

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІННІ лісового та садово-паркового господарства

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри таксації лісу та
лісового менеджменту

д.с.-г.н., проф. _____ Віктор МИРОНЮК
« ____ » _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Економічна оцінка ресурсу деревної біомаси
заготовленої під час рубок догляду у насадженнях
Верховинського районного лісгоспу»**

Спеціальність 205 – «Лісове господарство»

Гарант освітньої програми

к.с.-г.н., доцент

_____ **Наталія ПУЗРІНА**
(підпис)

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

д.с.-г.н., проф.

_____ **Роман ВАСИЛИШИН**
(підпис)

Виконав:

_____ **Петро ДУТЧАК**
(підпис)

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ лісового і садово-паркового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. завідувача кафедри таксації лісу та
лісового менеджменту

д.с.-г.н., проф. _____ Віктор МИРОНЮК

« 21 » листопада 2025 р.

ЗАВДАННЯ

**на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту
*Дутчаку Петру Віталійовичу***

Спеціальність 205 – «Лісове господарство» _____

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Економічна оцінка ресурсу
деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду у насадженнях
Верховинського районного лісгоспу» _____ затверджена наказом
ректора НУБіП України від 21 листопада 2025 р. № 2856 «С»

Термін подачі завершеної роботи на кафедру _____ 2026.06.01

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи – повидільна таксаційна
характеристика деревостанів досліджуваного підприємства, звітні виробничі
матеріали, наукова література (монографії, статті вітчизняних і зарубіжних
авторів), а також галузеві статистичні матеріали щодо ведення лісового
господарства у гірському регіоні.

Перелік питань, які потрібно розробити: Огляд літературних джерел щодо
дослідження деревної біомаси лісів; Коротка характеристика регіону
дослідження; Кількісні показники оцінювання ресурсу деревної біомаси
заготовленої під час рубок догляду у насадженнях Верховинського районного
лісгоспу; Висновки.

Дата видачі завдання «21» листопада 2025 р.

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

д.с.-г.н., проф. _____

_____ Роман ВАСИЛИШИН

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ Петро ДУТЧАК

(підпис)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота структурована у межах таких складових: вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел. Обсяг цієї роботи становить 53 сторінки. Зміст кваліфікаційної роботи охарактеризовано 21 таблицею та 5 ілюстраційними рисунками. Список використаних джерел містить 32 найменування, з яких – 13 опрацьовані джерела латиницею.

У першому розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи із назвою «Огляд літературних джерел щодо дослідження деревної біомаси лісів» описано аналітичний огляд наукового доробку щодо дослідження біомаси лісів, особливостей її формування та закономірностей структурування у різних лісових насадженнях, особливо насадженнях, характерних для гірських умов Українських Карпат.

Другий розділ роботи, який називається «Коротка характеристика регіону дослідження» обґрунтовує вибір регіону дослідження та характеризує його природно-кліматичні умови. Також описує характеристику лісового фонду дослідного підприємства і наводить обґрунтування доцільності використання обраних методів дослідження біомаси гірських лісів.

Третій розділ бакалаврської кваліфікаційної роботи «Кількісні показники оцінювання ресурсу деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду у насадженнях Верховинського районного лісгоспу» описує дослідні дані, ресурсний потенціал деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду та наводить його економічну оцінку з позиції використання з енергетичною метою.

Ключові слова: біомаса, економічна оцінка, Українські Карпати, ресурсний потенціал, рубки догляду, Верховинський лісгосп.

ЗМІСТ

Вступ	5
 РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ ЛІСІВ	 7
Висновки до розділу 1.	14
 РОЗДІЛ 2. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ	 16
2.1. Організаційна структура підприємства	16
2.2. Природно-кліматичні умови регіону	18
2.3. Коротка характеристика лісового фонду підприємства та методичні підходи дослідження біомаси лісів	24
Висновки до розділу 2.	30
 РОЗДІЛ 3. КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ ЗАГОТОВЛЕНОЇ ПІД ЧАС РУБОК ДОГЛЯДУ У НАСАДЖЕННЯХ ВЕРХОВИНСЬКОГО РАЙОННОГО ЛІСГОСПУ .	32
3.1. Ресурсний потенціал деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду	32
3.2. Економічна оцінка потенціалу деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду	41
Висновки до розділу 3.	47
 ВИСНОВКИ	49
 СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	50

ВСТУП

Лісове господарство України перебуває на важливому етапі трансформації, пов'язаному з необхідністю одночасного вирішення кількох стратегічних завдань: забезпечення сталого використання лісових ресурсів, підвищення економічної ефективності галузі та досягнення цілей кліматичної нейтральності. У цьому контексті питання повноцінного залучення всіх лісових ресурсів до господарського обороту – зокрема деревної біомаси від рубок догляду, набуває особливого практичного значення.

Деревна біомаса є найбільш доступним і масштабним відновлюваним ресурсом на теренах України. Проблема неефективного використання деревної біомаси від рубок догляду є досить складною. З одного боку, це питання економічне: лісогосподарські підприємства втрачають дохід, який може суттєво поліпшити їхній фінансовий стан, з іншого – це питання екологічне: нагромаджені порубкові залишки на лісосіках створюють пожежну небезпеку та є осередками розмноження шкідників та хвороб. Водночас це і питання енергетичної безпеки країни: деревна біомаса здатна замінити мільйони тонн викопного палива щорічно, знижуючи залежність від імпортних енергоносіїв.

Міжнародний досвід переконливо демонструє, що при наявності відповідного нормативного, інституційного та технологічного забезпечення деревна біомаса від рубок догляду може стати повноцінним товарним ресурсом, який формує стабільний дохід лісогосподарських підприємств і слугує вагомою складовою відновлюваної енергетики [23, 24, 26, 31].

Мета роботи: оцінювання ресурсного потенціалу деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду у насадженнях Верховинського районного лісгоспу на основі матеріалів господарської звітності з метою визначення можливостей його ефективного і раціонального використання у системі ведення лісового господарства.

Об'єкт дослідження: лісова біомаса у насадженнях Верховинського районного лісгоспу.

Предмет дослідження: економічна оцінка ресурсу деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду у насадженнях Верховинського районного лісгоспу.

Методика роботи базується на аналізі та узагальненні лісівничих даних, зокрема повидільної таксаційної характеристики насаджень, звітних виробничих матеріалів, наукових підходів до оцінювання лісової біомаси, наукової літератури та статистичних даних. Це дозволяє оцінити ресурс деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду у насадженнях Верховинського районного лісгоспу.

Серед основних завдань бакалаврської кваліфікаційної роботи можна виділити такі:

- провести огляд літературних джерел за темою дослідження;
- надати коротку характеристику регіону дослідження та дослідного підприємства;
- проаналізувати таксаційну структуру насаджень підприємства;
- оцінити їх ресурсний потенціал біомаси заготовленої під час рубок догляду;
- здійснити економічну оцінку досліджуваного потенціалу з використанням його енергетичної функціональності.

Отримані результати можуть бути використані для більш ефективного використання лісових ресурсів в гірських лісах України, зокрема для раціонального використання деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ ЛІСІВ

Рубки догляду є одним із ключових заходів ведення лісового господарства, спрямованих на формування стійких, продуктивних і якісних деревостанів. В процесі їх проведення утворюється значний обсяг деревної біомаси, яка може бути використана як цінна сировина для деревообробної промисловості, паливно-енергетичного сектору, або як матеріал для виробництва пелет, брикетів та інших форм твердого біопалива. Проте в сучасній практиці лісогосподарського виробництва значна частина цього ресурсу залишається незатребуваною або недооціненою, що призводить до суттєвих економічних втрат для країни та лісогосподарських підприємств [6, 10].

Всебічна економічна оцінка лісового потенціалу залишається вкрай актуальним, проте недостатньо розробленим напрямом досліджень, адже наявні наукові здобутки у цій сфері мають переважно уривчастий і поверховий характер. Саме це зумовило звернення частини дослідників до спрощених підходів: оцінювання лісових ресурсів почало здійснюватися крізь призму окремих корисних властивостей [14, 15].

Визначення економічної цінності екосистемних функцій лісу виступає необхідною передумовою для обґрунтування оптимальних управлінських рішень у сфері раціонального використання та охорони лісового фонду. Воно формує інструментальну базу для прийняття рішень на підставі достовірних аналітичних даних. Такий підхід дозволяє встановити ступінь впливу лісових екосистем на економічну діяльність і суспільний добробут у цілому. Крім того, він сприяє з'ясуванню вигод і наслідків антропогенного втручання в лісові екосистеми, забезпечує порівнянність екосистемних послуг із цільовими показниками проєктів та уможливорює коректне врахування екологічної складової у системі економічних розрахунків [12, 14, 15].

Ключову складність у вартісній оцінці лісу становить необхідність охопити увесь спектр послуг, які генерують лісові угіддя. Передусім це зумовлено значною різноманітністю таких послуг, причому далеко не всі з них достатньою мірою осмислені саме у контексті їхньої корисності. Додатково слід враховувати, що переважна частина корисних функцій лісових угідь реалізується не лише в межах лісогосподарської галузі, а й у суміжних секторах економіки (рис. 1.1) [14].



Рис. 1.1. Система підходів економічної оцінки лісових ресурсів [14]

У процесі економічного оцінювання природних ресурсів визначальну роль відіграє обґрунтований вибір оціночного критерію (рис. 2.1). Обраний показник має відповідати методологічним вимогам, а його економічний зміст — забезпечувати можливість оцінювання будь-яких природних ресурсів незалежно

від їхнього складу та якісних характеристик. У науковій літературі представлено декілька підходів до визначення такого критерію, що становлять методологічне підґрунтя оцінки природних ресурсів. Серед них виокремлюються дві основні концепції:

- рентна – визначається за критерієм народногосподарського ефекту (ренти);
- затратна – за критерієм витрат на освоєння і використання нових ресурсів.

Підґрунтям рентоутворення слугують якісні відмінності між природними ресурсами. Економічною передумовою існування ренти, відповідно до теорії рентних відносин, є монопольне право держави на експлуатацію природних ресурсів вищої якості. За однакових технологічних умов і засобів виробництва праця в більш сприятливих природних умовах дає суттєво кращі результати. На цій основі визначається «економія праці», встановлюються гранично допустимі витрати на використання й відтворення природних ресурсів відносно індивідуальних витрат, що супроводжують ці процеси [12, 14, 15].

Методологічні засади затратної концепції економічної оцінки природних ресурсів принципово різняться від рентного підходу. Прихильники затратної концепції стверджують, що природні ресурси, залучені до господарського обігу, акумулюють суспільну працю, яка переноситься на вироблену продукцію. Натомість, на думку представників рентної концепції, вартість природних ресурсів не завжди може бути коректно відображена через витратний підхід [12, 14, 15].

Обидва підходи не перебувають у протиріччі між собою, а взаємодоповнюють один одного. Їх комплексне застосування є важливою умовою підвищення якості та точності розрахунків у сфері природокористування.

Отже, розглянуті методи, методики й алгоритми комплексного економічного оцінювання лісів, їхніх ресурсів та розвитку лісгосподарської

галузі уможлиблюють виявлення наявних проблем, а також обґрунтування системи лісовідновлювальних і господарсько-оптимізаційних заходів [12, 14, 15].

Невід’ємним аспектом оцінки ресурсного потенціалу біомаси є визначення перспектив її подальшого використання. У межах цієї кваліфікаційної роботи економічна оцінка ресурсу деревної біомаси розглядається крізь призму його енергетичного застосування.

Таким чином, біомаса являє собою органічну речовину, що формується популяцією у визначених просторово-часових межах і слугує індикатором біологічної продуктивності. Маса живої матерії, що міститься в організмах або рослинах на момент вимірювання, може виражатися в одиницях натуральної маси, сухої речовини (без урахування вологи) або в енергетичних показниках (зокрема в перерахунку на умовне паливо, калорії, Дж чи кВт·год). Хімічну основу біомаси становлять органічні сполуки вуглецю, які при з’єднанні з киснем у процесі спалювання або природного метаболізму вивільняють теплову енергію. Первинна енергія системи «біомаса–кисень» формується під впливом сонячного випромінювання в ході фотосинтезу – природного механізму акумулювання сонячної енергії. Завдяки хімічним та біохімічним перетворенням біомасу можна конвертувати в різноманітні види палива або кінцеву енергію. Під час горіння атмосферний кисень і вуглець рослинного походження вступають у реакцію, утворюючи вуглекислий газ і воду. Цей процес має циклічний характер: вивільнений у ході спалювання вуглекислий газ може знову засвоюватися рослинами й брати участь у синтезі нової біомаси [16].

Біомаса може мати надзвичайно широкий спектр походження: від відходів аграрного сектору, харчової та переробної промисловості, побутового господарства до залишків комунальної сфери. Вагомим джерелом біомаси також є деревні відходи, що утворюються в лісовому господарстві, деревообробній та целюлозно-паперовій галузях. Окремим напрямом слугує цільове вирощування спеціалізованих енергетичних культур із прискореним накопиченням органічної

маси – зокрема верби, тополі, платана, а також окремих видів трав'янистих рослин, таких як міскантус, просо та сорго (рис. 1.2). До переліку енергетичних культур належать також ріпак і соняшник, що використовуються для отримання рідких моторних палив. Суттєвим ресурсом біомаси є відходи тваринницьких комплексів (рідкий та твердий гній тощо), придатні для переробки на тверде біопаливо або біогаз [16].

Україна володіє значним потенціалом біомаси, придатним для енергетичного освоєння, ключовими складовими якого є відходи сільськогосподарського виробництва, різноманітні форми деревної сировини та цілеспрямовано вирощувані енергетичні культури. Водночас для практичної реалізації цього потенціалу необхідне формування надійної та збалансованої логістичної системи постачання біомаси – від етапів вирощування й заготівлі до доставки на об'єкти теплоенергетики. Оцінка доступного енергетичного потенціалу біомаси базується на теоретичних розрахунках, що спираються на статистичні показники: обсяги та структуру сільськогосподарського виробництва, урожайність основних культур, коефіцієнти відходоутворення, рівень лісистості регіону, інтенсивність головних рубок і обсяги деревних відходів деревообробних підприємств, масштаби заготівлі дров, а також загальну виробничу потужність підприємств [16].



Рис. 1.2. Види деревної біомаси [16]

При використанні біомаси у вигляді деревної тріски з відходів ведення лісогосподарської діяльності, перш за все, необхідно визначити відповідне місце для їх подрібнення. Найчастіше застосовують наступні технології подрібнення: безпосередньо у лісі; на проміжному (буферному) складі; перевезення відходів у нижній склад з подальшим його подрібненням; пакетування відходів (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Схема перевезення тріски паливної [16]

За даними П. І. Лакиди та ін. [10], потенціали лісової біомаси для всіх лісових земель України, площа яких становить 9,4 млн га, або 15,7 % території України, складають 312,24 ПДж і 89,08 ПДж відповідно.

У сучасних реаліях важливе значення для дослідження біомаси лісів має застосування дистанційних технологій. Так, дослідники з Китаю [20, 29], дослідили ефективність застосування методів дистанційного зондування для оцінки надземної біомаси лісів за останні п'ять десятиліть. Особливо автори акцентують увагу на використанні технологій LiDAR для оцінювання біомаси лісів. Значну увагу також приділено джерелам невизначеності в оцінках біомаси. У висновку дослідники вказують на перспективи використання таких інструментів, як поглиблення інтеграції мультисенсорних даних, застосування методів глибинного навчання та покращення глобального моніторингу вуглецевого запасу лісів з використанням методів ДЗЗ.

Ще одним важливим напрямом дослідження особливостей формування біомаси лісів є їхня здатність нагромаджувати у біомасі вуглець у процесі фотосинтезу. У світовому доробку є значна кількість наукових праць присвячених цьому питанню. Зокрема, у праці [22] системно висвітлюються методи вимірювання секвестрації вуглецю в трьох компонентах лісових екосистем: рослинах, ґрунтах і підстилці. Розглядаються мікро метеорологічний метод вихрових пульсацій, камерний метод, дендрохронологічний підхід та лабораторні аналітичні методи – із порівнянням їх ефективності на різних просторових масштабах (від ділянки до регіону). Дослідники акцентують увагу на теоретичних основах процесів секвестрації та чинниках, що на неї впливають. Систематизовані переваги та обмеження кожного методу формують практичну основу для вибору оптимального підходу залежно від мети дослідження, доступних ресурсів і вимог до просторового та часового охоплення.

У цьому контексті також значна кількість наукових праць присвячених дистанційним технологіям вивчення запасів вуглецю у лісовій біомасі. Зокрема, наукова робота [30] охоплює сучасний стан досліджень вуглецевого запасу лісів із застосуванням дистанційного зондування, синтезуючи дані, зібрані до грудня 2024 року. Розглядаються три основні платформи: супутники (Sentinel, Landsat, GEDI), авіаційні системи та безпілотники. Особливо підкреслюється їхня роль як засобу локального моніторингу з високою просторовою роздільністю, що компенсує обмеження супутникових часових серій. Серед ключових технологічних інновацій виділено методи глибинного навчання та оцінку оптичної товщини рослинного покриву. Автори детально аналізують невирішені проблеми: насичення сигналу в густих тропічних лісах, низьку адаптивність моделей між екосистемами та складність врахування взаємодії ліс–клімат. Стаття пропонує перспективні напрями розвитку – інтеграцію мультисенсорних даних і підвищення просторової роздільності моделей вуглецевого запасу.

Ще одна наукова робота [24] демонструє застосування вегетаційних індексів NDVI та DVI, отриманих із супутникових знімків, для картографування

змін лісового покритву і оцінки вуглецевого запасу лісу Алемсага за 1992–2022 роки. Поєднання методів класифікації землекористування та статистичних зв'язків між вегетаційними індексами і запасами біомаси дозволило отримати просторово явні карти вуглецю. Виявлено значне збільшення частки густого лісового покритву – до 48 % від загальної площі.

Висновки до розділу 1.

1. Рубки догляду є важливим джерелом формування деревної біомаси, яка має значний ресурсний та енергетичний потенціал. Водночас у практиці лісового господарства значна частина цієї біомаси використовується неефективно або залишається незатребуваною, що зумовлює економічні втрати та знижує рівень ефективності використання лісових ресурсів.

2. Економічна оцінка лісових ресурсів і деревної біомаси залишається недостатньо розробленою у науковому та прикладному аспектах. Існуючі підходи часто мають фрагментарний характер та не враховують повною мірою весь спектр екосистемних, ресурсних та енергетичних функцій лісів.

3. Деревна біомаса є перспективним відновлюваним джерелом енергії, що характеризується замкненим вуглецевим циклом та здатністю замінювати викопні види палива. Енергетичне використання біомаси сприяє підвищенню енергетичної безпеки та реалізації принципів низьковуглецевого розвитку.

4. Україна володіє значним потенціалом біомаси для енергетичного використання, основу якого становлять дров'яна деревина, відходи лісогосподарської діяльності, деревообробної промисловості та енергетичні культури.

5. Ефективність використання деревної біомаси значною мірою залежить від вибору технологічних схем її заготівлі та перероблення. Особливого значення набуває оптимізація процесів подрібнення, транспортування та складування деревних відходів, що безпосередньо впливає на економічну доцільність виробництва паливної тріски.

6. Сучасні технології дистанційного зондування Землі та методи штучного інтелекту відкривають нові можливості для оцінювання запасів лісової біомаси та вуглецю. Інтеграція супутникових даних, LiDAR-технологій, безпілотних систем і методів глибинного навчання забезпечує підвищення точності моніторингу лісових екосистем та створює наукове підґрунтя для обґрунтованої оцінки ресурсного потенціалу деревної біомаси.

РОЗДІЛ 2. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Організаційна структура підприємства

Верховинський районний лісгосп створений у 1976 році за рішенням ради колгоспів Верховинського району, а у 2001 році підпорядкований Верховинській районній раді, як окрема юридична особа комунальної форми власності.

Верховинський районний лісгосп знаходяться у підпорядкуванні ОКП «Івано-Франківськоблагроліс» в частині щодо здійснення єдиної політики ведення лісового господарства з дотримання норм, правил та інших нормативно-правових актів, здійснення контролю за використанням бюджетних коштів, проведення атестації керівників структурних підрозділів.

У всіх інших питаннях районне підприємство підпорядковується виключно Верховинській районній раді.

Рішенням Івано-Франківської обласної ради від 18.10.2001. № 537-22/2001 районному підприємству надано в постійне користування із земель запасу обласної ради, які були у тимчасовому користуванні колишніх міжгосподарських лісгоспів, лісництв, колгоспів, земельні ділянки лісового фонду площею 21,77 тис. га для ведення лісового господарства.

До складу районного підприємства входять 6 лісництв: Верховинське, Верхньоясенівське, Довгопільське, Красницьке, Красноїлівське, Яблунецьке (табл. 2.1).

Ліси районного лісгоспу розташовані на території Верховинського адміністративного району Івано-Франківської області, які представлені дрібноконтурними ділянками, розкиданими біля населених пунктів, рік, водоймищ та віднесені наступних категорій захисності:

1. Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення – 15 %;

2. Рекреаційно-оздоровчі ліси – 1 %;
3. Захисні ліси – 37 %.
4. Експлуатаційні ліси – 47 %.

Таблиця 2.1

Розподіл площ та запасів деревостанів у межах лісництв Верховинського районного лісгоспу

Лісництво	Площа, га	Запас, тис. м ³
Верхньоаясенівське	3955,0	968,69
Верховинське	3084,6	941,84
Довгопільське	2683,2	823,56
Красницьке	3232,0	901,71
Красноїлівське	4149,1	1304,00
Яблуницьке	3624,8	1123,49
Разом у межах підприємства	20728,7	6063,29

Аналіз розподілу площі та запасу насаджень у межах лісництв свідчить про значний ресурсний потенціал підприємства. Загальна площа лісових насаджень становить 20,7 тис. га, а сумарний запас деревини – 6,06 млн м³. Найбільші площі зосереджені у Красноїлівському (4149,1 га) та Верхньоаясенівському (3955,0 га) лісництвах, тоді як найменшу площу має Довгопільське лісництво (2683,2 га). За обсягом запасу деревини домінує Красноїлівське лісництво, де зосереджено понад 1300 тис. м³, або понад 21 % загального запасу підприємства, а найменший запас характерний для Довгопільського лісництва – 823,6 тис. м³.

За віковими групами лісові насадження становлять: молодняки – 20 %, середньовікові – 59 %, пристигаючі – 17 %, стиглі і перестиглі – 5 %. У лісах переважають хвойні деревні види. Твердолистяні та м'яколистяні деревні види становлять 6 % та 7 % відповідно. Середній вік насаджень – 58 років, середній клас

бонітету становить 1,9, середня повнота насаджень – 0,7. Середній запас на 1 га вкритої лісом площі – 249 м³, середній річний приріст деревини на 1 га – 3,9 м³, а середній річний приріст деревини на всій вкритій лісом площі – 81,90 тис. м³.

Метою діяльності районного лісгоспу є реалізації державної політики розвитку лісового господарства, раціонального використання лісових ресурсів, охорони і захисту лісів на землях запасу обласної ради.

2.2. Природно-кліматичні умови регіону

Клімат території Верховинського району як і всіх гірських районів Карпат є помірно-континентальним і характеризується надмірним зволоженням і досить великим запасом тепла. Формується він під дією трьох основних факторів: географічного положення, циркуляції атмосфери та рельєфу. Річна сума сонячної радіації для району складає 102 ккал. на 1 см. кв. Характер атмосферної циркуляції в районі, як і в цілому в Карпатах залежить від положення району відносно азорського, ісландського і сибірського центрів активності атмосфери і переважаючого західного переносу повітряних мас в середній частині тропосфери. Тут переважають вологі (в 60 % випадків) вологі західні полярно-морські повітряні маси [9, 19].

Важливим кліматоутворювальним фактором Верховинщини є рельєф. Клімат різних місцевостей залежить від висоти їх над рівнем моря., експозиції схилів і різних форм рельєфу. В селищі Верховина (абсолютна висота 620–640 м над рівнем моря) середньорічна температура дорівнює 5 °С, середня температура найтеплішого місяця – липня +16 °С, а самого холодного – січня -6 °С. Для середніх висот (1429 м над рівнем моря) середньорічна температура дорівнює +3 °С, середня температура липня +12 °С, січня -7 °С. Повітряна ізотерма 0 °С проходить по високогірних ландшафтах, які розташовані вище 1850 м над рівнем

моря. Середньорічна температура на вершинах карпатських «двохтисячників» очевидно в межах $(-2)-(-4) ^\circ\text{C}$.

Вертикальний температурний градієнт в Карпатах (зміна температури повітря на 1000 м) для південно-західних схилів – $8 ^\circ\text{C}$, для східних – $5 ^\circ\text{C}$.

На клімат району впливає не тільки абсолютна висота і експозиція схилів, але й форма самої поверхні. Витягнуті в південно-східному напрямі хребти є перепорою на шляху руху повітряних мас. При перевалюванні холодного повітря з північного сходу спостерігаються фєнові явища, які сприяють підвищенню температури в міжгірних котловинах [9, 19].

Рельєф є основним фактором, який впливає на розподілення атмосферних опадів в районі. Збільшення опадів з висотою проходить стрибкоподібно. Південно-західні схили одержують вологи значно більше ніж північно-східні. Крім того приріст опадів на кожні 100 м підняття складає 11% від кількості опадів на висоті 300 м. Найбільш дощовими є літні місяці (особливо червень – липень) на які приходить від 33 до 44 % річної кількості опадів. Максимальну кількість вологи одержує високогір'я головного хребта Чорногори – більше 1400 мм на рік, мінімальну – міжгірні котловини 720–740 мм на рік.

На Чорногорі літо коротке, холодне і дощове. На відміну від міжгірних котловин, де зосереджені більшість населених пунктів дощі тут не інтенсивні, але затяжні. Майже щоліта на висотах вище 1850 м випадає сніг і утримується на ґрунті по декілька діб. Весна в горах на висотах 600–800 м настає всередині березня і триває до кінця червня. Літо дощове (особливо його перша половина), опади випадають головним чином проливними дощами, нерідко з грозами. В високогір'ї – грози з градом. Встановлено, що в теплу пору року випадає біля 80 % річної суми опадів. На початку серпня зазвичай встановлюється суха погода, але в середині місяця вже наявні перші ознаки осені – холодні ранкові тумани, а в останніх числах серпня в Чорногорі випадає перший сніг [9, 19].

В першій половині грудня тут з'являється сніжний покрив і затримується інколи до середини березня, хоча протягом зими він є нестабільним. Висота

снігового покриву досягає в середньому 10–15 см, хоча в деякі зими буває і по 40–50 см. Морози в Верховині не часто перевищують 20-ти градусну позначку, хоча за останні два десятиріччя ртутний стовпчик термометра інколи опускався і до – 33 °С. Зима в високогір'ї набагато суворіша. Тут тріскучі морози в 25–30 °С супроводжуються ураганними вітрами, швидкість яких на гребнях хребтів може досягати 35–40 м за секунду. Саме ці західні вітри в Чорногорі надувають в прикарпатські цирки і кари велику кількість снігу, що завжди створює підвищену лавинну небезпеку. В суворі зими в цих цирках глибина сніжного покриву досягає 30–40 м, і саме в цих місцях він інколи не встигає розтанути впродовж літа, залишаючись на наступну зиму [9, 19].

Для ґрунтового і рослинного покриву Верховинського району характерна висотна ландшафтна диференціація. Материнськими породами ґрунтоутворення району слугують елювіальні продукти вивітрювання пісчаників і аргелітів. Вздовж річкових долин ґрунти формуються на алювіальних і делювіальних відкладах в умовах вологого помірного клімату і лісової рослинності (рис. 2.1). Оскільки основні ґрунтоутворюючі фактори – клімат і рослинність – підпорядковуються закону вертикальної зональності, ґрунтовий покрив теж міняється зі зміною висоти. На території району виділяють три типи ґрунтів:

- ✓ бурі гірсько-лісові ґрунти, що сформувалися під пологом ялиново-букових та чистих ялинових лісів на висотах від 600 до 1350 м над рівнем моря. Вони характеризуються великим вмістом органічних речовин (гумусу) та великою кислотністю;

- ✓ гірсько-підзолисті, що є продуктами вивітрювання осадкових порід, а також продуктів руйнування льодовикових відкладів, які представлені нагромадженням каміння (моренного матеріалу). Вони найбільш характерні для абсолютних висот від 1350 до 1850 м;

- ✓ гірсько-лукові ґрунти, які займають високогір'я Чорногори в межах альпійського поясу від 1850 м над рівнем моря і вище.

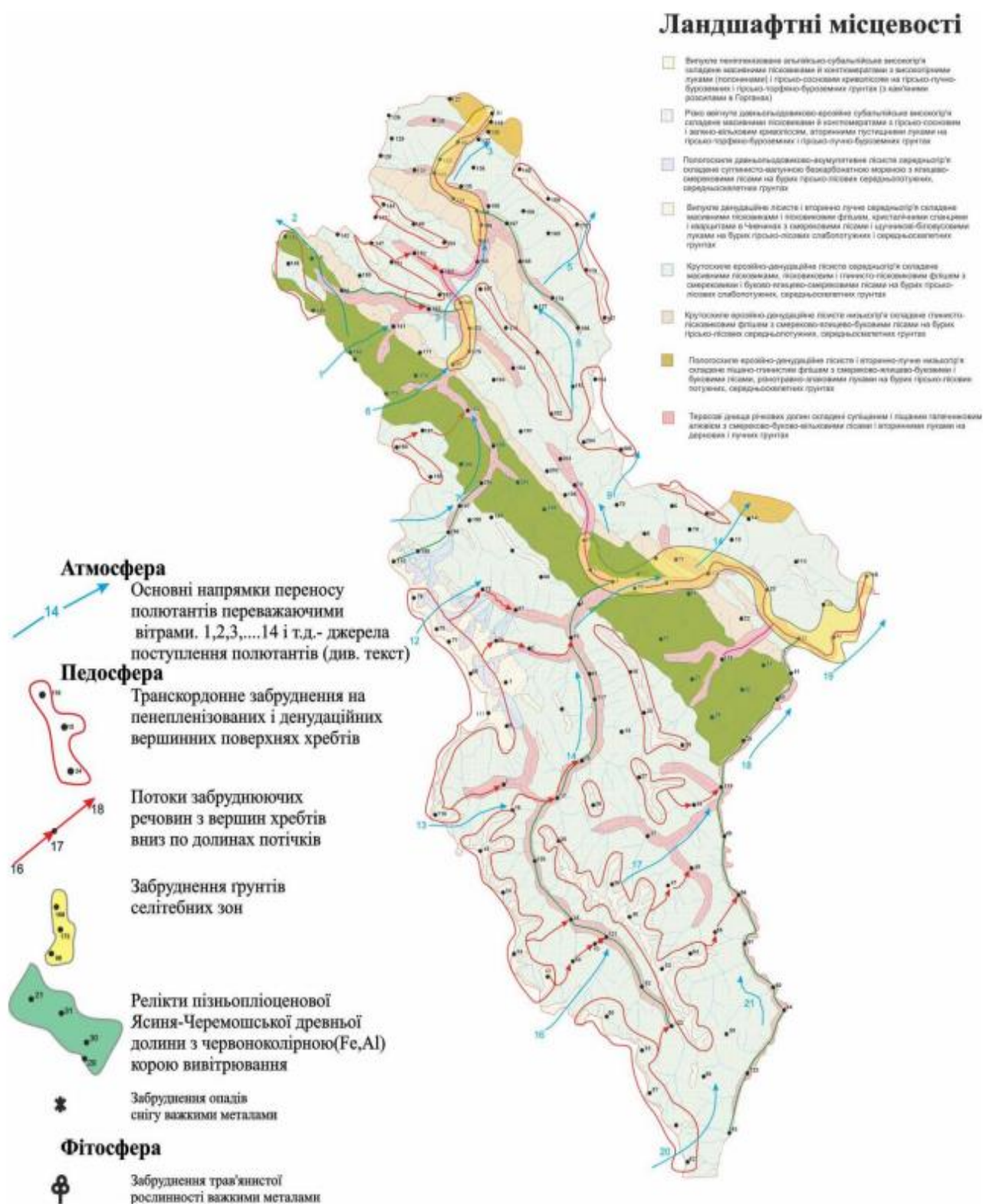


Рис. 2.1. Ландшафтна структура та сучасна екологічна ситуація на території Верховинського району [19]

Відповідно до такого розподілу ґрунтів сформований і рослинний покрив території району, строкатість, якого обумовлена ще й рельєфом і кліматичними особливостями. Він визначається наступними поясами в залежності від розташування місцевості над рівнем моря: лісовим, субальпійським і альпійським.

Найбільш розповсюдженим серед них – лісовий – охоплює більше 90 % території району. На Верховинщині, як і в Українських Карпатах в цілому ліси покривають дві третини території району. На висотах від 450 до 600 м над рівнем моря переважають широколистяні букові та частково мішані буково-ялинові ліси. Головними лісотвірними видами цього поясу крім бука лісового є граб, в'яз, клен, вільха, явір, липа, береза та інші широколистяні породи дерев. Вище, на висотах від 600 до 1350 м вже переважають мішані смереково-букові та ялицево-смереково-букові ліси (на нижньому рівні) та чисті ялинові (в верхній частині). Тут повсюдно переважає ялина європейська, вона займає майже половину всіх площ в Карпатах, які зайняті лісом. З кущів в лісах зустрічаються вовчі ягоди, малина, жимолость, шипшина, а з ліан тільки плющ. Трав'янистий покрив в лісах, де переважає смерека та ялиця представлений слабо через велику затіненість. Тут трапляються черемша (ведмежа цибуля), підсніжник, вівсяниця та деякі інші види [9, 19].

На абсолютних висотах 1300–1400 м проходить верхня межа лісу, після якої починається субальпійський рослинний пояс. Через суворі кліматичні умови, які є крайніми для деревостанів тут сформувалася перехідна зона між лісовим і альпійським поясами. Субальпійський пояс представлений на території району тільки в Чорногорі та Чивчинах. В ньому переважають чотири представники флори: це гірська сосна або як ще її називають місцеві жителі жереп, вільха зелена (лелеч), ялівець сибірський та балкано-карпатський ендемік рододендрон східнокарпатський. Разом з приполонинськими лісами ці рослини виконують надзвичайно важливу захисну роль водорегуляції, захисту ґрунтів від ерозії, а ліси захищають від сніговалів, обвалів та зсувів. Зокрема гірська сосна насуваючись на скельно-кам'янисті розсипи, сприяє формуванню ґрунтів. Чагарники полосами простягаються на висотах 1400–1700 м. Вище цієї висоти сосна гірська створює

невеличкі окремі островки серед просторих альпійських лук які починаються на цих висотах і займають все високогір'я аж до вершин двохтисячників. Над криволіссям гірської сосни і на крутих схилах північної експозиції сконцентровані угруповання рододендрона східнокарпатського і аркто-альпійської формації наскельниці лежачої. Блискучі темно-зелені листочки рододендрона створюють в зарослях суцільний килим. Особливо живописний він в червні, коли рододендрон цвіте яскраво пурпуровими квітами. В районі гори Піп Іван (2026 м н. р. м.) угруповання цього ендеміка займають величезні площі, що робить гору надзвичайно привабливою в першій половині літа [9, 19].

Від висоти 1850 м в Чорногорі починається альпійський пояс рослинності. Ні дерев ні кущів тут вже немає. Тут панують представники аркто-альпійської флори: наскельниця лежача, вівсяниця приземиста, ситник трьохроздільний, осока вічнозелена, ломикамінь живучий, зарослі брусниці та інші альпійські види. На одній з чорногірських вершин в межах Верховинського району в червні можна зустрітися з дивною рідкісною і унікальною квіткою, яку французи називають альпійською зіркою, італійці – срібною квіткою скель, українці – шовковою косицею, а австрійці – едельвейсом. Ось такий дивовижний і унікальний рослинний світ Верховинщини.

У Верховинському районі діє 30 підприємств, які мають зареєстровані джерела викидів. Антропогенний вплив на природні геосистеми незначний, тому що відвідуваність обмежена відсутністю нормальних доріг. Отже територія вважається екологічно чистою [19]. Кількість відходів, що утворились на підприємствах – до 2700 т/рік. Серед відходів переважають кускові відходи деревини (65 %) та тирси (35 %). Відходи зареєстровані у 3 населених пунктах. Загрозу для довкілля представляють неконтрольовані накопичення тирси на лісопилках по Білому Черемошу, де тонни тирси бульдозером зсовують прямо у воду річок нечемні лісопромисловці.

2.3. Коротка характеристика лісового фонду підприємства та методичні підходи дослідження біомаси лісів

Лісовий фонд Верховинського районного лісгоспу охоплює 20728,7 га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок із сукупним стовбуровим запасом понад 6000 тис. м³ (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Розподіл площ та запасів деревостанів панівних лісотвірних видів Верховинського районного лісгоспу

Деревний вид	Площа, га	Запас, тис. м ³
Береза повисла	39,0	5,91
Бук лісовий	1275,0	338,61
Верба біла	0,7	0,03
Вільха сіра	647,0	72,57
Вільха чорна	14,1	2,97
Граб звичайний	7,1	1,34
Липа дрібнолиста	4,7	0,96
Осика	8,2	1,40
Сосна гірська	664,4	17,01
Сосна звичайна	2,6	0,60
Явір	56,2	9,48
Ялина європейська	17727,8	5522,74
Ялиця біла	280,5	89,43
Ясен звичайний	1,4	0,24
Разом у межах підприємства	20728,7	6063,29

Видовий склад деревостанів представлений 14 лісотвірними видами, що свідчить про відносно невисоке флористичне різноманіття деревного ярусу, типове для гірських лісів Українських Карпат.

У віковій структурі домінують середньовікові насадження (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

**Розподіл площ та запасів деревостанів у межах панівних лісотвірних видів
Верховинського районного лісгоспу за класами віку**

Клас віку	Площа		Запас	
	га	%	тис. м ³	%
I	173,7	0,8	1,54	0,0
II	667,6	3,2	29,83	0,5
III	939,7	4,5	109,86	1,8
IV	1207,9	5,8	239,49	3,9
V	2664,7	12,9	688,51	11,4
VI	3454,8	16,7	1088,15	17,9
VII	4034,0	19,5	1360,77	22,4
VIII	3156,3	15,2	1030,63	17,0
IX	1848,9	8,9	615,02	10,1
X	1196,4	5,8	422,36	7,0
XI	712,3	3,4	254,06	4,2
XII	285,2	1,4	98,35	1,6
XIII	239,6	1,2	76,32	1,3
XIV	84,8	0,4	30,18	0,5
XV і старше	62,8	0,3	18,22	0,3
Разом у межах підприємства	20728,7	100,0	6063,29	100,0

Панівним лісотвірним видом є ялина європейська (*Picea abies* (L.) H.Karst.), яка займає 17727,8 га, або 85,5 % від загальної площі вкритих лісом угідь, та формує запас 5522,74 тис. м³ (91,1 % загального запасу). Така надзвичайно висока питома вага одного деревного виду свідчить про монодомінантний тип деревостану з яскраво вираженим ялиновим едифікатором. Середня продуктивність ялинових насаджень тут становить близько 311,5 м³·га⁻¹, що відповідає високопродуктивним деревостанам I–II класів бонітету (табл. 2.4).

Вікова структура деревостанів є нерівномірною з чітко вираженою концентрацією насаджень у середньовікових і пристигаючих класах. Найбільшу площу займають деревостани VII класу віку (4034,0 га; 19,5 %), VIII класу (3156,3 га; 15,2 %) та VI класу (3454,8 га; 16,7 %). У сукупності VI–VIII класи охоплюють 51,4 % загальної площі та формують 57,3 % запасу лісгоспу, що свідчить про переважання середньовікових насаджень у деревостанах підприємства.

Таблиця 2.4

**Розподіл площ та запасів деревостанів у межах панівних лісотвірних видів
Верховинського районного лісгоспу за класами бонітету**

Клас бонітету	Площа		Запас	
	га	%	тис. м ³	%
I ^a і вище	1949,1	9,4	733,89	12,1
I	11563,5	55,8	3766,84	62,1
II	4828,9	23,3	1206,03	19,9
III	1353,7	6,5	280,08	4,6
IV і нижче	1033,5	5,0	76,44	1,3
Разом у межах підприємства	20728,7	100,0	6063,29	100,0

Бонітетна структура деревостанів лісгоспу свідчить про переважно високу продуктивність насаджень. Панівним тут є I клас бонітету, який охоплює 11563,5 га (55,8 % площі) та формує 3766,84 тис. м³ запасу (62,1 %). Деревостани класу I^a і вище класів бонітету займають 1949,1 га (9,4 %) із запасом 733,89 тис. м³ (12,1 %). Отже, високопродуктивні насадження у сукупності тут займають 65,2 % площі ділянок вкритих лісовою рослинністю та концентрують 74,2 % загального запасу, що є переконливим свідченням сприятливих лісорослинних умов на переважній більшості вкритих лісом угідь підприємства.

Деревостани II класу бонітету займають 4828,9 га (23,3 %) із запасом 1206,03 тис. м³ (19,9 %), формуючи другу за значимістю групу продуктивності. Середній запас насаджень II класу бонітету становить близько 249,7 м³·га⁻¹, що є дещо нижчим від показника деревостанів I класу бонітету (325,8 м³·га⁻¹) та деревостанів I^a і вище класів бонітету (376,5 м³·га⁻¹), однак залишається достатньо високим показником для гірських умов зростання.

Насадження III та IV класів бонітету і нижче охоплюють відповідно 1353,7 га (6,5 %) та 1033,5 га (5,0 %), у сукупності 11,5 % площі ділянок вкритих лісовою рослинністю та лише 5,9 % запасу. Зазначені насадження, як правило, відносяться до захисних категорій лісів і вилучаються з головного лісокористування.

Загалом, бонітетна структура деревостанів Верховинського лісгоспу створює передумови для ведення інтенсивного, економічно обґрунтованого лісового господарства. Підтримання і підвищення бонітету насаджень на ділянках із нижчими класами бонітету може досягатися шляхом своєчасного проведення рубок догляду та підбору відповідних деревних видів при лісовідновленні.

Аналіз повнотної структури деревостанів Верховинського лісгоспу засвідчує переважання насаджень із середніми значеннями відносної повноти. Найбільшу питому вагу за площею лісових ділянок займають деревостани з повнотою 0,6 – 6173,7 га (29,8 %) та стовбуровим запасом 1924,67 тис. м³ (31,7 %). Далі насадження з відотною повнотою 0,7 – 4697,6 га (22,7 %) та запасом 1572,59 тис. м³ (25,9 %). У сукупності насадження з повнотою 0,6–0,7 охоплюють 52,5 % площі вкритих

лісовою рослинністю лісових ділянок та 57,6 % запасу насаджень лісгоспу (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

**Розподіл площ та запасів деревостанів у межах панівних лісотвірних видів
Верховинського районного лісгоспу за відносними повнотами**

Відносна повнота	Площа		Запас	
	га	%	тис. м ³	%
0,3	818,0	3,9	121,33	2,0
0,4	1916,8	9,2	453,20	7,5
0,5	3877,5	18,7	1117,20	18,4
0,6	6173,7	29,8	1924,67	31,7
0,7	4697,6	22,7	1572,59	25,9
0,8	2614	12,6	701,95	11,6
0,9	591,7	2,9	163,63	2,7
1,0	39,4	0,2	8,71	0,1
Разом у межах підприємства	20728,7	100,0	6063,29	100,0

Високоповнотні деревостани (0,7–1,0) займають сумарно 35,9 % площі лісових ділянок (7942,7 га) та формують 40,3 % запасу. Найвища продуктивність характерна для насаджень із повнотою 1,0 – 221,1 м³·га⁻¹, однак їхня площа є мізерною (39,4 га; 0,2 %), що свідчить про поодинокий характер абсолютно повних деревостанів у лісовому фонді підприємства. Насадження з повнотою 0,9 та 0,8 мають середній запас відповідно 276,6 м³·га⁻¹ та 268,5 м³·га⁻¹, підтверджуючи закономірність зростання продуктивності зі збільшенням відносної повноти.

Загалом, розподіл деревостанів за відотною повнотою у Верховинському лісгоспі має виражений господарський вплив і характеризується максимумом у

групі 0,6. Значна частка низько- та середньоповнотних насаджень (0,3–0,5; 46,8 % площі) свідчить про необхідність активізації доглядових рубань та лісовідновних заходів із метою формування повноцінних, біологічно стійких деревостанів, здатних ефективно виконувати як ресурсні, так і середовищезахисні функції в гірських умовах Українських Карпат.

Щодо методичних підходів, то варто відмітити наступні передумови, які слугують базою для економічної оцінки досліджуваних видів біомаси. Отже у основі згаданої оцінки знаходиться енергетична функція деревної біомаси. Оцінювання енергетичної функції лісових фітоценозів потребує концептуалізації поняття деревної біомаси, яке включає в себе масу деревних частин живих (фітомасу) та мертвих (мортмасу) дерев (деревина, кора, гілля, сучки, пні та коріння), кущів і чагарників, а також відходи їх промислової переробки. Виключення становить фотосинтезувальна фракція (листя та хвоя). Термінологічна основа структурних складових деревної біомаси базується на наступному змісті [3, 4, 6]:

- дров'яна стовбурова деревина – частина стовбура дерева у корі від місця спилування до верхівки (без гілок), яка під час проведення рубок головного користування і рубок формування й оздоровлення лісів (окрім освітлення, прочищення та частково прорідження) за встановленими лісівничо-таксаційними критеріями відноситься до категорії «дров'яна» (у тому числі дров'яна частина ділових дерев);

- лісові деревні відходи – змістовно об'єднують декілька структурних видових одиниць деревної біомаси. Це насамперед деревна сировина, що заготовлюється в процесі рубок догляду (освітлення, прочищення і частково прорідження) у вигляді цілого дерева, а також лісосічні відходи, порубкові залишки (частини стовбура, гілля, вершини дерев тощо), пні та корені, які утворюються після проведення рубок головного користування та рубок формування й оздоровлення лісів (окрім зазначених рубок догляду).

Саме лісові деревні відходи слугують ресурсною основою для оцінювання економічних показників лісової біомаси заготовленої у ході проведення рубок догляду у насадженнях Верховинського лісгоспу. Для кількісного оцінювання енергетичної функції згаданого типу лісової біомаси використано методичні підходи запропоновані Р. Д. Василюшиним [3, 4, 6].

Висновки до розділу 2.

Підсумовуючи результати аналітичної оцінки характеристики регіону дослідження, у тому числі Верховинського районного лісгоспу, варто зазначити наступне:

1. Верховинський районний лісгосп є лісгосподарським підприємством комунальної форми власності з розгалуженою організаційною структурою, що включає шість лісництв. Загальна площа лісового фонду становить 20728,7 га із сукупним стовбуровим запасом понад 6000 тис. м³, середнім запасом на 1 га – 249 м³ та середнім річним приростом деревини на рівні 3,9 м³·га⁻¹, що свідчить про значний ресурсний потенціал підприємства.

2. Природно-кліматичні умови району дослідження визначають специфіку лісорослинного середовища і характеризуються помірно-континентальним кліматом з надмірним зволоженням, вираженою висотною ландшафтною диференціацією та переважанням бурих гірсько-лісових ґрунтів у зоні розташування основних деревостанів (600–1350 м н. р. м.).

3. Видова структура деревостанів має монодомінантний характер з переважанням насаджень ялини європейської, які займають 85,5 % площі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю та формують 91,1 % загального стовбурового запасу.

4. Вікова структура деревостанів є нерівномірною з домінуванням середньовікових і пристигаючих насаджень: VI–VIII класи віку охоплюють 51,4 % площі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю та 57,3 % запасу підприємства. Стиглі та перестійні деревостани (XI клас і старше) займають 6,7 %

площі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю, що відповідає активному господарському освоєнню лісового фонду.

5. Бонітетна структура деревостанів лісгоспу є сприятливою і свідчить про високий лісорослинний потенціал території. Насадження I^a і I класів бонітету у сукупності займають 65,2 % площі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю та концентрують 74,2 % стовбурового запасу. Значення середніх запасів деревостанів I класу бонітету ($325,8 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) та I^a і вище класів бонітету ($376,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) підтверджують відповідність лісорослинних умов біологічним потребам панівного виду.

6. Повнотна структура деревостанів характеризується домінуванням середньоповнотних насаджень з максимумом у групі 0,6 (29,8 % площі та 31,7 % запасу).

7. Ресурсна база лісової біомаси Верховинського лісгоспу є значною і визначається насамперед обсягами дров'яної стовбурової деревини та лісових деревних відходів, що утворюються в процесі рубок головного користування та рубок формування й оздоровлення лісів. Методичну основу кількісного оцінювання енергетичної функції деревної біомаси становлять методичні підходи, що дозволяють комплексно охопити всі структурні складові деревної біомаси і слугують базою для подальшої її економічної оцінки.

РОЗДІЛ 3. КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ ЗАГОТОВЛЕНОЇ ПІД ЧАС РУБОК ДОГЛЯДУ У НАСАДЖЕННЯХ ВЕРХОВИНСЬКОГО РАЙОННОГО ЛІСГОСПУ

3.1. Ресурсний потенціал деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду

Лісові ресурси є невід’ємною складовою екологічної рівноваги та основою господарської діяльності суспільства, виступаючи ключовим джерелом сировини для численних галузей національної економіки.

Ліси України, незалежно від категорії земель, на яких він розташований, та форми власності на нього, входить до складу лісового фонду держави й перебувають під її захистом. Скорочення площ, зайнятих лісовими насадженнями, суттєво позначилося на їхній біопродуктивності як ключового механізму регулювання біомаси в межах ландшафтів. Такі процеси, як вирубування та спалювання деревини, осушення болотистих угідь, мінералізація органічних добрив і деградація ґрунтового гумусу, зумовили зниження загального обсягу біомаси та пов'язаного з нею відновлюваного енергетичного потенціалу на 25–30 % [3].

Тривале й нераціональне освоєння лісових ресурсів у попередні десятиліття спричинило суттєве скорочення площі стиглих деревостанів, а трансформація їхнього видового складу помітно послабила водорегулювальну функцію лісового покриву. Додаткових економічних втрат завдало стрімке зростання забудови річкових заплав у зонах потенційного затоплення.

Ліси за екологічним і соціально-економічним значенням та залежно від основних виконуваних ними функцій поділяються на такі категорії [4]:

1) захисні ліси (виконують переважно водоохоронні, ґрунтозахисні та інші захисні функції. Деревину в лісах такої групи заготовляють під час здійснення

лісогосподарських заходів – вирубок нагляду і лісовідновлювальних вирубок спілого лісу);

2) рекреаційно-оздоровчі ліси (виконують переважно рекреаційні, санітарні, гігієнічні та оздоровчі функції);

3) ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення (виконують особливі природоохоронні, естетичні, наукові функції тощо);

4) експлуатаційні ліси.

Лісові ресурси – сукупність запасів деревної і недеревної продукції лісу у поєднанні з його суспільно корисними й захисно-ресурсоохоронними функціями. До лісових ресурсів належать [6]:

- ресурси деревного походження (деревина, листя, кора, квіти, плоди, насіння);
- ресурси не деревного походження (гриби, ягоди, лікарські рослини);
- продукція дикого тваринного світу (сіно, і т.п.).

Користування лісовими ресурсами поділяють на головне і проміжне. Головне користування лісом – це процес заготівлі деревини в стиглих і перестійних насадженнях. Проміжне користування лісом здійснюється в процесі догляду за лісом, санітарних рубок і рубок, пов'язаних з реконструкцією малоцінних лісових насаджень [6].

Розгляд ресурсного потенціалу на території Верховинського районного лісгоспу у межах бакалаврської кваліфікаційної роботи здійснено на основі заготовленої деревної біомаси від рубок догляду за лісом.

Рубки догляду – це рубки, які проводяться з моменту змикання крон у насадження і закінчуються за клас віку до віку стиглості. Метою яких є: вирубування в насадженнях гірших дерев і чагарників, щоб збільшити приріст деревини на кращих деревах, поліпшити склад і водоохоронно-захисні та оздоровчі функції деревостану, підвищити продуктивність лісу та його санітарний стан. Крім того, рубки догляду є джерелом одержання деревини.

Для розрахунку ресурсного потенціалу деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду у насадженнях Верховинського районного лісгоспу варто проаналізувати вікову структуру цих насаджень (табл. 3.1.).

Таблиця 3.1

**Розподіл площ лісових насаджень
Верховинського районного лісгоспу за віковими групами, га**

Вікова група	Деревний вид				Разом
	ялина звичайна	ялиця біла	бук лісовий	інші	
До 10	158,6	13,9	0,6	0,6	173,7
11–20	614,2	16,6	8,5	28,3	667,6
21–40	1709,9	11,3	30,1	396,3	2147,6
41–80	11518,4	119,3	750,8	921,3	13310
Більше 80	3726,7	119,4	485	98,9	4430
Всього	17727,8	280,5	1275,0	1445,4	20728,7

Аналізуючи інформацію наведену у табл. 3.1, варто зазначити, що на вікову групу «до 10 років» припадає усього 0,8 % вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, тобто це ті насадження у яких може проектуватися такий вид рубки догляду, як освітлення.

Щодо деревостанів, у яких можна проектувати проведення прочищення (вікова група від 11 до 20 років), то частка таких насаджень у структурі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю Верховинського районного лісгоспу становить лише 3,2 %.

У свою чергу, проріджування можна проектувати у насадженнях головних лісотвірних деревних видів досліджуваного регіону у віці від 21 до 40 років.

Таких насаджень у Верховинському районному лісгоспі є досить мала кількість, а саме 10,4 % від площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок.

Найбільша частка у структурі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю належить насадженням віком від 41 до 80 років – 64,2 %. Це та вікова група у межах якої проєктуються прохідні рубки так і інші заходи направлені на покращення санітарного стану лісів.

Для змістовного відображення потенціалу насаджень для проведення у них рубок догляду, варто проаналізувати їх повнотну структуру (табл. 3.2. та 3.3).

Таблиця 3.2

Розподіл площ лісових насаджень Верховинського районного лісгоспу за віковими групами та повнотами, га

Вікова група	Група повнот				Разом
	0,64 і нижче	0,65-0,74	0,75-0,85	0,9 і вище	
До 10	97,0	35,4	41,3	0,0	173,7
11–20	98,3	164,6	388,3	16,4	667,6
21–40	580,1	467,6	1060,0	39,9	2147,6
41–80	8086,8	3667,5	1381,2	174,3	13309,8
Більше 80	3923,8	362,5	89,6	54,1	4430,0
Всього	12786,0	4697,6	2960,4	284,7	20728,7

Аналізуючи інформацію наведену у табл. 3.2 та 3.3, варто зазначити, що проведення освітлення може бути передбачено лише 0,8 % лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю. Дещо більше, близько 2 %, лісових ділянок можуть претендувати на проєктування у них прочищення, це повнота група від 0,75 і вище.

Таблиця 3.3

**Повнотна структура лісових насаджень Верховинського районного
лісгоспу за віковими групами, %**

Вікова група	Група повнот				Разом
	0,64 і нижче	0,65-0,74	0,75-0,85	0,9 і вище	
До 10	0,47	0,17	0,20	0,00	0,84
11–20	0,47	0,79	1,87	0,08	3,22
21–40	2,80	2,26	5,11	0,19	10,36
41–80	39,01	17,69	6,66	0,84	64,21
Більше 80	18,93	1,75	0,43	0,26	21,37
Всього	61,68	22,66	14,28	1,37	100,00

У свою чергу, проріджування можна проектувати у насадженнях головних лісотвірних деревних видів регіону дослідження з відносною повнотою 0,7 і вище. Таких насаджень у Верховинському районному лісгоспі є незначна кількість, а саме трохи більше 8 % площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок.

Щодо вікової групи у межах якої проектуються прохідні рубки, то відповідних насаджень з повнотою 0,8 і вище, де регламентовано здійснювати такі заходи згідно чинних нормативів, всього лише близько 7 % площі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю.

Детальний аналіз видової та повнотної структури лісового фонду Верховинського районного лісгоспу вказує на те, що основна частка лісових ділянок, де можна проектувати рубки догляду, припадає на ялинові, ялицеві та букові деревостани (табл. 3.4 та 3.5).

Таблиця 3.4

**Розподіл площ лісових насаджень Верховинського районного лісгоспу за
деревними видами та повнотами, га**

Деревний вид	Група повнот				Разом
	0,64 і нижче	0,65-0,74	0,75-0,85	0,9 і вище	
Ялина звичайна	10299,9	4311,8	2851,0	265,1	17727,8
Ялиця біла	226,0	32,7	21,2	0,6	280,5
Бук лісовий	1031,3	220,1	23,6	-	1275,0
Вільха сіра	508,0	113,1	25,9	-	647,00
Інші деревні види	720,8	19,9	38,7	19	798,40
Всього	12786,0	4697,6	2960,4	284,7	20728,7

Аналізуючи інформацію представлену у табл. 3.4 та 3.5, варто зазначити, що проєктування рубок догляду, можливо регламентувати у межах 12–15 % лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю досліджуваного підприємства, зокрема це в основному у ялинових насадженнях, лише близько 1 % у букових, решту це ялицеві насадження та насадження вільхи сірої.

Варто відмітити, що досить складно з економічної точки зору реалізовувати згадані лісгосподарські заходи, за умови їх значного територіального віддалення один від одного.

Для реалізації економічної оцінки ресурсу деревної біомаси заготовлено під час рубок догляду у насадженнях Верховинського районного лісгоспу на основі базових звітних матеріалів щодо лісгосподарської діяльності, було сформовано дослідні дані, що характеризують обсяги заготівлі деревини у межах рубок догляду за лісом (табл. 3.6).

Таблиця 3.5

**Повнотна структура лісових насаджень Верховинського районного
лісгоспу за деревними видами, %**

Деревний вид	Група повнот				Разом
	0,64 і нижче	0,65-0,74	0,75-0,85	0,9 і вище	
Ялина звичайна	49,69	20,80	13,75	1,28	85,52
Ялиця біла	1,09	0,16	0,10	0,001	1,35
Бук лісовий	4,98	1,06	0,11	-	6,15
Вільха сіра	2,45	0,55	0,12	-	3,12
Інші деревні види	3,48	0,10	0,19	0,09	3,85
Всього	61,68	22,66	14,28	1,37	100,00

Ресурсний потенціал деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду за лісом у Верховинському районному лісгоспі оцінювався у межах структурних підрозділів та деревних видів.

Таким чином для аналітичної оцінки використано дослідну інформацію про заготівлю деревної продукції під час проведення освітлень, прочисток, проріджень та прохідних рубок у межах щорічних заходів з поліпшення стану лісів та формування високопродуктивних та стійких лісових насаджень у гірських лісах України.

Здійснюючи детальний аналіз результатів оцінювання, слід відмітити, що на освітлення припадає 1,5 % від обсягу заготовленої лісової біомаси, на прочистку – 18,2 %, на прорідження – 40,4 % і на прохідну рубку – 39,9 %. Інформація про структуру заготівлі наведена у табл. 3.7.

Таблиця 3.6

**Розподіл заготовленої деревини у межах рубок догляду у
Верховинському районному лісгоспі, м³**

Структурний підрозділ (лісництво)	Види рубок догляду				Разом
	ОСВ	ПРЧ	ПРЖ	ПРХ	
Верхньоаясенівське	4	60	88	34	186
Верховинське	3	45	130	39	217
Довгопільське	5	42	104	132	283
Красницьке	5	50	108	95	258
Красноїлівське	3	25	75	132	235
Яблуницьке	-	20	31	98	149
Всього	20	242	536	530	1328

Таблиця 3.7

Структура заготовленої деревини у межах рубок догляду, %

Структурний підрозділ (лісництво)	Види рубок догляду				Разом
	ОСВ	ПРЧ	ПРЖ	ПРХ	
Верхньоаясенівське	0,30	4,52	6,63	2,56	14,01
Верховинське	0,23	3,39	9,79	2,94	16,34
Довгопільське	0,38	3,16	7,83	9,94	21,31
Красницьке	0,38	3,77	8,13	7,15	19,43
Красноїлівське	0,23	1,88	5,65	9,94	17,70
Яблуницьке	-	1,51	2,33	7,38	11,22
Всього	1,51	18,22	40,36	39,91	100

Загальна структура заготівлі деревини у межах рубок догляду за панівними деревними видами наведено у табл. 3.8 та рис. 3.1.

Таблиця 3.8

**Розподіл заготовленої деревини у межах рубок догляду у
Верховинському районному лісгоспі за деревними видами, м³**

Деревний вид	Види рубок догляду				Разом
	ОСВ	ПРЧ	ПРЖ	ПРХ	
Ялина звичайна	15	176	424	430	1045
Ялиця біла	-	23	30	28	81
Бук лісовий	5	32	53	60	150
Вільха сіра	-	5	18	-	23
Інші деревні види	-	6	11	12	29
Всього	20	242	536	530	1328

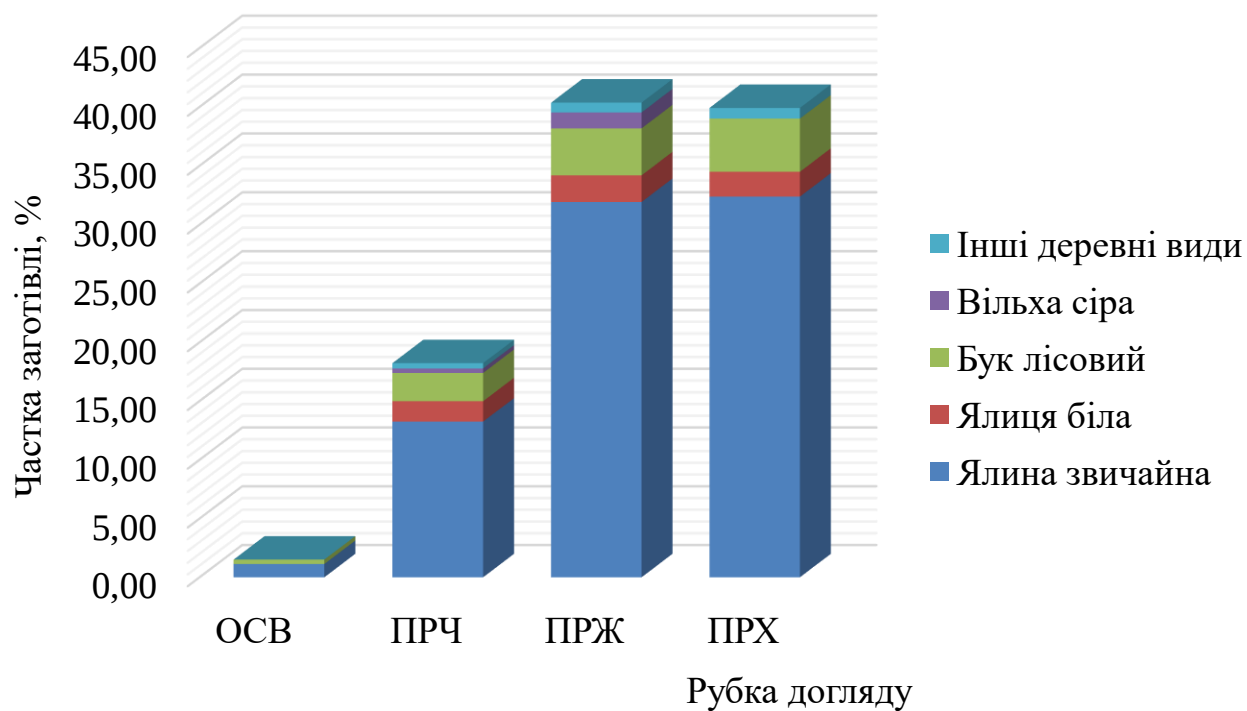


Рис. 3.1. Структура заготівлі деревини у межах рубок догляду

3.2. Економічна оцінка потенціалу деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду

Для здійснення економічної оцінки потенціалу деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду, на першому етапі проведено оцінювання розмірно-якісної структури заготовленої лісової біомаси (табл. 3.9), а потім також і її енергетичного потенціалу у вагових одиницях та одиницях первинної енергії (табл. 3.10 – 3.13).

В ході оцінювання енергетичного потенціалу деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду у Верховинському районному лісгоспі ключове значення для встановлення кількісних показників енергетичної цінності деревної біомаси має розмірно-якісна структура заготовленої лісопродукції. Згадані показники розмірно-якісної структури деревини від рубок догляду у межах Верховинського районного лісгоспу наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Розмірно-якісна структура деревини заготовленої під час рубок догляду у Верховинському районному лісгоспі, %

Обсяг заготівлі/ лісгосподарський захід	Категорія технічної придатності		Разом
	ділова	дрова	
Прорідження	14,0	86,0	100
Прохідна рубка	18,5	81,5	100
Всього	16,2	83,8	100

Цілком логічно, що у досліджуваній розмірно-якісній структурі деревної продукції домінує дров'яна деревина.

Водночас, також встановлено потенціал ресурсу заготовленої під час рубок догляду деревної біомаси у Верховинському районному лісгоспі у вагових одиницях, у межах структурних підрозділів та панівних лісотвірних видів (табл. 3.10 та 3.11).

Таблиця 3.10

Обсяги умовно енергетичної деревної біомаси у межах видів рубок та структурних підрозділів за 2025 рік, т

Структурний підрозділ (лісництво)	Види рубок догляду				Разом
	ОСВ	ПРЧ	ПРЖ	ПРХ	
Верхньоясенівське	2,8	42,0	61,6	23,8	130,2
Верховинське	2,1	31,5	91,0	27,3	151,9
Довгопільське	3,5	29,4	72,8	92,4	198,1
Красницьке	3,5	35	75,6	66,5	180,6
Красноїлівське	2,1	17,5	52,5	92,4	164,5
Яблуницьке	-	14	21,7	68,6	104,3
Всього	14,0	169,4	375,2	371	929,6

Загальний обсяг заготовленої у 2025 році деревної біомаси у межах проведення рубок догляду становить понад 900 тон.

Найбільший обсяг заготовленої біомаси зафіксовано у Довгопільському лісництві (198,1 т), найменший – у Яблуницькому (104,3 т), яке до того ж є єдиним підрозділом, де в межах освітлення біомаса не заготовлялася взагалі. Загальний обсяг у межах всіх лісництвах становить 929,6 т, з яких найбільшу частку забезпечують проріджування (375,2 т, або 40 %) та прохідні рубки (371,0 т, також близько 40 %), що разом формують понад 80 % усього енергетичного потенціалу деревної біомаси.

Освітлення формує мінімальні обсяги біомаси в усіх підрозділах (загалом лише 14,0 т), що може свідчити про переважання середньовікових і

пристигаючих деревостанів у складі лісового фонду підприємства та, відповідно, про зміщення доглядових заходів у бік пізніших стадій вирощування лісу.

Таблиця 3.11

**Обсяги умовно енергетичної деревної біомаси у межах видів рубок та
лісотвірних видів за 2025 рік, т**

Деревний вид	Види рубок догляду				Разом
	ОСВ	ПРЧ	ПРЖ	ПРХ	
Ялина звичайна	10,5	123,2	296,8	301,0	731,5
Ялиця біла	-	16,1	21,0	19,6	56,7
Бук лісовий	3,5	22,4	37,1	42,0	105,0
Вільха сіра	-	3,5	12,6	0,0	16,1
Інші деревні види	-	4,2	7,7	8,4	20,3
Всього	14,0	169,4	375,2	371,0	929,6

У видовому розрізі простежуються характерні закономірності розподілу біомаси за видами рубок. Для ялини звичайної основні обсяги зосереджені у проріджуванні та прохідних рубках (296,8 т і 301,0 т відповідно), що свідчить про значну площу середньовікових і пристигаючих ялинників. Бук лісовий також демонструє зростання обсягів біомаси від прочищень до прохідних рубок, тоді як вільха сіра представлена виключно у прочищеннях та проріджуваннях і повністю відсутня у прохідних рубках, що вказує на її переважно молодий вік і допоміжну роль у складі деревостанів. Освітлення як джерело біомаси є мінімальним для всіх видів і відсутнє для ялиці, вільхи та інших порід.

Енергетичний потенціал згаданого обсягу біомаси у одиницях первинної енергії представлено у табл. 3.12 та 3.13.

Таблиця 3.12

Обсяги умовно енергетичної деревної біомаси у межах видів рубок та структурних підрозділів за 2025 рік, ГДж

Структурний підрозділ (лісництво)	Види рубок догляду				Разом
	ОСВ	ПРЧ	ПРЖ	ПРХ	
Верхньоаясенівське	28,61	429,12	629,38	243,17	1330,27
Верховинське	21,46	321,84	929,76	278,93	1551,98
Довгопільське	35,76	300,38	743,81	944,06	2024,02
Красницьке	35,76	357,60	772,42	679,44	1845,22
Красноїлівське	21,46	178,80	536,40	944,06	1680,72
Яблуницьке	-	143,04	221,71	700,90	1065,65
Всього	143,04	1730,78	3833,47	3790,56	9497,86

Загалом у насадженнях досліджуваного підприємства енергетичний потенціал деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду становить 9,5 ТДж, що формується переважно за рахунок прорідження (ПРЖ) та прохідних рубок (ПРХ) – 40,4 % та 39,9 % відповідно. Натомість освітлення (ОСВ) забезпечує лише 1,5 % сукупного виходу біомаси, що свідчить про незначну частку молодняків у загальній структурі рубок догляду.

Показово, що у Красноїлівському та Довгопільському лісництвах частка прохідних рубок є переважаючою (944,06 ГДж у кожному), що свідчить про наявність середньовікових і пристиглих деревостанів з вираженою потребою у проведенні прохідних рубок. Водночас Верховинське лісництво вирізняється найвищим показником проріджувань (929,76 ГДж), що відображає значну частку жердняків у складі насаджень.

Таблиця 3.13

**Обсяги умовно енергетичної деревної біомаси у межах видів рубок та
лісотвірних видів за 2025 рік, ГДж**

Деревний вид	Види рубок догляду				Разом
	ОСВ	ПРЧ	ПРЖ	ПРХ	
Ялина звичайна	107,28	1258,75	3032,45	3075,36	7473,84
Ялиця біла	-	164,50	214,56	200,26	579,31
Бук лісовий	35,76	228,86	379,06	429,12	1072,80
Вільха сіра	-	35,76	128,74	0,00	164,50
Інші деревні види	-	42,91	78,67	85,82	207,41
Всього	143,04	1730,78	3833,47	3790,56	9497,86

На заключному етапі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи проведено економічне оцінювання визначених параметрів ресурсного потенціалу деревної біомаси, отриманої в ході рубок догляду в насадженнях Верховинського районного лісгоспу, з особливою увагою до перспектив її використання як енергетичної сировини.

З метою визначення економічних показників цього потенціалу здійснено порівняння енергетичної цінності відповідних обсягів деревної біомаси з вартістю природного газу (7,96 грн за 1 м³ природного газу), який вона здатна замінити в процесі енергетичного застосування.

Згідно з проведеними розрахунками, заготовлений обсяг деревної біомаси за своєю енергетичною цінністю відповідає приблизно 0,3 млн м³ природного газу. Відповідно, сукупна економічна оцінка зазначеного потенціалу становить орієнтовно 2,4–2,5 млн грн (табл. 3.14, 3.15). При цьому слід підкреслити, що наведена сума не включає витрат, пов'язаних із заготівлею та переробкою відповідної лісопродукції.

Таблиця 3.14

**Економічна оцінка енергетичного потенціалу деревної біомаси у межах
лісгосподарських заходів та структурних підрозділів, тис. грн**

Структурний підрозділ (лісництво)	Види рубок догляду				Разом
	ОСВ	ПРЧ	ПРЖ	ПРХ	
Верхньоясенівське	7,3	110,1	161,4	62,4	341,2
Верховинське	5,5	82,6	238,5	71,5	398,1
Довгопільське	9,2	77,0	190,8	242,2	519,2
Красницьке	9,2	91,7	198,1	174,3	473,3
Красноїлівське	5,5	45,9	137,6	242,2	431,1
Яблуницьке	0,0	36,7	56,9	179,8	273,3
Всього	36,7	443,9	983,3	972,3	2436,2

Таблиця 3.15

**Економічна оцінка енергетичного потенціалу деревної біомаси у межах
лісгосподарських заходів та панівних деревних видів, тис. грн**

Деревний вид	Види рубок догляду				Разом
	ОСВ	ПРЧ	ПРЖ	ПРХ	
Ялина звичайна	27,5	322,9	777,8	788,8	1917,0
Ялиця біла	0,0	42,2	55,0	51,4	148,6
Бук лісовий	9,2	58,7	97,2	110,1	275,2
Вільха сіра	0,0	9,2	33,0	0,0	42,2
Інші деревні види	0,0	11,0	20,2	22,0	53,2
Всього	36,7	443,9	983,3	972,3	2436,2

На сьогодні ринкова ціна паливної тріски складає орієнтовно 1 200 грн за тонну. За умови реалізації наявного ресурсного обсягу деревної біомаси саме у такому вигляді, при собівартості її виробництва на рівні 750–800 грн за тонну, підприємство має можливість додатково залучити до господарського обороту понад 1 млн грн. При цьому рентабельність виробництва може сягати 15–20 %, а очікуваний прибуток – становити від 200 до 250 тис. грн.

Висновки до розділу 3.

1. Вікова та повнотна структура лісового фонду Верховинського районного лісгоспу характеризується домінуванням насаджень віком 41–80 років (64,2 %), що зумовлює переважну орієнтацію рубок догляду на прохідні рубки, тоді як частка молодняків, придатних для освітлення та прочищення, є незначною – 0,8 % та 3,2 % відповідно.

2. Обмежений масштаб рубок догляду пов'язаний із тим, що загалом лише 12–15 % вкритих лісовою рослинністю ділянок відповідають нормативним вимогам щодо повноти для проведення відповідних заходів, причому переважно це ялинові насадження.

3. Загальний обсяг заготовленої деревної біомаси у межах рубок догляду за 2025 рік склав 1328 м³, з яких основна частка припадає на проріджування (40,4 %) та прохідні рубки (39,9 %), що разом формують понад 80 % сукупного виходу деревної біомаси.

4. Розмірно-якісна структура заготовленої деревини визначається суттєвим домінуванням дров'яної деревини – 83,8 %, що обумовлює переважно енергетичний напрям використання отриманої лісопродукції від рубок догляду.

5. Енергетичний потенціал заготовленої деревної біомаси становить 9,5 ТДж, при цьому найбільший внесок забезпечує ялина звичайна – 78,7 % від загального обсягу.

6. Економічна цінність енергетичного потенціалу деревної біомаси, оцінена через вартість еквівалентного обсягу природного газу (близько

0,3 млн м³), становить орієнтовно 2,4–2,5 млн грн, що підтверджує реальну господарську значущість деревних відходів від рубок догляду як відновлюваного енергетичного ресурсу.

7. Комерційна перспективність переробки заготовленої біомаси у паливну тріску може забезпечити рентабельність на рівні 15–20 %, а очікуваний прибуток – буде становити від 200 до 250 тис. грн.

ВИСНОВКИ

Включення деревної біомаси, отриманої в ході рубок догляду, до виробничого циклу лісогосподарських підприємств здатне зміцнити їхню фінансову стабільність і позитивно вплинути на розвиток економіки регіону. За результатами оцінювання ресурсного потенціалу деревної біомаси у Верховинському районному лісгоспі можна сформулювати такі висновки:

1. Лісорослинні умови досліджуваного підприємства сприятливі для вирощування високопродуктивних насаджень таких головних лісотвірних порід, як ялина європейська, ялиця біла, бук лісовий та інші.

2. Нині деревина та її відходи можуть виступати найбільш доступним і дешевим джерелом відновлювальної енергії для місцевих громад та об'єктів соціальної інфраструктури у межах району діяльності Верховинського районного лісгоспу.

4. Встановлено, що загальний обсяг заготовленої у 2025 році деревної біомаси у межах проведення рубок догляду становить понад 900 тон.

5. Щорічний енергетичний потенціал деревної біомаси заготовленої під час рубок догляду у Верховинському районному лісгоспі становить близько 9,5 ТДж.

6. Визначено, що загальна економічна оцінка згаданого потенціалу буде знаходитися на рівні 2,4–2,5 млн грн.

7. Реалізація згаданого ресурсного обсягу деревної біомаси у вигляді паливної тріски дозволить додатково залучити на підприємство понад 1 млн грн, забезпечуючи рентабельність на рівні 15–20 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бідолах Д. І., Васишин Р. Д., Миронюк В. В., Кузьович В. С., Підховна С. М. Оцінювання екосистемних послуг зелених насаджень з використанням інструменту i-Tree Eco. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2023. Вип. 33.2. С. 7–13.
2. Васишин Р. Д. Ліси Українських Карпат: особливості росту, біологічна та енергетична продуктивність. Монографія. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2016. 418 с.
3. Васишин Р. Д. Еколого-енергетичний потенціал лісів Українських Карпат та його стале використання. Монографія. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 305 с.
4. Васишин Р. Д., Лакида І. П., Мельник О. М., Лакида М. О., Римаренко Ю. П. Органічний вуглець у рослинній біомасі лісів Київщини. *Ukrainian journal of Forests and Wood science*. 2021. Vol. 12. No 3. P. 63–71.
5. Васишин Р. Д., Білоус А. М., Лакида П. І., Зібцев С. В., Шевчук О. В., Терентьев А. Ю., Васишин О. М. Нормативно-довідкові матеріали для оцінювання енергетичної функції лісів Українського Полісся : [науково-виробничий довідник]. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 81 с.
6. Васишин Р. Д., Лакида І. П. Оцінка енергетичного потенціалу деревної біомаси лісів Українського Полісся, пройдених бойовими діями. Актуальні проблеми дослідження лісових та урбоекосистем України в умовах воєнного стану: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 20 листопада 2024 року: тези доповідей. Київ, 2024. С. 34–35.
7. Дідух Я. П. Рослинний світ України в аспекті кліматичних змін. Київ : Наукова думка, 2023. 202 с.
8. Коваленко І. М. Лісова екологія з основами лісовідновлення та лісорозведення: підручник. Суми : ПФ Вид-во Університетська книга, 2018. 240 с.

9. Ковальчук І. П. Верховина. У: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін. (ред.). Енциклопедія Сучасної України. Т. 4. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України. 2005. URL: <https://esu.com.ua/article-33683>. DOI: 10.5281/zenodo.19895765.

10. Лакида П. І., Гелетука Г. Г., Василюшин Р. Д., та ін. Енергетичний потенціал біомаси в Україні. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2011. 28 с.

11. Лісотаксаційний довідник / уклад. Білоус А. М., Кашпор С. М., МIRONЮК В. В., Свинчук В. А., Леснік О. М. Київ : Видавничий дім «Вініченко», 2021. 424 с.

12. Максимів М. І. Обґрунтування значення відходів лісової деревної біомаси як біоенергетичного ресурсу в контексті сталого розвитку та пом'якшення наслідків зміни клімату. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2026. Вип. 33. С. 68–82. <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/Visnuk/article/view/3216>.

13. МIRONЮК В. В., Свинчук В. А., Білоус А. М., Василюшин Р. Д. Лісова таксація. Навчальний посібник. Київ : Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2019. 220 с.

14. Мішенін Є. В., Олійник Н. В. Розвиток ринку екосистемних послуг як напрямок прокритизованого зростання економіки України. *Механізм регулювання економіки*. 2010. № 3. Т.3. С.104–116.

15. Міщенко В. С., Данилюшин Б. М. Природно-ресурсна рента і рентна політика в Україні. *Економіка України*. 2003. № 12. С. 3–14.

16. Підготовка та впровадження проєктів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник / За ред. Г. Гелетуки. Київ : «Поліграф плюс», 2016. 104 с.

17. Публічний звіт голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2024 рік. Державне агентство лісових ресурсів України : веб-сайт. URL:

<https://forest.gov.ua/agentstvo/komunikaciyi-z-gromadskistyuu/publiczni-zviti-derzhlisagentstva>.

18. Савчук М. І., Василюшин Р. Д. Лісівничі особливості формування сухостою у ялинових насадженнях Вигодського надлісництва. Лісівнича освіта та наука в умовах національних викликів та європейської інтеграції України: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 5–6 червня 2025 року: тези доповідей. Київ, 2025. С. 141.

19. Трофимчук О., Адаменко О., Триснюк В. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду. Івано-Франківськ–Київ : ФОП «Супрун В. П.», 2020. 340 с.

20. Fu W. et al. Review of Remote Sensing-Based Methods for Forest Aboveground Biomass Estimation: Progress, Challenges, and Prospects. *Forests*. 2023. Vol. 14 (6), P. 1086. <https://doi.org/10.3390/f14061086>.

21. Guo Z. et al. Forest aboveground biomass estimation based on spaceborne LiDAR combining machine learning model and geostatistical method. *Frontiers in Plant Science*. 2024. Vol. 15. P. 1428268. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1428268>.

22. Hu H., Liu J., Ding D. et al. A review of measurement methods of forest carbon sequestration. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*. 2024. Vol. 44 (11). P. 58–69. <https://doi.org/10.14067/j.cnki.1673-923x.2024.11.007>.

23. Lakyda P., Bilous A., Shvidenko A., Myroniuk V., Matsala M., Vasylyshyn R., Holiaka D., Lakyda I. Ecosystem services of Ukrainian forests: a case study for the Polissya region. K. : NULES of Ukraine, 2018. 188 p.

24. Tigabu A., Gessesse A. A. Mapping forest cover change and estimating carbon stock using satellite-derived vegetation indices in Alemsaga forest. *PLOS ONE*. 2025. Vol. 20 (2). e0310780. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310780>.

25. Vasylyshyn R., Lakyda I., Soshenskyi O., Lakyda M., Melnyk O., Slusarchuk V. Environmentally balanced preconditions for use of logging residues in forests of Ukrainian Carpathians for energy production. *IOP Conference Series: Earth*

and Environmental Science. 2022. Vol. 1042 (012009), <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1042/1/012009>.

26. Vasylyshyn R., Lakyda I., Yurchuk Yu., Lakyda M., Melnyk O., Bondarchuk R. Energy potential of woody biomass in Ukraine's forests and prospects for its utilization as an alternative energy source. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. Vol. 1042 (012010), <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1042/1/012010>.

27. Vasylyshyn R. D., Lakyda I. P., Vasylyshyn O. M. Biomass and primary production of European spruce stands in Ukrainian Carpathians. *Modern aspects of scientific research in the context of modernization of biological and natural science education* : Collective monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2022. P. 40–62.

28. Vasylyshyn R. D., Lakyda I. P., Vasylyshyn O. M. Biomass and primary production of Silver Fir stands in Ukrainian Carpathians. *Scientific and educational dimensions of natural sciences* : Collective monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2023. P. 39–61.

29. Wong M. S. et al. LIDAR-Based Forest Biomass Remote Sensing: A Review of Metrics, Methods, and Assessment Criteria for the Selection of Allometric Equations. *Forests*. 2023. Vol. 14 (10). P. 2095. <https://doi.org/10.3390/f14102095>.

30. Wang Y. et al. Progress and Limitations in Forest Carbon Stock Estimation Using Remote Sensing Technologies: A Comprehensive Review. *Forests*. 2025. Vol. 16 (3). P. 449. <https://doi.org/10.3390/f16030449>.

31. Zapalowska A., Bashutska U. The Acquisition of Woody Biomass for Energy Purposes in Poland and Ukraine. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2016. Вип. 14. С. 17–22.

32. Zadbagher E., Marangoz A. M., Becak K. Estimation of above-ground biomass using machine learning approaches with InSAR and LiDAR data in tropical peat swamp forest of Brunei Darussalam. *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 2024. Vol. 17. P. 172–179. <https://doi.org/10.3832/ifor4434-017>.