

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет лісового господарства та екології

Кафедра екології

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**ФЕДІРКО МИКОЛА ПЕТРОВИЧ**

УДК 630.9:504.06

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**АДАПТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ЛІСАМИ ЯК ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО  
ЛІСОКОРИСТУВАННЯ**

101 «Екологія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Микола ФЕДІРКО

Керівник роботи:  
**Дмитро ВІСКУШЕНКО**,  
кандидат біол. наук, доцент

**Житомир – 2025**

## **Висновок кафедри екології**

за результатами попереднього захисту:

---

Протокол засідання кафедри екології

№ \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Завідувач кафедри

екології

Юрій НИКИТЮК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

### **Результати захисту кваліфікаційної роботи**

Здобувач вищої освіти **Микола Федірко** захистила кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою \_\_\_\_\_

за шкалою ECTS \_\_\_\_\_

за національною шкалою \_\_\_\_\_

Секретар ЕК

\_\_\_\_\_  
(підпис)

## АНОТАЦІЯ

*Федірко М.П.* Адаптивне управління лісами як інструмент сталого лісокористування. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 101 «Екологія». – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У роботі розглянуто теоретичні засади та практичні підходи адаптивного управління лісами як сучасної концепції сталого лісокористування. Проаналізовано методологію адаптивного менеджменту, особливості його застосування у лісових екосистемах та порівняно з традиційними моделями управління. Оцінено потенціал адаптивного підходу для підвищення стійкості лісів до кліматичних змін, покращення екологічного моніторингу та оптимізації управлінських рішень. Визначено роль державної політики, наукового супроводу та системи сертифікації у забезпеченні ефективної імплементації адаптивного управління в Україні. Обґрунтовано практичні рекомендації щодо підвищення результативності лісового менеджменту та посилення екологічної складової господарської діяльності.

Ключові слова: адаптивне управління, сталий розвиток, лісові екосистеми, лісокористування, екологічний менеджмент, кліматичні зміни.

## ANNOTATION

*Fedirko M.* Adaptive Forest Management as a Tool for Sustainable Forest Use. – Qualification paper manuscript copyrights.

Qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 101 «Ecology». – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The paper examines the theoretical foundations and practical approaches of adaptive forest management as a modern concept of sustainable forest use. The methodology of adaptive management, the specifics of its application in forest ecosystems, and its advantages compared to traditional management models are

analyzed. The potential of the adaptive approach to enhance forest resilience to climate change, improve environmental monitoring, and optimize decision-making processes is assessed. The role of state policy, scientific support, and certification systems in ensuring effective implementation of adaptive management in Ukraine is outlined. Practical recommendations for improving the efficiency of forest management and strengthening the environmental component of economic activities are substantiated.

Key words: adaptive management, sustainable development, forest ecosystems, forest use, environmental management, climate change.

## ЗМІСТ

	Стор.
<b>ВСТУП</b>	<b>6</b>
<b>1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІСАМИ</b>	<b>9</b>
1.1. Концепція сталого лісокористування: еволюція підходів та ключові принципи	9
1.2. Сутність, цілі та завдання адаптивного управління лісами	12
1.3. Науково-методологічні положення адаптивного менеджменту у природних екосистемах	15
<b>2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІСАМИ</b>	<b>20</b>
2.1. Методи оцінювання стану лісових екосистем та ризиків в умовах зміни клімату	20
2.2. Системи екологічного моніторингу як інформаційна база адаптивного управління	21
2.3. Моделі прийняття управлінських рішень та використання ГІС-технологій у лісовому менеджменті	25
<b>3. ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІСАМИ В УКРАЇНІ</b>	<b>30</b>
3.1. Аналіз сучасного стану лісового господарства та викликів для сталого лісокористування	30
3.2. Оцінка потенціалу адаптивного менеджменту для підвищення стійкості лісів України	33
3.3. Практичні рекомендації щодо впровадження адаптивного управління в діяльність лісогосподарських підприємств	36
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>40</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>42</b>

## ВСТУП

У сучасних умовах глобальних кліматичних змін, деградації природних екосистем і зростаючого тиску на лісові ресурси проблема сталого лісокористування набуває надзвичайної ваги. Ліси є не лише важливими екологічними структурними одиницями, які підтримують біорізноманіття, ґрунтовий режим, очищення повітря й утримання вуглецю, але й економічним ресурсом, що забезпечує роботою тисячі людей та значні доходи для держави. В Україні більшість лісового фонду знаходиться під значним антропогенним навантаженням, а традиційні методи господарювання не завжди враховують змінність екосистем, особливо в умовах кліматичної нестабільності. У таких умовах адаптивне управління лісами постає як перспективний підхід, здатний забезпечити баланс між екологічними, соціальними та економічними цілями.

Актуальність теми обумовлена необхідністю модернізації системи лісового менеджменту в Україні. Традиційні підходи до лісокористування часто базуються на фіксованих планах та жорстких нормах вирубування, що не враховують динамічні зміни природного середовища. Адаптивне управління – це інструмент гнучкості, що передбачає періодичну оцінку стану екосистем, коригування рішень у відповідь на нові дані та активне навчання на основі зворотного зв'язку. Саме такий підхід може значно підвищити стійкість українських лісів, зменшити екологічні ризики і сприяти сталому розвитку лісового сектору.

**Мета** цієї кваліфікаційної роботи полягає в обґрунтуванні ефективності адаптивного управління лісами як інструменту сталого лісокористування в Україні. Досягнення поставленої мети потребує вирішення наступних **завдань**:

1. Розкрити теоретичні основи адаптивного управління та його відмінність від традиційних моделей лісового менеджменту.
2. Проаналізувати сучасні міжнародні практики адаптивного управління лісами й вивчити передовий досвід у країнах, що застосовують цей підхід.

3. Оцінити природно-кліматичні, соціально-економічні та інституційні передумови для впровадження адаптивного менеджменту в українських лісах.
4. Розробити методичні підходи (моніторинг, прийняття рішень, моделювання), які можуть бути застосовані в українському лісовому господарстві для адаптивного управління.
5. Сформулювати практичні рекомендації щодо інтеграції адаптивного управління у політику державних і приватних лісгосподарських структур, а також запропонувати заходи для підвищення екологічної стійкості лісового сектору.

**Об'єктом** дослідження в роботі є лісові екосистеми України та системи лісового господарювання, що функціонують у них.

**Предмет дослідження:** підходи, інструменти та механізми адаптивного управління, які можуть бути використані для забезпечення сталого розвитку українських лісів.

Для дослідження було застосовано такі основні **методи:** теоретико-методологічний аналіз наукових джерел і літератури, порівняльний аналіз міжнародного досвіду, системний підхід до вивчення соціо-економічних і екологічних аспектів лісового менеджменту, моделювання екосистемних сценаріїв, експертні оцінки та SWOT-аналіз, а також елементи просторового аналізу.

#### **Перелік публікацій автора за темою дослідження.**

**Федірко М.П.** Концепція адаптивного управління як основа сталого розвитку лісового господарства України. Modern Perspectives on Science and Economic Progress: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference. Vilnius : International Scientific Unity, 2025. pp. 87-89 [19].

Вискушенко Д. А., Примаченко Р. О., Федірко Г. А., Яроцький Б. А., **Федірко М. П.** Європейський досвід екологізації виробництва. The 9th International scientific and practical conference: Development of modern scientific

technologies in the era of globalization. Paris: International Science Group, 2025. pp. 116-119 [7].

Вискушенко Д. А., Яроцький Б. А., Федірко Г. А., **Федірко М. П.**, Примаченко Р. О. Механізми інтеграції міжнародних принципів сталого розвитку у вітчизняне природокористування. The 8th International scientific and practical conference: Academic research by scientists in the field of modern technologies. Milan: International Science Group, 2025. pp. 69-72 [8].

**Практичне значення** результатів дослідження полягає в декількох аспектах. По-перше, запропоновані рекомендації можуть бути використані лісогосподарськими підприємствами, державними органами управління лісами та екологічними агенціями для модернізації їхніх стратегій управління. По-друге, розроблена методика моніторингу й прийняття рішень на основі адаптивного підходу може бути імплементована на пілотних ділянках з метою оцінки ефективності та подальшого масштабування. По-третє, результати дослідження сприятимуть формуванню науково обґрунтованої державної політики щодо сталого лісокористування, включно з сертифікацією лісів, нормативно-правовими змінами та економічними стимулами. Нарешті, впровадження адаптивного управління лісами сприятиме підвищенню екологічної стабільності лісових екосистем і їх здатності пристосовуватися до змін клімату, що має довгострокове позитивне значення для біорізноманіття та природних ресурсів України.

**Структура та обсяг роботи.** Робота викладена на 46 сторінках комп'ютерного тексту, кількість таблиць – 7, кількість рисунків – 5. Список використаної літератури – 40 джерел.

# РОЗДІЛ 1

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІСАМИ

### **1.1. Концепція сталого лісокористування: еволюція підходів та ключові принципи**

Концепція сталого лісокористування (sustainable forest management, SFM) виникла як реакція на загрозу непомірної експлуатації лісових ресурсів та екологічні проблеми, пов'язані з деградацією лісів. Історично розвиток цієї концепції бере свій початок вже в XVII столітті: наприклад, французький указ 1669 року короля Людовіка XIV закладав практики раціональної заготівлі деревини, що можна вважати протосталим “сталим підходом” до використання лісу.

Справжній міжнародний зріз безпеки лісів і екологічного багатофункціонального використання з'явився на глобальній арені набагато пізніше: ключовим етапом тут є Конференція ООН з довкілля та розвитку 1992 року (Earth Summit), де було прийнято “Forest Principles” (Лісові принципи).

Ці принципи задекларували необхідність збалансованого підходу: збереження лісів, їхнього біорізноманіття, а також задоволення потреб людства в деревині та інших послугах, без шкоди для майбутніх поколінь.

Пізніше з'явилися регіональні ініціативи, які конкретизували й адаптували загальну ідею сталого лісокористування до особливостей тієї чи іншої географічної групи країн. Один із найвідоміших таких механізмів – Монреальський процес, започаткований у 1994 році, який виробив критерії та індикатори сталого лісового господарювання для помірних і бореальних лісів. Він став важливою рамкою для оцінки того, чи є практики лісового менеджменту екологічно, соціально та економічно збалансованими.

У подальші роки концепція сталість лісокористування продовжувала еволюціонувати. Вона все більше охоплює не лише заготівлю деревини, але й екосистемні послуги лісів: водоохоронні, кліматичні, рекреаційні, захист біорізноманіття. Сьогодні сталий лісовий менеджмент визначається як баланс трьох основних складових: екологічної, економічної та соціально-культурної функцій лісів.

На практиці це означає, що лісокористування має бути таким, щоб ліси зберігали здатність до регенерації, підтримували продуктивність і життєздатність, а також задовольняли людські потреби тепер і в майбутньому [11]. У міжнародних підходах сталого лісокористування велика увага приділяється показникам: критеріям і індикаторам, які дозволяють системно оцінювати стан лісів, їхню екологічну стійкість, соціальні та економічні параметри.

Сучасне управління лісами ґрунтується на розумінні їхньої багатофункціональності. Лісові екосистеми забезпечують не лише ресурсну складову: деревину, недеревні продукти чи інші матеріали, а й виконують захисні, рекреаційні та соціокультурні функції [12]. Вони регулюють водний режим, запобігають ерозії ґрунтів [22], слугують простором для відпочинку та збереження культурної спадщини. Відтак принцип багатофункціональності означає, що лісове господарювання не може обмежуватися виключно комерційною заготівлею, а має враховувати весь спектр ролей, які виконують ліси.

Одним із фундаментальних положень сталого лісокористування є забезпечення балансу між економічними, екологічними та соціальними інтересами. Прибутковість лісового сектору повинна поєднуватися з екологічною безпекою та дотриманням прав і потреб місцевих громад. Прийняття управлінських рішень має унеможливити шкоду для екосистем або обмеження доступу населення до лісових ресурсів.

Важливим є й принцип безперервності використання: експлуатація лісів має здійснюватися так, щоб забезпечувати сталість лісових ресурсів у

довгостроковій перспективі. Планування рубок повинне враховувати здатність деревостанів до природного чи штучного відтворення, підтримуючи продуктивність лісів та їх екологічні функції.

Управління лісами дедалі більше орієнтується на міжнародні стандарти та критерії сталого розвитку. Національні політики й нормативно-правова база поступово інтегрують принципи, розроблені у глобальних і європейських ініціативах, зокрема у міжнародних сертифікаційних системах, таких як FSC. Це сприяє гармонізації підходів, підвищенню прозорості та відповідності сучасним екологічним вимогам.

Невід'ємною складовою сталого підходу є систематичний моніторинг стану лісових екосистем і можливість оперативної адаптації управлінських рішень. Отримання нових даних щодо впливу кліматичних змін, поширення хвороб чи шкідників дозволяє коригувати лісогосподарські заходи, забезпечуючи гнучкість та довготривалу стійкість лісів.

Суттєве значення має також залучення суспільства до процесів лісоуправління. Участь місцевих громад, громадських організацій та інших зацікавлених сторін підвищує прозорість і легітимність політики лісокористування. Такий підхід сприяє формуванню відчуття відповідальності за стан лісів і підтримує соціальну справедливість у розподілі ресурсів.

Нарешті, сталий розвиток лісового господарства можливий лише за умови його економічної життєздатності. Лісогосподарські підприємства повинні мати можливість отримувати достатні ресурси для відтворення лісів, їх охорони, моніторингу та належного управління, не допускаючи при цьому виснаження природних запасів.

В Україні концепція сталого лісокористування ще активно трансформується та втілюється в законодавчі та управлінські механізми. Наприклад, Державне агентство лісових ресурсів визначає інституційні й організаційні принципи сталого розвитку в управлінні лісами, які враховують як економічне використання, так і природоохоронні функції лісів.

У 2006 році Кабінет Міністрів України затвердив Концепцію реформування лісового господарства, яка включає елементи сталого підходу: збалансованість функцій лісів, багатоцільове використання та охорону [17].

Серед інших викликів – імплементація міжнародних стандартів, зокрема через сертифікацію лісів. В Україні вже діє національний стандарт FSC, що сприяє запровадженню екологічно відповідального лісокористування.

Крім того, схвалення Стратегії управління лісами до 2035 року включає заходи для підвищення стійкості лісів до змін клімату, цифровізацію галузі та укріплення наукового потенціалу [16].

У контексті адаптивного управління (яке буде детально розглянуто нижче), принципи сталого лісокористування формують базис. Адаптація потребує, щоб сталий підхід не був статичним, а розвивався відповідно до нових викликів: змін клімату, економічних та соціальних трансформацій. Тому розуміння еволюції концепції сталості та її ключових принципів – це фундамент для подальшої побудови більш гнучких, адаптивних систем управління лісами.

## **1.2. Сутність, цілі та завдання адаптивного управління лісами**

Адаптивне управління лісами розглядається сьогодні як один із найбільш ефективних підходів до забезпечення стійкості лісових екосистем у динамічних природних і соціально-економічних умовах. На відміну від традиційних моделей планування, що спираються на відносно стабільні системи та передбачувані зміни, адаптивна концепція зосереджена на постійному уточненні управлінських рішень на основі емпіричних даних, моніторингу та зворотного зв'язку [13]. Такий підхід визнає невизначеність як невід'ємну характеристику лісових екосистем, а тому робить гнучкість, варіативність і можливість коригування ключовими елементами управлінського циклу.

Сутність адаптивного управління полягає в тому, що лісогосподарські заходи розглядаються як послідовність взаємопов'язаних дій, які можуть змінюватися залежно від нової інформації про стан екосистем, прояви кліматичних змін, антропогенний вплив чи соціальні потреби. Йдеться не лише про оцінку результатів реалізованих рішень, а про систематичне накопичення знань, що дозволяє формувати більш точні моделі розвитку лісів у майбутньому. Таким чином, лісове господарство стає не просто сферою застосування встановлених правил, а процесом безперервного навчання та вдосконалення. Тобто адаптивне управління розглядає лісові екосистеми як складні адаптивні системи, здатні саморегулюватися і навчатися на основі зворотного зв'язку [30].

Одним із концептуальних аспектів адаптивного підходу є розуміння лісів як складних соціоекологічних систем. Їхня динаміка визначається взаємодією біофізичних процесів, інституційних механізмів, економічних рішень та соціальних очікувань. Тому адаптивне управління передбачає інтеграцію екологічних знань, господарського досвіду, даних довгострокового моніторингу, а також участь зацікавлених сторін у процесі прийняття рішень. За такої логіки управлінська модель перестає бути жорстко ієрархічною й перетворюється на багаторівневу систему, що враховує різні масштаби змін: від локальних до регіональних. Ключовим елементом адаптивного циклу є постійний моніторинг і гнучке коригування дій, що дозволяє оперативно реагувати на змінні умови: підхід, який описує Burton (2025) як основу стійкого менеджменту [20].

Головною метою адаптивного управління лісами є забезпечення довгострокової стійкості лісових екосистем при одночасному збереженні їх здатності виконувати продуктивні, регуляторні, культурні та соціальні функції. Досягнення цієї мети передбачає:

➤ **Підвищення стійкості лісів до змін клімату та інших стресорів.** Адаптивне управління прагне мінімізувати ризики деградації лісів,

забезпечити їх здатність відновлюватись та зберігати екологічні властивості під впливом нових викликів [2, 3].

- **Оптимізацію лісгосподарських рішень.** Оскільки природні процеси є непередбачуваними, важливо мати можливість переглядати методи господарювання, обираючи ті, що відповідають актуальним умовам.
- **Забезпечення науково обґрунтованого прийняття рішень.** Постійне удосконалення методів спирається на дані моніторингу та результати експериментальних управлінських стратегій.
- **Підтримання балансу між екологічними та економічними інтересами.** Адаптивність дозволяє ефективніше реагувати на зміни попиту, ресурсних можливостей чи режимів охорони.
- **Урахування соціальної складової.** Підхід сприяє налагодженню комунікації з місцевими громадами, підвищенню рівня довіри й зменшенню конфліктів щодо використання лісових ресурсів.

Для реалізації визначених цілей адаптивне управління лісами передбачає виконання низки взаємопов'язаних завдань, які формують цілісний та безперервний управлінський цикл. Передусім важливо організувати систематичний моніторинг, що включає спостереження за станом деревостанів, динамікою біорізноманіття [5], гідрологічними умовами, поширенням шкідників і хвороб, а також за змінами кліматичних параметрів [31]. Отримані дані становлять основу для подальшого аналізу та визначення тенденцій у розвитку лісових екосистем. Наступним елементом є моделювання та прогнозування, тобто розроблення моделей, які дозволяють оцінювати можливі сценарії трансформації лісів і порівнювати ефективність різних управлінських стратегій [15]. У межах адаптивного підходу важливу роль відіграє апробація альтернативних управлінських рішень: від застосування різних типів вибіркового рубок до впровадження нових режимів відновлення. Порівняння отриманих результатів дає змогу визначати оптимальні методи ведення господарства та уникати практик, що виявляються неефективними чи ризикованими.

На основі результатів аналізу здійснюється коригування планів і регламентів: оновлюються лісові плани, схеми лісовпорядкування та супровідна нормативна документація, що забезпечує відповідність управління актуальному стану лісів. Обов'язковою складовою адаптивного управління є залучення зацікавлених сторін: місцевих громад, наукових установ, органів влади та представників бізнесу, що сприяє формуванню узгоджених рішень, підвищує легітимність управлінської політики та дозволяє враховувати різні інтереси. Завершальним елементом цього комплексу завдань є забезпечення інформаційної відкритості – публічність результатів моніторингу, рішень та планів сприяє підвищенню рівня довіри, зміцненню відповідальності та формуванню прозорої системи лісокористування. Така взаємодоповнювана сукупність завдань забезпечує реалізацію адаптивного циклу та створює передумови для стійкого розвитку лісового господарства.

Адаптивне управління реалізується через циклічну схему, що включає планування, впровадження, моніторинг, аналіз та коригування. Такий цикл не є статичним: кожна його ітерація наближає систему до більш оптимальних рішень. У результаті лісове господарство набуває рис динамічної та стійкої системи, здатної не тільки реагувати на зміни, а й передбачати їх.

### **1.3. Науково-методологічні положення адаптивного менеджменту у природних екосистемах**

Адаптивний менеджмент у природних екосистемах є міждисциплінарним підходом, що інтегрує екологічні, управлінські, інформаційно-аналітичні та соціальні компоненти з метою забезпечення гнучкого й науково обґрунтованого регулювання природокористування. Його методологічна база сформувалася внаслідок поєднання кількох наукових напрямів: екології систем, теорії управління, моделювання природних процесів, ландшафтної екології та практики адаптації до змін довкілля. На

відміну від традиційних статичних моделей менеджменту, адаптивний підхід розглядає природні екосистеми як динамічні, стохастичні структури, властивість яких змінюватися у часі є невід'ємною, а не випадковою характеристикою.

В основі методології адаптивного менеджменту лежить ідея, що природні системи ніколи не перебувають у стані повної рівноваги. Постійна дія зовнішніх чинників (кліматичних, антропогенних, біотичних) зумовлює зміщення параметрів системи та зміну механізмів її функціонування. Тому управлінські рішення повинні ґрунтуватися не лише на історичних даних чи нормативних регламентах, а й на прогнозах сценаріїв та результатах експериментального впровадження окремих заходів. Методологія адаптивного менеджменту передбачає застосування гіпотез, які перевіряються у процесі практичного господарювання. Тобто управління стає формою «навчання дією»: кожне рішення є одночасно інструментом впливу та джерелом інформації для наступних рішень.

Наукове підґрунтя адаптивного менеджменту також включає системний підхід, який вирізняється здатністю розглядати екосистему як цілісну структуру з множиною взаємопов'язаних елементів. У природних комплексах існує велика кількість зворотних зв'язків, що зумовлює високу складність і невизначеність їх реакцій [18]. Методологія адаптивного менеджменту визнає цю невизначеність не як проблему, а як вихідну умову, що потребує спеціальних інструментів: передусім моделювання, сценарного аналізу, оцінювання ризиків та безперервного моніторингу. Прикладом методологічного підходу до адаптивного управління лісами є стратегія, запропонована Ліндером для адаптації до кліматичних змін через коригування рубок і структури насаджень [29].

Провідні міжнародні наукові школи виділяють кілька методологічних принципів, які визначають зміст адаптивного підходу. Перший із них, **принцип варіативності**, який полягає у порівнянні кількох альтернативних управлінських стратегій. Рішення не приймається як єдино правильне

заздалегідь: навпаки, різні підходи тестуються в контрольованих умовах або на різних просторових ділянках природних систем. Це дозволяє отримати емпіричні докази ефективності та спрогнозувати можливі негативні наслідки ще до повномасштабного впровадження.

Другим ключовим принципом є **принцип наукової перевірності**, що передбачає обов'язкову побудову гіпотез щодо очікуваних реакцій природних систем. Будь-яке управлінське втручання розглядається як експеримент, результати якого мають бути зафіксовані, проаналізовані та інтерпретовані в контексті загальної стратегії управління. Це робить адаптивний менеджмент близьким до експериментальної екології.

Третій принцип – **інтеграція міждисциплінарних даних**. Оцінювання стану екосистеми й оцінювання ефективності управлінських рішень потребує залучення різних типів інформації: біологічної, гідрологічної, кліматичної, економічної, соціальної. З розвитком цифрових технологій цей принцип втілюється через використання геоінформаційних систем, дистанційного зондування Землі, автоматизованих систем збору даних та багатокритеріального аналізу.

Четвертим є **принцип циклічності**, який передбачає, що управління природними екосистемами – це безперервний процес, що складається з повторюваних фаз: від моніторингу та прогнозування до реалізації заходів і коригування стратегії. Завдяки цьому адаптивний менеджмент здатний реагувати на швидкі зміни, забезпечуючи стійкість екосистем при підвищенні рівня ризиків.

П'ятим методологічним положенням є **участь зацікавлених сторін**. Природні екосистеми є не лише об'єктами екологічного дослідження, але й ресурсною основою для місцевих громад та галузей економіки. Тому процес прийняття рішень має враховувати потреби й інтереси цих груп, а також залучати їх до оцінювання стану природних ресурсів і планування заходів управління.

Методологія адаптивного управління включає широкий спектр методичних інструментів, які забезпечують збір інформації, розроблення управлінських стратегій та оцінювання їх результативності. Одним із центральних є екологічний моніторинг, який виконує роль базового джерела даних для аналізу природних процесів. Йдеться не лише про традиційні таксаційні та біологічні обстеження, а й про використання цифрових сенсорних мереж, супутникових даних і методів автоматизованої обробки великих масивів інформації.

Важливе місце у методиці посідає екологічне моделювання, яке дозволяє досліджувати можливі варіанти розвитку природних систем при різних управлінських впливах. Моделі можуть мати різний рівень деталізації: від простих емпіричних описів до складних динамічних моделей, що враховують потоки речовин, енергетичний баланс, вікову структуру популяцій та антропогенний прес.

Окреме значення має аналіз екосистемних послуг, що забезпечує можливість інтеграції соціально-економічних параметрів у систему адаптивного управління. Визначення цінності регулювальних, культурних, захисних та ресурсних функцій екосистем робить управління більш збалансованим і спрямованим на довгострокову стійкість. Новітні дослідження також підкреслюють необхідність переорієнтації лісового менеджменту на збереження екосистемних послуг, зокрема регуляторних і біотичних функцій лісів [40].

Методологічно важливим елементом є також оцінювання ризиків та невизначеності. Природні екосистеми характеризуються непередбачуваними реакціями, а зміни клімату посилюють складність цих процесів. Тому управлінські рішення мають враховувати різні варіанти розвитку подій, ймовірні втрати та можливість негативних наслідків, що вимагає застосування методів чутливості, сценарного аналізу та ймовірнісного прогнозування. Послідовність етапів адаптивного циклу та їх функціональне наповнення подано в таблиці 1.3.1.

У науковому дискурсі адаптивний менеджмент розглядається як ключовий інструмент забезпечення стійкості природних систем, особливо в умовах змін клімату, деградації екосистем та зростання антропогенного навантаження. Гнучкість, наукова обґрунтованість, здатність швидко реагувати на нові виклики й урахування різноманітних факторів роблять його ефективною моделлю як для управління лісами, так і для інших типів природних екосистем: водно-болотних угідь [23], степових комплексів, прибережних зон тощо.

Таблиця 1.3.1

Цикл адаптивного менеджменту: етапи, завдання, очікувані результати

<b>Етап</b>	<b>Ключові завдання</b>	<b>Очікуваний результат</b>
<b>Моніторинг</b>	Збір даних, інвентаризація, виявлення змін	Актуальна база даних
<b>Аналіз</b>	Інтерпретація показників, оцінка стану	Виявлені проблеми та тенденції
<b>Моделювання</b>	Прогнозування та формування сценаріїв	Порівняння альтернатив
<b>Прийняття рішень</b>	Вибір оптимальної стратегії	Узгоджений план дій
<b>Впровадження</b>	Реалізація заходів	Фактичні зміни в екосистемі
<b>Оцінювання</b>	Аналіз ефективності виконання	Оцінені результати
<b>Коригування</b>	Внесення змін у заходи та стратегію	Поліпшений, адаптований план

Таким чином, науково-методологічні положення адаптивного менеджменту створюють основу для формування сучасних підходів до управління природними ресурсами, орієнтованих на довгострокову екологічну стабільність, раціональне використання ресурсів і зниження ризиків деградації природних систем. Для лісового сектору цей підхід є особливо важливим, оскільки поєднує потребу збереження екосистемних функцій з можливістю реалізації господарського потенціалу лісів.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІСАМИ

#### 2.1. Методи оцінювання стану лісових екосистем та ризиків в умовах зміни клімату

Оцінювання стану лісових екосистем та кліматичних ризиків за сучасних умов змін клімату є фундаментальною складовою адаптивного управління. Основними методами тут виступають кількісна вразливість, моделювання, дистанційне зондування, а також поєднання експертних і статистичних підходів (табл. 2.1.1).

Таблиця 2.1.1

Основні методи оцінювання ризиків у лісових екосистемах

Метод	Сфера застосування	Сильні сторони	Обмеження / виклики
Кількісна оцінка вразливості	Просторовий та часовий аналіз	Комплексність, системність	Потреба у великому наборі даних, складність інтерпретації
Моделювання змін	Прогноз структури лісу та біомаси	Можливість прогнозування, сценаріїв	Чутливість до початкових умов; моделей
Дистанційне зондування	Відстеження покриву, деградації, змін	Широке покриття, ретроспективні дані	Обмеження просторової/темпоральної роздільності
Ризик-аналіз	Стратегічне планування, адаптація	Чітка структура, комунікація ризику	Визначення ваги компонентів, складність інтеграції

Однією з провідних методологій є рамкова методика FAO (Food and Agriculture Organization), яка рекомендована для оцінювання вразливості лісів до кліматичних змін. Вона охоплює такі компоненти, як специфіка кліматичних загроз, чутливість екосистем, їх адаптаційний потенціал і оцінка ризику [21]. Важливо, що ця методика враховує не лише біофізичні аспекти, а й соціально-економічну складову, дозволяючи ідентифікувати найбільш

уразливі райони та пріоритетні напрями адаптації.

В контексті України доцільно звертатися до національних методичних рекомендацій. Зокрема, Державне агентство лісових ресурсів України разом з УкрНДІЛГА розробило методичні рекомендації для оцінювання впливу зміни клімату на ліси, які базуються на даних моніторингу фіторізноманіття й екологічних режимах [1]. Ці рекомендації містять перелік індикаторів, які можна використовувати на локальному і регіональному рівнях для кількісного визначення ризику.

Ключовим підходом також є використання моделювання. Наприклад, останні дослідження поєднують дані супутникових зображень із кліматичними змінними (температура, опади) та машинним навчанням для прогнозування динаміки рослинності в майбутньому сценарії [33]. Ще один підхід – динамічне моделювання росту лісових насаджень, яке дозволяє просторово-часово прогнозувати зміни структури лісу й оцінювати ризики деградації [24].

Значну роль відіграє дистанційне зондування: супутникові індекси рослинності (NDVI, EVI) дозволяють оцінювати зміни у покриві лісу в часовій динаміці, виявляти деградацію або регенерацію насаджень, а також корелювати ці зміни з кліматичними екстремумами [34].

Нарешті, при стратегічному плануванні адаптації застосовуються оцінки вразливості, розроблені спеціально для конкретних регіонів. Наприклад, оцінка вразливості лісових екосистем Середнього-Атлантичного регіону (Mid-Atlantic) в США поєднує наукові дані про клімат, прогнозні сценарії та екологічні індикатори, щоб сприяти прийняттю адаптаційних рішень лісовими менеджерами [39].

## **2.2. Системи екологічного моніторингу як інформаційна база адаптивного управління**

Екологічний моніторинг лісових екосистем є ключовим елементом

адаптивного управління, оскільки надає достовірну інформацію про стан природних ресурсів та динаміку змін у них під впливом природних та антропогенних чинників. Системи моніторингу дозволяють не лише фіксувати поточні параметри, а й здійснювати оцінку тенденцій, прогнозування ризиків та планування управлінських заходів. Безсистемний підхід до збору даних не забезпечує необхідної оперативності та точності для прийняття рішень, що робить інтегровані моніторингові системи невід'ємною частиною сучасного лісового менеджменту.

Основним завданням системи екологічного моніторингу є забезпечення безперервного збору та обробки даних про стан деревостанів, біорізноманіття, ґрунтово-гідрологічні умови, наявність шкідників і патогенів, а також антропогенний вплив на лісові масиви. В Україні практично впроваджуються методики дистанційного зондування для оцінки санітарного стану лісів [14], що дозволяє своєчасно виявляти вогнища всихання або шкідницької активності. Важливим аспектом є стандартизація процедур вимірювань і методів оцінки, що дозволяє порівнювати дані між різними регіонами та у різні періоди часу. Наприклад, систематичні таксаційні обстеження та фіксація структурних характеристик лісів у поєднанні з дистанційними методами спостереження забезпечують багатовимірний опис екосистеми.

Сучасні системи екологічного моніторингу поєднують традиційні польові методи з цифровими технологіями. Використання супутникових даних, безпілотних літальних апаратів (БПЛА), сенсорних мереж і автоматизованих станцій дозволяє отримувати точні та оперативні дані з великих територій. Такі дані охоплюють показники продуктивності деревостанів, індекси зеленого покриття, рівень вологості ґрунту, температуру, концентрацію забруднювачів та інші критичні параметри. Наприклад, в дослідженні Бурштинської і Декалюка (2021) показано, як дрони й супутникові знімки застосовуються для моніторингу хвойних лісів Тухлянського лісгоспу, що дає важливу інформацію про зміну стану

насаджень [4]. Отже все це значно підвищує точність оцінки стану екосистем і дає змогу швидко реагувати на прояви стресових факторів (табл. 2.2.1).

Таблиця 2.2.1

## Джерела даних для екологічного моніторингу лісів

Джерело	Показники	Переваги	Обмеження
Польові обстеження	Структура деревостанів, біорізноманіття, шкідники	Висока точність, деталізація	Обмежена територіально, трудомісткість
Супутникові дані	Вегетаційні індекси (NDVI, EVI та ін.), покрив, деградація	Широке охоплення, регулярність	Обмежена просторово-часова роздільність
БПЛА та дрони	Мікроструктура, стан крон, пошкодження	Оперативність, висока деталізація	Витрати на обладнання, залежність від погоди
Сенсорні мережі	Вологість, температура, забруднення	Безперервний моніторинг, автоматизація	Потреба у технічному обслуговуванні
Національні та регіональні бази	Інвентаризаційні дані, лісовпорядкування	Інтеграція, стандартизованість	Може бути застарілою, низька деталізація

Інформаційна база, сформована системами моніторингу, є основою для наукового моделювання та прогнозування розвитку лісових екосистем. На її основі можна визначати сценарії трансформації деревостанів під впливом змін клімату, впроваджувати адаптивні режими господарювання, оцінювати ефективність заходів з охорони та відновлення. Важливо, що дані моніторингу дозволяють оцінювати не лише продуктивні показники, а й екосистемні послуги лісів, зокрема регуляторні, захисні та рекреаційні функції.

Одним із ключових аспектів організації системи моніторингу є інтеграція даних із різних джерел та рівнів: локального, регіонального та національного. Це забезпечує комплексну картину стану екосистем і

дозволяє приймати управлінські рішення, які враховують різні чинники, включаючи біологічні, кліматичні та соціально-економічні. Крім того, інтегровані бази даних сприяють більшій прозорості процесу управління, залученню зацікавлених сторін та підвищенню довіри до рішень у сфері лісокористування.

Таблиця 2.2.2

Ключові показники екологічного моніторингу для адаптивного управління

<b>Категорія показників</b>	<b>Конкретні індикатори</b>	<b>Значення для управління</b>
Лісова структура	Вік деревостанів, щільність, видова складова	Планування рубок, оцінка стійкості
Біорізноманіття	Видова чисельність, присутність рідкісних видів	Збереження екосистемних послуг
Гідрологічні умови	Вологість ґрунту, водність	Визначення ризиків посух, ерозії
Вплив шкідників і хвороб	Пошкодженість, поширення шкідників	Превентивні заходи, санітарні рубки
Антропогенний вплив	Дороги, рубки, рекреація	Регулювання людської діяльності

Системи екологічного моніторингу також виступають інструментом для оцінки ризиків, пов'язаних зі зміною клімату, поширенням шкідників, виникненням лісових пожеж та іншими загрозами (табл. 2.2.2). Регулярне відстеження ключових індикаторів дозволяє виявляти ранні ознаки деградації та здійснювати своєчасне коригування планів управління. Наприклад, інтеграція даних дистанційного зондування з польовими спостереженнями дозволяє визначити ділянки з підвищеною вразливістю та оцінити потенційну ефективність різних адаптивних заходів. А сучасні технології дистанційного зондування дозволяють контролювати вологість та інші ґрунтові параметри лісів [28], що є важливим для оцінки екологічного статусу та ризиків.

Таким чином, системи екологічного моніторингу формують надійну

інформаційну базу для адаптивного управління лісами, забезпечуючи наукову обґрунтованість рішень, оперативність реакції на зміни та підтримку багатофункціональності лісових екосистем. Їх застосування дозволяє реалізувати принципи сталого лісокористування і зменшувати ризики деградації природних ресурсів під впливом змін клімату та антропогенного навантаження.

### **2.3. Моделі прийняття управлінських рішень та використання ГІС-технологій у лісовому менеджменті**

Прийняття управлінських рішень у лісовому господарстві в сучасних умовах вимагає системного підходу, який поєднує екологічні, економічні та соціальні чинники. У цьому контексті системи підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems, DSS) відіграють ключову роль, оскільки дають можливість інтегрувати великі масиви даних, моделювати альтернативні сценарії та прогнозувати наслідки різних стратегій. Як показано в фундаментальній праці Kangas, Kurttila та співавторів (2015) [26], DSS-системи дозволяють структурувати дані та підтримувати довгострокове стратегічне й тактичне планування в лісовому менеджменті [32].

Серед основних моделей, які застосовуються в DSS для лісового господарства, можна виокремити кілька типів (табл. 2.3.1). **Детерміновані моделі** базуються на чітко визначених кількісних параметрах: ростових таблицях, запасах деревини, віковій структурі насаджень. Вони добре працюють у стабільних або передбачуваних умовах, але мають обмеження, коли фактори значно варіюють. У той самий час **імовірнісні (стохастичні) моделі** враховують варіантність природних процесів, невизначеність та ймовірнісні сценарії. Ці моделі надають змогу розглядати різні варіанти розвитку лісових екосистем, зокрема ризики всихання, кліматичного стресу або поширення шкідників, та оптимізувати управлінські рішення під невизначені умови [27].

Типи моделей DSS у лісовому менеджменті та їх характеристики

Тип моделі	Основні характеристики	Переваги	Обмеження
Детерміновані	Ґрунтуються на точних кількісних даних (ростові таблиці, вікова структура, запаси деревини)	Простота використання, точність за стабільних умов	Мала гнучкість, не враховують невизначеність
Стохастичні	Моделюють варіативність природних процесів та ймовірнісні сценарії	Можливість оцінки ризиків, врахування кліматичних та шкідницьких впливів	Складність побудови, потреба у великих даних
Мультикритеріальні	Інтегрують економічні, екологічні та соціальні показники	Баланс між вигодами і стійкістю, підтримка комплексного прийняття рішень	Висока складність, потребують спеціалізованого ПЗ

Ще один потужний підхід – **мультикритеріальні моделі**, які поєднують економічні, екологічні та соціальні показники. Завдяки таким моделям можна збалансувати обсяг заготівлі деревини з цінністю екосистемних послуг: водоохоронних, рекреаційних, біорізноманіття.

У контексті адаптивного управління зростає інтерес до багатосценарного моделювання з оптимізацією. Так, Shavazipour і Sundström (2024) пропонують мультисценарний підхід із робастною оптимізацією, який дозволяє приймати стійкі рішення навіть за умов значної невизначеності, забезпечуючи ефективність і надійність менеджменту в довгостроковій перспективі [35].

Ключову роль у підтримці прийняття рішень відіграє інтеграція DSS із геоінформаційними системами (ГІС). ГІС не лише візуалізує просторові дані, а й дає змогу виконувати складний просторово-аналітичний аналіз: визначати

щільність деревостанів, зонувати ризики, планувати дороги та маршрути рубок (табл. 2.3.2). Через ГІС можливе створення просторових сценаріїв управління: наприклад, зонування ділянок за рівнем ризику деградації або пріоритетності для лісовідновлення. Схематичне відображення послідовності етапів адаптивного менеджменту наведено на інфографіці (рис. 2.3.1).

Особливо ефективним є використання **сценарного аналізу в ГІС-середовищі**. Залучаючи дані моніторингу (структура деревостанів, наявність шкідників, показники вологості ґрунту), управлінці можуть моделювати різні стратегії: від інтенсивних рубок до охоронних зон. Прогнозні сценарії допомагають порівнювати варіанти за такими параметрами, як продуктивність, біорізноманіття, ризики деградації та екосистемні послуги.

Таблиця 2.3.2

#### Приклади застосування ГІС у лісовому менеджменті

<b>Завдання лісового менеджменту</b>	<b>Метод ГІС</b>	<b>Очікуваний результат</b>
Планування рубок	Просторовий аналіз щільності деревостанів	Оптимізація обсягів заготовки та збереження продуктивності
Оцінка ризиків деградації	Просторове зонування ризиків	Виявлення вразливих ділянок, пріоритетність заходів
Моніторинг санітарного стану	Інтеграція супутникових та наземних даних	Своєчасне виявлення шкідників та всихання
Зонування охоронних територій	Мультикритеріальний аналіз	Баланс між охороною природи та господарською діяльністю

Сучасні практики адаптивного управління все частіше передбачають динамічну інтеграцію **моніторингових даних у DSS-ГІС моделі**. Поточкові дані з сенсорів, супутникових зображень та польових обстежень оновлюють моделі в реальному часі, що дозволяє коригувати рішення за необхідності. Такий підхід дає змогу реагувати на зміни екосистеми оперативно: не лише планувати, а й адаптувати дії «на ходу» в залежності від фактичного стану

лісу.

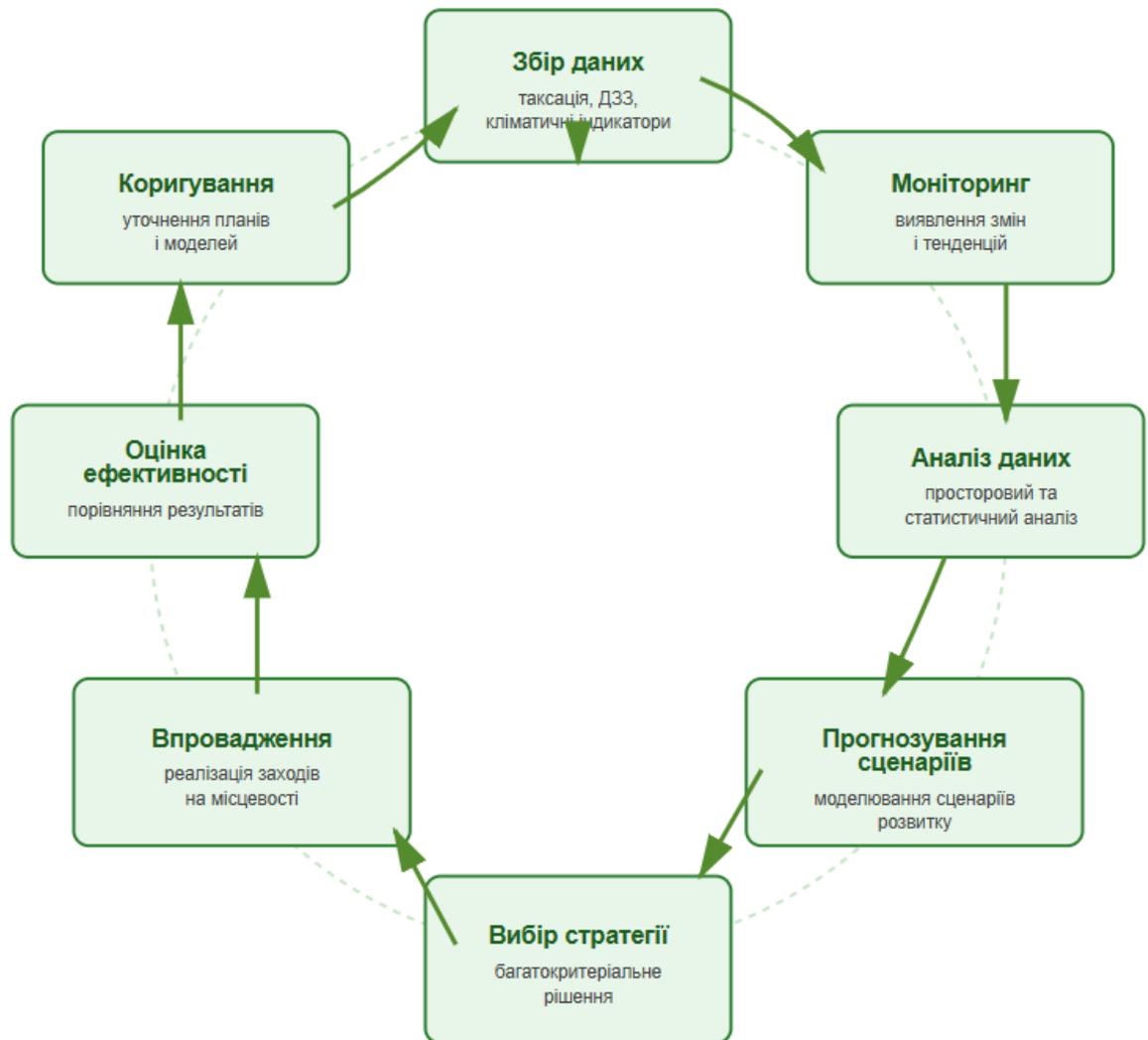


Рис. 2.3.1. Моделі прийняття управлінських рішень та використання ГІС-технологій

В українському контексті вже існують реальні ініціативи, що демонструють потенціал ГІС-технологій для DSS у сфері пожежного менеджменту. Наприклад, геопортал «Ландшафтні пожежі», який розробляє Східноєвропейський центр моніторингу пожеж при НУБіП, використовує просторові дані (супутникові знімки, індекси горючості) для оцінювання ризику появи та розвитку природних пожеж [9]. Цей проект служить практичною системою підтримки прийняття рішень, надаючи картографічні моделі гідності ландшафтних пожеж, що можуть бути використані

лісогосподарськими підприємствами, місцевими органами влади та службами реагування. Таке рішення добре ілюструє високий потенціал інтеграції DSS і ГІС для адаптивного управління лісовими екосистемами з урахуванням кліматичних ризиків.

Отже, моделі DSS у поєднанні з ГІС-технологіями забезпечують науково обґрунтоване, просторово орієнтоване та гнучке управління лісами. Вони дозволяють прогнозувати наслідки стратегій, враховувати мультикритеріальні цілі, швидко реагувати на зміну умов і реалізовувати управлінські рішення, які підтримують принципи сталого та адаптивного лісокористування.

## РОЗДІЛ 3

### ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІСАМИ В УКРАЇНІ

#### **3.1. Аналіз сучасного стану лісового господарства та викликів для сталого лісокористування**

Сучасний стан лісового господарства характеризується поєднанням позитивних тенденцій, пов'язаних із зростанням уваги до екологічних аспектів, та суттєвих викликів, що ускладнюють досягнення цілей сталого лісокористування. Ліси продовжують виконувати широкий спектр екосистемних функцій: від підтримання біорізноманіття до регулювання кліматичних процесів. Однак під тиском природних і антропогенних факторів їх стійкість виявляється вразливою. У багатьох регіонах спостерігається зміна видового складу, порушення природної мозаїчності насаджень, підвищення частоти вітровалів, спалахів шкідників та поширення інвазійних видів. Ці процеси ускладнюються впливом кліматичних змін, що призводять до збільшення ризику лісових пожеж, порушення водного балансу й зміни продуктивності деревостанів.

Актуальна структура лісового фонду України демонструє суттєву регіональну неоднорідність та різні моделі формування деревостанів [10]. Для наочного відображення цього аспекту доцільно використати інфографіку, що показує розподіл площі лісів України за переважаючими породами (рис. 3.1.1). Вона дозволяє підкреслити значну частку штучно створених насаджень хвойних порід, які є вразливими до кліматичних стресів, шкідників та пожеж.

Лісистість території України істотно варіює між природними зонами, що зумовлено як біогеографічними особливостями, так і інтенсивністю антропогенного використання земель. Найвищі показники зафіксовані у Карпатському регіоні та Поліссі, тоді як степові області характеризуються

найнижчим рівнем лісистості. Для наочності просторові відмінності представлено на рис. 3.1.2.

Одним із ключових аспектів сучасної ситуації є трансформація підходів до ведення лісового господарства. Традиційні моделі, які тривалий час орієнтувалися передусім на заготівлю деревини, дедалі частіше доповнюються екосистемним баченням, що передбачає інтеграцію природоохоронних, соціальних і економічних цілей. Це зумовлено як міжнародними зобов'язаннями держав у межах кліматичних угод, так і зростанням суспільного запиту на збереження природної спадщини. У багатьох країнах активно впроваджуються підходи, що поєднують економічні інтереси з довгостроковою стабільністю екосистем, наприклад, використання вибіркового схем заготівлі, мінімізація механічного втручання, розвиток лісової сертифікації та збільшення частки природоорієнтованих методів відновлення.

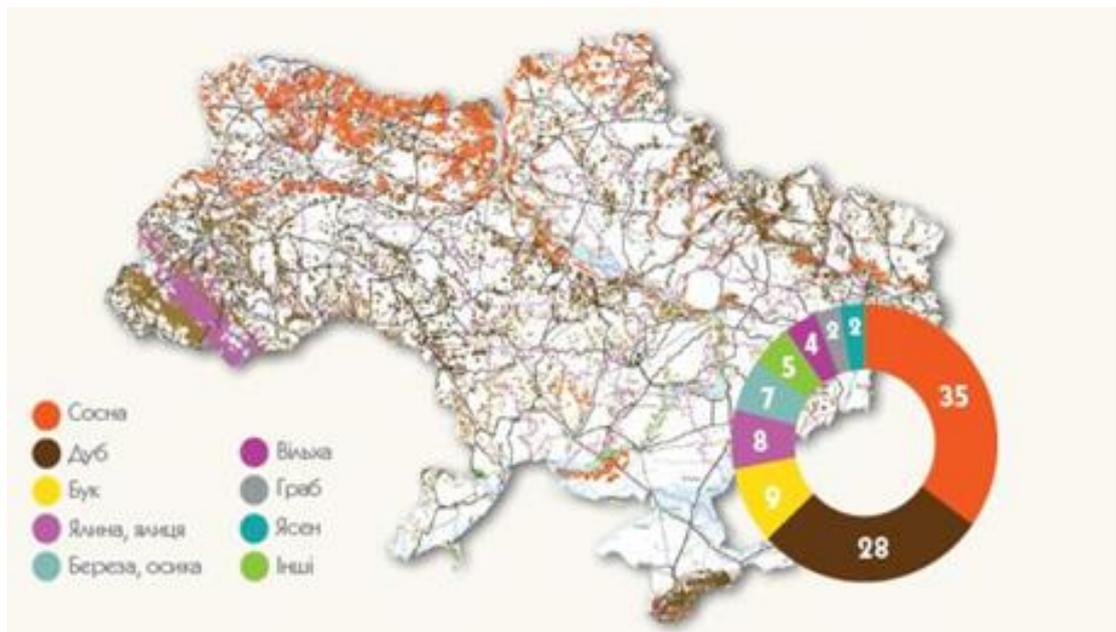


Рис. 3.1.1. Розподіл площі лісів України за переважаючими породами  
Джерело: публічний звіт голови державного агентства лісових ресурсів України за 2024 рік

Для України характерні одночасно структурні зміни у секторі та низка стійких проблем. Перехід до централізованої моделі управління

підприємствами державних лісів, удосконалення системи обліку деревини, цифровізація процедур і впровадження ризик-орієнтованих підходів до нагляду створюють передумови для більшої прозорості й ефективності. Однак поряд з цим фіксуються значні регіональні контрасти у веденні господарства: відсутність єдиної системи просторового моніторингу, різний рівень доступності інноваційних технологій та нерівномірна спроможність підприємств до впровадження сучасних методів управління. У гірських, степових і поліських регіонах виклики різняться: від ерозійних процесів і деградації ґрунтів до питань забезпечення водного режиму та стійкості штучних культур.

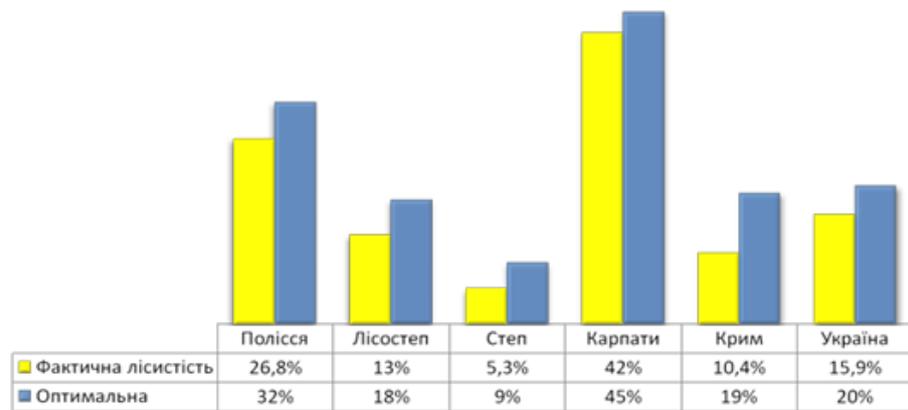


Рис. 3.1.2. Лісистість території України за природними зонами

Джерело: публічний звіт голови державного агентства лісових ресурсів України за 2024 рік

Важливим чинником, що визначає стан галузі, залишається соціально-економічний контекст. Лісокористування має значний вплив на розвиток територіальних громад, формування локальної економіки, забезпечення рекреаційних послуг. В умовах збройної агресії проти України додатковими проблемами стали пошкодження лісів через бойові дії, мінування територій і обмеження доступу для проведення лісівничих заходів. Це потребує перегляду пріоритетів і впровадження комплексних програм відновлення, що враховують як екологічні, так і безпекові аспекти.

Особливої уваги потребують питання адаптації лісів до змін клімату. За останнє десятиліття спостерігається збільшення площ сухостійних насаджень, зростання частоти екстремальних погодних явищ та тенденції до зниження середнього віку лісів, що впливає на їхню функціональну стійкість. Це вимагає переходу від реактивного до превентивного управління, що включає системні моніторингові програми, оцінку вразливості насаджень, прогнозування ризиків і формування довгострокових сценаріїв розвитку лісових ландшафтів.

Сучасні виклики підсилюють необхідність інтеграції інструментів просторового аналізу, моделювання та адаптивного менеджменту. Використання геоінформаційних систем, дистанційного зондування та інтерактивних платформ аналізу даних стає критично важливим для оцінювання стану лісів, прогнозування наслідків господарських рішень та підвищення прозорості управління. Ці технології дозволяють сформувати комплексну картину динаміки екосистем і забезпечують основу для прийняття рішень, узгоджених із принципами сталого лісокористування.

Узагальнюючи, сучасний стан лісового господарства визначається взаємодією екологічних, економічних та управлінських чинників. Сектор перебуває у фазі активної трансформації, де ключовими завданнями стають забезпечення стійкості лісових екосистем, підвищення адаптивності до змін клімату та зміцнення інституційної спроможності. Оцінка цих викликів та врахування їх у системі менеджменту формує основу для переходу до більш науково обґрунтованих і збалансованих моделей лісокористування.

### **3.2. Оцінка потенціалу адаптивного менеджменту для підвищення стійкості лісів України**

Аналіз сучасного стану лісового господарства України показує, що ключові виклики для стійкості лісових екосистем пов'язані зі зміною клімату, деградацією біорізноманіття, монокультурним насадженням та

зростаючим антропогенним навантаженням. У цих умовах традиційні методи управління лісами, що орієнтуються на стабільні та прогнозовані результати, стають недостатньо ефективними. Адаптивний менеджмент, завдяки своїй гнучкості та циклічній природі, надає можливість інтегрувати нові дані про стан лісів і своєчасно коригувати управлінські рішення, що створює потенціал для підвищення екологічної та економічної стійкості лісів.

Аналіз практичного потенціалу адаптивного підходу в українських лісах дозволяє виділити кілька пріоритетних напрямів:

1. **Моніторинг та раннє попередження природних ризиків.** Регулярне спостереження за станом деревостанів, поширенням шкідників, ризиком пожеж та змінами кліматичних параметрів дає змогу вчасно виявляти проблеми і формувати сценарії реагування [36].
2. **Моделювання сценаріїв та управлінських стратегій.** Використання моделей розвитку лісів і сценарного аналізу дозволяє оцінювати наслідки різних методів рубок, структури насаджень та заходів щодо відновлення екосистем [37].
3. **Підвищення стійкості біорізноманіття та екосистемних функцій.** Адаптивне планування допомагає забезпечити різновікову та багатожильну структуру лісів, що зменшує ризики втрати біорізноманіття та сприяє збереженню регуляторних і захисних функцій [25].
4. **Інтеграція цифрових технологій та ГІС-аналітики.** Впровадження систем дистанційного зондування, сенсорних мереж та ГІС дозволяє забезпечити оперативний аналіз стану лісів, планування заходів і оцінку результативності управлінських рішень [38].

Впровадження адаптивного менеджменту в Україні відбувається в умовах низки системних обмежень, які стримують його повномасштабний розвиток. Насамперед, відчутною є нестача цифрової та аналітичної інфраструктури, необхідної для якісного збору, збереження та обробки даних про лісові екосистеми. Додатковою проблемою виступає фрагментація

наявних даних і відсутність єдиного стандартизованого підходу до моніторингу, що суттєво ускладнює інтеграцію інформації для прийняття управлінських рішень у реальному часі. Економічна орієнтація галузі переважно на короткострокові показники також стримує її готовність до довгострокових інвестицій, необхідних для переходу до адаптивних моделей управління. Ситуацію ускладнює й дефіцит кваліфікованих кадрів [6], зокрема фахівців, здатних працювати з інноваційними цифровими системами, ГІС-аналітикою та інструментами сценарного моделювання. Аналіз цих бар'єрів дозволяє не лише окреслити ключові вузькі місця, але й визначити пріоритети для формування ефективної стратегії впровадження адаптивного менеджменту, включно з розвитком науково-технічної бази та посиленням міжінституційної співпраці між науковими центрами, державними структурами та лісогосподарськими підприємствами (рис. 3.2.1).

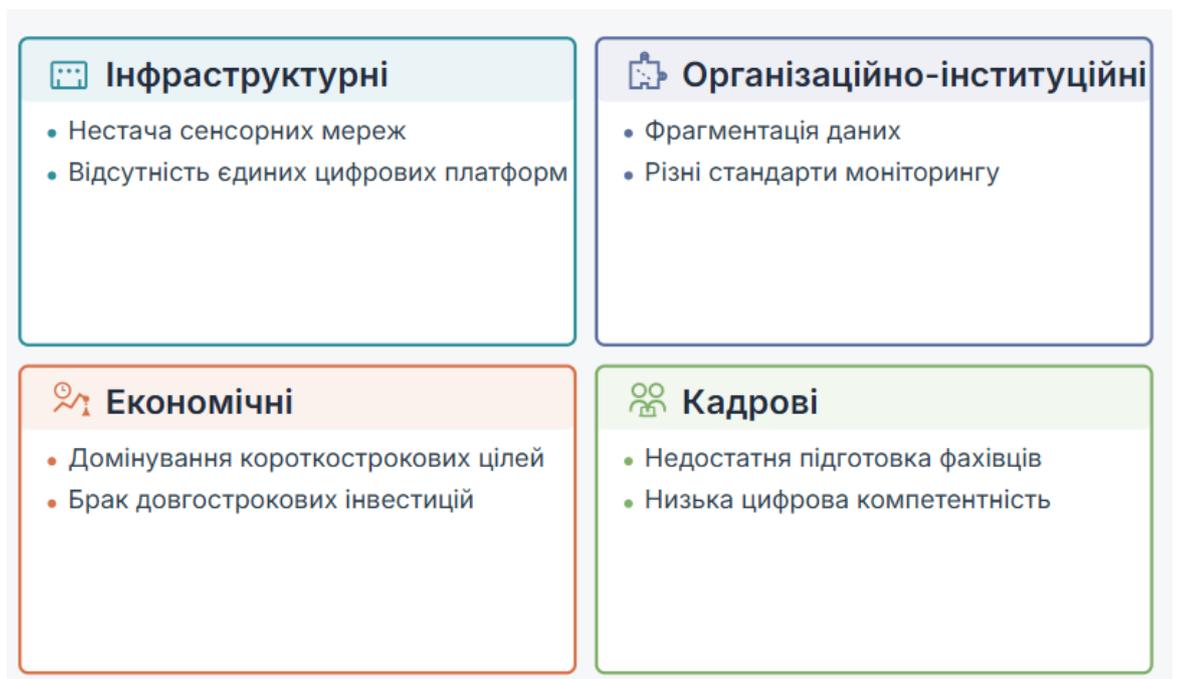


Рис. 3.2.1. Системні бар'єри впровадження адаптивного менеджменту

Разом із тим в Україні існують важливі передумови, що формують сприятливе підґрунтя для переходу до адаптивного управління лісами. Позитивним чинником є накопичений досвід застосування ГІС-аналізу та

технологій дистанційного моніторингу на рівні Державного агентства лісових ресурсів, що створює технічну базу для впровадження циклічних систем прийняття рішень. Вагомим ресурсом виступає також зростаючий науковий потенціал у галузях кліматичної екології та лісівництва, орієнтований на дослідження адаптаційних механізмів і стійкості лісових екосистем. Значну роль відіграють міжнародні партнерські програми, зокрема проєкти, спрямовані на впровадження альтернативних систем регенерації лісів, які вже демонструють позитивні результати в умовах кліматичних змін [37]. Додатковим стимулом є розвиток систем добровільної сертифікації, таких як FSC, що сприяє інтеграції принципів сталого лісоуправління та формує попит на інноваційні підходи. Урахування цих передумов створює реалістичну основу для впровадження практичних заходів адаптивного менеджменту, які будуть детально розкриті у наступному підрозділі 3.3.

### **3.3. Практичні рекомендації щодо впровадження адаптивного управління в діяльність лісогосподарських підприємств**

Впровадження адаптивного управління у практику лісогосподарських підприємств передбачає комплексну трансформацію підходів до планування, моніторингу та реалізації господарських рішень. Першочерговим завданням є формування інтегрованої системи даних, яка забезпечить оперативний доступ до актуальної інформації про стан лісів. Доцільно створити єдину цифрову платформу для збору й обробки просторових і таксаційних даних, доступну для лісництв, державних підприємств, наукових установ та органів управління [7]. Регулярне оновлення інформації, від щорічних показників таксації до щомісячних даних щодо пожежної небезпеки, фенологічних змін чи активності шкідників, має стати обов'язковою частиною управлінського процесу. У цьому контексті важливим є впровадження безпілотних літальних

апаратів, супутникових знімків і геоаналітичних сервісів як стандартних інструментів моніторингу (табл.3.3.1).

Таблиця 3.3.1

Джерела даних для адаптивного управління та їх оновлюваність

Джерело даних	Тип даних	Частота оновлення	Використання
Дистанційне зондування (Супутники)	Знімки, індекси покриву	Щомісяця	Моніторинг змін, пожеж, вирубок
Лісовий кадастр / офіційні дані	Статистика рубок, запаси	Щороку	Планування, управління
Польові обстеження	Індекс приросту, стан лісів	Раз на кілька років	Калібрування моделей, оцінка здоров'я лісів
Метео / кліматичні дані	Температура, опади, індекси посухи	Щомісяця / щогодини	Прогноз ризиків, сценарії
Сенсорні мережі	Вологість ґрунту, температура	Реальний час	Попередження, оперативні рішення
Біорізноманіття	Видовий склад, інвазії	Щорічно або сезонно	Екологічна оцінка, охорона
Соціо-економічні дані	Відвідуваність, доходи	Щороку	Розробка політик, участь громад

Наступним елементом адаптивного менеджменту є запровадження систематичної оцінки ризиків і сценарного аналізу. Лісогосподарські підприємства мають перейти від реактивного реагування до випереджувального планування, що передбачає оцінювання ймовірності виникнення пожеж, всихання насаджень, поширення інвазійних видів, буревіїв та інших дестабілізуючих факторів [8]. Використання моделей прогнозування, адаптованих до кліматичних і лісівничих умов конкретного регіону, у поєднанні з визначенням порогових значень критичних індикаторів, дозволяє своєчасно коригувати плани рубань, відновлення та охорони лісів. Значний потенціал у цьому контексті має застосування систем

підтримки прийняття рішень (DSS), які інтегрують просторові дані, аналітичні модулі та прогнознi моделі в єдину інформаційну архітектуру.

Перехід до адаптивних підходів повинен відобразитися і в щоденних лісogосподарських практиках. Використання різновікових та змішаних насаджень, відмова від надмірної частки монокультур у вразливих регіонах, упровадження природоорієнтованих методів регенерації, таких як поступові рубання й збереження мікробіотопів, сприяє підвищенню екологічної стійкості й зменшує ризики деградації екосистем. Застосування локально адаптованого садивного матеріалу, регулярне коригування лісogосподарських заходів відповідно до результатів моніторингу та врахування змін кліматичних умов мають стати невід'ємною частиною виробничого циклу.

Важливим напрямом удосконалення управління є розвиток кадрового потенціалу. Адаптивне управління неможливе без високого рівня цифрової, аналітичної та екологічної компетентності працівників [19]. Тому підприємствам рекомендується організувати навчання з ГІС-аналізу, моделювання ризиків, інтерпретації супутникових даних, а також включати елементи адаптивного менеджменту до внутрішніх програм підготовки лісничих і виробничого персоналу. Ефективним також є проведення міжвідомчих навчань за участю науковців, екологічних інспекторів і рятувальних служб. Структуру адаптивного циклу управління лісами наведено на інфографіці (рис. 3.3.1).

Організаційна модель підприємств також потребує модернізації. Запровадження щорічного циклу адаптивного планування, що включає аналіз даних, формування цілей, планування заходів, їх реалізацію, оцінювання результатів і подальше коригування, створює умови для гнучкого та обґрунтованого управління. Доцільно впровадити внутрішні системи аудиту стійкості лісових екосистем і ведення журналу управлінських рішень (decision log), який міститиме інформацію про обґрунтування кожної зміни підходів, отримані результати та висновки, корисні для подальших циклів планування.

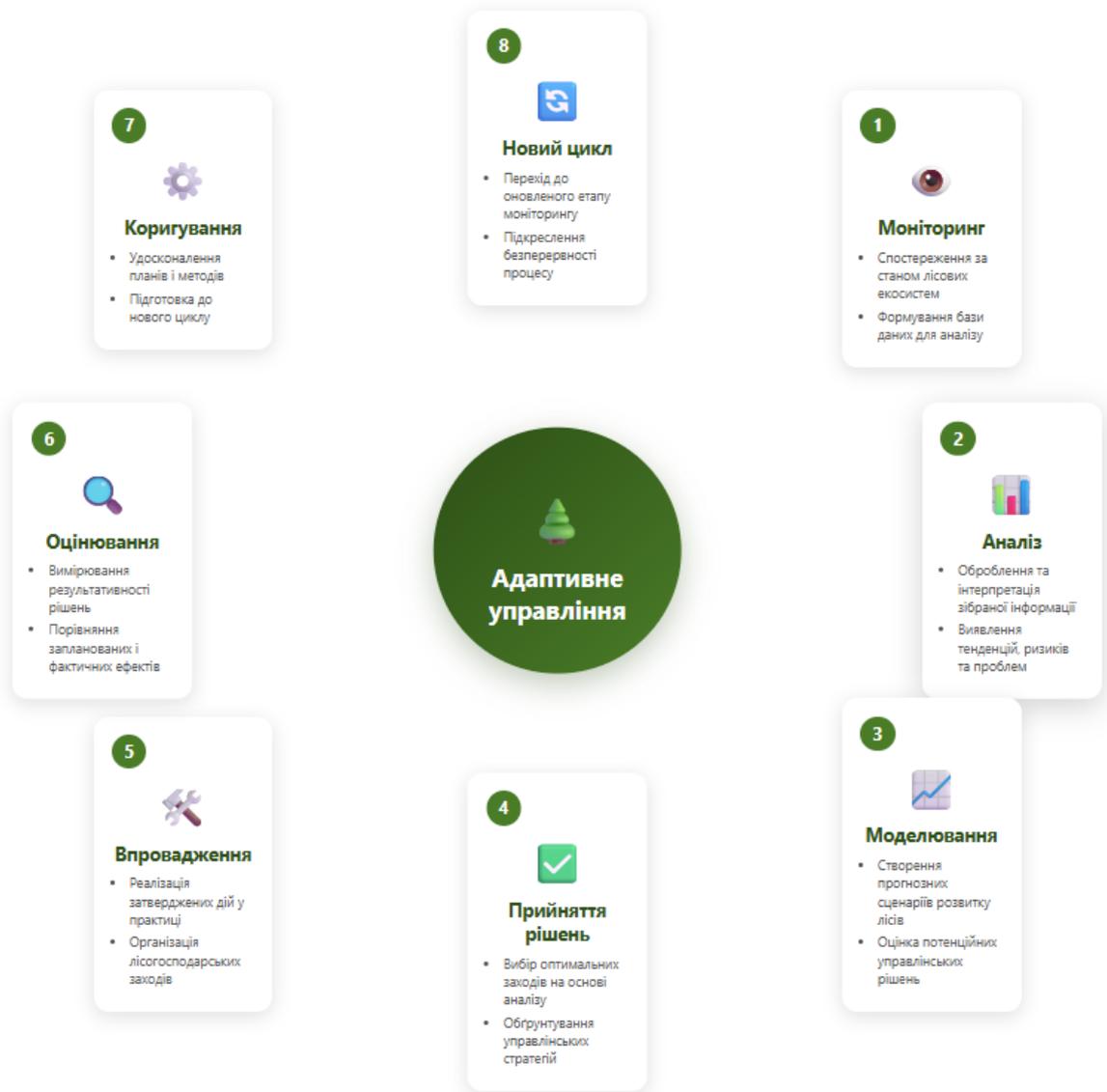


Рис. 3.3.1. Цикл адаптивного управління лісами.

Окремим напрямом є розширення співпраці з науковими установами та міжнародними партнерами. Участь у дослідницьких програмах, міжнародних проєктах і професійних мережах дозволяє отримувати доступ до сучасних методик оцінювання впливу кліматичних змін та впроваджувати найкращі світові практики. Саме досвід країн Європейського Союзу, зокрема Німеччини, Швеції й Австрії, демонструє ефективність адаптивного менеджменту як інструменту підвищення стійкості лісів до змін навколишнього середовища.

## ВИСНОВКИ

- ✓ У ході виконання кваліфікаційної роботи було встановлено, що сучасні виклики, пов'язані зі зміною клімату, деградацією лісових екосистем та зростанням інтенсивності природних і антропогенних ризиків, істотно підвищують вимоги до системи управління лісами України. Аналіз теоретичних засад, наукових підходів і практичного досвіду довів, що ефективне забезпечення стійкості лісів можливе лише за умови переходу до адаптивного типу управління, який передбачає гнучкість, циклічність та постійну опору на дані моніторингу.
- ✓ Проведений огляд наукових досліджень і міжнародних рекомендацій засвідчив, що адаптивний менеджмент інтегрує принципи сталості, ризик-орієнтованого планування та науково обґрунтованих управлінських рішень. Його застосування дозволяє підвищити екологічну резилентність лісів, оптимізувати використання ресурсів, підсилити роль моніторингових даних у плануванні та забезпечити кращу відповідність управлінських практик реальним динамічним змінам у природному середовищі.
- ✓ Аналітичне опрацювання стану лісового господарства України виявило як високий потенціал, так і наявні бар'єри для впровадження адаптивного підходу. Серед ключових перешкод виокремлено фрагментацію екологічних даних, нестачу цифрової інфраструктури, орієнтацію на короткострокові економічні результати та дефіцит підготовлених фахівців. Разом із тим, виявлено низку передумов, що створюють сприятливе середовище для переходу до адаптивного управління: розвиток ГІС та ДЗЗ-технологій, наявність міжнародної експертної підтримки, зростання ролі сертифікаційних систем та науковий потенціал галузі.
- ✓ На основі проведеного аналізу було сформовано систему практичних рекомендацій, орієнтованих на лісогосподарські підприємства. Вони охоплюють створення інституційних і технічних умов для комплексного моніторингу, впровадження цифрових платформ і сенсорних мереж, використання прогнозних моделей, перегляд управлінських регламентів,

посилення професійної підготовки персоналу, а також розширення участі зацікавлених сторін у процесах прийняття рішень. Впорядкування джерел даних та визначення їхньої оновлюваності дозволили конкретизувати, які саме інформаційні потоки мають стати основою адаптивних процесів.

✓ Узагальнення теоретичної та практичної частини роботи підтвердило, що адаптивний менеджмент здатний стати системоутворювальним принципом сучасної моделі управління лісами України. Його впровадження забезпечить підвищення стійкості лісових ландшафтів, ефективнішу реакцію на ризики, прозорість управління та науково-обґрунтованість рішень. Разом з тим, успішна реалізація цього підходу потребує синхронізації дій державних інституцій, наукових організацій, бізнесу та громадськості, що визначає практичну значущість і перспективність подальших досліджень у цьому напрямі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Букша І.Ф., Бондарук М.А., Пивовар Т. С., Целіщев О.Г., Букша М.І. Методичні рекомендації щодо оцінювання впливу зміни клімату на ліси, аналізу фіторізноманіття та екологічних режимів за даними моніторингу лісів. Харків: УкрНДІЛГА, 2019. 95 с.
2. Букша І.Ф., Пастернак В.П., Пивовар Т.С. Рекомендації щодо розбудови державної системи моніторингу лісів України. Харків, УкрНДІЛГА, 2019. 35 с.
3. Букша І. Ф. Стан оцінювання загроз та адаптаційних заходів у лісовому господарстві України. Звіт SFI-Ukraine. 2022. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://www.sfi-ukraine.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/buksha\\_climate-change\\_report\\_31-01-2022-ukr.pdf](https://www.sfi-ukraine.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/buksha_climate-change_report_31-01-2022-ukr.pdf) (дата звернення 12.10.2025)
4. Бурштинська Х. Декалюк Я. Моніторинг хвойних лісів з використанням даних дистанційного зондування (на прикладі Тухлянського лісгоспу). Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. Том II (42). С. 99–108.
5. Вискушенко Д. А., Вискушенко А.П., Свеста Т.Л. Основи природознавства. Словник-довідник. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2009. 31 с.
6. Вискушенко, Д. А., Вискушенко, С. А., Никитюк, Ю. А., Дунаєвська, О. Ф. Змішане навчання: баланс між дистанційним та традиційним підходами у закладах вищої освіти України. Суспільство та національні інтереси, 2025 5(13). С. 55-66 DOI:10.52058/3041-1572-2025-5(13)-55-66
7. Вискушенко Д. А., Примаченко Р. О., Федірко Г. А., Яроцький Б. А., Федірко М. П. Європейський досвід екологізації виробництва. The 9th International scientific and practical conference: Development of modern scientific technologies in the era of globalization. Paris: International Science Group, 2025. pp. 116-119.

8. Вискушенко Д. А., Яроцький Б. А., Федірко Г. А., Федірко М. П., Примаченко Р. О. Механізми інтеграції міжнародних принципів сталого розвитку у вітчизняне природокористування. The 8th International scientific and practical conference: Academic research by scientists in the field of modern technologies. Milan: International Science Group, 2025. pp. 69-72.
9. Геопортал «Ландшафтні пожежі» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://wildfires.org.ua> (дата звернення 23.10.2025)
10. Державне агентство лісових ресурсів України. Публічний звіт голови за 2024 рік. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://forest.gov.ua/agentstvo/komunikaciyi-z-gromadskistyuu/publiczni-zviti-derzhlisagentstva/publicnyi-zvit-holovy-derzhavnoho-ahentstva-lisovykh-resursiv-ukrainy-za-2024-rik> (дата звернення 17.09.2025)
11. Екологічна політика і право ЄС та їх імплементація у правову систему України: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2019. 386 с.
12. Кузьменко О. Б., Андрєєв В. І. Основи екологічного менеджменту. навчальний посібник. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 160 с.
13. Лакида П.І., Павліщук О.П., Карпук А.І., Кравець П.В. Лісова політика : навч. посіб. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І.С., 2019. 227 с.
14. Ландін В.П., Кучма Т.Л., Гуреля В.В., Захарчук В.А., Соломко В.Л., Фещенко В.П. Оцінка санітарного стану лісових насаджень за даними дистанційного зондування. Агроекологічний журнал, 2020. №4. с. 76-86
15. Мазепа В.Г., Турко В.М., Сірук Ю.В., Курбет Т.В. Регіональне та соціальне лісівництво : Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2023. 137 с.
16. Про схвалення Державної стратегії управління лісами України до 2035 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2021 р. № 1777-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 27.10.2025)

17. Про схвалення Концепції реформування та розвитку лісового господарства: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 квітня 2006 р. N 208-р URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/208-2006-%D1%80#Text> (дата звернення: 18.10.2025)
18. Сохацька О.М. Екологічна політика в системі публічного управління: виклики сталого розвитку. *Філософія та управління*. 2024. №2. с. 31-41
19. Федірко М.П. Концепція адаптивного управління як основа сталого розвитку лісового господарства України. *Modern Perspectives on Science and Economic Progress: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. Vilnius : International Scientific Unity, 2025. pp. 87-89.
20. Burton Philip J. Resilient Forest Management: Resilience through Adaptive Management. In: *Resilient Forest Management*. online edn. Oxford : Oxford University Press, 2025, p. 261–287 <https://doi.org/10.1093/oso/9780198832997.003.0010>
21. FAO Framework Methodology for Climate Change Vulnerability Assessments of Forests and Forest Dependent People. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ndcpartnership.org/knowledge-portal/climate-toolbox/fao-framework-methodology-climate-change-vulnerability-assessments-forests-and-forest> (дата звернення 14.10.2025)
22. Harbar O., Moroz V., Harbar D., Vyskushenko D., Kratiuk O. (2024) Spatial variation of earthworm communities in the motorway proximity. *Studia Biologica*, 18(2). pp.157-168 DOI: 10.30970/sbi.1802.768
23. Influence of some heavy metals to the pulmonary and direct diffusive respiration of the great ramshorn *Planorbium corneum* allospecies (Mollusca: Gastropoda: Planorbidae) from the Ukrainian river system / O. Uvayeva, A. Stadnychenko, Y. Babych, T. Andriychuk, Y. Maksymenko, D. Vyskushenko, O. Ignatenko, T. Pinkina // *Ecologica Montenegrina*, 2022. Vol. 52. P. 57-67 <https://doi.org/10.37828/em.2022.52.9>

24. Hong M., Song C., Kim M., Kim J., Roh M., Ko Y., Cho K., Son Y., Jeon S., Kraxner F. et al. Modeling-Based Risks Assessment and Management of Climate Change in South Korean Forests. *Forests*, 2023. 14. 745. <https://doi.org/10.3390/f14040745>
25. Kalashnikov A. O., Zhezhkun I. M., Torosov A. S. Loss of wood resources and biodiversity in Ukrainian forests. *Forestry and Forest Melioration*, 2024. 145. p. 143–154. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.145.2024.143>
26. Kangas A., Kurttila M., Hujala T., Eyvindson K., Kangas J. *Decision Support for Forest Management*. Springer Cham, 2015. 307 pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23522-6>
27. Kašpar J., Bettinger P., Vacik H., Marušák R., Garcia-Gonzalo J. *Decision Support Approaches in Adaptive Forest Management*. *Forests*, 2018; 9(4). 215. <https://doi.org/10.3390/f9040215>
28. Kubiak K., Spiralski M., Pompeu J., Levavasseur V., Wawer R. *Advances in Remote Sensing for Monitoring Soil Conditions in Forest Ecosystems: Techniques, Challenges, and Applications*. *Transactions on Aerospace Research*, 2024. vol. 2024. 4. pp. 1-13. <https://doi.org/10.2478/tar-2024-0019>
29. Linder Marcus. Developing adaptive forest management strategies to cope with climate change, *Tree Physiology*, 2000. V. 20. Issue 5-6, p. 299–307, <https://doi.org/10.1093/treephys/20.5-6.299>
30. Messier C., Puettmann K. J.; Coates K. D. *Managing Forests as Complex Adaptive Systems: Building Resilience to the Challenge of Global Change*. London: Routledge, 2013. 368 c.
31. Nedilska U., Krachan T., Myalkovsky R., Horodyska O., Potapskyi Yu. Ecological aspects of climate change impact on tree species in forest ecosystems. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 2024. 15(4), p. 90-107. <https://doi.org/10.31548/forest/4.2024.90>
32. Nykytiuk Y., Kravchenko O., Komorna O., Bambura V., Seredniak D. Spatial and temporal variation of the rainfall erosivity factor in Polissya and

- Forest-Steppe of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 2024. 32(4). DOI: 10.15421/012444
33. Otieno T.A., Otieno L.A., Rotich B. *et al.* Modeling climate change impacts and predicting future vulnerability in the Mount Kenya forest ecosystem using remote sensing and machine learning. *Environ Monit Assess*, 2025. 197. 631 <https://doi.org/10.1007/s10661-025-14089-0>
34. Rizzi J., Tarquis A. M., Gobin A., Semenov M., Zhao W., and Tarolli P. Preface: Remote sensing, modelling-based hazard and risk assessment, and management of agro-forested ecosystems. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 2021. 21 p. 3873–3877 <https://doi.org/10.5194/nhess-21-3873-2021>
35. Shavazipour B., Engberg Sundström L. Decision support for sustainable forest harvest planning using multi-scenario multiobjective robust optimization. *arXiv:2405.16612* (preprint). 2024. <https://arxiv.org/abs/2405.16612>
36. Shvidenko A., Buksha I., Krakovska S., Lakyda P. Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability*, 2017. 9. 1152. <https://doi.org/10.3390/su9071152>
37. Spathelf P., Lavnyy V., Matysevych O., Danchuk O. German-Ukrainian efforts towards building climate-resilient forests in Western Ukraine – first results of alternative regeneration systems. *SEEFOR*, 2024. 15(1). p. 81-89 <https://doi.org/10.15177/seefor.24-04>
38. Tkach V., Kobets O. Current state of forests in Ukraine under the influence of climate change and military aggression. *Forestry and Forest Melioration*, 2025 146 p. 3–13. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.146.2025.3>
39. U.S. Department of Agriculture. Mid-Atlantic Forest Ecosystem Vulnerability Assessment. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.climatehubs.usda.gov/hubs/northern-forests/topic/mid-atlantic-forest-ecosystem-vulnerability-assessment-0> (дата звернення 18.10.2025)
40. Zhao J, Wang H, Zhang S, Cui X, Yang Y. Reframing Adaptive Forest Management to Sustain Ecosystem Services Under Climate Change. *Forests*, 2025. 16(9). 1377. <https://doi.org/10.3390/f16091377>