators*, 16, 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.029>
- Horbach, L., Uniha, O., & Nevar, O. (2023). Strategic importance of the wood processing industry in the development of the green economy and labor market in Ukraine. *Scientific View: Economics and Management*, 4(84), 25–31. <https://doi.org/10.32782/2521-666X/2023-84-4>
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., & Miller, H. L. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ar4-wg1-sum_vol_en.pdf
- Jäppinen, E., Korpinen, O. J., Laitila, J., & Ranta, T. (2014). Greenhouse gas emissions of forest bioenergy supply and utilization in Finland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 369–382. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.101>
- Krusir, G., Yashkina, V., & Kiriak, G. (2012). Calculation of the ecological footprint of a bakery enterprise. *Food Science and Technology*, 2(19), 91–95. [In Ukrainian]. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khmit_2012_2_30
- Kulinich, T., & Hychka, V.-O. (2021). Ukrainian enterprises of the forest and woodworking industries management innovations by the vector of stable development. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*, 298(5/2), 167–174. URL: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/?p=10879>
- Maksiutov, A., Brezhutska, L., & Skyba, V. (2024). Use of energy and resource-saving technologies of thermal processing of wooden materials. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*, 3(107), 145–159. <https://doi.org/10.31713/vs3202411>
- Mancini, M. S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, D., Bastianoni, S., Wackernagel, M., & Marchettini, N. (2016). Ecological Footprint: Refining the carbon Footprint calculation. *Ecological Indicators*, 61, part 2, 390–403. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.040>
- Mityasova, O., & Stepanova, O. (2016). Determining of environmental footprint of an enterprise as an indicator of its sustainability functioning. *Bulletin of the Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University. Series: Ecology*, 1, 162–175. [In Ukrainian]. URL: <http://elar.kpnu.edu.ua:8081/xmlui/handle/123456789/1412>
- Murphy, F., Devlin, G., & McDonnell, K. (2014). Forest biomass supply chains in Ireland: A life cycle assessment of GHG emissions and primary energy balances. *Applied Energy*, 116, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.041>
- Nevar, O. (2023). Theoretical foundations of sustainable development in the wood processing industry. *Economic Space*, 188, 9–13. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/188-1>
- Niccolucci, V., Galli, A., Kitzes, J., Pulselli, R. M., Borsa, S., & Marchettini, N. (2008). Ecological footprint analysis applied to the production of two Italian wines. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 128(3), 162–166. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.05.015>
- Patrizi, N., Niccolucci, V., Pulselli, R. M., Neri, E., & Bastianoni, S. (2018). The Ecological Footprint Accounting of Products: When Larger Is Not Worse. *Resources* 2018, 7(4), 65. <https://doi.org/10.3390/resources7040065>
- Pelyukh, O., Soloviy, I., Kiyko, O., Ilkiv, M., Chelepis, T., & Lavnyy, V. (2023). Product biodiversity footprint: theory and estimation methodology. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 25, 156–166. <https://doi.org/10.15421/412313>
- Pierobon, F., Zanetti, M., Grigolato, S., Sgarbossa, A., Anfodillo, T., & Cavalli, R. (2015). Life cycle environmental impact of firewood production – a case study in Italy. *Applied Energy*, 150, 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.04.033>
- Polgár, A. (2023). Carbon footprint and sustainability assessment of wood utilisation in Hungary. *Environment, Development and Sustainability*, 1–25. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03571-9>

28. Portna, O. (2023). Optimization of the production and economic activity management system of forest industry enterprises of Ukraine. *Economy and Society*, 58. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-60>
29. Proto, A. R., Bacenetti, J., Macri, G., & Zimbalatti, G. (2017). Roundwood and bioenergy production from forestry: Environmental impact assessment considering different logging systems. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1485–1498. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.227>
30. Sakharnatska, L., & Kochut, R. (2023). Features of the development of the wood processing industry under the conditions of the marital state. *Balanced nature using*, 3, 59–67. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2023.287817>
31. Saravia-Cortez, A. M., Herva, M., García-Diéguez, C., & Roca, E. (2013). Assessing environmental sustainability of particle-board production process by ecological footprint. *Journal of Cleaner Production*, 52, 301–308. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.006>
32. Sgarbossa, A., Boschiero, M., Pierobon, F., Cavalli, R., & Zanetti, M. (2020). Comparative life cycle assessment of bioenergy production from different wood pellet supply chains. *Forests*, 11(11), 1127. <https://doi.org/10.3390/f11111127>
33. Soloviy, I., Kiyko, O., Ilkiv, M., Chelepis, T., Pelyukh, O., & Lavnyy, V. (2024). Assessment of the Furniture Board Ecological Footprint: Case Study of a Woodworking Enterprise in the Carpathian Region of Ukraine. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry Wood Industry Agricultural Food Engineering*, 17(66), no. 1. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2024.17.66.1.6>
34. State Statistics Service of Ukraine. (2011, April). Methodology for calculating emissions of pollutants and greenhouse gases into the air from the use of fuel for domestic needs in households. [In Ukrainian]. URL: https://ukrstat.gov.ua/metod_polog/metod_doc/2011/98/metod.htm
35. Volchyn, I., Chernyavskiy, M., Bondarenko, V., et al. (2013). Energy: History, Present, and Future. – Book 1: From Fire and Water to Electricity. Kyiv: Institute of Thermal Energy Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine. [In Ukrainian]. URL: <http://energetika.in.ua/ua/>
36. Wihersaari, M. (2005). Greenhouse gas emissions from final harvest fuel chip production in Finland. *Biomass and Bioenergy*, 28(5), 435–443. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2004.11.007>
37. Zelenskyi, V. (2019, September). On Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030. Presidential Decree of Ukraine. Verkhovna Rada of Ukraine. [In Ukrainian]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019?lang=en#Text>

O. A. Kiyko, M. M. Ilkiv, O. R. Pelyukh, I. P. Soloviy, T. O. Chelepis, V. V. Lavnyy, D. B. Savka, A. O. Lutsenko

Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

ECOLOGICAL FOOTPRINT OF THE WOODWORKING ENTERPRISE: IMPACT ASSESSMENT AND WAYS OF MINIMIZATION

It has been identified that the woodworking industry in Ukraine is a significant sector of the economy that contributes to the sustainable development of the country, ensuring the sustainable use, reproduction, and conservation of natural resources, particularly forests. It has been established that the production of furniture panels requires significant volume of forest resources and at the same time has a substantial impact on the environment. Its require effective methods to assess such an impact. It was found that applying the ecological footprint methodology is appropriate for assessing the environmental impact of woodworking enterprises. This approach enables consideration of all factors contributing to negative environmental impacts and serves as an effective tool for analysing the environmental consequences of furniture board production. The article focused on the practical aspects of applying the ecological footprint calculation methodology using a woodworking enterprise as a case study. The impact of the enterprises production and economic activities on the environment was assessed, including greenhouse gas emissions, water and energy consumption, and wood waste generation. This approach provides a comprehensive understanding of the environmental consequences at each stage of the production process. The ecological footprint of the processes of wood harvesting, raw material transportation, electricity generation for technological equipment operation and lighting, and thermal energy for drying blanks and heating premises, which have the greatest environmental impact, was determined. According to the calculations, the ecological footprint of producing 1 m³ of furniture boards is 0.475 ha or 95 ha of forestland to offset the negative impact of the average monthly production of furniture boards at the enterprise. It was established that to offset the negative impact of producing fuel briquettes and pellets from the main productions waste, 17.76 ha of forested land is required, for heating premises – 34.86 ha, and for generating electricity for lighting office premises – 0.016 ha. The water consumption for the production and internal needs of the enterprise amounts to 100 m³ per month. To reduce the ecological footprint, it is necessary to optimize production processes, switch to renewable energy sources, improve the efficiency of raw material use, and reduce water consumption through the implementation of water reuse systems. The research results are crucial for developing strategies to reduce the environmental impact of woodworking enterprises, enhance their environmental and social responsibility, and improve their competitiveness in the context of Ukraine's integration into the European Union. This contributes to addressing most pressing modern challenges and achieving sustainable development goals.

Keywords: forest resources; furniture board; environmental impact; input and output data streams; sustainable development.