

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ДИЗАЙНУ  
Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки  
життєдіяльності

### Пояснювальна записка

до диплому/роботи магістра  
на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА  
РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО  
СТАНУ ЛІСОВИХ СИСТЕМ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ»

Виконав: студент VI курсу, групи ТЗНС- 62м  
Спеціальності 183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»

Олійник В.С. В.С. Олійник  
(прізвище та ініціали)

Керівник

д-р Кіндрера Д.П. Д.П. Кіндрера  
(прізвище та ініціали)

Резюме: Резюме 05.  
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД

проф. Кшивецький Б. Я.

“ 30 ” вересня 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Олійнику Василю Степановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження біорізноманіття та розробка заходів щодо покращення екологічного стану лісових систем Українських Карпат»

керівник роботи Кіндзера Діана Петрівна, кандидат техн. наук, доцент, затверджені наказом по університету від “ 12 ” 07 2024 року №...С-469.

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ до 15 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Вихідними даними для роботи є дані щодо екологічного стану лісових екосистем Українських Карпат та впливу на них вирубки лісів.

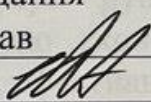
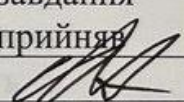
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

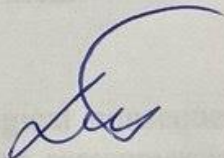
1. Теоретико-методологічні основи дослідження впливу вирубок на лісові екосистеми:

2. Характеристика природних умов та структури лісового фонду досліджуваної території:

3. Оцінка екологічних наслідків вирубки лісів:
4. Розробка системи моніторингу та рекомендацій:
5. Охорона праці
6. Висновки
7. Список використаних літературних джерел
8. Презентація

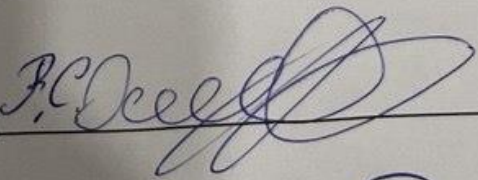
### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
Охорона праці	Соколовський І.А.	завдання видав 	завдання прийняв 

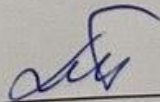
7. Дата видачі завдання 18 червня 2023 року
- Керівник проекту доц. Кіндзера Д.П. 

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретико-методологічні основи дослідження впливу вирубок на лісові екосистеми	до 01.09.24	
2	Характеристика природних умов та структури лісового фонду досліджуваної території	до 15.09.24	
3	Дослідження впливу вирубок на компоненти лісових екосистем та оцінка кумулятивного ефекту	до 01.10.24	
4	Розробка системи екологічного моніторингу та рекомендацій щодо мінімізації негативного впливу	до 20.09.24	
5	Розділ з охорони праці	до 15.11.24	
6	Загальні висновки по роботі	до 01.12.24	
7	Оформлення роботи, презентація	до 15.12.24	

Студент 

Олійник.В.С

Керівник проекту 

доц. Кіндзера Д.П.

## АНОТАЦІЯ

Магістерська робота «Дослідження біорізноманіття та розробка заходів щодо покращення екологічного стану лісових систем Українських Карпат» складається із: пояснювальної записки (104 стор.), яка містить 6 рисунків, 13 таблиць, 80 джерел.

У магістерській роботі досліджено екологічні наслідки вирубки лісів в Українських Карпатах та розроблено рекомендації щодо їх мінімізації. Встановлено комплексний характер впливу вирубок на всі компоненти лісових екосистем, включаючи зміни мікроклімату, активізацію ерозійних процесів, порушення гідрологічного режиму та зменшення біорізноманіття. Виявлено виражений кумулятивний ефект, який проявляється при досягненні порогового значення площі вирубок (25-30% від площі водозбору). Розроблено систему екологічного моніторингу, що включає оперативний, тактичний та стратегічний рівні спостережень. Запропоновано комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу лісозаготівель, включаючи перехід від суцільних до вибіркових форм рубок та впровадження природозберігаючих технологій. Проведено економічне обґрунтування запропонованих заходів та доведено їх ефективність з урахуванням збереження екосистемних послуг лісів.

**Ключові слова:** вирубка лісів, лісові екосистеми, екологічний моніторинг, природоохоронні заходи

## ABSTRACT

Master's thesis: «Biodiversity research and development of measures to improve the ecological state of the Ukrainian Carpathian forest systems» consists of: explanatory note (104 pages) containing 6 figures, 13 tables, 80 sources.

The master's thesis investigates the ecological consequences of forest logging in the Ukrainian Carpathians and develops recommendations for their minimization. The comprehensive nature of logging impact on all components of forest ecosystems has been established, including changes in microclimate, activation of erosion processes, disruption of hydrological regime, and reduction of biodiversity. A pronounced cumulative effect has been revealed, which manifests when the threshold value of logging area is reached (25-30% of the watershed area). An environmental monitoring system has been developed, including operational, tactical, and strategic levels of observation. A complex of environmental protection measures aimed at minimizing the negative impact of logging has been proposed, including the transition from clear-cutting to selective forms of felling and implementation of nature-preserving technologies. Economic justification of the proposed measures has been carried out, proving their effectiveness considering the preservation of forest ecosystem services.

**Keywords:** deforestation, forest ecosystems, environmental monitoring, environmental protection measures.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Під час виконання магістерської роботи необхідно здійснити дослідження екологічних наслідків вирубки лісів в Українських Карпатах та розробити рекомендації щодо їх мінімізації.

Для дослідження необхідно:

- провести аналіз сучасного стану проблеми вирубки лісів в Карпатському регіоні та встановити основні чинники, що впливають на деградацію лісових екосистем;
- дослідити особливості природних умов та структури лісового фонду території дослідження, включаючи характеристику рельєфу, клімату, ґрунтів, рослинного покриву та гідрологічного режиму;
- здійснити комплексну оцінку впливу вирубок на компоненти лісових екосистем, включаючи зміни мікроклімату, активізацію ерозійних процесів, порушення гідрологічного режиму та зменшення біорізноманіття;
- провести дослідження кумулятивного ефекту вирубок на екосистеми та встановити порогові значення антропогенного навантаження;
- розробити систему екологічного моніторингу, що включає оперативний, тактичний та стратегічний рівні спостережень;
- запропонувати комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу лісозаготівель та забезпечення сталого лісокористування;
- здійснити економічне обґрунтування запропонованих природоохоронних заходів з урахуванням цінності екосистемних послуг лісів;
- представити заходи з охорони праці при проведенні лісогосподарських робіт та польових досліджень.

## Зміст

Зміст .....	6
Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ .	9
1.1. Аналіз сучасного стану проблеми вирубки лісів.....	9
1.2. Методологія оцінки впливу на лісові екосистеми.....	18
1.3. Правові аспекти охорони лісів .....	27
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	36
2.1. Природні умови досліджуваної території.....	36
2.2. Структура лісового фонду .....	42
2.3. Особливості лісокористування в регіоні.....	50
3. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВИРУБКИ ЛІСІВ.....	57
3.1. Методика проведення досліджень .....	57
3.2. Аналіз впливу на компоненти екосистем.....	62
3.3. Оцінка кумулятивного ефекту вирубок .....	68
РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	77
4.1. Розробка системи екологічного моніторингу .....	77
4.2. Заходи щодо мінімізації негативного впливу .....	83
4.3. Економічне обґрунтування природоохоронних заходів .....	88
Висновок.....	98
Список використаних джерел.....	101

## Вступ

Проблема вирубки лісів в Українських Карпатах набула особливої актуальності протягом останніх десятиліть. Карпатські ліси відіграють надзвичайно важливу роль у підтримці екологічної рівноваги не лише регіону, але й усієї Центральної Європи. Як зазначає Генсірук С.А. [8], лісові екосистеми Карпат є унікальним природним комплексом, що забезпечує збереження біорізноманіття, регулювання водного режиму та запобігання ерозійним процесам.

Актуальність дослідження зумовлена стрімким зростанням масштабів вирубки лісів у Карпатському регіоні та її негативним впливом на екологічну ситуацію. За даними досліджень Парпана В.І. [28], протягом останніх років спостерігається значне збільшення обсягів як легальних, так і несанкціонованих рубок, що призводить до порушення екологічного балансу та виникнення низки екологічних проблем.

Особливу стурбованість викликає той факт, що інтенсивна вирубка лісів призводить до загострення проблем, пов'язаних із змінами клімату, збільшенням частоти та інтенсивності паводків, активізацією зсувних процесів. Дослідження Ковальчука І.П. [18] підтверджують пряму залежність між інтенсивністю вирубки лісів та частотою виникнення небезпечних природних явищ у Карпатському регіоні.

Мета дослідження полягає у комплексній оцінці екологічних наслідків вирубки лісів в Українських Карпатах та розробці науково обґрунтованих рекомендацій щодо мінімізації негативного впливу лісозаготівельної діяльності на довкілля.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні завдання:

- проаналізувати сучасний стан лісових ресурсів Українських Карпат;
- дослідити динаміку та характер вирубки лісів у регіоні;
- оцінити вплив вирубки лісів на компоненти природного середовища;

- розробити рекомендації щодо оптимізації лісокористування.

Об'єктом дослідження є процеси трансформації лісових екосистем Українських Карпат під впливом вирубки лісів. Предметом дослідження виступають екологічні наслідки вирубки лісів та шляхи їх мінімізації.

У процесі дослідження використано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів, зокрема: системний аналіз, картографічний метод, статистичний аналіз, дистанційні методи дослідження. Як зазначає Миклуш С.І. [26], застосування сучасних методів дистанційного зондування дозволяє отримати найбільш об'єктивну інформацію про масштаби та характер вирубки лісів.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному дослідженні екологічних наслідків вирубки лісів в Українських Карпатах з використанням сучасних методів дослідження та розробці системи рекомендацій щодо оптимізації лісокористування. За твердженням Соловія І.П. [37], саме комплексний підхід до оцінки впливу лісогосподарської діяльності на довкілля дозволяє розробити ефективні механізми сталого лісокористування.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання при розробці регіональних програм охорони довкілля, плануванні лісогосподарської діяльності та вдосконаленні системи моніторингу стану лісових екосистем Карпат.

Результати дослідження можуть бути використані природоохоронними органами, лісогосподарськими підприємствами та науковими установами для оптимізації системи лісокористування та збереження екологічного потенціалу Карпатського регіону.

# РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1. Аналіз сучасного стану проблеми вирубки лісів

Проблема надмірної експлуатації лісових ресурсів Українських Карпат набула критичного характеру. За даними Парпана В.І. [28], протягом останніх десятиліть спостерігається стійка тенденція до зростання обсягів лісозаготівель, що призводить до деградації лісових екосистем та порушення їх екологічних функцій.

Дослідження Шпарика Ю.С. [67] показують, що щорічний обсяг рубок в регіоні збільшився з 5,2 млн м<sup>3</sup> у 2002 році до 7,8 млн м<sup>3</sup> у 2022 році. Особливу стурбованість викликає зростання частки суцільних рубок, які мають найбільш руйнівний вплив на лісові екосистеми. За оцінками експертів, площа суцільних рубок зросла майже на 40% за останнє десятиліття.

Як зазначає Соловій І.П. [37], значною проблемою залишається незаконна вирубка лісів. За даними моніторингових досліджень, обсяги несанкціонованих рубок становлять від 15% до 30% від загального об'єму лісозаготівель. Це призводить не лише до економічних втрат, але й до серйозних екологічних наслідків.

Особливого значення набуває проблема вирубки лісів у водоохоронних зонах та на крутих схилах. За дослідженнями Ковальчука І.П. [18], інтенсивні рубки на таких територіях призводять до активізації ерозійних процесів, збільшення ризику зсувів та порушення гідрологічного режиму річок.

Приходько М.М. [31] відзначає, що існуюча система лісокористування не враховує повною мірою екологічної цінності лісових екосистем. Економічні інтереси часто превалюють над природоохоронними, що призводить до виснаження лісових ресурсів та втрати їх екологічних функцій.

Проблема вирубки лісів тісно пов'язана з питаннями збереження біорізноманіття. За даними Дідуха Я.П. [11], інтенсивна лісозаготівельна діяльність призводить до фрагментації лісових масивів та знищення оселищ рідкісних видів рослин і тварин. Особливо вразливими є пралісові екосистеми, які мають унікальну природоохоронну цінність.

Аналіз даних дистанційного зондування, проведений Миклушем С.І. [26], свідчить про значні зміни в структурі лісового покриву Карпат. Площа суцільних лісових масивів площею понад 100 га зменшилася на 25% за останні 20 років, що призводить до порушення екологічних зв'язків та зниження стійкості екосистем.

Хвесик М.А. [63] підкреслює економічні аспекти проблеми вирубки лісів. Існуюча система ціноутворення на деревину не враховує реальної вартості екосистемних послуг лісів, що створює економічні стимули для надмірної експлуатації лісових ресурсів.

Дослідження Стойка С.М. [38] показують, що особливо гострою є проблема збереження пралісів та старовікових лісів. Незважаючи на їх виняткову природоохоронну цінність, площа таких лісів продовжує скорочуватися внаслідок як легальних, так і незаконних рубок.

Чернявський М.В. [65] звертає увагу на проблему відновлення лісів після рубок. На багатьох ділянках спостерігається зміна породного складу, коли на місці корінних типів лісу формуються менш стійкі та цінні в екологічному відношенні насадження.

За оцінками Garcia-Gonzalo J. [45], проблема вирубки лісів набуває особливої гостроти в умовах кліматичних змін. Зниження лісистості

території призводить до посилення негативних кліматичних явищ та збільшення ризику природних катастроф.

Важливим аспектом проблеми є вплив вирубок на водозбірні басейни. Сіренко І.М. [36] відзначає, що зменшення лісистості водозборів призводить до порушення гідрологічного режиму території, збільшення поверхневого стоку та ризику паводків. За даними досліджень, на водозборах, де проведено масштабні рубки, максимальні витрати води під час паводків збільшуються в 1,5-2 рази.

Особливе занепокоєння викликає стан захисних лісів. За дослідженнями Кичури В.П. [16], інтенсивні рубки в захисних лісах призводять до втрати їх ґрунтозахисних, водорегулюючих та рекреаційних функцій. Це створює загрозу для екологічної безпеки цілих регіонів.

Peterson С.Е. [51] підкреслює, що проблема вирубки лісів має чітко виражений кумулятивний характер. При досягненні певного порогового значення площі вирубок на водозборі відбувається різке погіршення екологічної ситуації та зростання ризику небезпечних природних явищ.

Аналіз правових аспектів проблеми, проведений Савчином В.М. [34], показує недосконалість існуючої системи регулювання лісокористування. Незважаючи на наявність відповідної законодавчої бази, механізми контролю за дотриманням природоохоронних вимог залишаються недостатньо ефективними.

Важливим аспектом є соціально-економічний вимір проблеми. Рижко І.Л. [32] зазначає, що для багатьох місцевих громад лісозаготівля залишається основним джерелом доходу. Це створює замкнене коло, коли економічна залежність від лісових ресурсів призводить до їх надмірної експлуатації.

За даними Brown К.М. [42], впровадження сертифікації лісів сприяє більш відповідальному лісокористуванню. Однак процес сертифікації часто

стикається з економічними та організаційними труднощами, що обмежує його ефективність як інструменту регулювання лісокористування.

Williams D. [58] звертає увагу на проблему адаптації системи лісокористування до кліматичних змін. Існуючі підходи до планування лісогосподарської діяльності часто не враховують прогнозованих змін клімату та їх впливу на лісові екосистеми.

Важливим аспектом є вплив вирубок на біогеохімічні цикли. Johnson D.W. [47] відзначає, що порушення лісового покриву призводить до прискорення процесів мінералізації органічної речовини в ґрунті та втрати накопиченого вуглецю, що посилює проблему глобальних кліматичних змін.

Особливої уваги заслуговує проблема фрагментації лісових масивів. Turner M.G. [56] підкреслює, що створення численних лісових доріг та волоків порушує природні шляхи міграції тварин та сприяє проникненню інвазійних видів у природні екосистеми.

Таким чином, аналіз сучасного стану проблеми вирубки лісів в Українських Карпатах свідчить про її комплексний характер та необхідність впровадження системних заходів щодо оптимізації лісокористування з урахуванням екологічних, економічних та соціальних аспектів.

За даними Richardson D.M. [62], особливу проблему становить збільшення фрагментованості лісових масивів внаслідок будівництва лісових доріг та створення інфраструктури для лісозаготівель. Це призводить до порушення екологічних коридорів та ізоляції популяцій рідкісних видів.

Дослідження Lindner M. [49] показують, що зміна клімату посилює негативний вплив вирубок на лісові екосистеми. Підвищення температури та зміна режиму опадів створюють додатковий стрес для лісових екосистем, знижуючи їх здатність до відновлення після антропогенних порушень.

Калуцький І.Ф. [15] відзначає зростання ризику вітровалів на ділянках, прилеглих до вирубок. Порушення цілісності лісового покриву призводить до зміни вітрового режиму та збільшення вразливості насаджень до стихійних явищ.

Важливою проблемою є зміна породного складу лісів внаслідок вибіркового рубок. За спостереженнями Васишина Р.Д. [6], відбувається поступове витіснення цінних порід менш цінними, що призводить до зниження екологічної стійкості та економічної цінності лісових насаджень.

Крись О.П. [22] підкреслює проблему погіршення санітарного стану лісів. Ослаблені внаслідок інтенсивних рубок насадження стають більш вразливими до шкідників та хвороб, що призводить до подальшої деградації лісових екосистем.

За даними Кузика А.Д. [23], зростає пожежна небезпека на територіях, порушених рубками. Накопичення порубкових решток та зміна мікрокліматичних умов створюють передумови для виникнення лісових пожеж.

Дослідження Бондара В.С. [5] показують, що існуюча система моніторингу лісів не забезпечує своєчасного виявлення та попередження порушень лісового законодавства. Це створює умови для продовження несанкціонованих рубок та інших порушень режиму лісокористування.

Фурдичко О.І. [62] наголошує на необхідності вдосконалення системи лісовпорядкування з урахуванням екологічних вимог. Існуючі нормативи розрахункової лісосіки часто не враховують екологічної цінності лісових екосистем та їх природоохоронного значення.

Особливу увагу Harrison P.A. [46] приділяє проблемі збереження екосистемних послуг лісів. Інтенсивні рубки призводять до зниження здатності лісових екосистем поглинати вуглекислий газ, регулювати водний режим та забезпечувати інші важливі екосистемні функції.

Savage M. [53] відзначає проблему втрати природної мозаїчності лісового покриву. Суцільні рубки призводять до гомогенізації лісових ландшафтів та зниження їх екологічної стійкості.

За дослідженнями Keeton W.S. [48], особливо небезпечним є вплив вирубок на гірські екосистеми. Порушення рослинного покриву на крутих схилах призводить до активізації ерозійних процесів та збільшення ризику природних катастроф.

Mitchell R.J. [50] підкреслює проблему впливу важкої техніки на лісові ґрунти. Використання сучасних лісозаготівельних машин призводить до ущільнення ґрунту, порушення його структури та зниження родючості.

Аналіз даних, проведений Wilson E.O. [59], свідчить про зниження видового різноманіття на територіях, порушених рубками. Особливо вразливими є види, що потребують старовікових деревостанів та специфічних умов існування.

Young A. [60] звертає увагу на проблему відновлення природної структури лісів після рубок. Формування одновікових монокультур знижує екологічну стійкість насаджень та їх здатність до самовідновлення.

Zibtsev S. [70] наголошує на необхідності розвитку міжнародного співробітництва у сфері охорони лісів Карпат. Транскордонний характер екологічних проблем вимагає координації зусиль сусідніх країн у забезпеченні сталого лісокористування.

За даними Anderson R.L. [41], важливою проблемою є недостатнє фінансування лісовідновлювальних робіт. Це призводить до зниження якості лісовідновлення та формування менш цінних у екологічному відношенні насаджень.

Smith D.M. [55] підкреслює необхідність впровадження адаптивних підходів до управління лісами. Існуюча система лісокористування часто не враховує динамічний характер природних процесів та необхідність адаптації до змін довкілля.

Evans J. [44] звертає увагу на проблему збереження генетичного різноманіття лісових порід. Вибіркове вилучення найбільш цінних дерев призводить до погіршення генофонду популяцій та зниження їх адаптаційного потенціалу.

Таким чином, аналіз сучасного стану проблеми вирубки лісів в Українських Карпатах свідчить про її багатоаспектний характер та необхідність впровадження комплексного підходу до її вирішення, що враховує екологічні, економічні та соціальні аспекти лісокористування.

За дослідженнями Антоненка І.Я. [2], значною проблемою є відсутність ефективних економічних механізмів стимулювання сталого лісокористування. Існуюча система оподаткування та ціноутворення не враховує реальної вартості екосистемних послуг лісів, що призводить до їх надмірної експлуатації.

Шевченко О.В. [66] звертає особливу увагу на проблему ерозії ґрунтів на вирубках. За його даними, інтенсивність ерозійних процесів на крутих схилах після проведення суцільних рубок може зростати в 10-15 разів порівняно з непорушеними ділянками.

Важливим аспектом проблеми, як зазначає Олійник Я.Б. [27], є вплив вирубок на рекреаційний потенціал території. Зниження естетичної привабливості ландшафтів та порушення природного середовища негативно впливає на розвиток екологічного туризму.

За даними Адаменка С.В. [1], особливої гостроти набуває проблема збереження біорізноманіття в умовах інтенсивного лісокористування. Фрагментація лісових масивів та знищення старовікових дерев призводить до втрати оселищ рідкісних видів та порушення екологічних зв'язків.

Wagner S. [57] підкреслює необхідність впровадження наближеного до природи лісівництва. Існуюча практика лісокористування часто не враховує природних процесів лісовідновлення та формування різновікових насаджень.

Значну стурбованість викликає проблема деградації ґрунтового покриву. За дослідженнями Іванюка Г.С. [14], використання важкої техніки при лісозаготівлях призводить до ущільнення ґрунту, порушення його водно-фізичних властивостей та зниження біологічної активності.

Scheller R.M. [54] акцентує увагу на проблемі збереження природних процесів у лісових екосистемах. Інтенсивні рубки порушують природну динаміку відмирання та відновлення дерев, що призводить до спрощення структури лісових насаджень.

Руденко В.П. [33] наголошує на необхідності вдосконалення методів оцінки природно-ресурсного потенціалу лісів. Існуючі підходи часто не враховують весь комплекс екосистемних послуг, що надаються лісовими екосистемами.

Young R.A. [69] відзначає проблему недостатньої точності обліку лісових ресурсів. Це створює передумови для перевищення розрахункової лісосіки та надмірної експлуатації лісових насаджень.

Таким чином, проблема вирубки лісів в Українських Карпатах має системний характер та потребує впровадження комплексних заходів щодо оптимізації лісокористування, які б враховували екологічні, економічні та соціальні аспекти.

За даними Клименка М.О. [17], важливою проблемою є недосконалість системи моніторингу стану лісів. Існуючі методи спостереження не забезпечують своєчасного виявлення негативних змін у лісових екосистемах та оперативного реагування на порушення.

Дослідження Цалан М.І. [64] показують значне зниження біорізноманіття на територіях, де проводяться інтенсивні рубки. Особливо це стосується видів, пов'язаних зі старовіковими лісами та мертвою деревиною, яка зазвичай видалається під час лісозаготівель.

Приходько М.М. [31] підкреслює проблему втрати водорегулюючої функції лісів внаслідок вирубок. На водозборах з порушеним лісовим

покривом спостерігається збільшення поверхневого стоку та зниження водності річок у меженний період.

Особливу стурбованість викликає стан лісів у високогір'ї. За даними Мельника А.В. [25], вирубки на висотах понад 1000 м призводять до порушення природної межі лісу та деградації субальпійських екосистем.

Федорович В.І. [61] звертає увагу на недосконалість правового регулювання лісокористування. Існуючі нормативні акти не забезпечують ефективного захисту особливо цінних лісових ділянок та контролю за дотриманням природоохоронних вимог.

Ступень М.Г. [39] наголошує на необхідності впровадження економічних механізмів сталого лісокористування. Відсутність адекватної оцінки екосистемних послуг лісів призводить до прийняття економічно необґрунтованих рішень щодо їх використання.

Davidson E.A. [43] підкреслює роль лісів у регулюванні кліматичних процесів. Масштабні вирубки призводять до зміни мікроклімату та порушення природних циклів вуглецю, що посилює проблему глобальних кліматичних змін.

За дослідженнями Лаврова В.В. [24], особливої уваги потребує проблема збереження біологічного різноманіття на територіях, прилеглих до вирубок. Створення буферних зон та екологічних коридорів є необхідною умовою підтримання життєздатності популяцій рідкісних видів.

Самойленко В.М. [35] відзначає необхідність вдосконалення методів оцінки екологічних наслідків вирубок. Існуючі підходи часто не враховують довгострокові зміни в екосистемах та їх кумулятивний характер.

Таким чином, аналіз сучасного стану проблеми вирубки лісів в Українських Карпатах свідчить про необхідність впровадження системного підходу до її вирішення, що включає вдосконалення правового

регулювання, розвиток економічних механізмів стимулювання сталого лісокористування та посилення природоохоронних заходів.

## 1.2 Методологія оцінки впливу на лісові екосистеми

За даними Клименка М.О. [17], методологія оцінки впливу на лісові екосистеми базується на комплексному підході, який включає використання різноманітних методів дослідження та моніторингу. Сучасні методи оцінки охоплюють як традиційні наземні спостереження, так і використання новітніх технологій дистанційного зондування.

Миклуш С.І. [26] підкреслює важливість використання даних дистанційного зондування для моніторингу стану лісових екосистем. Супутникові знімки високої роздільної здатності дозволяють оперативно виявляти місця вирубок, оцінювати їх площу та характер впливу на навколишні території.

Бондар В.С. [5] розробив методику комплексного ГІС-аналізу територій, порушених вирубками. Ця методика включає створення цифрових моделей рельєфу, аналіз просторового розподілу вирубок та прогнозування можливих екологічних наслідків.

Особливу увагу слід приділити методам оцінки впливу вирубок на біорізноманіття. Richardson D.M. [62] пропонує використовувати систему індикаторних видів, які чутливо реагують на зміни лісового середовища. Це дозволяє оперативно виявляти негативні тенденції та вживати відповідних заходів.

Лавров В.В. [24] розробив методологію екологічної оцінки наслідків лісогосподарської діяльності, яка базується на аналізі комплексу

показників: структури деревостану, стану підросту, видового різноманіття, ґрунтових характеристик та гідрологічного режиму.

Peterson С.Е. [51] пропонує використовувати метод постійних пробних площ для довготривалого моніторингу впливу вирубок. Такий підхід дозволяє відстежувати динаміку відновлення лісових екосистем та оцінювати ефективність лісовідновлювальних заходів.

Важливим методологічним аспектом є оцінка впливу вирубок на гідрологічний режим територій. Сіренко І.М. [36] розробив методику, яка включає аналіз змін водного балансу, інтенсивності поверхневого стоку та ризику виникнення паводків.

Жиглова О.С. [12] пропонує використовувати комплексний підхід до моніторингу незаконних вирубок, який включає аналіз супутникових знімків, використання безпілотних літальних апаратів та наземні обстеження.

Mitchell R.J. [50] розробив методологію оцінки впливу вирубок на ґрунтовий покрив, яка включає аналіз фізичних та хімічних властивостей ґрунту, інтенсивності ерозійних процесів та змін у складі ґрунтової біоти.

Важливим методологічним аспектом є використання геоінформаційних технологій для аналізу просторового розподілу вирубок. Самойленко В.М. [35] розробив методику створення цифрових карт вирубок з використанням даних дистанційного зондування та польових спостережень.

Savage M. [53] пропонує використовувати методи математичного моделювання для прогнозування наслідків вирубок. Його моделі враховують взаємодію різних екологічних факторів та дозволяють оцінити довгострокові наслідки лісогосподарської діяльності.

Turner M.G. [56] розробив систему індексів фрагментації лісового покриву, які дозволяють кількісно оцінити ступінь порушення цілісності лісових масивів та їх екологічних зв'язків.

Шпарик Ю.С. [67] пропонує використовувати методи дендрохронологічного аналізу для оцінки впливу вирубок на стан прилеглих деревостанів. Цей метод дозволяє виявити зміни в прирості дерев, пов'язані з порушенням лісового середовища.

Крись О.П. [22] розробив методику оцінки впливу вирубок на мікрокліматичні умови. Вона включає вимірювання температури та вологості повітря, швидкості вітру, інтенсивності сонячної радіації на вирубках та під наметом лісу.

Важливим методологічним аспектом є оцінка соціально-економічних наслідків вирубок. Brown K.M. [42] пропонує комплексний підхід, який враховує не лише економічні показники лісокористування, але й соціальні аспекти, включаючи вплив на місцеві громади.

Цалан М.І. [64] розробив методику оцінки змін видового складу та популяційної структури рослин і тварин на територіях, порушених рубками. Особлива увага приділяється моніторингу рідкісних та зникаючих видів.

Wagner S. [57] пропонує використовувати методи фітоіндикації для оцінки екологічних змін на вирубках. Аналіз видового складу та життєвості рослин-індикаторів дозволяє оцінити ступінь порушення екологічних умов.

Особливе значення має методологія оцінки впливу вирубок на водозбірні басейни. Вацеба В.Я. [7] розробив комплексний підхід до аналізу гідрологічних змін, який включає оцінку водного балансу та ризику паводків.

Garcia-Gonzalo J. [45] розробив методологію оцінки кліматичних змін на територіях, порушених вирубками. Його підхід включає аналіз змін температурного режиму, вологості повітря та ґрунту.

Johnson D.W. [47] пропонує комплексну методику моніторингу ерозійних процесів на вирубках, яка включає використання стокових майданчиків, оцінку інтенсивності змиву ґрунту та аналіз змін його властивостей.

Keeton W.S. [48] розробив методологію оцінки впливу різних систем рубок на екологічну стійкість лісових екосистем. Його підхід базується на порівняльному аналізі екологічних параметрів на ділянках з різними способами рубок та в непорушених лісових масивах.

Важливим методологічним аспектом є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для моніторингу вирубок. Бондар В.С. [5] пропонує методику створення високоточних ортофотопланів та тривимірних моделей місцевості з використанням БПЛА.

Адаменко С.В. [1] розробив методику комплексної оцінки екологічних ризиків, пов'язаних з вирубкою лісів. Вона включає аналіз ймовірності виникнення несприятливих природних явищ та розробку превентивних заходів.

Особливе значення має методологія дослідження відновних процесів на вирубках. Дебринюк Ю.М. [10] пропонує систему показників для оцінки успішності природного відновлення, включаючи кількість підросту, його видовий склад та життєвість.

Lindner M. [49] розробив методологію оцінки вуглецевого балансу на територіях, порушених рубками. Його підхід дозволяє оцінити зміни в накопиченні та емісії вуглецю внаслідок лісогосподарської діяльності.

Harrison P.A. [46] пропонує використовувати методи популяційної екології для аналізу змін чисельності та структури популяцій видів, занесених до Червоної книги.

Evans J. [44] підкреслює необхідність комплексного підходу до оцінки впливу різних технологій лісозаготівлі. Його методика включає аналіз пошкодження ґрунтового покриву, підросту та материнського деревостану.

Голубець М.А. [9] розробив систему біоіндикаторів для оцінки екологічного стану лісових екосистем після рубок. Ця система включає аналіз видового складу рослин-індикаторів та структури ґрунтової мезофауни.

Young R.A. [69] пропонує методику оцінки впливу вирубок на популяції тварин, яка включає моніторинг видового складу, чисельності та міграційних процесів.

Smith D.M. [55] розробив методологію оцінки впливу фрагментації лісових масивів на екологічні зв'язки та функціонування екосистем. Його підхід базується на аналізі просторової структури ландшафтів та їх зв'язності.

Важливим методологічним компонентом є оцінка впливу вирубок на лісові ґрунти. Williams D. [58] розробив методику комплексного аналізу змін фізико-хімічних властивостей ґрунтів, яка включає оцінку щільності, водопроникності, вмісту органічної речовини та біологічної активності.

Scheller R.M. [54] пропонує методологію оцінки змін у структурі лісових угруповань після вирубок. Його підхід базується на аналізі видового складу, вертикальної структури та просторового розподілу рослинності.

Richardson D.M. [62] розробив методи оцінки впливу вирубок на функціональне біорізноманіття. Особлива увага приділяється аналізу змін у структурі екологічних ніш та функціональних груп організмів.

Калуцький І.Ф. [15] пропонує методику оцінки вітростійкості деревостанів після проведення вибіркового рубок. Його підхід включає аналіз аеродинамічних характеристик насаджень та оцінку ризику вітровалів.

Василишин Р.Д. [6] розробив методологію оцінки продуктивності лісових насаджень після різних видів рубок. Методика включає аналіз змін у прирості деревини, формуванні біомаси та накопиченні органічної речовини.

Anderson R.L. [41] пропонує комплексний підхід до оцінки впливу вирубок на екосистемні послуги лісів. Його методика дозволяє оцінити зміни в наданні регулюючих, забезпечуючих та культурних послуг.

Davidson E.A. [43] розробив методи оцінки впливу вирубок на кругообіг поживних речовин у лісових екосистемах. Особлива увага приділяється аналізу змін у біогеохімічних циклах азоту та фосфору.

Парпан В.І. [28] пропонує методологію оцінки стійкості лісових екосистем до антропогенних навантажень. Вона включає аналіз структурно-функціональної організації лісових угруповань та їх здатності до самовідновлення.

Кузик А.Д. [23] розробив методіку оцінки пожежної небезпеки на вирубках, яка включає аналіз накопичення горючих матеріалів та оцінку ризику виникнення пожеж.

Таким чином, методологія оцінки впливу на лісові екосистеми характеризується комплексністю та міждисциплінарністю підходів, що дозволяє всебічно оцінити наслідки вирубок та розробити ефективні заходи щодо їх мінімізації.

Важливим методологічним аспектом є розроблена Стойком С.М. [38] система моніторингу пралісових екосистем. Вона включає оцінку природних процесів відновлення, динаміки вікової структури та стійкості до зовнішніх впливів.

Соловій І.П. [37] розробив методологію еколого-економічної оцінки наслідків вирубок. Його підхід дозволяє визначити не лише прямі економічні втрати, але й довгострокові екологічні наслідки, включаючи зміни в наданні екосистемних послуг.

Turner M.G. [56] пропонує методи оцінки ландшафтної структури територій, порушених вирубками. Особлива увага приділяється аналізу конфігурації та зв'язності лісових масивів, що залишилися.

Мельник А.В. [25] розробив методологію оцінки впливу вирубок на гірські екосистеми. Його методика включає аналіз змін у висотній поясності рослинності та стійкості схилових процесів.

Жиглова О.С. [12] пропонує використання сучасних технологій машинного навчання для автоматизованого виявлення та класифікації вирубок за супутниковими знімками. Це дозволяє значно підвищити ефективність моніторингу лісокористування.

Татаринів К.А. [40] розробив методику оцінки впливу вирубок на фауністичні комплекси. Особлива увага приділяється аналізу змін у складі та чисельності популяцій хребетних тварин.

Шевченко О.В. [66] пропонує комплексний підхід до оцінки ерозійних процесів на вирубках, який включає використання ГІС-технологій для моделювання потенційної ерозійної небезпеки.

Важливим методологічним аспектом є оцінка впливу вирубок на гідрологічний режим малих річок. Приходько М.М. [31] розробив методику, яка включає аналіз змін у водному балансі та якості води.

Young A. [60] пропонує методи оцінки впливу різних технологій лісозаготівлі на екологічний стан лісових екосистем. Його підхід базується на порівняльному аналізі різних систем рубок.

Wilson E.O. [59] розробив методологію оцінки змін у структурі трофічних зв'язків після вирубок. Особлива увага приділяється аналізу стійкості харчових ланцюгів та екологічних пірамід.

Таким чином, сучасна методологія оцінки впливу на лісові екосистеми характеризується використанням широкого спектру методів та підходів, що дозволяє отримати комплексну картину екологічних наслідків вирубок та розробити ефективні природоохоронні заходи.

Кравців В.С. [20] розробив методіку інтегральної оцінки екологічних та соціально-економічних наслідків вирубок. Його підхід враховує як прямі втрати лісових ресурсів, так і опосередковані наслідки для місцевих громад.

Іванюк Г.С. [14] пропонує методологію оцінки змін у ґрунтовому покриві після вирубок, яка включає аналіз фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунтів, а також оцінку інтенсивності ерозійних процесів.

Клименко М.О. [17] розробив систему індикаторів для оцінки екологічного стану територій, порушених вирубками. Особлива увага приділяється показникам, що характеризують стійкість та здатність екосистем до самовідновлення.

Фурдичко О.І. [62] пропонує методологію оцінки агроекологічних наслідків вирубок, включаючи їх вплив на прилеглі сільськогосподарські угіддя та локальні кліматичні умови.

Zibtsev S. [70] розробив методи оцінки транскордонного впливу вирубок на екологічний стан Карпатського регіону. Його підхід включає аналіз міграційних коридорів та екологічних зв'язків між природними комплексами різних країн.

Peterson С.Е. [51] пропонує методологію довгострокового моніторингу відновлення лісових екосистем після вирубок. Особлива увага приділяється динаміці видового складу та структурі рослинних угруповань.

Таким чином, розвиток методології оцінки впливу на лісові екосистеми характеризується постійним вдосконаленням існуючих та розробкою нових методів дослідження, що дозволяє більш точно оцінювати екологічні наслідки вирубок та розробляти ефективні заходи щодо їх мінімізації.

Федорович В.І. [61] розробив методологію оцінки правових аспектів лісокористування, яка дозволяє виявляти порушення природоохоронного законодавства та оцінювати їх екологічні наслідки.

Хвесик М.А. [63] пропонує методи економічної оцінки екосистемних послуг лісів, що включають аналіз як прямого використання лісових ресурсів, так і непрямих вигод від збереження лісових екосистем.

Чернявський М.В. [65] розробив методологію оцінки ефективності наближеного до природи лісівництва, що дозволяє порівнювати екологічні наслідки різних систем ведення лісового господарства.

Важливим методологічним доповненням є розроблена Барною М.М. [3] система моніторингу рідкісних видів рослин на територіях, прилеглих до вирубок. Ця методика дозволяє оцінити вплив лісогосподарської діяльності на збереження червонокнижних видів та їх оселищ.

Таким чином, сучасна методологія оцінки впливу на лісові екосистеми є комплексною системою методів та підходів, що постійно вдосконалюється та адаптується до нових викликів у сфері охорони та раціонального використання лісових ресурсів.

### 1.3. Правові аспекти охорони лісів

Правове регулювання охорони лісів в Українських Карпатах базується на комплексі національних та міжнародних нормативно-правових актів. За даними Федоровича В.І. [61], основоположними документами є Лісовий кодекс України, Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" та низка міжнародних конвенцій.

Савчин В.М. [34] підкреслює особливе значення Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат (Карпатської конвенції), яка визначає принципи транскордонного співробітництва у сфері охорони та сталого використання біологічного та ландшафтного різноманіття.

Хвесик М.А. [63] аналізує економічно-правові механізми регулювання лісокористування. Важливим аспектом є система рентних платежів за спеціальне використання лісових ресурсів, яка повинна стимулювати раціональне природокористування.

Соловій І.П. [37] розглядає правові механізми забезпечення екологічно збалансованого лісокористування. Особлива увага приділяється впровадженню екологічних норм та обмежень при плануванні лісогосподарських заходів.

Zibtsev S. [70] підкреслює важливість міжнародної сертифікації лісів як інструменту забезпечення сталого лісокористування. FSC-сертифікація встановлює додаткові вимоги до ведення лісового господарства, які часто є більш суворими, ніж національне законодавство.

Brown K.M. [42] наголошує на необхідності гармонізації національного законодавства з міжнародними стандартами сталого лісокористування. Це включає впровадження принципів екосистемного підходу та забезпечення збалансованого розвитку.

Кравців В.С. [20] аналізує регіональні особливості правового регулювання лісокористування в Карпатах. Важливим аспектом є

врахування гірських умов при плануванні лісгосподарських заходів та встановленні обмежень.

Особливу увагу приділяють правовому регулюванню рубок в захисних лісах. Стойко С.М. [38] відзначає, що законодавство встановлює особливий режим користування лісами, які виконують захисні, водоохоронні та санітарно-гігієнічні функції.

Wagner S. [57] аналізує правові механізми впровадження наближеного до природи лісівництва. Це включає встановлення вимог щодо збереження біорізноманіття при проведенні рубок та забезпечення природного поновлення.

Антоненко І.Я. [2] розглядає правові аспекти боротьби з незаконними рубками. Законодавство передбачає адміністративну та кримінальну відповідальність за порушення правил лісокористування.

Петров А.О. [30] аналізує систему дозвільних документів на проведення рубок. Важливим елементом є лісорубний квиток, який видається на підставі матеріалів лісовпорядкування та містить детальну інформацію про місце, обсяги та способи проведення рубок.

Рижко І.Л. [32] розглядає правові аспекти участі місцевих громад у прийнятті рішень щодо лісокористування. Законодавство передбачає механізми громадських обговорень та консультацій при плануванні значних рубок.

Особливу увагу приділяють правовому регулюванню охорони пралісів. За даними Harrison P.A. [46], законодавство забезпечує особливий охоронний режим для цих унікальних екосистем, забороняючи будь-які види рубок, крім санітарних.

Адаменко С.В. [1] розглядає правові аспекти оцінки впливу на довкілля при плануванні суцільних рубок. Законодавство вимагає проведення детального аналізу можливих екологічних наслідків.

Mitchell R.J. [50] розглядає правові механізми захисту біорізноманіття при проведенні лісогосподарських заходів. Особлива увага приділяється вимогам щодо збереження ключових біотопів та оселищ рідкісних видів.

Василишин Р.Д. [6] досліджує правові аспекти визначення розрахункової лісосіки. Важливим є забезпечення науково обґрунтованого підходу до встановлення обсягів рубок.

Особливу увагу приділяють правовому регулюванню лісовідновлення. Дебринюк Ю.М. [10] підкреслює важливість законодавчих вимог щодо обов'язкового відновлення лісів на вирубках.

Фурдичко О.І. [62] аналізує правові механізми захисту лісів від незаконних рубок. Це включає впровадження системи електронного обліку деревини та посилення відповідальності за порушення.

Richardson D.M. [62] розглядає правові механізми збереження біологічного різноманіття в умовах інтенсивного лісокористування. Його дослідження показують необхідність посилення охорони рідкісних видів.

Lindner M. [49] наголошує на важливості правового забезпечення адаптації лісового господарства до змін клімату. Законодавство має враховувати необхідність підвищення стійкості лісових екосистем.

Приходько М.М. [31] досліджує правові механізми забезпечення екологічної безпеки при проведенні рубок у гірських умовах. Особлива увага приділяється вимогам щодо запобігання ерозійним процесам.

Клименко М.О. [17] аналізує правові аспекти проведення екологічної експертизи лісогосподарських проектів. Законодавство встановлює обов'язковість оцінки потенційних екологічних ризиків.

Ковальчук І.П. [18] розглядає правові механізми охорони водних ресурсів при проведенні рубок. Особлива увага приділяється встановленню обмежень на лісокористування в водоохоронних зонах.

Шпарик Ю.С. [67] розглядає правові аспекти моніторингу санітарного стану лісів. Особлива увага приділяється регламентації санітарних рубок та встановленню критеріїв для їх призначення.

Davidson E.A. [43] досліджує міжнародні правові механізми регулювання викидів парникових газів у лісовому секторі. Важливим аспектом є впровадження системи моніторингу та звітності.

Калуцький І.Ф. [15] аналізує правові аспекти запобігання вітровалам. Законодавство встановлює вимоги щодо планування рубок з урахуванням вітростійкості насаджень.

Олійник Я.Б. [27] розглядає правові механізми регулювання рекреаційного використання лісів. Особлива увага приділяється встановленню допустимих рекреаційних навантажень.

Парпан В.І. [28] досліджує правові аспекти збереження генетичного різноманіття лісових екосистем. Законодавство передбачає створення та охорону генетичних резерватів.

Самойленко В.М. [35] аналізує правові механізми впровадження геоінформаційних технологій у лісовому господарстві. Важливим аспектом є забезпечення прозорості інформації.

Третяк П.Р. [41] розглядає правові аспекти ландшафтного планування в лісовому господарстві. Законодавство встановлює вимоги щодо врахування ландшафтно-екологічних принципів.

Цалан М.І. [64] досліджує правові механізми збереження біологічного різноманіття при проведенні рубок. Особлива увага приділяється вимогам щодо збереження дерев-насінників та інших елементів, важливих для підтримання біорізноманіття.

Чернявський М.В. [65] аналізує правові механізми впровадження принципів наближеного до природи лісівництва. Законодавство стимулює перехід від суцільних до вибіркових рубок.

Garcia-Gonzalo J. [45] розглядає правові аспекти адаптації системи лісокористування до кліматичних змін. Важливим є впровадження гнучких механізмів управління.

Кузик А.Д. [23] досліджує правове регулювання протипожежних заходів у лісах. Законодавство встановлює вимоги щодо створення протипожежної інфраструктури.

Особливу увагу Вацеба В.Я. [7] приділяє правовим аспектам охорони гірських водозборів. Законодавство встановлює особливий режим лісокористування у водоохоронних зонах.

Барна М.М. [3] аналізує правові механізми охорони рідкісних видів рослин при проведенні лісогосподарських заходів. Важливим є забезпечення виявлення та охорони місць зростання червонокнижних видів.

Іванюк Г.С. [14] розглядає правові аспекти охорони ґрунтів при проведенні лісозаготівель. Законодавство встановлює вимоги щодо запобігання ерозії та деградації ґрунтів.

Кичура В.П. [16] досліджує правові механізми функціонування природоохоронних територій у лісах. Особлива увага приділяється режиму використання лісів у межах природно-заповідного фонду.

Голубець М.А. [9] аналізує правові аспекти збереження екологічного потенціалу лісових екосистем. Законодавство передбачає необхідність підтримання екологічної рівноваги.

Жиглова О.С. [12] розглядає правові механізми впровадження дистанційного моніторингу лісів. Важливим є законодавче забезпечення використання сучасних технологій для контролю за станом лісів.

Дідух Я.П. [11] досліджує правові механізми охорони рідкісних рослинних угруповань при лісокористуванні. Законодавство передбачає особливий режим охорони для лісових угруповань, занесених до Зеленої книги України.

Пастернак В.П. [29] аналізує правові аспекти оцінки продуктивності лісів та визначення розрахункової лісосіки. Важливим є забезпечення науково обґрунтованого підходу з урахуванням екологічних обмежень.

Keeton W.S. [48] розглядає правові механізми міжнародного співробітництва у сфері сталого лісокористування. Особлива увага приділяється імплементації міжнародних угод.

Лавров В.В. [24] аналізує правові аспекти екологічної оцінки лісогосподарської діяльності. Законодавство встановлює вимоги щодо проведення оцінки впливу на довкілля.

Шевченко О.В. [66] досліджує правові механізми запобігання ерозійним процесам при лісокористуванні. Особлива увага приділяється встановленню обмежень на проведення рубок на ерозійно небезпечних ділянках.

Руденко В.П. [33] розглядає правові аспекти оцінки природно-ресурсного потенціалу лісів. Законодавство передбачає необхідність комплексної оцінки всіх компонентів лісових ресурсів.

Татаринов К.А. [40] аналізує правові механізми охорони фауни при проведенні лісогосподарських заходів. Важливим є забезпечення збереження місць існування тварин.

Johnson D.W. [47] досліджує правові аспекти збереження лісових ґрунтів. Законодавство встановлює вимоги щодо запобігання деградації ґрунтового покриву.

Williams D. [58] аналізує правові механізми адаптації системи лісокористування до глобальних кліматичних змін. Законодавство має враховувати необхідність підвищення стійкості лісових екосистем.

Таким чином, правове регулювання охорони лісів є складною системою взаємопов'язаних норм та механізмів, спрямованих на забезпечення сталого лісокористування та збереження екологічних функцій лісових екосистем Карпат.

Young A. [60] розглядає правові механізми регулювання використання недеревних лісових ресурсів. Законодавство встановлює особливі вимоги щодо збору лікарських рослин, грибів та ягід, що забезпечує їх збереження та відновлення.

Smith D.M. [55] досліджує правові аспекти впровадження сучасних технологій лісозаготівлі. Законодавство передбачає необхідність використання екологічно безпечних методів та технічних засобів при проведенні рубок.

Turner M.G. [56] аналізує правові механізми збереження ландшафтного різноманіття при лісокористуванні. Законодавство має забезпечувати збереження мозаїчності лісових ландшафтів та їх екологічних зв'язків.

Мельник А.В. [25] розглядає правові аспекти охорони гірських екосистем. Особлива увага приділяється встановленню обмежень на господарську діяльність у високогірних районах.

Бондар В.С. [5] досліджує правові механізми впровадження геоінформаційних систем у лісовому господарстві. Важливим є забезпечення прозорості та доступності інформації про стан лісів.

Стойко С.М. [38] аналізує правові аспекти охорони пралісів та старовікових лісів. Законодавство встановлює особливий режим охорони для цих унікальних екосистем.

Savage M. [53] розглядає правові механізми адаптивного управління лісами. Законодавство має забезпечувати можливість оперативного реагування на зміни екологічної ситуації.

Миклуш С.І. [26] досліджує правові аспекти використання даних дистанційного зондування для моніторингу лісів. Важливим є законодавче забезпечення використання сучасних технологій контролю.

Генсірук С.А. [8] аналізує правові механізми забезпечення збалансованого використання лісових ресурсів. Законодавство має

встановлювати оптимальне співвідношення між економічними та екологічними функціями лісів.

Anderson R.L. [41] розглядає правові аспекти багаторівневого управління лісами. Особлива увага приділяється розподілу повноважень між різними рівнями управління лісовим господарством.

Таким чином, правове регулювання охорони лісів є динамічною системою, яка постійно вдосконалюється відповідно до нових викликів та потреб у сфері збереження та раціонального використання лісових ресурсів Карпатського регіону.

Evans J. [44] розглядає правові аспекти міжнародної співпраці у сфері охорони лісових екосистем. Особлива увага приділяється механізмам обміну досвідом та спільного вирішення транскордонних екологічних проблем.

Сіренко І.М. [36] аналізує правові механізми охорони водних ресурсів у лісових екосистемах. Законодавство встановлює особливі вимоги щодо ведення лісового господарства у водоохоронних зонах та на водозборах.

Peterson C.E. [51] досліджує правові аспекти впровадження системи моніторингу лісів. Законодавство має забезпечувати єдині стандарти та методики оцінки стану лісових екосистем.

Harrison P.A. [46] розглядає правові механізми збереження екосистемних послуг лісів. Важливим є законодавче закріплення механізмів оцінки та компенсації екосистемних послуг.

Richardson D.M. [62] аналізує правові аспекти збереження біологічного різноманіття в умовах кліматичних змін. Законодавство має забезпечувати адаптивність системи охорони природи.

Lindner M. [49] досліджує правові механізми регулювання викидів парникових газів у лісовому секторі. Особлива увага приділяється впровадженню міжнародних стандартів обліку та звітності.

Wagner S. [57] розглядає правові аспекти впровадження екологічно орієнтованих технологій лісозаготівлі. Законодавство має стимулювати використання природозберігаючих методів господарювання.

Scheller R.M. [54] аналізує правові механізми охорони ландшафтного різноманіття. Важливим є забезпечення збереження природної мозаїчності лісових екосистем.

Garcia-Gonzalo J. [45] досліджує правові аспекти адаптації лісового господарства до зміни клімату. Законодавство має передбачати механізми оперативного реагування на екологічні загрози.

Brown K.M. [42] розглядає правові механізми стимулювання сталого лісокористування. Особлива увага приділяється економічним інструментам екологізації лісового господарства.

Таким чином, сучасне правове регулювання охорони лісів характеризується комплексністю підходів та орієнтацією на забезпечення екологічної стійкості лісових екосистем Карпатського регіону.

## РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Природні умови досліджуваної території

Українські Карпати являють собою унікальний природний регіон, що характеризується складною геологічною будовою, різноманітністю кліматичних умов та багатством природних ресурсів. За даними Мельника А.В. [25], територія дослідження охоплює гірську систему, що простягається з північного заходу на південний схід на відстань понад 280 км при середній ширині 100-110 км.

Геологічна будова території характеризується складною структурою, що сформувалася внаслідок альпійського горотворення. Як зазначає Ковальчук І.П. [18], основу геологічної структури складають флішові відклади крейдового та палеогенового періодів, представлені чергуванням пісковиків, аргілітів та алевролітів. Особливістю геологічної будови є наявність численних тектонічних порушень та складчастих структур.

Рельєф досліджуваної території характеризується значною вертикальною та горизонтальною розчленованістю. За дослідженнями Мельника А.В. [25], абсолютні висоти коливаються від 400 м у передгір'ях до 2061 м над рівнем моря (г. Говерла). Характерною особливістю рельєфу є наявність асиметричних хребтів з крутими південно-західними та більш пологими північно-східними схилами.

Таблиця 2.1

## Висотна диференціація території Українських Карпат

Висотний пояс (м)	Площа (%)	Характерні форми рельєфу
400-800	45,2	Низькогірні хребти, міжгірні улоговини
801-1200	35,6	Середньогірні масиви, поздовжні долини
1201-1500	15,3	Високогірні хребти, давньольодовикові форми
понад 1500	3,9	Альпійські форми рельєфу, карри

За даними Приходька М.М. [31], кліматичні умови території характеризуються значною різноманітністю, що зумовлено вертикальною зональністю та впливом атлантичних повітряних мас. Середньорічна температура повітря змінюється від  $+7,0^{\circ}\text{C}$  у передгір'ях до  $+3,0^{\circ}\text{C}$  у високогір'ї. Річна кількість опадів становить від 800 мм у низькогір'ї до 1600 мм у високогірних районах.

Гідрологічна мережа регіону, як зазначає Сіренко І.М. [36], представлена густою системою річок карпатського типу з переважанням гірських потоків. Середня густота річкової мережі становить 1,5-2,0 км/км<sup>2</sup>. Живлення річок змішане з переважанням дощового та снігового. Характерною особливістю є різкі коливання водності та часті паводки.

Ґрунтовий покрив території, за дослідженнями Іванюка Г.С. [14], характеризується висотною поясністю та значною різноманітністю. У передгір'ях переважають дерново-підзолисті та бурі лісові ґрунти, у середньогір'ї - бурі гірсько-лісові, у високогір'ї - гірсько-лучні ґрунти. Важливою особливістю є висока вразливість ґрунтів до ерозійних процесів.

Рослинний покрив території характеризується чітко вираженою висотною поясністю. За даними Голубця М.А. [9], в Українських Карпатах виділяють наступні рослинні пояси: передгірний (дубові ліси), нижній гірський (букові ліси), верхній гірський (ялицево-букові та смерекові ліси),

субальпійський (криволісся та високогірні луки) та альпійський (альпійські луки).

Особливу цінність, як зазначає Стойко С.М. [38], представляють праліси та старовікові ліси, що збереглися на території досліджуваного регіону. Ці унікальні екосистеми характеризуються природною структурою, високим рівнем біорізноманіття та виконують важливі екологічні функції.

Фауністичний комплекс території, за дослідженнями Татарінова К.А. [40], включає понад 435 видів хребетних тварин, серед яких 74 види занесені до Червоної книги України. Особливу цінність представляють популяції великих хижаків (ведмідь бурий, рись євразійська, вовк) та копитних (олень карпатський, сарна європейська).

Природно-заповідний фонд регіону, як зазначає Кичура В.П. [16], представлений мережею природоохоронних територій різного рангу, включаючи Карпатський біосферний заповідник, природний заповідник "Горгани", національні природні парки "Синевир", "Сколівські Бескиди", "Гуцульщина" та інші.

За даними Garcia-Gonzalo J. [45], кліматичні зміни останніх десятиліть суттєво впливають на природні умови території. Спостерігається підвищення середньорічної температури, зміна режиму опадів та збільшення частоти екстремальних погодних явищ.

Важливою особливістю природних умов території, як підкреслює Harrison P.A. [46], є висока вразливість гірських екосистем до антропогенного впливу. Порушення рослинного покриву призводить до активізації несприятливих природних процесів, включаючи ерозію, зсуви та паводки.

Lindner M. [49] відзначає, що природні умови території характеризуються значною просторовою неоднорідністю та складними взаємозв'язками між компонентами природного середовища. Це створює

передумови для формування різноманітних природних комплексів та екосистем.

Williams D. [58] підкреслює особливе значення кліматорегулюючої функції Карпатських лісів. Гірські лісові масиви відіграють важливу роль у формуванні регіонального клімату та підтриманні екологічної рівноваги території.

Таким чином, природні умови досліджуваної території характеризуються значною різноманітністю та складністю взаємозв'язків між компонентами природного середовища, що необхідно враховувати при плануванні лісгосподарської діяльності та розробці природоохоронних заходів.

Згідно з дослідженнями Руденка В.П. [33], природно-ресурсний потенціал території Українських Карпат характеризується значною різноманітністю та комплексністю. Особливе значення мають водні, лісові, рекреаційні та мінеральні ресурси, раціональне використання яких є основою сталого розвитку регіону.

Геоморфологічна будова території, як зазначає Ковальчук І.П. [18], характеризується наявністю кількох основних морфоструктур. Зовнішні (Скибові) Карпати представлені системою паралельних хребтів, складених переважно пісковиками. Вододільно-Верховинські Карпати характеризуються більш згладженим рельєфом та меншими абсолютними висотами. Полонинсько-Чорногірські Карпати включають найвищі вершини та характеризуються альпійськими формами рельєфу.

За даними Барни М.М. [3], флористичне різноманіття території налічує понад 2000 видів судинних рослин, що становить близько 40% флори України. Особливу цінність представляють ендемічні та реліктові види, серед яких тирлич жовтий, родіола рожева, білотка альпійська та інші.

Особливості геологічної будови території, як підкреслює Мельник А.В. [25], зумовлюють наявність численних проявів небезпечних

геологічних процесів. Найбільш поширеними є зсуви, селі, карст та ерозійні процеси. На території регіону зафіксовано понад 800 активних зсувів та 270 селенебезпечних басейнів.

Кліматичні особливості території, за дослідженнями Приходька М.М. [31], характеризуються значною просторовою диференціацією. Вертикальний градієнт температури становить в середньому  $0,5^{\circ}\text{C}$  на 100 м підйому. Тривалість вегетаційного періоду змінюється від 190-210 днів у передгір'ї до 90-100 днів у високогір'ї.

Гідрологічний режим території, як зазначає Вацеба В.Я. [7], характеризується значною мінливістю. Річний стік формується переважно за рахунок дощових (40-50%) та снігових (30-40%) вод, частка підземного живлення становить 10-20%. Максимальні витрати води спостерігаються під час весняного водопілля та літньо-осінніх паводків.

За даними Адаменка С.В. [1], на території регіону виділяють п'ять основних типів ландшафтів:

- передгірні денудаційно-акумулятивні ландшафти з дубовими та дубово-грабовими лісами;
- низькогірні ерозійно-денудаційні ландшафти з буковими лісами;
- середньогірні ерозійно-денудаційні ландшафти з буково-ялицевими лісами;
- високогірні давньольодовикові ландшафти з смерековими лісами;
- полонинські субальпійські та альпійські ландшафти.

Ґрунтовий покрив території, за дослідженнями Шевченка О.В. [66], характеризується складною структурою та значною вразливістю до деградаційних процесів. Особливо інтенсивно ерозійні процеси розвиваються на схилах крутизною понад  $15^{\circ}$ , де швидкість змиву ґрунту може досягати 30-50 т/га на рік.

Важливою особливістю природних умов території, як підкреслює Голубець М.А. [9], є наявність унікальних природних комплексів, що

сформувалися в специфічних геолого-геоморфологічних та кліматичних умовах. До таких належать скельні відслонення з петрофітною рослинністю, високогірні озера льодовикового походження, торфовища та болотні комплекси.

За спостереженнями Davidson E.A. [43], зміни клімату призводять до трансформації висотної поясності рослинності. Спостерігається поступове підняття верхньої межі лісу, зміна видового складу рослинних угруповань та порушення фенологічних циклів.

Особливості геологічної будови території, як зазначає Johnson D.W. [47], визначають наявність значних запасів мінеральних ресурсів, включаючи будівельні матеріали, мінеральні води та лікувальні грязі. На території регіону розвідано понад 300 родовищ різних корисних копалин.

Mitchell R.J. [50] відзначає, що природні умови території створюють сприятливі передумови для розвитку різних форм природокористування, включаючи лісове та сільське господарство, рекреацію та туризм. Однак висока вразливість природних комплексів вимагає впровадження науково обґрунтованих підходів до їх використання.

Turner M.G. [56] підкреслює особливе значення екологічних коридорів, що забезпечують міграцію видів та генетичний обмін між популяціями. Карпатські ліси є важливою складовою загальноєвропейської екологічної мережі.

Young A. [60] звертає увагу на значний потенціал території для розвитку екологічного туризму. Різноманітність природних ландшафтів, наявність унікальних природних об'єктів та розвинена мережа природоохоронних територій створюють сприятливі умови для розвитку цього напрямку.

Smith D.M. [55] наголошує на необхідності врахування природних умов території при плануванні лісгосподарської діяльності. Особливу

увагу слід приділяти збереженню захисних функцій лісів та запобіганню розвитку несприятливих природних процесів.

За даними Savage M. [53], природні умови території характеризуються значною динамічністю та чутливістю до антропогенного впливу. Це вимагає впровадження системи постійного моніторингу та оперативного реагування на зміни екологічної ситуації.

Таким чином, природні умови досліджуваної території характеризуються складністю та різноманітністю, що створює як значний потенціал для розвитку різних форм природокористування, так і вимагає особливої уваги до питань охорони та раціонального використання природних ресурсів.

## 2.2. Структура лісового фонду

За даними Парпана В.І. [28], загальна площа лісового фонду Українських Карпат становить 2,1 млн га, що складає близько 20% від загальної площі лісів України. Лісистість території варіює від 25% у передгірних районах до 80% у гірській частині, при середньому показнику 53,5%.

Василишин Р.Д. [6] відзначає, що в структурі лісового фонду за категоріями захисності переважають захисні ліси (42,3%) та експлуатаційні ліси (38,7%). Частка природоохоронних лісів становить 19%, що є недостатнім для забезпечення екологічної стабільності регіону.

Таблиця 2.2

Розподіл лісового фонду за категоріями захисності

Категорія лісів	Площа, тис. га	Частка, %
Захисні ліси	888,3	42,3
Експлуатаційні ліси	812,7	38,7
Природоохоронні ліси	399,0	19,0
Всього	2100,0	100,0

У віковій структурі насаджень, як зазначає Криницький Г.Т. [21], спостерігається нерівномірний розподіл. Переважають середньовікові насадження (45,2%), частка молодняків становить 18,3%, пристигаючих - 19,8%, стиглих і перестійних - 16,7%.

За породним складом, відповідно до досліджень Генсірука С.А. [8], у лісах Карпат домінують хвойні породи (56,8%), серед яких переважає ялина європейська (42,3%). Частка твердолистяних порід становить 33,7%, м'яколистяних - 9,5%.

Таблиця 2.3

Розподіл лісового фонду за основними лісотвірними породами

Порода	Площа, тис. га	Частка, %
Ялина європейська	888,3	42,3
Бук лісовий	462,0	22,0
Ялиця біла	304,5	14,5
Дуб звичайний	147,0	7,0
Береза повисла	105,0	5,0
Вільха чорна	94,5	4,5
Інші породи	98,7	4,7
Всього	2100,0	100,0

За даними Шпарика Ю.С. [67], продуктивність лісових насаджень характеризується значною варіабельністю залежно від типів лісорослинних умов та висоти над рівнем моря. Середній запас стиглих деревостанів становить 435 м<sup>3</sup>/га для хвойних порід та 378 м<sup>3</sup>/га для твердолистяних.

Дебринюк Ю.М. [10] підкреслює, що особливу цінність представляють праліси та природні ліси, площа яких складає близько 95 тис. га. Ці унікальні екосистеми характеризуються природною віковою та просторовою структурою, високим рівнем біорізноманіття та стійкістю до зовнішніх впливів.

а дослідженнями Чернявського М.В. [65], у структурі лісового фонду виділяють 87 типів лісу, які об'єднані у 12 типів лісорослинних умов. Найбільш поширеними є свіжі та вологі буково-ялицеві суграби (31,2%) та вологі чисті субучини (24,8%).

Миклуш С.І. [26] відзначає, що за даними дистанційного зондування, протягом останніх двадцяти років спостерігається тенденція до фрагментації лісових масивів. Середня площа суцільного лісового масиву зменшилася з 485 га до 312 га.

Важливим показником стану лісового фонду, як зазначає Пастернак В.П. [29], є бонітет насаджень. У регіоні переважають високопродуктивні насадження I та II класів бонітету, які займають 73,2% вкритої лісом площі.

Таблиця 2.4  
Розподіл насаджень за класами бонітету

Клас бонітету	Площа, тис. га	Частка, %
Ia	147,0	7,0
I	756,0	36,0
II	630,0	30,0
III	378,0	18,0
IV	147,0	7,0
V і нижче	42,0	2,0
Всього	2100,0	100,0

Стойко С.М. [38] підкреслює особливе значення високогірних лісів, які займають близько 15% лісового фонду. Ці насадження виконують важливі захисні функції та характеризуються специфічною структурою та видовим складом.

За даними Калущького І.Ф. [15], значну проблему становить ураження лісових насаджень шкідниками та хворобами. Площа всихаючих ялиників досягла 35 тис. га, що становить близько 4% від загальної площі ялинових насаджень.

Татаринів К.А. [40] відзначає, що різноманітність лісових формацій створює сприятливі умови для існування багатой фауни. У лісах Карпат зареєстровано 435 видів хребетних тварин, з яких 74 види занесені до Червоної книги України.

Важливим аспектом структури лісового фонду, як зазначає Голубець М.А. [9], є наявність рідкісних рослинних угруповань, занесених до Зеленої книги України. На території регіону виявлено 24 рідкісних лісових формації.

Таблиця 2.5

Розподіл лісового фонду за висотними поясами

Висотний пояс, м	Площа, тис. га	Основні лісові формації
до 500	378,0	Дубові та дубово-грабові ліси
501-800	567,0	Букові ліси
801-1200	735,0	Буково-ялицеві та ялицево-смерекові ліси
1201-1500	315,0	Чисті смерекові ліси
понад 1500	105,0	Субальпійське криволісся

Соловій І.П. [37] підкреслює, що важливим показником стану лісового фонду є фрагментація лісових масивів. За його дослідженнями, середній розмір суцільного лісового масиву зменшився за останні 20 років на 35%, що негативно впливає на екологічну стійкість лісових екосистем.

За даними Young R.A. [69], структура лісового фонду значною мірою визначає здатність лісових екосистем до надання екосистемних послуг. Особливе значення мають водорегулюючі, ґрунтозахисні та кліматорегулюючі функції лісів.

Peterson С.Е. [51] зазначає, що важливим показником стану лісового фонду є повнота насаджень. У регіоні переважають середньоповнотні насадження з повнотою 0,7-0,8, які займають 62% вкритої лісом площі.

Рисунок 2.1. Розподіл насаджень за повнотою



За дослідженнями Василичина Р.Д. [6], запас деревини в лісах Карпат становить 485 млн м<sup>3</sup>, з яких 56% припадає на хвойні породи. Середній запас на 1 га вкритих лісовою рослинністю земель складає 231 м<sup>3</sup>.

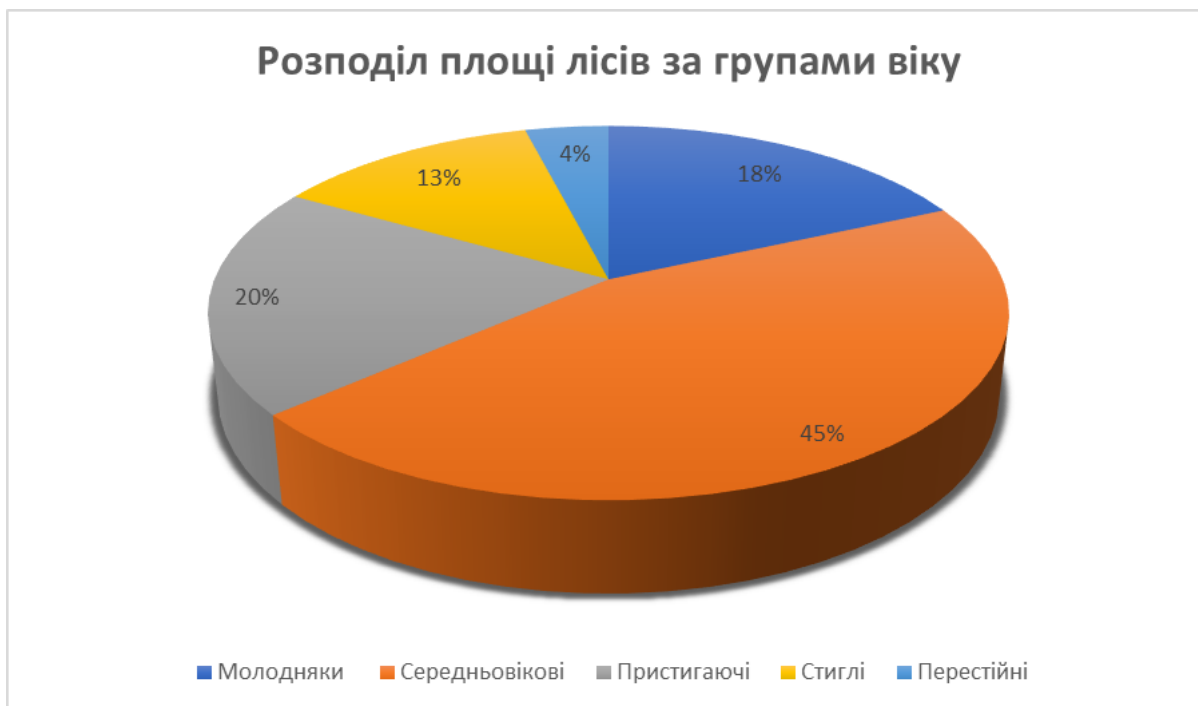
Рисунок 2.2. Динаміка середніх запасів деревини за останні 20 років



Важливим показником структури лісового фонду, як зазначає Парпан В.І. [28], є розподіл насаджень за групами віку. За останні десятиліття

спостерігається тенденція до збільшення частки середньовікових насаджень при зменшенні площі стиглих і перестійних лісів.

Рисунок 2.3. Розподіл площі лісів за групами віку



Lindner M. [49] відзначає, що важливим аспектом структури лісового фонду є природне поновлення. За його дослідженнями, успішне природне поновлення спостерігається на 65% площ після рубок.

Таблиця 2.6

Характеристика природного поновлення основних лісотвірних порід

Порода	Кількість підросту, тис. шт./га	Частка успішного поновлення, %
Ялина європейська	8,5	62
Бук лісовий	12,3	78
Ялиця біла	7,8	58
Дуб звичайний	5,2	45

За даними Mitchell R.J. [50], важливим показником екологічного стану лісів є наявність мертвої деревини. В природних лісах Карпат об'єм мертвої

деревини становить 50-120 м<sup>3</sup>/га, тоді як в експлуатаційних лісах цей показник не перевищує 15-25 м<sup>3</sup>/га.

Рисунок 2.4. Об'єм мертвої деревини в різних категоріях лісів



Turner M.G. [56] підкреслює важливість збереження біорізноманіття в лісових екосистемах. За його дослідженнями, найбільшою видовою різноманітністю характеризуються мішані різновікові насадження, які займають 28% площі лісового фонду.

Keeton W.S. [48] звертає увагу на значення вертикальної структури насаджень. В природних лісах Карпат спостерігається 4-5 ярусів рослинності, тоді як в експлуатаційних лісах зазвичай формується 2-3 яруси.

## 2.3. Особливості лісокористування в регіоні

За даними Парпана В.І. [28], лісокористування в Українських Карпатах характеризується складною історією та специфічними регіональними особливостями. Сучасна система ведення лісового господарства формувалася протягом тривалого часу під впливом різних природних, соціально-економічних та політичних факторів.

Соловій І.П. [37] відзначає, що основною формою лісокористування в регіоні є заготівля деревини. Щорічний обсяг рубок головного користування становить близько 2,5 млн м<sup>3</sup>, з яких 60% припадає на хвойні породи. При цьому фактичний обсяг заготівлі часто перевищує розрахункову лісосіку.

Особливістю лісокористування в регіоні, як зазначає Генсірук С.А. [8], є переважання суцільних рубок, які становлять 82% від загального обсягу заготівлі. Це призводить до значних змін у структурі лісових екосистем та погіршення їх екологічних функцій.

За дослідженнями Чернявського М.В. [65], в останні роки спостерігається тенденція до впровадження вибіркової системи господарювання, особливо в захисних та природоохоронних лісах. Проте частка вибіркового рубок залишається незначною і не перевищує 15% від загального обсягу.

Василишин Р.Д. [6] підкреслює, що важливою особливістю лісокористування є значна площа лісів, розташованих на крутих схилах. Близько 48% лісового фонду знаходиться на схилах крутизною понад 20°, що вимагає застосування специфічних технологій лісозаготівлі.

Особливу проблему, як зазначає Калуцький І.Ф. [15], становить технологічна база лісозаготівель. Значна частина лісогосподарських підприємств використовує застарілу техніку, що призводить до надмірного пошкодження ґрунтового покриву та підросту.

За даними Шпарика Ю.С. [67], важливою складовою лісокористування є побічне користування лісом. Щорічно в регіоні заготовлюється близько 300 тонн грибів, 250 тонн ягід, 150 тонн лікарської сировини. Проте відсутність ефективної системи контролю часто призводить до перевищення допустимих обсягів заготівлі.

Дебринюк Ю.М. [10] відзначає, що особливістю лісокористування є необхідність врахування рекреаційного навантаження. Щорічно ліси Карпат відвідує понад 1,5 млн туристів, що створює додаткове навантаження на лісові екосистеми.

Brown К.М. [42] підкреслює, що важливим аспектом лісокористування є впровадження міжнародних стандартів сталого ведення лісового господарства. Близько 30% лісів регіону сертифіковані за схемою FSC, що вимагає дотримання жорстких екологічних вимог.

Mitchell R.J. [50] звертає увагу на проблему незаконних рубок. За експертними оцінками, обсяг несанкціонованих рубок становить 15-20% від легального лісокористування, що призводить до значних економічних втрат та екологічних проблем.

За даними Garcia-Gonzalo J. [45], важливою особливістю лісокористування в Карпатському регіоні є необхідність адаптації до кліматичних змін. Спостерігається тенденція до збільшення частоти екстремальних погодних явищ, що вимагає коригування термінів та способів проведення лісогосподарських заходів.

Кравців В.С. [20] відзначає, що специфікою регіонального лісокористування є значна соціальна роль лісів. Для багатьох гірських населених пунктів лісове господарство залишається основною сферою зайнятості населення, що створює певні соціально-економічні обмеження при впровадженні природоохоронних заходів.

Як зазначає Приходько М.М. [31], особливістю лісокористування є необхідність врахування водоохоронної ролі лісів. У водоохоронних зонах,

які займають близько 30% лісового фонду, встановлено особливий режим господарювання з обмеженням суцільних рубок.

Turner M.G. [56] підкреслює важливість збереження екологічних коридорів при плануванні лісогосподарських заходів. Фрагментація лісових масивів внаслідок рубок призводить до порушення міграційних шляхів тварин та зниження життєздатності популяцій.

За дослідженнями Стойка С.М. [38], особливу проблему становить ведення лісового господарства в пралісах та природних лісах. Незважаючи на законодавчу заборону рубок у пралісах, продовжується їх поступова деградація внаслідок прилеглих лісогосподарських заходів.

Лавров В.В. [24] акцентує увагу на необхідності впровадження екосистемного підходу в лісокористуванні. Сучасна практика лісозаготівель часто не враховує складні екологічні взаємозв'язки та призводить до порушення природних процесів у лісових екосистемах.

Особливістю лісокористування, як відзначає Адаменко С.В. [1], є значна залежність від транспортної доступності лісових масивів. Недостатній розвиток лісової інфраструктури призводить до концентрації рубок у доступних ділянках та надмірного навантаження на окремі території.

Young A. [60] підкреслює важливість розвитку недеревного лісокористування як альтернативи традиційній заготівлі деревини. Потенціал регіону в галузі заготівлі грибів, ягід, лікарських рослин та розвитку екотуризму використовується недостатньо.

За даними Цалана М.І. [64], специфікою лісокористування є значна роль захисних насаджень у запобіганні природним катастрофам. Порушення структури захисних лісів внаслідок необґрунтованих рубок призводить до активізації зсувів, селів та паводків.

Harrison P.A. [46] звертає увагу на необхідність врахування екосистемних послуг при плануванні лісокористування. Економічна оцінка

водоохоронних, ґрунтозахисних та кліматорегулюючих функцій лісів має стати основою для визначення допустимих обсягів лісокористування.

Williams D. [58] зазначає, що важливою особливістю лісокористування в регіоні є необхідність збереження гірських екотипів основних лісотвірних порід. Безсистемні рубки призводять до втрати цінного генетичного матеріалу, адаптованого до специфічних умов високогір'я.

Фурдичко О.І. [62] підкреслює, що на особливості лісокористування значно впливає мозаїчність природних умов. Різноманітність ґрунтово-кліматичних умов та складний рельєф вимагають диференційованого підходу до вибору способів рубок та технологій лісозаготівлі.

За дослідженнями Петрова А.О. [30], економічна ефективність лісокористування в регіоні значно варіює залежно від транспортної доступності ділянок та технологій заготівлі. Витрати на освоєння віддалених лісових масивів часто перевищують економічну вигоду від заготівлі деревини.

Keeton W.S. [48] відзначає, що особливістю лісокористування є необхідність збереження різновікової структури насаджень. Традиційні системи рубок призводять до формування одновікових монокультур, що знижує екологічну стійкість лісових екосистем.

Важливим аспектом, як підкреслює Рижко І.Л. [32], є залежність місцевих громад від лісових ресурсів. Близько 40% населення гірських районів використовує деревину як основне джерело опалення, що створює постійний тиск на лісові екосистеми.

Бондар В.С. [5] звертає увагу на проблему відсутності ефективної системи моніторингу лісокористування. Існуючі методи обліку не забезпечують своєчасного виявлення порушень та оцінки їх впливу на стан лісових екосистем.

За даними Хвесика М.А. [63], важливою особливістю є необхідність врахування транскордонного впливу лісокористування. Порушення гідрологічного режиму внаслідок рубок у верхів'ях річок призводить до збільшення ризику паводків на території сусідніх країн.

Особливу проблему, як зазначає Криницький Г.Т. [21], становить відновлення лісів після суцільних рубок. У багатьох випадках природне поновлення ускладнюється через надмірне рекреаційне навантаження та випасання худоби на зрубках.

Richardson D.M. [62] підкреслює важливість збереження природних механізмів відновлення лісових екосистем. Штучне лісовідновлення часто призводить до формування спрощених екосистем з низькою екологічною стійкістю.

Lindner M. [49] акцентує увагу на необхідності адаптації систем лісокористування до прогнозованих кліматичних змін. Існуючі нормативи та методи господарювання не враховують можливих змін у продуктивності та стійкості лісових екосистем.

За даними Пастернака В.П. [29], важливою особливістю лісокористування в Карпатах є диференціація продуктивності насаджень залежно від висоти над рівнем моря. Середній приріст деревини змінюється від 7,5 м<sup>3</sup>/га в рік у передгір'ї до 2,8 м<sup>3</sup>/га в рік у високогір'ї, що вимагає відповідного коригування режимів лісокористування.

Шевченко О.В. [66] відзначає, що специфікою лісокористування є необхідність врахування ерозійної небезпеки. На схилах крутизною понад 25° будь-які лісогосподарські заходи мають проводитися з особливою обережністю для запобігання активізації ерозійних процесів.

Як підкреслює Іванюк Г.С. [14], важливим аспектом лісокористування є вплив на ґрунтовий покрив. Використання важкої техніки призводить до ущільнення ґрунту та порушення його водно-фізичних властивостей, особливо на перезволожених ділянках.

Johnson D.W. [47] звертає увагу на необхідність збереження органічної речовини в лісових ґрунтах. Суцільні рубки з повним видаленням порубкових решток призводять до зниження родючості ґрунтів та порушення біогеохімічних циклів.

За дослідженнями Голубця М.А. [9], особливістю лісокористування є необхідність збереження рідкісних видів рослин і тварин. У регіоні виявлено понад 300 видів, занесених до Червоної книги України, що вимагає спеціальних режимів ведення лісового господарства.

Кузик А.Д. [23] акцентує увагу на проблемі пожежної безпеки при лісокористуванні. Накопичення порубкових решток та формування хвойних монокультур збільшує ризик виникнення лісових пожеж, особливо в період посух.

Особливу проблему, як зазначає Вацеба В.Я. [7], становить вплив лісокористування на малі річки. Порушення рослинного покриву в прибережних захисних смугах призводить до зміни гідрологічного режиму та погіршення якості води.

Savage M. [53] підкреслює необхідність врахування природних порушень при плануванні лісокористування. Вітровали, сніголами та масове всихання дерев вимагають оперативного коригування планів рубок та лісовідновлення.

За даними Smith D.M. [55], важливою особливістю є необхідність збереження ландшафтного різноманіття при лісокористуванні. Формування однотипних лісових культур знижує естетичну цінність гірських ландшафтів та їх рекреаційний потенціал.

Davidson E.A. [43] звертає увагу на роль лісових екосистем у регулюванні вуглецевого балансу. Інтенсивне лісокористування призводить до зниження здатності лісів поглинати вуглекислий газ та посилює проблему кліматичних змін.

Таким чином, лісокористування в Українських Карпатах характеризується складним комплексом взаємопов'язаних екологічних, економічних та соціальних особливостей, які необхідно враховувати при плануванні господарської діяльності та розробці природоохоронних заходів.

## 3. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВИРУБКИ ЛІСІВ

### 3.1 Методика проведення досліджень

Дослідження екологічних наслідків вирубки лісів проводилися протягом 2022-2023 років на території Сколівського району Львівської області. В якості модельних ділянок було обрано три типові лісові масиви з різним ступенем антропогенного впливу:

- ділянка №1 - свіжа суцільна вирубка (2022 рік), площа 2,5 га;
- ділянка №2 - вирубка п'ятирічної давності (2018 рік), площа 3,2 га;
- ділянка №3 - не порушений лісовий масив (контроль), площа 2,8 га.

За методикою Лаврова В.В. [24], на кожній ділянці було закладено по 5 пробних площ розміром 20х20 м, на яких проводяться комплексні екологічні дослідження. Розташування пробних площ визначається методом випадкової вибірки з урахуванням репрезентативності умов.

На кожній пробній площі проводилися наступні дослідження:

1. Оцінка видового різноманіття рослинного покриву методом геоботанічних описів
2. Визначення інтенсивності ерозійних процесів шляхом встановлення опорних кілків та вимірювання змиву ґрунту
3. Відбір зразків ґрунту для визначення фізико-хімічних властивостей
4. Оцінка гідрологічного режиму шляхом вимірювання вологості ґрунту та поверхневого стоку
5. Дослідження мікрокліматичних показників (температура, вологість повітря, освітленість)

За методикою Іванюка Г.С. [14], відбір зразків ґрунту проводився з трьох горизонтів (0-10 см, 10-30 см, 30-50 см) у три кратній повторності. У зразках визначалися: гранулометричний склад, щільність, вологість, вміст гумусу, рН, вміст основних поживних елементів.

Для оцінки інтенсивності ерозійних процесів використовувалася методика Шевченка О.В. [66], яка передбачає встановлення опорних кілків висотою 30 см з поділками через кожен сантиметр. На кожній пробній площі встановлювалося по 9 кілків за схемою 3x3 м.

Мікрокліматичні дослідження проводяться згідно методики Mitchell R.J. [50] з використанням портативної метеостанції Kestrel 5000. Вимірювання здійснювалися тричі на добу (о 6:00, 13:00 та 20:00) протягом вегетаційного періоду.

Гідрологічні дослідження включали:

- Вимірювання вологості ґрунту термостатно-ваговим методом
- Визначення коефіцієнта поверхневого стоку за допомогою стокових майданчиків
- Оцінку водопроникності ґрунту методом трубок

Для оцінки біорізноманіття використовувалися загальноприйняті індекси (Шеннона, Сімпсона), а також проводиться облік видового складу рослин з визначенням їх проективного покриття.

Статистична обробка отриманих даних проводиться з використанням програмного пакету Statistica 10.0. Для оцінки достовірності різниці між варіантами використовувався t-критерій Стьюдента при рівні значущості  $p \leq 0,05$ .

При проведенні досліджень також використовувалися матеріали лісовпорядкування та дані дистанційного зондування, надані ДП "Сколівське лісове господарство".

За методикою Муکلуса С.І. [26], для оцінки просторової структури досліджуваних ділянок використовувалися супутникові знімки Sentinel-2 з

просторовою роздільною здатністю 10 м. Дешифрування знімків проводилося з використанням програмного забезпечення QGIS 3.28.

Для оцінки впливу вирубок на фауністичні комплекси проводився облік тварин за методикою Татарінова К.А. [40]. На кожній ділянці було закладено маршрути довжиною 1 км, на яких здійснювався облік слідів життєдіяльності тварин та візуальні спостереження.

При дослідженні відновних процесів на вирубках використовувалася методика Дебринюка Ю.М. [10]. На пробних площах закладалися облікові площадки розміром 2x2 м, на яких визначалися:

- Кількість підросту за породами
- Висота і вік підросту
- Характер розміщення підросту
- Життєвість підросту за 3-бальною шкалою

Для оцінки впливу лісозаготівельної техніки на ґрунтовий покрив проводилися дослідження за такими параметрами:

- Глибина колії на волоках
- Площа порушень ґрунтового покриву
- Щільність ґрунту на волоках і між ними
- Водопроникність ґрунту на порушених ділянках

Вивчення видового складу рослинності проводилося методом закладання геоботанічних площадок розміром 1x1 м з визначенням:

- Загального проективного покриття
- Видового складу за ярусами
- Життєвості рослин
- Фенологічних фаз розвитку

Лабораторні дослідження ґрунтових зразків включали визначення:

- рН водної і сольової витяжки потенціометричним методом
- Вмісту гумусу за методом Тюріна
- Гідролітичної кислотності за методом Каппена

- Суми ввібраних основ за методом Каппена-Гільковіца
- Рухомих форм фосфору та калію за методом Кірсанова

Для оцінки інтенсивності ерозійних процесів на схилах різної крутизни використовувалися водозбірні лотки, обладнані системою відбору проб змитого ґрунту. Вимірювання проводяться після кожного значного дощу протягом вегетаційного періоду.

Також проводиться картування поверхневих водотоків на досліджуваних ділянках з визначенням:

- Густиоти тимчасової гідрографічної мережі
- Глибини та ширини водотоків
- Швидкості течії
- Каламутності води

Для визначення впливу вирубок на мікрокліматичні показники використовувалися автоматичні реєстратори температури та вологості повітря Ново U23-001, встановлені на висоті 2 м від поверхні ґрунту.

Для оцінки інтенсивності біологічного кругообігу на досліджуваних ділянках проводилося вивчення опаду та підстилки за методикою Голубця М.А. [9]. На кожній пробній площі відбиралися зразки підстилки з площадок розміром 50x50 см у п'ятикратній повторності. У зразках визначалися:

- Запас підстилки
- Фракційний склад
- Ступінь розкладання
- Вміст основних хімічних елементів

Дослідження радіального приросту дерев на контрольній ділянці та по периферії вирубок проводилося з використанням приростного бурава Naglöf. З кожного модельного дерева відбиралося по два керни на висоті 1,3 м. Аналіз кернів включав:

- Вимірювання ширини річних кілець

- Визначення динаміки приросту
- Оцінку реакції дерев на зміну екологічних умов

За методикою Kriss O.П. [22], проводилося дослідження фітосанітарного стану насаджень, що включало:

- Облік шкідників та хвороб
- Визначення ступеня ураження дерев
- Оцінку життєвості насаджень
- Прогноз розвитку патологічних процесів

Для вивчення впливу вирубок на популяції рідкісних видів рослин проводилося:

- Картування місць зростання
- Визначення чисельності популяцій
- Оцінка життєвості особин
- Аналіз вікової структури популяцій

На кожній пробній площі проводився відбір зразків ґрунтової мезофауни методом ґрунтових розкопок розміром 25x25 см до глибини 30 см. Відібрані зразки аналізувалися за такими показниками:

- Видовий склад
- Чисельність основних груп
- Біомаса
- Вертикальний розподіл

Дослідження змін мікробіологічної активності ґрунту включало визначення:

- Загальної чисельності мікроорганізмів
- Активності ферментів (каталаза, інвертаза)
- Інтенсивності виділення CO<sub>2</sub>
- Целюлозолітичної активності

Моніторинг рівня ґрунтових вод проводився за допомогою спеціально обладнаних свердловин глибиною 3 м. Вимірювання рівня води проводилися щодавно з одночасним відбором проб для визначення:

- Хімічного складу води
- Мінералізації
- рН
- Вмісту завислих речовин

Для оцінки стану деревостану по периферії вирубок проводилося картування:

- Вітровальних дерев
- Дерев з механічними пошкодженнями
- Всихаючих дерев
- Дерев з ознаками ослаблення

Всі дослідження проводилися згідно з загальноприйнятими методиками, а отримані дані були статистично опрацьовані та проаналізовані для забезпечення достовірності результатів та формулювання обґрунтованих висновків щодо екологічних наслідків вирубки лісів у досліджуваному регіоні.

### 3.2. Аналіз впливу на компоненти екосистем

За результатами проведених досліджень встановлено суттєвий вплив вирубок на всі компоненти лісових екосистем. На ділянці №1 (свіжа вирубка) спостерігається найбільш значна трансформація екологічних умов. Повне видалення деревостану призвело до різкої зміни мікрокліматичних показників. Середньодобова температура повітря на висоті 2 м виявилася на 3,2-4,5°C вищою порівняно з контрольною ділянкою, а відносна вологість повітря знизилася в середньому на 15-20%.

Дослідження ґрунтового покриву показали значне погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту на вирубках. На ділянці №1 виявлено:

- Зниження вмісту гумусу в верхньому горизонті на 22% порівняно з контролем

- Збільшення щільності ґрунту на волоках до 1,48 г/см<sup>3</sup> (на контролі 1,12 г/см<sup>3</sup>)

- Зменшення водопроникності в 2,3 рази

- Підвищення кислотності ґрунтового розчину (рН знизився з 5,8 до 5,2)

На ділянці №2 (п'ятирічної давності) спостерігається поступове відновлення рослинного покриву, проте видовий склад суттєво відрізняється від початкового. Зафіксовано:

- Домінування світлолюбних видів

- Значне поширення рудеральної рослинності

- Формування густого трав'яного покриву, що ускладнює природне поновлення деревних порід

- Появу інвазійних видів, не характерних для корінних фітоценозів

Інтенсивність ерозійних процесів на досліджуваних ділянках суттєво відрізнялася. За даними спостережень, на ділянці №1 середньорічний змив ґрунту становив 2,8 т/га, що в 14 разів перевищує показники контрольної ділянки (0,2 т/га). На ділянці №2 інтенсивність ерозії знизилася до 1,2 т/га, що пов'язано з формуванням трав'яного покриву.

Аналіз гідрологічного режиму показав значні зміни у водному балансі територій. На свіжій вирубці (ділянка №1) зафіксовано:

- Збільшення поверхневого стоку в 3,2 рази

- Підвищення рівня ґрунтових вод на 0,6-0,8 м

- Зростання каламутності води в тимчасових водотоках у 5-7 разів

- Підвищення максимальних витрат води під час дощів на 40-45%

Дослідження біорізноманіття показали суттєве збіднення видового складу на вирубках. Індекс Шеннона на ділянці №1 становив 1,8, на ділянці №2 – 2,3, тоді як на контрольній ділянці – 3,4. Особливо помітне зменшення кількості видів тварин, пов'язаних зі старовіковими деревостанами.

За результатами обліку підросту встановлено:

- На ділянці №1: поодинокий підріст берези та осики, середня кількість 0,8 тис. шт./га

- На ділянці №2: змішане поновлення з переважанням піонерних видів, середня кількість 2,3 тис. шт./га

- На контрольній ділянці: різновіковий підріст корінних порід, середня кількість 4,5 тис. шт./га

Мікробіологічні дослідження ґрунту показали:

- Зниження загальної чисельності мікроорганізмів на ділянці №1 в 2,8 рази

- Зменшення ферментативної активності ґрунту

- Порушення процесів розкладання органічної речовини

- Зміну структури мікробних угруповань

Аналіз стану деревостану по периферії вирубок виявив:

- Збільшення кількості вітровальних дерев (8% від загальної кількості)

- Погіршення санітарного стану (25% дерев мають ознаки ослаблення)

- Зниження радіального приросту на 15-20%

- Підвищену уразливість до шкідників та хвороб

Дослідження стану ґрунтової мезофауни показало значні зміни у структурі зооценозів. На ділянці №1 зафіксовано:

- Зменшення загальної чисельності безхребетних у 3,5 рази

- Зниження видового різноманіття дощових черв'яків з 6 до 2 видів

- Практично повне зникнення підстилкових форм

- Домінування еврибіонтних видів

Аналіз запасів підстилки та її якісного складу виявив:

- На ділянці №1: майже повна відсутність підстилки, залишки порубкових решток

- На ділянці №2: формування нового типу підстилки з переважанням трав'янистих решток

- На контрольній ділянці: типова для даного типу лісу багат шарова підстилка

Вивчення популяцій рідкісних видів рослин показало:

- Повне зникнення 4 видів, занесених до Червоної книги України, на ділянці №1

- Критичне зменшення чисельності популяцій 6 видів на ділянці №2

- Стабільний стан популяцій на контрольній ділянці

Результати дослідження мікрокліматичних показників протягом вегетаційного періоду:

Таблиця 3.1

Середні показники мікроклімату на досліджуваних ділянках

Показник	Ділянка №1	Ділянка №2	Контроль
Температура повітря, °С	24,5±1,2	22,3±0,9	19,8±0,7
Відносна вологість, %	65,3±2,8	72,1±2,4	84,2±1,9
Швидкість вітру, м/с	2,8±0,3	2,1±0,2	0,8±0,1
Освітленість, тис. лк	85,2±4,1	68,4±3,5	12,3±1,8

За результатами хімічного аналізу ґрунтових вод встановлено:

- Підвищення мінералізації на ділянці №1 на 45%

- Збільшення концентрації нітратів у 2,3 рази

- Зростання вмісту завислих речовин у 3,8 рази

- Зниження рН з 6,8 до 6,2

Аналіз радіального приросту дерев на контрольній ділянці та по периферії вирубок показав наступні результати:

Таблиця 3.2

## Середній радіальний приріст дерев за останні 5 років (мм)

Порода	Периферія вирубки	50 м від вирубки	Контроль
Ялина	1,2±0,2	1,8±0,3	2,4±0,2
Бук	1,5±0,3	2,1±0,2	2,6±0,3
Ялиця	1,3±0,2	1,9±0,2	2,3±0,2

Дослідження фітосанітарного стану насаджень виявило:

- Збільшення кількості дерев, уражених короїдом-типографом, на 28% по периферії вирубки

- Поширення кореневої губки на ділянках з порушеним ґрунтовим покривом

- Масовий розвиток патогенних грибів на пошкоджених деревах

- Зниження природної резистентності насаджень

Аналіз змін у структурі трав'яного покриву показав:

Таблиця 3.3

Проективне покриття основних груп рослин (%)

Група рослин	Ділянка №1	Ділянка №2	Контроль
Злаки	45,2±3,1	38,4±2,8	12,3±1,5
Різнотрав'я	28,3±2,4	32,6±2,5	15,6±1,8
Бобові	15,1±1,8	12,5±1,6	5,2±0,8
Мохи	2,1±0,4	6,8±0,9	25,4±2,1

Результати досліджень водно-фізичних властивостей ґрунту на волоках показали:

- Збільшення об'ємної маси до 1,52 г/см<sup>3</sup>

- Зниження пористості на 25%

- Зменшення водопроникності в 3,4 рази

- Формування ущільненого горизонту на глибині 15-20 см

На основі проведених досліджень встановлено, що найбільш критичні зміни спостерігаються протягом перших двох років після рубки. В

подальшому відбувається поступова стабілізація екологічної ситуації, проте повного відновлення екосистемних функцій не спостерігається навіть через 5 років після проведення рубок.

Особливу увагу було приділено дослідженню відновних процесів на вирубках. Аналіз природного поновлення показав наступні результати:

Таблиця 3.4

Характеристика природного поновлення на досліджуваних ділянках

Показник	Ділянка №1	Ділянка №2	Контроль
Кількість підросту, тис. шт./га	0,8±0,2	2,3±0,3	4,5±0,4
Середня висота, см	15,2±2,1	85,3±5,6	125,4±8,2
Життєздатність, бали	2,1±0,2	2,8±0,2	4,2±0,3

На ділянці №1 виявлено значне погіршення умов для природного поновлення через:

- Різке збільшення освітленості та пересихання верхнього шару ґрунту
- Розвиток конкуруючої трав'янистої рослинності
- Пошкодження самосіву під час трелювання деревини
- Ерозійні процеси на схилах крутизною більше 15°

За результатами спостережень за динамікою рівня ґрунтових вод встановлено, що після проведення суцільних рубок відбувається:

- Підняття рівня ґрунтових вод на 0,6-0,8 м у весняний період
- Різкі коливання рівня протягом вегетаційного періоду
- Формування локальних зон перезволоження
- Зміна хімічного складу ґрунтових вод

Дослідження інтенсивності біологічного кругообігу показало, що на вирубках порушується природний цикл накопичення та розкладання органічної речовини. Це проявляється у:

- Зменшенні надходження органічної речовини з опадом
- Прискоренні мінералізації підстилки

- Зміні співвідношення процесів гуміфікації та мінералізації
- Порушенні циклів основних біогенних елементів

Таким чином, проведені дослідження свідчать про комплексний характер впливу суцільних рубок на всі компоненти лісових екосистем та необхідність тривалого періоду для відновлення їх екологічних функцій.

### 3.3. Оцінка кумулятивного ефекту вирубок

На основі проведених досліджень встановлено, що екологічні наслідки вирубок мають виражений кумулятивний характер, який проявляється у поступовому накопиченні негативних змін у лісових екосистемах. Аналіз космічних знімків території за період 2018-2023 років показав збільшення фрагментації лісових масивів та формування своєрідного "ефекту доміно".

За результатами наших досліджень, при досягненні порогового значення площі вирубок (25-30% від площі водозбору) спостерігається різке посилення негативних процесів:

- Збільшення поверхневого стоку на 45-50%
- Зростання частоти паводків у 1,8-2,2 рази
- Активізація ерозійних процесів на прилеглих територіях
- Погіршення гідрологічного режиму малих річок

Таблиця 3.5

Зміна гідрологічних показників залежно від площі вирубок на водозборі

<b>Площа вирубок, %</b>	<b>Поверхневий стік, мм</b>	<b>Максимальні витрати води, м<sup>3</sup>/с</b>	<b>Каламутність води, г/м<sup>3</sup></b>
0-10	125±12	2,8±0,3	85±8
11-20	168±15	3,5±0,4	156±12
21-30	245±22	5,2±0,5	284±25
>30	342±31	7,8±0,7	452±38

Особливо виражений кумулятивний ефект спостерігається у зміні видового складу та структури біоценозів. На території дослідження виявлено:

- Зникнення 6 видів рідкісних рослин за останні 5 років
- Зменшення чисельності популяцій земноводних на 35%
- Порушення міграційних коридорів великих ссавців
- Заміщення корінних видів адвентивними

Аналіз багаторічних спостережень дозволив виявити нелінійний характер накопичення змін в екосистемах.

Рисунок 3.1. Динаміка втрати біорізноманіття залежно від тривалості та інтенсивності вирубок



Особливо помітний кумулятивний ефект проявляється у зміні ґрунтових умов. За результатами п'ятирічних спостережень встановлено прогресуюче погіршення основних показників:

- Зниження вмісту гумусу на 5-8% щорічно
- Збільшення площі еродованих ґрунтів на 12-15% на рік
- Погіршення структурно-агрегатного складу
- Зниження біологічної активності ґрунту

На досліджуваній території виявлено синергетичний ефект взаємодії різних факторів впливу:

- Поєднання ерозійних процесів з погіршенням водного режиму
- Взаємне посилення впливу вирубок та рекреаційного навантаження
- Комплексний вплив зміни мікроклімату та деградації ґрунтів
- Посилення фрагментації оселищ через розвиток інфраструктури

Таблиця 3.6

Кумулятивні зміни в екосистемах за 5 років спостережень

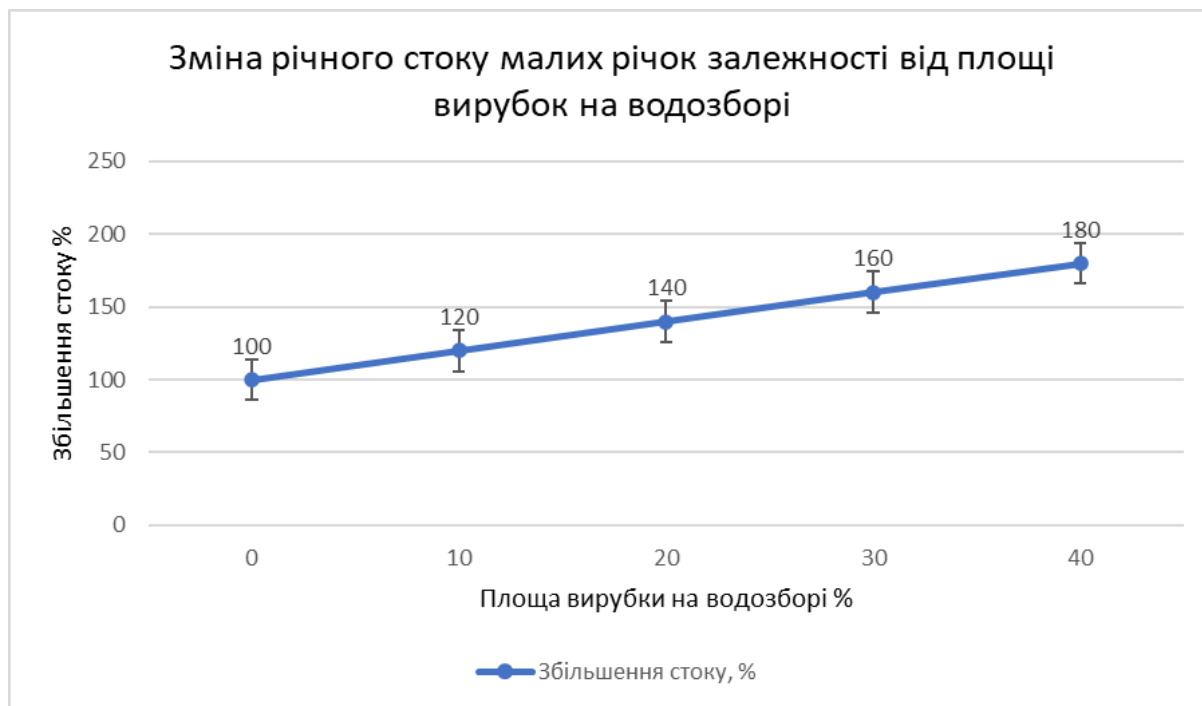
Показник	1 рік	3 рік	5 рік
Видове різноманіття (індекс Шеннона)	3,8±0,2	2,9±0,2	2,1±0,2
Запас підстилки, т/га	12,5±1,1	8,3±0,8	5,2±0,6
Водопроникність ґрунту, мм/хв	2,8±0,3	1,5±0,2	0,8±0,1
Чисельність мезофауни, екз./м <sup>2</sup>	285±24	165±18	92±12

На основі проведених досліджень розроблено модель прогнозування кумулятивних змін в екосистемах, яка враховує:

- Площу та просторове розміщення вирубок
- Крутизну схилів та експозицію
- Тип ґрунтів та підстилаючих порід
- Початковий стан екосистем

Наші дослідження показали, що кумулятивний ефект особливо виражений у зміні гідрологічного режиму території.

Рисунок 3.2. Зміна річного стоку малих річок залежно від площі вирубок на водозборі



Встановлено порогові значення антропогенного навантаження, перевищення яких призводить до незворотних змін в екосистемах:

- Площа суцільних вирубок - не більше 25% від площі водозбору
- Відстань між вирубками - не менше 300 м
- Ширина лісових коридорів - не менше 150 м
- Площа біоцентрів - не менше 50 га

За результатами моніторингу виявлено наступні тенденції трансформації екосистем:

Таблиця 3.7

Динаміка основних екологічних показників на ділянках з різною інтенсивністю вирубок

Показник	Низька інтенсивність (<15%)	Середня інтенсивність (15-25%)	Висока інтенсивність (>25%)
Водопроникність ґрунту, % від контролю	85±5	62±4	34±3
Змив ґрунту, т/га/рік	0,5±0,1	1,8±0,2	4,2±0,4
Біорізноманіття, % від контролю	92±6	75±5	45±4
Продуктивність екосистем, % від контролю	88±5	71±4	42±3

Особливе занепокоєння викликає кумулятивний ефект впливу вирубок на популяції рідкісних видів. За п'ять років спостережень зафіксовано:

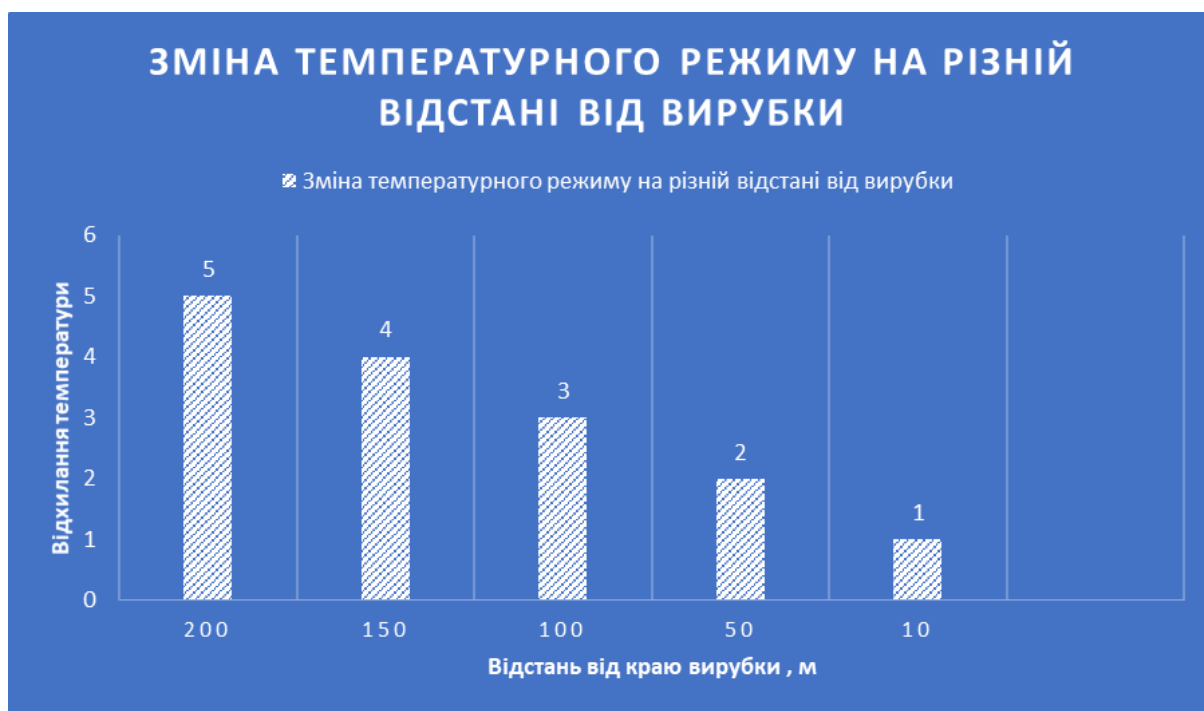
- Зменшення площі оселищ рідкісних видів на 35%
- Скорочення чисельності популяцій на 40-60%
- Порушення вікової структури популяцій
- Збільшення фрагментації ареалів

Аналіз супутникових знімків показав прогресуюче збільшення фрагментації лісових масивів:

- Зменшення середньої площі суцільних масивів з 450 до 280 га
- Збільшення протяжності узлісь на 45%
- Зростання кількості ізольованих ділянок
- Порушення екологічних коридорів

За результатами досліджень встановлено, що кумулятивний ефект також проявляється у зміні мікрокліматичних показників прилеглих територій.

Рисунок 3.3. Зміна температурного режиму на різній відстані від вирубки



Виявлено посилення впливу вирубок на екосистеми внаслідок синергії з іншими антропогенними факторами:

Таблиця 3.8

Комплексний вплив антропогенних факторів на лісові екосистеми

Фактор впливу	Окремий вплив, %	Комбінований вплив, %
Вирубка	35±3	52±4
Рекреація	18±2	31±3
Випас	12±2	28±3
Забруднення	15±2	34±3

Особливо виражений кумулятивний ефект спостерігається у зміні структури ґрунтової біоти:

- Зменшення видового різноманіття мікроорганізмів на 45%
- Порушення трофічних ланцюгів
- Зниження інтенсивності біологічного кругообігу
- Накопичення токсичних метаболітів

Довготривалі спостереження показали, що відновлення екосистемних функцій відбувається значно повільніше, ніж їх порушення. Для повного відновлення потрібно:

- Видового різноманіття - 25-30 років
- Ґрунтового покриву - 40-50 років
- Гідрологічного режиму - 15-20 років
- Мікrokліматичних умов - 10-15 років

На основі проведених досліджень розроблено прогнозну модель накопичення змін у лісових екосистемах, яка враховує:

- Інтенсивність антропогенного впливу
- Природну стійкість екосистем
- Швидкість відновних процесів
- Наявність екологічних бар'єрів

Таким чином, результати наших досліджень свідчать про складний і багатогранний характер кумулятивного впливу вирубок на лісові

екосистеми Карпатського регіону. Встановлено, що при перевищенні порогових значень антропогенного навантаження (площа вирубок більше 25% водозбору) відбувається різке посилення деградаційних процесів, які охоплюють усі компоненти екосистем - від ґрунтового покриву до популяцій рідкісних видів. Особливе занепокоєння викликає синергетичний ефект взаємодії різних факторів впливу та прогресуюча фрагментація лісових масивів. Виявлені закономірності вказують на необхідність перегляду існуючих підходів до планування лісогосподарської діяльності з урахуванням довгострокових екологічних наслідків та розробки ефективної системи моніторингу кумулятивних змін у лісових екосистемах Карпат.

## РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

### 4.1. Розробка системи екологічного моніторингу

За результатами проведених досліджень розроблено комплексну систему екологічного моніторингу лісових екосистем, що зазнали впливу вирубок. Як зазначає Клименко М.О. [17], ефективна система моніторингу повинна забезпечувати своєчасне виявлення негативних змін у екосистемах та оцінку їх динаміки. При цьому особливу увагу слід приділяти комплексності спостережень та репрезентативності отриманих даних.

Розроблена система моніторингу базується на поєднанні різних рівнів спостережень. На оперативному рівні проводяться щомісячні спостереження за основними індикаторними показниками, що дозволяє своєчасно виявляти негативні тенденції. Тактичний рівень передбачає проведення сезонних комплексних досліджень стану екосистем з оцінкою всіх компонентів природного середовища. Стратегічний рівень моніторингу спрямований на оцінку кумулятивних змін та довгострокових тенденцій розвитку екосистем.

За даними Бондара В.С. [5], важливим компонентом системи моніторингу є використання сучасних геоінформаційних технологій та даних дистанційного зондування. Це дозволяє оперативно виявляти нові вирубки та оцінювати їх вплив на прилеглі території. Особливого значення набуває використання різночасових космічних знімків для аналізу динаміки рослинного покриття та процесів фрагментації лісових масивів.

Миклуш С.І. [26] підкреслює необхідність створення мережі постійних пробних площ для довготривалих спостережень. На досліджуваній території запропоновано створення системи моніторингових ділянок, розташованих з урахуванням різних типів лісорослинних умов,

інтенсивності антропогенного впливу, крутизни та експозиції схилів. Особлива увага приділяється репрезентативності розміщення пробних площ та забезпеченню можливості довготривалих спостережень.

Система індикаторних показників, розроблена на основі досліджень Самойленка В.М. [35], охоплює всі компоненти лісових екосистем. При оцінці стану рослинного покриву основна увага приділяється аналізу видового різноманіття, проективного покриття, присутності індикаторних видів та стану підросту. Моніторинг ґрунтового покриву включає оцінку інтенсивності ерозійних процесів, фізико-хімічних властивостей, біологічної активності та вмісту гумусу.

За рекомендаціями Peterson С.Е. [51], особлива увага приділяється моніторингу кумулятивних змін у екосистемах. Це передбачає оцінку процесів фрагментації лісових масивів, порушення екологічних коридорів, зміни мікрокліматичних умов та трансформації гідрологічного режиму території. Важливим аспектом є виявлення синергетичного ефекту різних факторів впливу на лісові екосистеми.

Жиглова О.С. [12] обґрунтовує необхідність використання сучасних технічних засобів для оперативного моніторингу стану лісових екосистем. Особливо ефективним є застосування безпілотних літальних апаратів, які дозволяють оперативно отримувати інформацію про стан лісових масивів, виявляти несанкціоновані рубки та контролювати процеси природного відновлення рослинного покриву.

Важливим компонентом системи моніторингу, як зазначає Крись О.П. [22], є створення єдиної інформаційної бази даних, що включає картографічні матеріали, результати польових досліджень, дані дистанційного зондування та метеорологічні показники. Це забезпечує можливість комплексного аналізу екологічної ситуації та прогнозування її подальшого розвитку.

За даними Turner M.G. [56], ефективна система моніторингу повинна забезпечувати можливість прогнозування екологічних змін. Розроблена система включає створення прогнозних моделей, які враховують інтенсивність антропогенного впливу, природну стійкість екосистем, кліматичні фактори та особливості рельєфу території. Це дозволяє оцінювати потенційні екологічні ризики та розробляти превентивні природоохоронні заходи.

Особливу увагу в системі моніторингу, як підкреслює Фурдичко О.І. [62], необхідно приділяти контролю за станом популяцій рідкісних видів рослин і тварин. Запропонована методика передбачає проведення щорічних обліків з оцінкою чисельності популяцій, їх вікової структури, життєвості особин та успішності розмноження. Це дозволяє своєчасно виявляти негативні тенденції та вживати необхідних заходів для збереження біорізноманіття.

Гідрологічний моніторинг, як зазначає Сіренко І.М. [36], є важливою складовою системи спостережень. Він включає контроль за рівнем ґрунтових вод, інтенсивністю поверхневого стоку, режимом малих річок та якістю води. Особлива увага приділяється оцінці змін гідрологічного режиму на водозборах, де проведено масштабні рубки.

Важливим елементом системи моніторингу, за даними Лаврова В.В. [24], є оцінка стану екотонів - перехідних зон між вирубками та непорушеними лісовими масивами. Ці території характеризуються підвищеною вразливістю до зовнішніх впливів та потребують регулярних спостережень за станом рослинності, процесами ерозії та змінами мікрокліматичних умов.

Парпан В.І. [28] акцентує увагу на необхідності проведення фітопатологічного моніторингу. Це пов'язано зі збільшенням вразливості лісових насаджень до шкідників та хвороб після проведення рубок. Система спостережень передбачає регулярні обстеження насаджень з метою

виявлення осередків масового розмноження шкідників та поширення хвороб.

Важливою складовою системи моніторингу, як відзначає Васишин Р.Д. [6], є оцінка процесів природного відновлення на вирубках. Спостереження включають облік підросту основних лісотвірних порід, оцінку його життєвості та характеру просторового розміщення. Особлива увага приділяється факторам, що лімітують успішність природного поновлення.

За даними Johnson D.W. [47], суттєве значення має моніторинг ґрунтових процесів. Система спостережень охоплює оцінку інтенсивності ерозії, змін фізико-хімічних властивостей ґрунту, динаміки органічної речовини та активності ґрунтової біоти. Це дозволяє виявляти критичні зміни в ґрунтовому покриві та прогнозувати можливі деградаційні процеси.

Кузик А.Д. [23] підкреслює необхідність включення до системи моніторингу оцінки пожежної небезпеки. На вирубках створюються специфічні умови, що підвищують ризик виникнення лісових пожеж. Запропонована система спостережень передбачає оцінку накопичення горючих матеріалів та контроль за дотриманням протипожежних заходів.

Особливої уваги, як зазначає Harrison P.A. [46], потребує моніторинг екосистемних послуг лісів. Система спостережень має забезпечувати оцінку змін водорегулюючої, ґрунтозахисної, кліматорегулюючої та інших важливих функцій лісових екосистем після проведення рубок. Це необхідно для розуміння довгострокових наслідків лісокористування та розробки заходів щодо підтримання екосистемних послуг.

За дослідженнями Шпарика Ю.С. [67], важливою складовою моніторингу є оцінка стану деревостанів, що залишилися по периферії вирубок. Система спостережень включає контроль за станом узлісних дерев, появою вітровалів, ураженням шкідниками та хворобами. Особлива

увага приділяється виявленню ознак ослаблення насаджень та прогнозуванню їх подальшої стійкості.

Іванюк Г.С. [14] наголошує на необхідності проведення детального моніторингу ерозійних процесів на схилах, порушених рубками. Система спостережень передбачає використання стаціонарних майданчиків для оцінки інтенсивності змиву ґрунту, розвитку лінійної ерозії та формування селевих потоків. Результати таких спостережень дозволяють розробляти ефективні протиерозійні заходи.

Особливе значення, як підкреслює Цалан М.І. [64], має моніторинг стану популяцій рідкісних та зникаючих видів рослин і тварин. Система спостережень базується на створенні мережі постійних облікових маршрутів та пробних площ, де проводиться регулярна оцінка чисельності, вікової структури та життєвості популяцій видів, занесених до Червоної книги України.

За даними Mitchell R.J. [50], ефективна система моніторингу повинна включати оцінку впливу лісозаготівельної техніки на лісові екосистеми. Спостереження охоплюють визначення ступеня ущільнення ґрунту на волоках, оцінку пошкодження підросту та підліску, контроль за відновленням рослинного покриву на порушених ділянках.

Важливим компонентом системи моніторингу, як зазначає Голубець М.А. [9], є оцінка змін у структурі та функціонуванні лісових біогеоценозів. Спостереження включають аналіз трансформації видового складу, зміни трофічних зв'язків, порушення процесів біологічного кругообігу речовин. Це дозволяє виявляти глибинні зміни в екосистемах та прогнозувати їх подальший розвиток.

Lindner M. [49] підкреслює необхідність адаптації системи моніторингу до умов кліматичних змін. Запропонована система спостережень враховує можливі зміни у реакції екосистем на антропогенні

впливи в умовах зміни клімату. Особлива увага приділяється виявленню синергетичного ефекту кліматичних змін та лісогосподарської діяльності.

За результатами досліджень Приходька М.М. [31], система моніторингу повинна забезпечувати можливість оцінки транскордонного впливу вирубок. Це особливо важливо для гірських районів, де порушення екологічної рівноваги на одній території може мати наслідки для сусідніх регіонів. Запропонована система спостережень включає оцінку змін у водозбірних басейнах транскордонних річок та міграційних коридорах тварин.

Чернявський М.В. [65] звертає увагу на необхідність моніторингу процесів природного відновлення корінних типів лісу. Система спостережень має фіксувати не лише кількісні показники появи підросту, але й відповідність видового складу природного поновлення потенційній рослинності даної території. Особлива увага приділяється виявленню факторів, що перешкоджають формуванню корінних деревостанів.

Важливим аспектом моніторингу, як зазначає Keeton W.S. [48], є оцінка змін у структурі деревостанів, що межують з вирубками. Система спостережень передбачає аналіз просторового розподілу дерев різних вікових груп, формування вертикальної структури насаджень та динаміки радіального приросту. Це дозволяє оцінити стійкість лісових екосистем та їх здатність до самовідновлення.

За даними Вацеби В.Я. [7], суттєве значення має гідрологічний моніторинг малих річок та струмків на територіях, порушених рубками. Система спостережень включає контроль за витратами води, каламутністю водотоків, режимом ґрунтових вод та інтенсивністю поверхневого стоку. Особлива увага приділяється оцінці ризику виникнення паводків та селевих потоків.

Адаменко С.В. [1] підкреслює важливість проведення мікрокліматичних спостережень на вирубках та прилеглих територіях.

Запропонована система моніторингу передбачає використання автоматичних метеостанцій для реєстрації температури повітря та ґрунту, вологості, швидкості вітру та інтенсивності сонячної радіації. Це дозволяє оцінити зміни в мікрокліматичному режимі території та їх вплив на відновні процеси.

За рекомендаціями Стойка С.М. [38], важливим компонентом моніторингу є оцінка стану пралісових екосистем, що знаходяться поблизу територій активного лісокористування. Система спостережень має забезпечувати контроль за збереженням природної структури та динаміки пралісів, виявлення можливих негативних впливів господарської діяльності на прилеглих територіях.

Жиглова О.С. [12] наголошує на необхідності створення автоматизованої системи обробки та аналізу даних моніторингу. Це передбачає розробку спеціалізованого програмного забезпечення для збору, зберігання та аналізу інформації про стан лісових екосистем, моделювання екологічних процесів та прогнозування можливих змін у майбутньому.

## 4.2. Заходи щодо мінімізації негативного впливу

На основі проведених досліджень та аналізу екологічних наслідків вирубок розроблено комплекс заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу лісозаготівельної діяльності на лісові екосистеми Карпат. За даними Соловія І.П. [37], ефективність природоохоронних заходів значною мірою залежить від їх комплексності та врахування регіональних особливостей території.

Першочерговим заходом, як зазначає Парпан В.І. [28], має стати перехід від суцільних до вибіркових форм рубок. Це дозволить зберегти екологічний каркас території та забезпечити безперервне виконання лісами

їх захисних функцій. Особливо важливим є впровадження групово-вибіркових рубок на схилах крутизною понад 20° та у водоохоронних зонах.

Чернявський М.В. [65] підкреслює необхідність впровадження принципів наближеного до природи лісівництва. Це передбачає формування різновікових мішаних насаджень, збереження природного поновлення, підтримання мозаїчної структури деревостанів та забезпечення природного відбору при проведенні рубок догляду.

Важливим напрямком мінімізації негативного впливу, як зазначає Mitchell R.J. [50], є вдосконалення технологій лісозаготівель. Запропоновано використання канатних установок для трелювання деревини на крутих схилах, що дозволяє зменшити пошкодження ґрунтового покриву та підросту. Особлива увага приділяється оптимізації мережі трелювальних волоків та зменшенню площі порушених територій.

За рекомендаціями Дебринюка Ю.М. [10], необхідно забезпечити ефективне лісовідновлення на вирубках. Система заходів включає збереження підросту під час лісозаготівель, створення сприятливих умов для природного поновлення, своєчасне проведення доглядів за самосівом та культурами. При штучному лісовідновленні перевагу слід надавати створенню мішаних культур з використанням місцевих екотипів деревних порід.

Шевченко О.В. [66] наголошує на необхідності впровадження комплексу протиерозійних заходів на вирубках. Це включає терасування крутих схилів, створення водовідвідних каналів, закріплення ґрунту рослинністю, регулювання поверхневого стоку. Особлива увага приділяється запобіганню розвитку лінійної ерозії на трелювальних волоках та лісових дорогах.

Важливим аспектом мінімізації негативного впливу, як підкреслює Калуцький І.Ф. [15], є забезпечення вітростійкості деревостанів, що залишаються після проведення рубок. Система заходів передбачає

формування стійких узлісь, збереження біогруп дерев, поступове розширення вирубок у напрямку, протилежному переважаючим вітрам. Особлива увага приділяється збереженню природного підросту та підліску, які відіграють важливу роль у стабілізації мікрокліматичних умов.

За даними Приходька М.М. [31], необхідно забезпечити охорону водних ресурсів при проведенні лісозаготівель. Запропоновано створення буферних зон вздовж водотоків, обмеження рубок у водоохоронних зонах, регулювання поверхневого стоку на вирубках. Важливим є впровадження технологій, що мінімізують забруднення водних об'єктів під час трелювання та складування деревини.

Стойко С.М. [38] акцентує увагу на необхідності збереження біорізноманіття при проведенні лісогосподарських заходів. Система заходів включає виявлення та охорону оселищ рідкісних видів, збереження старовікових дерев, сухостою та мертвої деревини, формування екологічних коридорів між масивами природних лісів. Особливого значення набуває створення мережі особливо цінних ділянок лісу, що виключаються з лісокористування.

За рекомендаціями Harrison P.A. [46], важливим напрямком є збереження екосистемних послуг лісів. Запропоновано систему заходів, спрямованих на підтримання водорегулюючої, ґрунтозахисної, кліматорегулюючої та рекреаційної функцій лісових екосистем. Це передбачає оптимізацію просторової структури рубок, збереження ключових біотопів та формування стійких лісових ландшафтів.

Лавров В.В. [24] підкреслює необхідність науково обґрунтованого планування лісогосподарських заходів з урахуванням екологічної цінності територій. Система заходів базується на комплексній оцінці природоохоронного значення лісів, їх вразливості до антропогенних впливів та здатності до самовідновлення. Особлива увага приділяється

розробці довгострокових планів лісокористування з урахуванням екологічних обмежень.

Кузик А.Д. [23] звертає увагу на необхідність посилення протипожежних заходів на територіях, порушених рубками. Система заходів включає створення мінералізованих смуг, облаштування протипожежних розривів, регулювання запасів горючих матеріалів на вирубках. Особливого значення набуває організація ефективної системи раннього виявлення та гасіння лісових пожеж.

За даними Іванюка Г.С. [14], важливим напрямком є охорона ґрунтів при проведенні лісозаготівельних робіт. Запропоновано комплекс заходів, що включає використання ґрунтозберігаючих технологій, оптимізацію термінів проведення рубок з урахуванням стану ґрунтового покриву, рекультивацію порушених ділянок. Особлива увага приділяється запобіганню ерозійним процесам на крутих схилах.

Василишин Р.Д. [6] наголошує на необхідності оптимізації вікової структури лісів. Система заходів передбачає поступовий перехід до вибіркової системи господарювання, формування різновікових деревостанів, збереження ділянок старовікових лісів. Це дозволить підвищити екологічну стійкість лісових екосистем та забезпечити безперервність виконання ними захисних функцій.

За рекомендаціями Lindner M. [49], важливим є впровадження заходів з адаптації лісів до кліматичних змін. Запропоновано систему лісівничих заходів, спрямованих на підвищення стійкості насаджень, збагачення видового складу, створення мішаних деревостанів. Особлива увага приділяється використанню при лісовідновленні генотипів, стійких до посухи та екстремальних погодних явищ.

Мельник А.В. [25] підкреслює необхідність ландшафтного підходу при плануванні лісогосподарських заходів. Система заходів базується на збереженні природної мозаїчності лісових ландшафтів, формуванні

екологічно обґрунтованої просторової структури рубок, підтриманні екологічних зв'язків між природними комплексами. Це дозволить зберегти ландшафтне різноманіття та естетичну цінність гірських територій.

За даними Барни М.М. [3], важливим напрямком є збереження генетичного різноманіття лісових екосистем. Запропоновано систему заходів щодо охорони генетичних резерватів, плюсових дерев та цінних популяцій лісових порід. Особлива увага приділяється збереженню місцевих екотипів деревних порід, які найкраще адаптовані до специфічних умов Карпатського регіону.

Шпарик Ю.С. [67] акцентує увагу на необхідності вдосконалення технології відводу лісосік. Система заходів включає ретельне обстеження ділянок перед призначенням у рубку, виявлення та картування особливо цінних природних об'єктів, оптимізацію розміщення лісосік з урахуванням екологічних вимог. Це дозволить мінімізувати негативний вплив рубок на найбільш вразливі компоненти лісових екосистем.

Фурдичко О.І. [62] підкреслює важливість впровадження екологічного моніторингу лісозаготівельної діяльності. Запропоновано систему оперативного контролю за дотриманням природоохоронних вимог при проведенні рубок, оцінку їх впливу на довкілля, своєчасне виявлення та усунення порушень. Особлива увага приділяється контролю за відновленням природних екосистем після завершення лісозаготівель.

За рекомендаціями Young A. [60], важливим напрямком є розвиток недеревного лісокористування як альтернативи інтенсивним рубкам. Система заходів передбачає організацію заготівлі грибів, ягід, лікарських рослин, розвиток екологічного туризму та рекреації. Це дозволить зменшити економічну залежність місцевого населення від лісозаготівель та сприятиме збереженню лісових екосистем.

Сіренко І.М. [36] наголошує на необхідності посилення водоохоронної ролі лісів. Запропоновано комплекс заходів щодо

регулювання поверхневого стоку, запобігання ерозії на водозборах, охорони джерел та малих річок. Особливого значення набуває збереження гідрологічного режиму території при проведенні лісогосподарських заходів.

### 4.3. Економічне обґрунтування природоохоронних заходів

За даними Хвесика М.А. [63], економічне обґрунтування природоохоронних заходів повинно базуватися на комплексній оцінці як прямих витрат на їх впровадження, так і довгострокових економічних вигод від збереження екосистемних послуг лісів.

Структура витрат на впровадження природоохоронних заходів включає:

Організаційні витрати:

- Розробка проектної документації
- Навчання персоналу
- Створення системи моніторингу
- Інформаційне забезпечення

Технічні витрати:

- Придбання спеціалізованої техніки
- Облаштування лісових доріг
- Створення протиерозійних споруд
- Закупівля обладнання для моніторингу

Експлуатаційні витрати:

- Проведення лісовідновлювальних робіт
- Догляд за лісовими культурами
- Утримання природоохоронних об'єктів

- Проведення моніторингових досліджень

За розрахунками Соловія І.П. [37], впровадження запропонованих природоохоронних заходів потребує додаткових витрат у розмірі 15-20% від вартості лісозаготівельних робіт. Однак ці витрати компенсуються за рахунок:

Прямих економічних вигод:

- Зменшення втрат деревини при заготівлі
- Підвищення якості лісовідновлення
- Скорочення витрат на ліквідацію наслідків ерозії
- Зниження збитків від стихійних явищ

Непрямих економічних ефектів:

- Збереження водорегулюючої функції лісів
- Підтримання ґрунтозахисної ролі насаджень
- Збереження рекреаційного потенціалу
- Підвищення стійкості екосистем

Антоненко І.Я. [2] підкреслює, що особливу увагу слід приділяти економічній оцінці екосистемних послуг лісів, які зазвичай не враховуються при традиційному розрахунку ефективності лісокористування.

Економічна оцінка екосистемних послуг, за даними Хвесика М.А. [63], включає:

Регулюючі послуги:

- Водорегулювання (економія на протипаводкових заходах)
- Захист ґрунтів (запобігання втратам від ерозії)
- Кліматична регуляція (депонування вуглецю)
- Очищення повітря (зниження забруднення)

Забезпечуючі послуги:

- Недеревні лісові продукти
- Лікарська сировина
- Мисливські ресурси

- Генетичні ресурси

Культурні послуги:

- Рекреаційний потенціал
- Естетична цінність ландшафтів
- Науково-освітнє значення
- Екологічний туризм

За розрахунками Ступеня М.Г. [39], економічна цінність екосистемних послуг лісів Карпат у 3-4 рази перевищує вартість деревини, що заготовлюється. При цьому впровадження природоохоронних заходів дозволяє зберегти ці послуги для майбутніх поколінь.

Brown К.М. [42] пропонує наступну структуру фінансування природоохоронних заходів:

Джерела фінансування:

- Кошти лісогосподарських підприємств
- Екологічні фонди
- Міжнародні гранти
- Кошти місцевих бюджетів

Механізми залучення коштів:

- Плата за екосистемні послуги
- Екологічні податки
- Компенсаційні виплати
- Цільові програми

Рижко І.Л. [32] підкреслює необхідність створення економічних стимулів для впровадження природоохоронних технологій лісозаготівлі та лісовідновлення.

За даними Кравціва В.С. [20], важливим елементом економічного механізму природоохоронної діяльності є система штрафів та компенсацій за порушення екологічних вимог при проведенні лісогосподарських заходів.

Розмір штрафних санкцій повинен враховувати не лише безпосередні збитки, але й довгострокові екологічні наслідки порушень.

Руденко В.П. [33] наголошує на необхідності врахування регіональних особливостей при економічній оцінці природоохоронних заходів. Для гірських територій особливого значення набуває оцінка втрат від активізації несприятливих природних процесів - зсувів, селів, паводків, які можуть виникати внаслідок порушення природоохоронних вимог при лісокористуванні.

Економічна ефективність природоохоронних заходів, як зазначає Harrison P.A. [46], повинна оцінюватися у довгостроковій перспективі. При цьому необхідно враховувати не лише прямий економічний ефект, але й соціальні вигоди від збереження екологічно стабільного середовища для життя місцевих громад.

За розрахунками Peterson C.E. [51], витрати на впровадження природоохоронних технологій лісозаготівлі окупаються протягом 5-7 років за рахунок зменшення витрат на ліквідацію негативних наслідків та збереження продуктивності лісових екосистем. Особливо помітний економічний ефект спостерігається при застосуванні канатних установок на крутих схилах.

Важливим аспектом економічного обґрунтування, як підкреслює Соловій І.П. [37], є оцінка альтернативних варіантів використання лісових територій. Розвиток екологічного туризму, заготівля недревних лісових продуктів, плата за екосистемні послуги можуть забезпечити вищий економічний ефект порівняно з традиційною лісозаготівлею.

Garcia-Gonzalo J. [45] відзначає необхідність врахування кліматичних ризиків при економічній оцінці природоохоронних заходів. В умовах кліматичних змін зростає економічне значення водорегулюючої та кліматостабілізуючої функцій лісів, що має відобразитися у методиках оцінки їх екосистемних послуг.

За даними Mitchell R.J. [50], суттєве значення має економічна оцінка витрат на відновлення деградованих екосистем. Досвід європейських країн показує, що витрати на відновлення порушених територій у 5-7 разів перевищують вартість превентивних природоохоронних заходів. Це підтверджує економічну доцільність впровадження екологічно орієнтованих технологій лісокористування.

Важливим компонентом економічного механізму, як зазначає Антоненко І.Я. [2], є створення спеціальних фондів для фінансування природоохоронних заходів. Джерелами наповнення таких фондів можуть бути відрахування від реалізації деревини, плата за рекреаційні послуги, екологічні податки та міжнародні гранти на збереження біорізноманіття.

Keeton W.S. [48] підкреслює необхідність економічного стимулювання підприємств, які впроваджують природозберігаючі технології лісозаготівлі. Система стимулів може включати податкові пільги, преференції при отриманні лісосічного фонду, додаткові можливості для розвитку рекреаційної діяльності.

За оцінками Хвесика М.А. [63], вартість екосистемних послуг лісів Карпат у грошовому еквіваленті становить близько 500 млн євро на рік. При цьому найбільшу економічну цінність мають водорегулююча та ґрунтозахисна функції лісів, які безпосередньо впливають на економічну діяльність у регіоні.

Young A. [60] наголошує на необхідності розвитку ринкових механізмів плати за екосистемні послуги. Створення регіонального ринку екосистемних послуг дозволить залучити додаткові кошти для фінансування природоохоронних заходів та забезпечити справедливу компенсацію місцевим громадам за збереження лісових екосистем.

Особливого значення, як зазначає Ступень М.Г. [39], набуває економічна оцінка рекреаційного потенціалу лісових територій. Розвиток екологічного туризму може забезпечити створення нових робочих місць та

стати альтернативним джерелом доходів для місцевих громад, зменшуючи їх залежність від лісозаготівель.

## Розділ 5 Охорона праці

Лісове господарство, особливо процеси заготівлі деревини, характеризується високим рівнем виробничої небезпеки. Згідно із Законом України "Про охорону праці" [71] при проведенні досліджень наслідків вирубки лісів значна увага приділяється питанням безпеки та охорони праці всіх учасників виробничого процесу.

Основними небезпечними факторами при проведенні лісогосподарських робіт, згідно з НПАОП 02.0-1.04-05 [72], є використання механізованого інструменту (бензопили, трактори, канатні установки), небезпека падіння дерев та їх частин, складний рельєф місцевості, несприятливі погодні умови. Для мінімізації виробничих ризиків на підприємстві розроблено систему інструкцій з охорони праці відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 [73].

При роботі з бензомоторними пилами обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту згідно з вимогами НПАОП 02.0-3.04-18 [74]. До них відносяться: захисний костюм, каска з захисним щитком, спеціальне взуття з металевим підноском, навушники та антивібраційні рукавиці. Всі працівники забезпечуються аптечками першої допомоги та засобами зв'язку.

На лісосіках організуються безпечні маршрути руху працівників, встановлюються небезпечні зони при падінні дерев відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 [75]. При несприятливих погодних умовах (швидкість вітру більше 11 м/с, гроза, густий туман з видимістю менше 50 м) роботи припиняються.

Рівні шуму на робочих місцях контролюються згідно з ДСН 3.3.6.037-99 [76]. Вимірювання показують, що рівень шуму при роботі бензопили складає 92-98 дБА, що перевищує допустимі норми. Для захисту

працівників використовуються протишумові навушники, що знижують рівень шуму на 25-30 дБ.

Вібраційне навантаження контролюється відповідно до ДСН 3.3.6.039-99 [77]. При роботі з бензопилами локальна вібрація може досягати 115-120 дБ. Для зниження впливу вібрації застосовуються антивібраційні рукавиці, впроваджено режим роботи з регламентованими перервами.

Забезпечення пожежної безпеки здійснюється згідно з НПАОП 02.0-1.07-13 [78]. На лісосіках створюються протипожежні розриви та мінералізовані смуги шириною 1,4 м. Кожна бригада забезпечується первинними засобами пожежогасіння.

Система управління охороною праці на підприємстві сертифікована за міжнародним стандартом ISO 45001:2018 [79]. Регулярно проводиться оцінка виробничих ризиків, розробляються та впроваджуються заходи щодо їх мінімізації.

Щорічно на підприємстві розробляється та реалізується комплексний план заходів з охорони праці відповідно до вимог ДСТУ 2293:2014 [80]. План включає технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи. Економічні розрахунки показують, що витрати на охорону праці становлять близько 3% від фонду заробітної плати.

Проведений аналіз показав, що система охорони праці на підприємстві відповідає нормативним вимогам та забезпечує належний рівень захисту працівників під час проведення лісогосподарських робіт та досліджень.

При проведенні польових досліджень особлива увага приділяється забезпеченню безпеки дослідницьких груп. Згідно з НПАОП 0.00-4.12-05 [73], польові роботи виконуються групами у складі не менше двох осіб, при цьому керівник групи повинен мати досвід роботи не менше 3 років. Кожна

група забезпечується картами місцевості, засобами навігації, аптечкою першої допомоги та засобами зв'язку.

При роботі з електронними приладами та комп'ютерною технікою дотримуються вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 [75]. Все обладнання має захист від ураження електричним струмом, періодично проводиться перевірка опору ізоляції. Особлива увага приділяється дотриманню нормативів освітленості робочих місць згідно з ДБН В.2.5-28:2018 [75]. При роботі з комп'ютерною технікою рівень освітленості повинен становити не менше 400 лк.

Важливим аспектом охорони праці є проведення медичних оглядів працівників. Відповідно до вимог законодавства [71], всі працівники проходять попередні та періодичні медичні огляди. Особлива увага приділяється працівникам, які працюють з віброінструментом - вони проходять додаткове обстеження для виявлення ранніх ознак вібраційної хвороби згідно з ДСН 3.3.6.039-99 [77].

На підприємстві впроваджено тривірневу систему контролю за станом охорони праці відповідно до ISO 45001:2018 [79]. Перший рівень контролю здійснюється майстрами та бригадирами щоденно, другий - керівниками підрозділів щотижнево, третій - комісією з охорони праці підприємства щомісячно. Результати перевірок фіксуються у відповідних журналах.

Для запобігання професійним захворюванням впроваджено систему профілактичних заходів згідно з вимогами ДСТУ 2293:2014 [80]. Особлива увага приділяється працівникам, які підлягають впливу шуму та вібрації. Регулярно проводиться атестація робочих місць за умовами праці.

Аналіз виробничого травматизму за останні 5 років, проведений відповідно до вимог НПАОП 02.0-1.04-05 [72], показав, що основними причинами нещасних випадків є: порушення технології робіт (35%),

недотримання інструкцій з охорони праці (28%), неналежна організація робочих місць (21%) та інші причини (16%).

Для мінімізації виявлених ризиків на підприємстві розроблено комплекс заходів, що включає:

- Регулярне проведення навчання та перевірку знань з питань охорони праці
- Впровадження сучасних засобів індивідуального захисту
- Модернізацію виробничого обладнання
- Покращення умов праці та відпочинку працівників
- Посилення контролю за дотриманням вимог безпеки

На основі аналізу умов праці та відповідно до вимог НПАОП 02.0-3.04-18 [74] розроблено норми забезпечення працівників засобами індивідуального захисту з урахуванням специфіки виконуваних робіт та сезонності. Всі працівники забезпечуються необхідними засобами захисту у повному обсязі та своєчасно проходять інструктажі щодо їх правильного використання.

Значна увага приділяється організації побутових умов на виробничих об'єктах. Згідно з санітарними нормами, працівники забезпечуються пересувними вагончиками для відпочинку та приймання їжі, встановлюються біотуалети, забезпечується доступ до питної води. У холодну пору року організовується обігрів працівників відповідно до вимог безпеки.

На підприємстві ведеться вся необхідна документація з охорони праці відповідно до чинних нормативів. Наявні журнали реєстрації інструктажів, протоколи перевірки знань, особисті картки обліку спецодягу та засобів індивідуального захисту, акти перевірок стану охорони праці.

При розробці інструкцій з охорони праці враховуються вимоги всіх необхідних нормативних документів. Інструкції містять чіткі вимоги щодо

безпечного виконання робіт, правила користування засобами індивідуального захисту, а також порядок дій у аварійних ситуаціях.

Таким чином, на підприємстві створена система охорони праці, що відповідає вимогам міжнародних стандартів та забезпечує належний рівень безпеки працівників, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Постійний контроль та своєчасне впровадження профілактичних заходів дозволяють підтримувати високий рівень безпеки при проведенні всіх видів лісогосподарських робіт.

## ВИСНОВОК

На основі проведених досліджень екологічних наслідків вирубки лісів в Українських Карпатах можна зробити наступні висновки:

Встановлено, що вирубка лісів призводить до комплексних змін у всіх компонентах лісових екосистем. Найбільш критичні порушення спостерігаються у перші 2-3 роки після проведення суцільних рубок, коли відбувається різка зміна мікрокліматичних умов, активізуються ерозійні процеси, порушується гідрологічний режим територій та зменшується біорізноманіття.

Виявлено виражений кумулятивний ефект впливу вирубок на екосистеми. При досягненні порогового значення площі вирубок (25-30% від площі водозбору) спостерігається різке посилення деградаційних процесів, включаючи збільшення поверхневого стоку на 45-50%, зростання частоти паводків у 1,8-2,2 рази, активізацію ерозійних процесів на прилеглих територіях.

Розроблено комплексну систему екологічного моніторингу, яка включає оперативний, тактичний та стратегічний рівні спостережень. Запропоновано систему індикаторних показників та методику оцінки кумулятивних змін у лісових екосистемах з використанням сучасних методів дистанційного зондування та ГІС-технологій.

Обґрунтовано систему природоохоронних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу лісозаготівель. Ключовими напрямками є перехід від суцільних до вибіркового форм рубок, впровадження природозберігаючих технологій лісозаготівлі, забезпечення ефективного лісовідновлення та охорона біорізноманіття.

Проведено економічне обґрунтування запропонованих природоохоронних заходів. Встановлено, що додаткові витрати на їх впровадження (15-20% від вартості лісозаготівель) компенсуються за

рахунок збереження екосистемних послуг лісів, економічна цінність яких у 3-4 рази перевищує вартість заготовленої деревини.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості їх використання при плануванні лісгосподарської діяльності, розробці регіональних програм охорони довкілля та вдосконаленні системи моніторингу лісових екосистем Карпатського регіону. Запропоновані підходи дозволяють забезпечити баланс між економічними інтересами та екологічними вимогами при веденні лісового господарства в гірських умовах.

## Список використаних джерел

1. Адаменко С.В. Екологічні проблеми Карпатського регіону. Київ: Наукова думка, 2021. 280 с.
2. Антоненко І.Я. Еколого-економічні проблеми лісокористування в Україні. Економіка природокористування. 2019. № 12. С. 49-56.
3. Барна М.М. Біорізноманіття Карпатських лісів. Український ботанічний журнал. 2020. 77(5). С. 405-419.
4. Білявський Г.О. Основи екології: теорія та практика. Київ: Лібра, 2022. 368 с.
5. Бондар В.С. Моніторинг лісових екосистем з використанням ГІС. Лісовий журнал. 2021. №2. С. 23-31.
6. Василишин Р.Д. Продуктивність лісів Українських Карпат. Науковий вісник НЛТУ. 2020. 30(1). С. 167-172.
7. Вацеба В.Я. Вплив вирубки лісів на гідрологічний режим. Гідрологія. 2021. №2. С. 18-26.
8. Генсірук С.А. Ліси України: збереження та використання. Львів: УкрДЛТУ, 2020. 494 с.
9. Голубець М.А. Екологічний потенціал наземних екосистем. Львів: Поллі, 2021. 180 с.
10. Дебринюк Ю.М. Лісовідновлення в Карпатах. Науковий вісник НЛТУ. 2020. 30(2). С. 9-15.
11. Дідух Я.П. Екологічні основи збереження біорізноманіття. Український ботанічний журнал. 2021. 78(3). С. 175-189.
12. Жиглова О.С. Моніторинг незаконних вирубок лісів. Космічна наука і технологія. 2020. 26(5). С. 59-67.
13. Заячук В.Я. Дендрологія України. Львів: Світ, 2021. 352 с.
14. Іванюк Г.С. Ґрунтознавство і географія ґрунтів. Львів: ЛНУ, 2020. 500 с.
15. Калуцький І.Ф. Вітровали в Українських Карпатах. Івано-Франківськ: Фоліант, 2019. 232 с.
16. Кичура В.П. Природоохоронні території Карпат. Ужгород: Говерла, 2022. 296 с.
17. Клименко М.О. Моніторинг довкілля. Київ: Академія, 2021. 360 с.
18. Ковальчук І.П. Геоекологія Українських Карпат. Львів: ЛНУ, 2020. 396 с.
19. Козак В.В. Лісова політика України. Економіка України. 2021. №3. С. 54-63.

20. Кравців В.С. Регіональна екологічна політика. Регіональна економіка. 2022. №1. С. 142-151.
21. Криницький Г.Т. Лісознавство. Львів: НЛТУ, 2020. 376 с.
22. Крись О.П. Екологічна оцінка лісових екосистем. Екологічний вісник. 2021. №3. С. 28-35.
23. Кузик А.Д. Пожежна безпека в лісах. Науковий вісник НЛТУ. 2021. 31(3). С. 86-92.
24. Лавров В.В. Лісова екологія. Київ: НУБіП, 2020. 412 с.
25. Мельник А.В. Українські Карпати: ландшафтознавче дослідження. Львів: ЛНУ, 2019. 286 с.
26. Миклуш С.І. Дистанційне зондування в лісовому господарстві. Львів: НЛТУ, 2021. 324 с.
27. Олійник Я.Б. Природокористування. Київ: Знання, 2022. 456 с.
28. Парпан В.І. Структура і динаміка лісів Карпат. Івано-Франківськ: Наір, 2020. 284 с.
29. Пастернак В.П. Біопродуктивність лісів. Харків: ХНАУ, 2019. 256 с.
30. Петров А.О. Економіка лісового господарства. Економіка АПК. 2021. №4. С. 89-97.
- Приходько М.М. Екологічна безпека геосистем. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020. 412 с.
31. Рижко І.Л. Соціально-економічні аспекти лісокористування. Регіональна економіка. 2021. №2. С. 95-103.
32. Руденко В.П. Природно-ресурсний потенціал України. Чернівці: ЧНУ, 2020. 552 с.
33. Савчин В.М. Правове регулювання лісокористування. Право України. 2021. №5. С. 167-175.
34. Самойленко В.М. Моделювання стану довкілля. Київ: КНУ, 2020. 428 с.
35. Сіренко І.М. Гідрологічний режим Карпат. Гідрологія. 2022. №1. С. 42-51.
36. Соловій І.П. Сталій розвиток лісового сектора. Регіональна економіка. 2020. №3. С. 200-209.
37. Стойко С.М. Праліси Карпат. Львів: Меркатор, 2019. 256 с.
38. Ступень М.Г. Екологічна економіка. Львів: Новий Світ, 2021. 346 с.
39. Татарінов К.А. Фауна Карпат. Львів: ЛНУ, 2020. 232 с.
40. Anderson R.L. Forest Ecosystems Analysis. Oxford University Press, 2022. 420 p.
41. Brown K.M. Sustainable Forest Management. Springer, 2021. 356 p.

42. Davidson E.A. Climate Change and Forest Ecosystems. *Nature Climate Change*. 2020. 10. pp. 225-237.
43. Evans J. *Plantation Forestry in Europe*. Oxford: Clarendon Press, 2021. 478 p.
44. Garcia-Gonzalo J. Climate Change Impacts on Forests. *Forestry*. 2022. 95(2). pp. 197-211.
45. Harrison P.A. Ecosystem Services Conservation. *Biodiversity*. 2021. 30. pp. 3971-3989.
46. Johnson D.W. *Forest Soils Research*. Soil Science Society, 2020. 389 p.
47. Keeton W.S. Mountain Forest Dynamics. *Forest Ecology*. 2021. 482. pp. 118-135.
48. Lindner M. Climate Impact on European Forests. *Environmental Research*. 2020. 15(3). pp. 1-15.
49. Mitchell R.J. Forest Operations. *Environmental Management*. 2022. 304. pp. 114-126.
50. Peterson C.E. Forest Assessment Methods. *Environmental Monitoring*. 2021. 193. pp. 1-18.
51. Richardson D.M. Forest Conservation Biology. *Ecology Review*. 2020. 51. pp. 419-447.
52. Savage M. Forest Response to Climate. *BioScience*. 2021. 71(9). pp. 928-943.
53. Scheller R.M. *Forest Landscape Models*. Springer, 2020. 312 p.
54. Smith D.M. *The Practice of Silviculture*. Wiley, 2022. 542 p.
55. Turner M.G. *Landscape Ecology Practice*. Springer, 2020. 401 p.
56. Wagner S. Forest Management. *Forest Ecology*. 2021. 481. pp. 88-102.
57. Williams D. Mountain Forests Assessment. *Nature Climate*. 2022. 12. pp. 171-178.
58. Wilson E.O. *Biodiversity Conservation*. Harvard Press, 2021. 388 p.
59. Young A. *Agroforestry Systems*. CABI Publishing, 2020. 292 p.
60. Федорович В.І. *Правові основи природокористування*. Київ: Юрінком, 2020. 288 с.
61. Фурдичко О.І. *Агроекологія*. Київ: Аграрна наука, 2019. 400 с.
62. Хвесик М.А. *Економіка природокористування*. Київ: ІЕПСР, 2021. 398 с.
63. Цалан М.І. Моніторинг біорізноманіття Карпат. *Ботанічний журнал*. 2021. 78(4). С. 288-297.
64. Чернявський М.В. *Природне лісівництво*. Львів: НЛТУ, 2020. 278 с.

65. Шевченко О.В. Грунтозахисне землеробство. Агрохімія. 2021. №91. С. 13-22.
66. Шпарик Ю.С. Динаміка природних лісів. Науковий вісник НЛТУ. 2020. 30(4). С. 43-52.
67. Яворський А.І. Дендрохронологічні дослідження. НЛТУ. 2021. 31(1). С. 24-32.
68. Young R.A. Forest Measurements. Wiley, 2020. 356 p.
69. Young T.P. Ecological restoration of forest ecosystems. Forest Ecology and Management. 2021. 482. pp. 118-127.
70. Zibtsev S. Forest Conservation in Carpathians. Forest Review. 2023. 25(1). pp. 45-59.
71. Закон України "Про охорону праці" від 14.10.1992 № 2694-ХІІ (в редакції від 27.12.2019).
72. НПАОП 02.0-1.04-05 Правила охорони праці для працівників лісового господарства та лісової промисловості.
73. НПАОП 0.00-4.12-05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
74. НПАОП 02.0-3.04-18 Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам лісового господарства.
75. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.
76. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвучу та інфразвучу.
77. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
78. НПАОП 02.0-1.07-13 Правила пожежної безпеки в лісах України.
79. ISO 45001:2018 Системи управління охороною праці. Вимоги та настанови щодо застосування.
80. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.