МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агробіотехнологічний факультет

Спеціальність 205 «Лісове господарство»

Допускається до захисту
Зав. кафедри лісового господарства
_____
(підпис) *(вчене звання, прізвище, ініціали)*
«02» грудня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДУБОВИХ НАСАДЖЕНЬ У БІЛОЦЕРКІВСЬКОМУ НАДЛІСНИЦТВІ ФІЛІЇ «СТОЛИЧНИЙ ЛІСОВИЙ ОФІС» ДП «ЛІСИ УКРАЇНИ»

Виконав Сидоренко Олександр Олександрович _____
прізвище, ім'я, по батькові *підпис*

Керівник професор Мазепа В.Г. _____
вчене звання, прізвище, ініціали *підпис*

Рецензент доцент Крупа Н.М. _____
вчене звання, прізвище, ініціали *підпис*

Я, Сидоренко Олександр Олександрович, засвідчую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Біла Церква – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агробіотехнологічний
Спеціальність 205 «Лісове господарство»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант ОП «Лісове господарство»
_____ доцент Левандовська С.М.
підпис *вчене звання, прізвище, ініціали*
«19» листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачу

Сидоренка Олександра Олександровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема: ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДУБОВИХ НАСАДЖЕНЬ У БІЛОЦЕРКІВСЬКОМУ НАДЛІСНИЦТВІ ФІЛІЇ «СТОЛИЧНИЙ ЛІСОВИЙ ОФІС» ДП «ЛІСИ УКРАЇНИ»

керівник роботи Мазепа В.Г. доктор с.-г. наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджено наказом ректора № 87/3 від «15» травня 2025 р.
Термін здачі здобувачем виконаної роботи «25» листопада 2025 р.

Вихідні дані: господарсько-екологічна характеристика Білоцерківського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України».

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Проаналізувати сучасний стан дубових насаджень у межах Білоцерківського надлісництва.

2. Визначити основні лісорослинні умови формування дубових культур та чинники, що впливають на їхній ріст і розвиток.

3. Оцінити ефективність природного поновлення дуба звичайного у різних типах лісових екосистем.

4. Дослідити стан і якість штучно створених дубових культур.

5. Обґрунтувати заходи з оптимізації процесів формування і відновлення дубових насаджень із врахуванням сучасних екологічних та кліматичних тенденцій.

Календарний план виконання робот

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	01. 02. 2025 р.	виконав
Методична частина	01. 03. 2025 р.	виконав
Дослідницька частина	01. 09. 2025 р.	виконав
Оформлення роботи	20. 11. 2025 р.	виконав
Перевірка на плагіат	25. 11. 2025 р.	виконав
Попередній розгляд на кафедрі	31. 11. 2025 р.	проведено
Подання на рецензування	01. 12. 2025 р.	подано

Керівник кваліфікаційної роботи _____ професор Мазепа В.Г.

Здобувач кваліфікаційної роботи _____ Сидоренко О.О.

Дата отримання завдання «19» листопада 2024 р.

АНОТАЦІЯ

Сидоренко Олександр Олександрович

Оптимізація процесів формування та відновлення дубових насаджень у Білоцерківському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню стану, структури та особливостей формування дубових насаджень у Білоцерківському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України». У роботі розкрито актуальність проблеми збереження та оптимізації процесів відновлення дуба звичайного *(Quercus robur L.)* у Лісостеповій зоні України в умовах зростаючого антропогенного навантаження та кліматичних змін. Визначено мету та завдання дослідження, об'єкт і предмет роботи.

У першому розділі представлено огляд наукових джерел, у якому розглянуто біоекологічні особливості дуба звичайного, його роль у формуванні екосистем Лісостепу, сучасні методи і тенденції лісовідновлення в Україні та значення дубових насаджень у підтриманні екологічної рівноваги регіону. Другий розділ містить опис матеріалів і методики досліджень, зокрема географічно-кліматичну характеристику Білоцерківського надлісництва, організацію польових спостережень, методи таксаційної оцінки, статистичного та економічного аналізу. У третьому розділі наведено результати власних досліджень: проведено лісівничо-екологічну оцінку дубових насаджень, здійснено аналіз ефективності природного і штучного відновлення дуба, визначено типологічну структуру лісостанів та запропоновано напрями підвищення їх продуктивності й біологічної стійкості. Окремо розглянуто економічну ефективність заходів оптимізації процесів формування дубових культур.

У роботі сформульовано висновки, пропозиції щодо вдосконалення технологій створення та догляду за дубовими культурами, а також рекомендації для подальших досліджень і практичного використання результатів у лісогосподарській діяльності.

Обсяг роботи – 60 сторінок, що містять 1 рисунок, 6 таблиць та список літератури із 43 джерел.

Ключові слова: дуб звичайний, лісове господарство, Білоцерківське надлісництво, природне відновлення, штучне відновлення, лісові екосистеми, оптимізація процесів, біорізноманіття.

ANNOTATION

Oleksandr SYDORENKO

Optimization of the Processes of Formation and Restoration of Oak Stands in the Bila Tserkva Forest District of the Branch "Capital Forest Office" of the SE "Forests of Ukraine"

The qualification work is devoted to the study of the condition, structure, and peculiarities of the formation of oak stands in the Bila Tserkva Forest District of the branch "Capital Forest Office" of the State Enterprise "Forests of Ukraine." The research reveals the relevance of the problem of conservation and optimization of the processes of regeneration of the common oak *(Quercus robur L.)* in the Forest-Steppe zone of Ukraine under conditions of increasing anthropogenic pressure and climate change. The purpose, objectives, object, and subject of the study are defined.

The first chapter provides a review of scientific sources, where the bioecological characteristics of the common oak, its role in the formation of Forest-Steppe ecosystems, modern methods and trends in forest regeneration in Ukraine, and the importance of oak forests in maintaining the ecological balance of the region are analyzed. The second chapter describes the materials and research methods, including the geographical and climatic characteristics of the Bila Tserkva Forest District, the organization of field observations, methods of taxation assessment, as well as statistical and economic analysis.

The third chapter presents the results of the author's research: a silvicultural and ecological assessment of oak stands was carried out, the efficiency of natural and artificial regeneration of oak was analyzed, the typological structure of forest stands was determined, and directions for increasing their productivity and biological stability were proposed. The economic efficiency of optimization measures for the formation and maintenance of oak cultures is also discussed.

The thesis formulates conclusions and provides practical recommendations for improving the technologies of establishment and tending of oak cultures, as well as proposals for further research and application of the results in forestry practice.

The work comprises 30 pages, including 1 figur, 6 tables, and a list of 43 references.

Keywords: common oak, forestry, Bila Tserkva Forest District, natural regeneration, artificial regeneration, forest ecosystems, process optimization, biodiversity.

ЗМІСТ

ВСТУП……..... 7

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Біоекологічні особливості дуба звичайного та його роль у формуванні Лісостепу..... 9

1.2. Сучасні тенденції та методи оптимізації відновлення дубових насаджень в Україні..... 13

1.3. Різні підходи у методах відновлення дубових лісостанів..... 16

1.4. Сучасні тенденції оптимізації лісовідновних процесів у господарствах ДП «Ліси України»..... 19

1.4. Роль дубових насаджень у підтриманні екологічної рівноваги та
1.5. сталого розвитку регіону..... 21

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1. Географічно-кліматична характеристика зони дослідження..... 26

2.2. Методологічні засади та організація досліджень..... 27

2.3. Методи польових досліджень..... 28

2.4. Методи статистичного та економічного аналізу..... 30

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1.Характеристика Білоцерківського надлісництва..... 32

3.2. Таксаційна характеристика дубових насаджень Білоцерківського надлісництва та їх лісорослинний потенціал..... 37

3.3. Аналіз ефективності природного поновлення дуба звичайного в умовах Білоцерківського надлісництва..... 41

3.4. Порівняльний аналіз ефективності природного та штучного відновлення дуба..... 45

3.5. Економічна ефективність оптимізації процесів формування та відновлення дубових насаджень..... 48

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ..... 53

Висновки……..…….. 56

Пропозиції……..……. 57

Список використаної літератури……..…… 58

ВСТУП

Лісові екосистеми є домінуючою формою рослинного покриву планети, що відіграють ключову роль у підтриманні глобальної екологічної рівноваги. Ліси мають складну вертикальну й горизонтальну структуру, акумулюють найбільшу частку біомаси суші, регулюють газообмін, водний баланс і тепловий режим, забезпечують стабільність кліматичних процесів та є осередком біорізноманіття. Ліс як природна система виконує не лише ресурсну, а й життєво важливу екологічну функцію – виступає активним регулятором клімату, річкового стоку, ґрунтових вод та природного кругообігу речовин [4, 15, 24].

В умовах сучасної господарської діяльності ліси зазнають суттєвого антропогенного навантаження. Інтенсивний промисловий розвиток, масштабне розорювання земель, вирубування стиглих лісостанів і зниження ефективності лісовідновлення призводять до деградації екосистем, порушення ландшафтної рівноваги та зменшення біорізноманіття. Особливої уваги потребують дубові ліси, які є основою лісового фонду Лісостепової зони України. Саме дуб звичайний *(Quercus robur L.)* формує високопродуктивні, довговічні та екологічно цінні насадження, однак останніми роками спостерігається тенденція до зниження їхньої природної здатності до відновлення [3, 10, 21].

Актуальність теми зумовлена необхідністю оптимізації процесів формування і відновлення дубових насаджень, що забезпечить стабільність лісових екосистем, підвищить їхню продуктивність і стійкість до кліматичних змін. Білоцерківське надлісництво філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» є типовим представником лісів Правобережного Лісостепу, де дуб відіграє провідну роль у структурі деревостанів. Вивчення умов росту, процесів природного і штучного поновлення дуба, а також шляхів підвищення ефективності лісівничих заходів має важливе теоретичне й практичне значення для сталого розвитку регіональних лісових екосистем [27, 30, 45].

Збереження та відновлення дубових лісів – це не лише завдання лісового господарства, а й елемент загальнодержавної екологічної політики. Враховуючи роль дуба як виду, що забезпечує стійкість лісових біоценозів, його раціональне відновлення є запорукою збереження біорізноманіття, ґрунтозахисних і кліматорегулювальних функцій лісів [6, 9, 31].

Метою роботи є обґрунтування шляхів оптимізації процесів формування та відновлення дубових насаджень у Білоцерківському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» для підвищення їхньої продуктивності, стійкості та економічної ефективності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- Проаналізувати сучасний стан, вікову структуру та таксаційні показники дубових насаджень у межах досліджуваного надлісництва.
- Визначити вплив основних лісорослинних умов (свіжі та вологі судіброви) на процеси росту та розвитку дуба звичайного.
- Оцінити ефективність та якість природного поновлення дуба та ідентифікувати фактори, що стримують його розвиток.
- Порівняти ефективність традиційних (ВКС) та сучасних (ЗКС) методів створення лісових культур.
- Обґрунтувати лісівничі заходи з догляду за молодняками для регулювання міжвидової конкуренції.
- Розрахувати економічну ефективність запропонованих моделей оптимізації відтворення насаджень.

Об’єкт дослідження – процеси формування, росту, природного та штучного відновлення дубових насаджень.

Предмет дослідження – лісівничо-екологічні умови, технологічні заходи та економічні чинники, що визначають ефективність відтворення насаджень дуба звичайного в умовах Білоцерківського надлісництва.

У роботі використано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів:

аналіз літературних джерел та відомчих матеріалів – для

узагальнення вітчизняного та закордонного досвіду лісовідновлення та характеристики природних умов району досліджень;

лісівничо-таксаційні методи – для оцінки структури деревостанів, визначення їх продуктивності та бонітування підросту на закладених пробних площах;

порівняльно-аналітичний метод – для зіставлення ефективності природного, штучного та комбінованого способів поновлення лісу;

статистичні методи – для обробки масивів експериментальних даних, оцінки достовірності результатів та аналізу взаємозв'язків між параметрами росту (з використанням ПЗ Microsoft Excel);

економічні методи – для розрахунку чистої теперішньої вартості та обґрунтування фінансової доцільності інвестицій у садивний матеріал із закритою кореневою системою.

Наукова новизна одержаних результатів:

Удосконалено підходи до комбінованого відновлення дібров в умовах свіжої та вологої судіброви (D2, C2) Правобережного Лісостепу через диференціацію методів залежно від повноти насадження та конкурентного середовища.

Отримало подальший розвиток обґрунтування переваг використання садивного матеріалу із закритою кореневою системою (ЗКС) як засобу мінімізації ризиків кліматичних змін та забезпечення вищої приживлюваності культур порівняно з традиційними методами.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано рекомендації, які спрямовані на вдосконалення технологічних карт створення лісових культур у філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України». Запропоновані схеми використання ЗКС-сіянців дозволяють скоротити кількість доповнень, зменшити вік досягнення зімкненості насаджень та підвищити очікуваний грошовий дохід від вирощування дібров на 15–20%. Результати досліджень можуть бути використані при плануванні лісогосподарських заходів та розробці проектів лісових культур.

РОЗДІЛ 1.
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Біоекологічні особливості дуба звичайного та його роль у формування Лісостепу

Дуб звичайний *(Quercus robur L.)* є одним із найпоширеніших та найцінніших лісоутворювальних видів деревної рослинності України. Його ареал охоплює всю Лісостепову та частково Степову зону, де вид утворює високопродуктивні та довговічні насадження. В умовах Правобережного Лісостепу дуб характеризується високою тіньовитривалістю у молодому віці, глибокою кореневою системою, що забезпечує стійкість до літніх посух і нестачі вологи. Найсприятливішими для дуба є свіжі та вологі грабові діброви з родючими сірими лісовими та опідзоленими чорноземними ґрунтами. Біоекологічна пластичність виду дозволяє йому зростати в різних типах умов, однак оптимальний розвиток досягається за умови достатнього освітлення, помірного зволоження й нейтральної реакції ґрунтового розчину. На формування росту дуба значно впливають такі чинники, як мікроклімат лісових культур, склад супутніх порід, характер лісокультурних доглядів і ступінь пошкодження підросту дикими тваринами [2, 10, 13].

Дуб звичайний є ключовим компонентом біогеоценозів Правобережного Лісостепу. Завдяки потужній кореневій системі він поліпшує структуру ґрунтів, сприяє їх гумусоутворенню, а через довговічність і стійкість визначає стабільність лісових екосистем у регіоні [5, 15, 23].

Оптимізація процесів формування та відтворення дубових насаджень у філії «Столичний лісовий офіс» є стратегічно важливим завданням, оскільки дуб звичайний *(Quercus robur L.)* є основною лісотвірною породою Лісостепу України. Ефективність ведення лісового господарства безпосередньо залежить від розуміння екологічних, фізіологічних та генетичних особливостей дуба, а також від застосування прогресивних методів

лісовідновлення та догляду [16, 27, 30].

Дубові насадження Білоцерківського району історично формувалися в умовах недостатнього зволоження та високих літніх температур, що визначає їхню фізіологічну стійкість та продуктивність. Сучасні дослідження підтверджують, що дуб звичайний є високопластичною породою, здатною адаптуватися до змін клімату, проте його відновлення залишається складним процесом через конкуренцію з м'яколистяними породами та низку біотичних факторів. Важливим є врахування типу лісу та лісорослинних умов (ЛРУ). Як зазначає Гордієнко [6], успіх формування високопродуктивних дібров Лісостепу залежить від відповідності методів догляду конкретному типу ЛРУ, особливо на свіжих та вологих судібровах, де конкуренція трав'яного покриву та ільмових порід є найвищою. Зміна кліматичних умов вимагає перегляду традиційних схем змішування порід, акцентуючи увагу на посиленні стійкості дубових насаджень проти посух та шкідників [2, 18, 20].

Традиційне природне відновлення дуба часто є неефективним через інтенсивне поїдання жолудів дикими тваринами, високу конкуренцію та недостатність світла, що змушує лісівників застосовувати активні заходи. Серед найбільш перспективних методів виділяють комбіноване лісовідновлення – поєднання природного відновлення та штучних посадок [14, 28].

Особлива увага приділяється якості садивного матеріалу. Моїсеєв та ін. [16] підкреслюють, що використання садивного матеріалу із закритою кореневою системою (ЗКС) значно підвищує приживлюваність, особливо на складних ділянках та в умовах дефіциту вологи. Використання сіянців ЗКС забезпечує швидший старт, зменшення стресу при пересадці та підвищення конкурентоспроможності молодняку [4, 26, 29].

Критично важливим є догляд за молодняком. Як стверджує Лакида [12], своєчасне освітлення та прочищення, починаючи з першого року життя, є ключовим для формування стійких і продуктивних дубових насаджень. Боротьба з ільмовими породами та ліщиною вимагає застосування як

механічних, так і хімічних методів догляду (наприклад, гербіцидів), щоб забезпечити домінування дуба у верхньому ярусі. В іншому випадку, як показує Свириденко [19], дуб залишається у підгоні і в результаті формуються малоцінні насадження.

Сучасна стратегія лісовідновлення не може ігнорувати генетичний аспект. Використання насіннєвого матеріалу, зібраного з плюсових насаджень або селекційних об'єктів, є запорукою підвищення продуктивності та стійкості майбутніх дібров [7]. Селекційна робота спрямована на виділення ранніх та пізніх форм дуба. Пізні форми, як правило, більш стійкі до весняних заморозків, які є частим явищем у Лісостепу та завдають значної шкоди молодому дубу [7, 8, 14].

Лісова генетика також досліджує питання збереження генетичного різноманіття дубових популяцій. Застосування насіння місцевого походження (із зони Білоцерківського надлісництва) є пріоритетом, оскільки воно найкраще адаптоване до локальних кліматичних та ґрунтових умов, що прямо впливає на його виживаність та ріст [9]. Дослідження генетичної структури місцевих дібров дозволяє виявляти і зберігати цінні генотипи для майбутніх програм відтворення [9, 14, 25].

Окрему увагу в контексті Білоцерківського надлісництва слід приділити біологічній стійкості дуба. Постійно зростає шкода від комах-шкідників (наприклад, дубової листовійки, непарного шовкопряда) та патогенних грибів (зокрема, судинного мікозу – трахеомікозного в'янення). Критичним викликом сьогодення є масове всихання дубових насаджень, яке часто пов'язане з комплексом факторів: кліматичний стрес (посухи), пошкодження кореневої системи та вторинне заселення стовбуровими шкідниками [11, 19, 37].

Заходи захисту повинні бути інтегрованими. Це включає лісопатологічний моніторинг, своєчасні санітарні рубки та застосування біологічних препаратів. Важливим елементом є також підвищення біорізноманіття шляхом введення супутніх порід, які можуть покращити

ґрунтові умови та зменшити ризик масового розмноження монофагів, тим самим підвищуючи загальну стійкість екосистеми [11, 12, 19].

Таким чином, оптимізація формування дубових насаджень у Білоцерківському надлісництві вимагає інтеграції передового досвіду лісівництва, генетики та захисту лісу.

1.2. Сучасні тенденції та методи оптимізації відновлення дубових насаджень в Україні

Оптимізація процесів формування та відтворення дубових насаджень в Україні, особливо в умовах Лісостепу, є стратегічним пріоритетом лісового господарства. Це завдання ускладнюється глобальними кліматичними змінами, які провокують дефіцит вологи, підвищують ризик пошкодження насаджень весняними заморозками та сприяють масовому розвитку шкідників і хвороб, зокрема трахеомікозного в'янення. У відповідь на ці виклики українська лісівнича наука та практика активно розробляють та впроваджують інноваційні, інтенсивні та екологічно обґрунтовані методи, що забезпечують підвищення приживлюваності, біологічної стійкості та продуктивності майбутніх дібров [1, 22, 39].

Однією з найбільш вагомих сучасних тенденцій є перехід до комбінованого лісовідновлення як найбільш гнучкого та стійкого підходу [2]. Цей метод передбачає поєднання переваг природного відновлення (збереження місцевого генетичного фонду, менші витрати) з гарантованим розміщенням штучних культур на ділянках, де природне відновлення недостатнє або ускладнене сильною конкуренцією трав'яного покриву та м'яколистяних порід, таких як граб та клен. В умовах Білоцерківського надлісництва, де антропогенний вплив та конкуренція з боку похідних насаджень є високими, комбінований підхід забезпечує необхідну повноту та склад лісового угруповання [16, 28, 30].

Ключовим фактором успіху є якість садивного матеріалу. Сучасні технології акцентують на максимальному використанні сіянців із закритою

кореневою системою (ЗКС). Дослідження Моїсеєва та його співавторів однозначно доводять, що ЗКС-матеріал демонструє приживлюваність, що часто перевищує 90%, та забезпечує швидший старт росту порівняно з традиційними сіянцями з відкритою кореневою системою. Це особливо критично в умовах нестабільного гідротермічного режиму, оскільки сіянці ЗКС краще протистоять посухам та мають менший стрес при висадці. Крім того, застосування ЗКС-технології дозволяє оптимізувати терміни посадки, розширюючи їх майже на весь вегетаційний період [4, 26, 29].

Надзвичайно важливого значення набуває генетична оптимізація насіннєвої бази. Стратегія лісовідтворення сьогодні неможлива без використання насіння, зібраного з плюсових насаджень, насіннєвих ділянок та постійних лісонасіннєвих ділянок (ПЛНД), які пройшли селекційну оцінку. Українські лісівники активно працюють над виділенням та розмноженням пізніх форм дуба звичайного. Як стверджує Бондар [2], пізні форми, у яких розпускання бруньок відбувається на 10-14 днів пізніше, є значно стійкішими до частих весняних заморозків, що є однією з основних причин загибелі молодняку в Лісостепу. Використання генетично перевіреного та адаптового насіння місцевого походження (адаптованого до ЛРУ Білоцерківщини) є пріоритетом, оскільки це забезпечує найкращу відповідність екотипів локальним умовам, підвищуючи їхню життєздатність та продуктивність [7, 9, 25].

Оптимізація відновлення дуба тісно пов'язана з інтенсифікацією рубок догляду та їхнім режимом. Традиційні нормативи догляду часто виявляються недостатніми для забезпечення домінування дуба над швидкоростучим грабом, липою та кленом. Лакида [12] наголошує на необхідності проведення своєчасних і достатньо інтенсивних рубок освітлення та прочищення, починаючи з перших років життя насаджень. Запізнення з доглядом призводить до того, що дуб залишається у пригніченому стані або підгоні, що у результаті формує малоцінні, малопродуктивні та біологічно нестійкі лісостани. Сучасні підходи також передбачають можливість застосування

вибіркового хімічного догляду – точкового застосування екологічно безпечних гербіцидів для селективного знищення небажаних конкурентів у найкритичніші періоди розвитку молодняку, що дозволяє різко знизити витрати праці та підвищити ефективність формування майбутнього деревостану [7, 9, 25].

Важливим аспектом є підвищення біологічної стійкості дубових насаджень проти шкідників та хвороб. У Лісостепу набула загрозливого характеру проблема масового всихання дуба, спричинена комплексом кліматичного стресу, ураженням грибами (трахеомікоз) та вторинним заселенням стовбуровими шкідниками. Сучасна стратегія захисту передбачає не лише моніторинг та санітарні рубки, але й превентивні лісівничі заходи. За рекомендаціями вчених, необхідно переходити до створення складних мішаних насаджень із введенням супутніх порід, які покращують ґрунтові умови, регулюють мікроклімат та знижують ризик масового розмноження монофагів дуба. Це підвищує загальну буферність та опірність екосистеми до стресових факторів [11, 12, 19].

Окрім того, українська лісівнича наука активно працює над впровадженням інформаційних технологій та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для моніторингу стану дубових насаджень. ДЗЗ-технології дозволяють оперативно виявляти ділянки, уражені всиханням, та зони, які потребують першочергового догляду, що значно підвищує оперативність та точність лісогосподарських заходів [12, 18].

Таким чином, оптимізація процесів формування та відновлення дубових насаджень в Україні, і зокрема в Білоцерківському надлісництві, ґрунтується на трьох стовпах: 1) використання генетично якісного та адаптованого садивного матеріалу (особливо ЗКС та пізніх форм); 2) інтенсифікація та своєчасність рубок догляду; 3) формування біологічно стійких мішаних насаджень як превентивний захід проти кліматичних та біотичних загроз. Успішна реалізація цих сучасних методів є запорукою збереження і примноження дібров Лісостепу.

1.3. Різні підходи у методах відновлення дубових лісостанів

Відтворення дубових насаджень є багатофакторним процесом, успіх якого визначається вибором оптимального методу поновлення. Сучасна лісівнича практика в Україні, особливо у Правобережному Лісостепу (до якого належить Білоцерківське надлісництво), оперує трьома основними підходами: природним, штучним та комбінованим. Вибір методу прямо впливає на генетичну стійкість, економічну ефективність, біологічну довговічність, а також на здатність лісостану адаптуватися до зростаючих кліматичних та біотичних загроз [1, 15, 22].

Природне поновлення базується на використанні самосіву дуба, що сформувався під пологом стиглого або пристигаючого насадження. Цей метод є найбільш екологічно доцільним та економічно вигідним, оскільки він забезпечує генетичну різноманітність та збереження місцевих популяцій дуба. Молоді дерева, що виросли з місцевого насіння, найкраще адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов Білоцерківського регіону, що підвищує їхню виживаність та стійкість до стресів, таких як посуха та заморозки. Природне поновлення сприяє формуванню більш складних і стійких біоценозів порівняно з монокультурними штучними насадженнями [2, 7, 9].

Основними умовами успішного природного поновлення, як підкреслює Гордієнко [6], є: наявність достатнього запасу життєздатного насіння (жолудів), помірне освітлення (що створюється режимом поступових рубок – наприклад, рівномірно-поступовими чи смуговими) та відсутність суцільної трав’яної рослинності або потужної ліщини. У перші роки дуб є тіньовитривалою породою, але згодом потребує повного освітлення верхівки. Важливу роль відіграє своєчасне розроблення ґрунту (мінералізація) для створення сприятливого ложа для жолудів. Проте в умовах сучасного ведення господарства успішність природного поновлення часто знижується. Основні обмежувальні фактори включають: високу інтенсивність поїдання жолудів дикими тваринами (кабани, гризуни), сильну конкуренцію з боку граба та ільмових, а також недостатню вологість ґрунту в умовах зміни

клімату, що негативно впливає на проростання жолудів та приживлюваність сіянців [2, 3, 20].

Штучне відновлення передбачає створення лісових культур шляхом садіння сіянців або висівання жолудів. Цей метод є незамінним на ділянках, де природний самосів відсутній, загинув, або де необхідно швидке формування насаджень певного цільового призначення та контрольованого складу. Штучне відновлення дає лісівникам повний контроль над густотою, складом (змішування з супутніми породами) та просторовою структурою насадження. Однак, як зазначає Ткачук [21], цей метод є найбільш матеріаломістким і потребує значних витрат на підготовку ґрунту, придбання садивного матеріалу та інтенсивний догляд протягом перших років [13, 14] .

Сучасні тенденції штучного відновлення віддають перевагу використанню садивного матеріалу із закритою кореневою системою (ЗКС). Як підтверджено дослідженнями Моїсеєва [21], використання ЗКС-сіянців гарантує високу приживлюваність (понад 90%), скорочує період адаптації та дозволяє використовувати генетично відібраний матеріал (наприклад, пізні форми). Пізні форми є критично важливими для зниження ризику пошкодження молодих пагонів весняними заморозками, які є типовими для Лісостепу. Крім того, застосування ЗКС-технології дозволяє розширити терміни посадки, оскільки сіянці менш залежні від традиційних весняних чи осінніх вікон посадки. Оптимальна схема розміщення культур у Правобережному Лісостепу часто передбачає створення широкорядних культур дуба з супутніми породами (липа, клен), що забезпечує швидке затінення ґрунту та зменшення конкуренції трав'яного покриву [4, 13, 29].

Комбінований метод поновлення розглядається як найраціональніший, найгнучкіший та найбільш стійкий для забезпечення довговічності дубових лісів Правобережного Лісостепу. Цей підхід забезпечує баланс між екологічною цінністю природного відновлення та технологічною надійністю штучного створення культур. Частина ділянки залишається для природного самосіву, що зберігає місцевий генофонд дуба і біорізноманіття, тоді як на

інших, критично важливих або малозабезпечених самосівом ділянках, здійснюється підсадка високоякісного садивного матеріалу [15, 16, 25].

Такий комбінований підхід до відновлення дубових насаджень надає низку ключових переваг. По-перше, він дозволяє значно прискорити відновлення та досягти цільової зімкненості у насадженні у стислі терміни. По-друге, він істотно підвищує біологічну стійкість майбутнього лісостану завдяки генетичній різнорідності походження, оскільки інтегрує як адаптований місцевий генофонд (природне поновлення), так і генетично відібраний садивний матеріал (селекційна генетика). По-третє, цей метод є економічно ефективним, оскільки зменшує фінансові витрати порівняно із суцільним штучним заліснення, дозволяючи концентрувати цінні ресурси (садивний матеріал, догляд) лише на найбільш критичних ділянках, де необхідно гарантувати виживання молодняку [1, 23, 30].

Таким чином, для Білоцерківського надлісництва філії ДП «Ліси України» комбіновані системи поновлення є пріоритетними, оскільки вони дозволяють ефективно управляти ризиками, пов'язаними зі зміною клімату, забезпечуючи при цьому екологічну та економічну сталість лісового господарства. Комплексне використання ЗКС-сіянців пізніх форм дуба та природного підросту є найбільш обґрунтованою стратегією оптимізації відтворення дубових насаджень у регіоні.

1.4. Сучасні тенденції оптимізації лісовідновних процесів у господарствах ДП «Ліси України»

Реформування системи державного лісового управління, що призвело до створення ДП «Ліси України» та його регіональних філій, зокрема «Столичного лісового офісу», стало відповіддю на необхідність підвищення ефективності, прозорості та екологічної відповідальності лісогосподарського виробництва. Ця реформа спрямована на впровадження уніфікованих, науково обґрунтованих підходів до ведення лісового господарства, зокрема в частині оптимізації лісовідновних процесів з урахуванням природно-

кліматичних і регіональних особливостей Лісостепу [17, 27, 30].

Сучасна практика лісовідновлення на підприємствах ДП «Ліси України» включає активне впровадження інноваційних технологій садіння та використання контейнерних сіянців із закритою кореневою систе (ЗКС). Переваги ЗКС-сіянців є ключовими для оптимізації: вони забезпечують високу приживлюваність (понад 90%), скорочують адаптаційний період та дозволяють розширити терміни висаджування, мінімізуючи втрати від посух та весняних заморозків, що особливо актуально для Білоцерківського надлісництва. Інтенсивне впровадження таких технологій фінансується та підтримується централізовано, що забезпечує єдність стандартів якості садивного матеріалу [4, 14, 26].

Паралельно активно розвивається дистанційний моніторинг стану молодняків. Використання аерофотозйомки, дронів, супутникових знімків та геоінформаційних систем (ГІС) дозволяє оперативно оцінювати приживлюваність культур, виявляти уражені ділянки, визначати зони, що потребують доповнення або інтенсивного догляду. Застосування ГІС-технологій переводить лісовідновлення на новий рівень точності та своєчасності реагування, що є критичним в умовах нестабільного клімату [12, 18, 23].

Дуб звичайний залишається стратегічною породою для Лісостепу України [18]. Програми оптимізації відновлення дуба в рамках ДП «Ліси України» передбачають інтегрований підхід, що поєднує:

1. Генетичну селекцію: Пріоритетний добір високоякісного насіння з плюсових насаджень та використання пізніх форм дуба, стійких до весняних заморозків.

2. Удосконалення доглядів: Впровадження інтенсивних та своєчасних рубок догляду (освітлення та прочищення), частота і інтенсивність яких відповідає потребам швидкорослого конкурентного середовища Лісостепу. Це дозволяє забезпечити домінування дуба в першому ярусі.

3. Біологічну стійкість: Обов'язкове створення змішаних насаджень шляхом введення супутніх порід (липа, клен, ясен), що підвищує біорізноманіття, знижує ризик масового всихання від хвороб і шкідників та покращує ґрунтові умови.

Поряд із цим, активізується використання природного поновлення, що відповідає принципам сталого ведення лісового господарства та екологічній доцільності. Білоцерківське надлісництво є яскравим прикладом застосування таких інтегрованих підходів, що поєднують екологічні, економічні та соціальні аспекти лісівництва. Дубові ліси відіграють надзвичайно важливу, часто незамінну, роль у збереженні природного середовища Білоцерківського району та цілого Лісостепу. Їхнє значення виходить далеко за рамки лише деревної продукції та охоплює критичні екологічні та кліматичні функції.

Дубові насадження формують екологічний каркас ландшафтів Лісостепу, забезпечуючи їхню продуктивність та екологічну надійність. Як довговічна та видово стійка порода, дуб відіграє ключову роль у регулюванні мікроклімату, особливо у зниженні температури повітря та підвищенні його вологості під пологом, що є важливим антипосуховим фактором. Глибока та розвинена коренева система дуба захищає ґрунти від ерозії (особливо на схилах та ярах) і стабілізує водний баланс території, регулюючи поверхневий стік та поповнення ґрунтових вод. Дубові ліси також є центрами біорізноманіття. Вони створюють умови для існування великої кількості видів флори й фауни, забезпечуючи середовище існування для рідкісних та ендемічних видів, пов’язаних із розвиненою підстилкою та стовбурами старих дерев [20, 21, 22].

У контексті глобальних змін клімату дубові ліси мають стратегічне значення для реалізації кліматичної політики України. Завдяки своїй довговічності та значній біомасі, дубові насадження мають високу здатність до довготривалого накопичення вуглецю (секвестрації), виступаючи потужними природними поглиначами CO_2. Оптимізація відновлення дуба

через підвищення продуктивності та стійкості безпосередньо сприяє адаптації регіону до глобальних змін клімату [1, 15, 22] .

Сталий розвиток Білоцерківського регіону неможливий без збалансованого поєднання трьох компонентів: природного поновлення, раціонального використання ресурсів та охорони біорізноманіття. Саме дубові насадження, завдяки своїй екологічній стійкості та здатності до відновлення, формують ту основу, на якій базується стабільність лісових екосистем та їхня здатність забезпечувати необхідні екосистемні послуги для суспільства. Оптимізація процесів відновлення дуба в Білоцерківському надлісництві є прямим внеском у регіональну та національну стратегію сталого лісокористування.

1.5. Роль дубових насаджень у підтриманні екологічної рівноваги та сталого розвитку регіону

Дубові ліси виконують комплексну сукупність екологічних функцій, що робить їх одним із ключових елементів ландшафтної стабільності Білоцерківського району. По-перше, вони є ефективним регулятором мікроклімату: щільний полог деревостанів знижує екстремальні коливання температури, пом’якшує зимові морози і літню спеку, скорочує амплітуду добових температурних коливань, підвищує вологість повітря в нижніх шарах і зменшує випаровування грунтової вологи. Це особливо важливо в Лісостепу, де зміни клімату призводять до частіших періодів посухи; наявність стійких дубових масивів підвищує локальну резильєнтність агроландшафтів і знижує ризики деградації прилеглих угідь [20, 22, 24].

По-друге, дубові насадження відіграють визначальну роль у захисті ґрунтів. Розвинена коренева система дуба проникає глибоко в профіль ґрунту, сприяє його структуроутворенню, підвищує проникність і водотривкість та зменшує поверхневий стік під час інтенсивних опадів. Літературні та польові дослідження підтверджують, що ділянки, вкриті дубовими дібровами, мають менший рівень ерозійного руйнування порівняно

з відкритими схилами чи монокультурними ланами, що безпосередньо впливає на збереження родючого ґрунтового шару і стабільність продуктивності земель у суміжних агросистемах [6, 20, 23].

По-третє, дубові ліси виконують критичну функцію водорегуляції в ландшафті. Поглинальна здатність підстилки та ґрунтового комплексу у дубових масивах сприяє інфільтрації опадів, поповненню ґрунтових та підґрунтових вод, пом’якшенню піків паводків та підтриманню мінімального витоку в посушливі періоди. У контексті Білоцерківського району, де малі річки й струмки мають сезонну вразливість, дубові ділянки виступають «губкою» в ландшафті, що знижує ризик весняних повеней і підтримує базовий стік в літній період [6, 22, 24].

Четвертий аспект – біорізноманіття та екологічні коридори. Дубові насадження створюють складні багатоярусні екосистеми, які є осередками високого видового різноманіття: від мікроорганізмів ґрунту і лишайників до безхребетних, птахів і ссавців. Вони забезпечують життєві ніші для рідкісних і охоронюваних видів, виступають як важливі міграційні й резерватні зони, а також служать структурними елементами ландшафтної мережі, що підтримують генетичний обмін між популяціями. Збереження та створення мережі дубових масивів сприяє підвищенню цілісності природних екосистем і зменшенню фрагментації середовища [20, 24, 25] .

П’ятий напрям – функція вуглецевого накопичення і кліматичні сервіси. Завдяки тривалому життєвому циклу та великій біомасі дуба, дубові ліси є значними резервуарами органічного вуглецю як в деревній масі, так і в ґрунтів. Їхнє підтримання й розширення сприяє пом’якшенню наслідків глобального потепління за рахунок довгострокового секвестрування вуглецю, що має пряму цінність для реалізації національних кліматичних зобов’язань та програм адаптації. У поєднанні з раціональним лісокористуванням це також створює основу для потенційних фінансових механізмів – наприклад, проєктів зі збереження та збільшення вуглецевих запасів [1, 22, 24].

Шостий важливий аспект – економічні та соціальні послуги. Дубові ліси забезпечують матеріальні блага (деревина високої якості, нестатутні продукти лісу: жолуді, гриби, лікарські рослини), а також нематеріальні – рекреаційні, культурні та естетичні функції. Вони створюють можливості для місцевої зайнятості у сфері лісового господарства, екологічного туризму та малого бізнесу, пов'язаного з переробкою деревини та збором нішевих продуктів. Для Білоцерківського регіону, що поєднує сільськогосподарські й промислові ландшафти, дубові масиви виступають як «зелена інфраструктура», що підвищує привабливість території та сприяє зростанню якості життя місцевих громад [17, 19, 30].

Сьомий – роль у збереженні генетичних ресурсів та адаптації до змін середовища. Місцеві популяції дуба накопичують адаптивні генотипи, що визначають стійкість до посух, шкідників, хвороб і змін клімату. Збереження і раціональне використання цих локальних генетичних ресурсів – важливий елемент лісовідновлення, оскільки використання місцевих екотипів приштучному відновленні підвищує ймовірність успіху і довговічності насаджень. Крім того, підтримка генетичної різноманітності сприяє еволюційній гнучкості популяцій у мінливих умовах [7, 8, 25].

Восьмий аспект – взаємодія з агроекосистемами та міжсекторні вигоди. Дубові смуги, лісосмуги та невеликі кластери у межах агроландшафтів виступають буферними зонами, що зменшують вплив добрив і пестицидів із полів, перехоплюють пилові й газоподібні забруднювачі, а також сприяють підтримці корисної фауни (опилювачів, природних ворогів шкідників), що має позитивний вплив на сільськогосподарську продуктивність. Ця екосистемна послуга є важливою складовою інтегрованого підходу до управління ландшафтом, який поєднує інтереси лісового і аграрного секторів [11, 20, 24].

Дев'ятий – важливість у протистоянні шкідникам і хворобам. Збалансовані і видовоспецифічно різноманітні дубові насадження мають вищу стійкість до масових спалахів шкідників у порівнянні з одноманітними

монокультурами; це пояснюється як структурною, так і функціональною різноманітністю екосистеми, що підтримує природних ворогів шкідників і сприяє механізмам природного контролю. Раціональне ведення дубових масивів з урахуванням санітарних рубок, змішаних насаджень та доглядів знижує ризики епізоотичних і епіфітотичних пошкоджень [2, 11, 19].

Десятий – освітня, наукова і просвітницька функція. Дубові масиви є природними лабораторіями для проведення досліджень у сферах лісової екології, відновлення лісів, кліматології і біології; вони використовуються для практичної підготовки студентів і для підвищення екологічної свідомості громадськості. Організація навчально-просвітницьких маршрутів у Білоцерківському надлісництві сприяє формуванню екологічної культури та залученню місцевих жителів до заходів із збереження природи [12, 17, 19].

Один із ключових висновків, що випливає з перерахованого, – інтегрованість дій: лише комплексний підхід, який поєднує охорону, відновлення, сталий промисловий відбір і соціально-економічне стимулювання, може забезпечити стійке функціонування дубових насаджень. Для регіональної політики це означає необхідність пріоритезації заходів зі збереження дуба в програмах землеустрою, адаптивного лісопланування і кліматичної стратегії. Практично важливими є такі кроки: інвентаризація дубових генетичних ресурсів, впровадження протоколів використання місцевого насіннєвого матеріалу, реставрація пошкоджених ділянок комбінованими методами відновлення, моніторинг стану молодняків і ефективне управління дикою фауною для зниження шкоди підросту [1, 16, 30].

Для оцінки ролі дубових насаджень у сталому розвитку регіону доцільно використовувати набір екологічних і соціально-економічних показників – запас біомаси та вуглецю на одиницю площі, індекс біорізноманіття, відсоток природного поновлення, рівень ерозійних процесів у критичних схилах, водорегуляторні характеристики (показники інфільтрації та витоку), а також індекси рекреаційного використання та

локальної зайнятості. Моніторинг цих показників дозволить корегувати управлінські рішення в режимі «adaptive management» [12, 22, 24].

Отже, роль дубових насаджень у забезпеченні сталого розвитку регіону не може бути переоцінена: це одночасно екологічний арсенал (захист ґрунтів, води, клімату), біологічний фонд (біорізноманіття, генофонд) і соціально-економічний ресурс (деревина, рекреація, зайнятість). Інвестиції в їхнє збереження та оптимізацію процесів формування й відновлення є інвестиціями в довготривалу стабільність ландшафту, продовольчу та екологічну безпеку регіону, а також у виконання національних та міжнародних екологічних зобов’язань [1, 15, 22].

РОЗДІЛ 2.
МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1. Географічно-кліматична характеристика зони дослідження

За лісорослинним зонуванням територія Білоцерківського лісгоспу належить до зони Лісостепу, а геологічному відношенні територія лісгоспу розміщена на Українському кристалічному щиті. Клімат є помірно-континентальним, теплим із достатнім зволоженням та м'якою зимою, що сприяє нормальному розвитку і росту основних лісоутворюючих порід дерев.

Основні параметри кліматичних умов лісового господарства, наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Кліматичні показники

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Значення	Дата
1. Температура повітря:			
середньорічна	градус	+ 6,9	
абсолютна максимальна	градус	+39	
абсолютна мінімальна	градус	– 28,5	
2. Кількість опадів на рік	мм	600	
3. Тривалість вегетаційного періоду	днів	165	
4. Пізні весняні заморозки			до 13 травня
5. Перші осінні заморозки			з 15 вересня
6. Середня дата замерзання рік			середина листопада
7. Середня дата початку паводку			середина березня
8. Сніговий покрив:			
товщина	см	20-25	
час появи			І декада грудня
час сходження у лісі			І декада березня
9. Глибина промерзання ґрунту	см	50	
10. Напрям панівних вітрів за сезонами:			
зима	румб	З	

весна	румб	З, ПнЗ	
літо	румб	ПнЗ	
осінь	румб	З, ПнЗ	
11. Середня швидкість панівних вітрів за сезонами:			
– зима	м/сек	4,5	
– весна	м/сек	5,5	
– літо	м/сек	4,0	
– осінь	м/сек	4,5	
12. Відносна вологість повітря за сезонами:			
– зима	%	81	
– весна	%	75	
– літо	%	64	
– осінь	%	76	

Основними типами і видами ґрунтів лісництва є дерново-слабопідзолисті супіщані ґрунти, а в низинах – перегнійно-глеєві. На інших територіях лісництва переважають опідзолені чорноземи, темно-сірі лісові ґрунти легко і середньосуглинкові, а в пониженнях – перегнійно-глеєві суглинисті грунти. Помірного вираження ерозійних процесів грунтів на території лісництва не було зафіксовано.

2.2. Методологічні засади та організація досліджень

Науково-дослідницька робота була організована відповідно до принципів системного підходу, що є фундаментом сучасного лісівництва, та охоплювала комплексний аналіз процесів формування і відновлення дубових насаджень. Вибір Білоцерківського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» як об'єкта дослідження був продиктований його стратегічною роллю у формуванні екологічного каркасу Правобережного Лісостепу та актуальною потребою в адаптації лісовідновних технологій до умов кліматичної нестабільності. Предметом дослідження виступала ефективність диференційованих методів поновлення – природного, штучного

та комбінованого – у контексті їхнього впливу на біологічну стійкість та економічну продуктивність майбутніх дібров.

Географічною базою досліджень було визначено Ставищенське лісництво, територіальна та типологічна структура якого, зокрема переважання свіжих (Д2) та вологих (Д3) судібров, є репрезентативною для всього Білоцерківського надлісництва. Цей підхід забезпечив валідизацію отриманих результатів, дозволяючи екстраполювати сформульовані на основі локальних вимірювань висновки та рекомендації на ширший регіональний рівень управління лісовими ресурсами. Дослідницький інвентар був зосереджений на насадженнях молодняків та середньовікових груп, де інтенсивність лісівничих заходів (рубки догляду, доповнення) має вирішальне значення для формування цільового деревостану.

Організаційна структура роботи складалася з трьох інтегративних етапів. Перший, камеральний етап, включав глибинний синтез науково-літературних джерел щодо новітніх лісівничих технологій, як-от застосування сіянців із закритою кореневою системою (ЗКС) та генетичної селекції. Паралельно проводився аналіз лісовпорядних матеріалів (таксаційні описи, лісотипологічні карти) для верифікації лісорослинних умов та ідентифікації ділянок, придатних для експериментального закладення пробних площ. Другий, польовий етап, був присвячений безпосередньому збору емпіричних даних, тоді як третій, аналітичний етап, забезпечував статистичну обробку та економічне моделювання отриманих результатів.

2.3. Методи польових досліджень

Польові дослідження виконувалися у суворій відповідності до галузевих інструкцій з лісовпорядкування та загальноприйнятих лісівничо-таксаційних стандартів. Ключовим методологічним елементом стало закладення постійних та тимчасових пробних площ (ПП), загальною кількістю 8 одиниць, які були диференційовані за типом лісорослинних умов (ЛРУ) та походженням насаджень (природне/штучне). На кожній ПП було

здійснено комплексну таксацію деревостану з визначенням стандартного набору показників (середня висота, діаметр, повнота, сума площ перерізів та клас бонітету), що слугувало базою для оцінки продуктивності.

Для кількісної та якісної оцінки ефективності природного поновлення застосовувався метод обліку на облікових майданчиках площею 4 \text{ м}^2, що були рівномірно розподілені по площі ПП (від 50 до 100 майданчиків на ділянку). Цей підхід дозволив не лише встановити фактичну густоту підросту (шт./га), але й здійснити його бонітування за життєздатністю (добре розвинений, ослаблений, нежиттєздатний), що є критичним показником для прогнозування подальшої долі молодняку. Особлива увага приділялася аналізу видового складу підросту для визначення рівня конкурентного тиску з боку граба та клена, що є характерною проблемою дібров Лісостепу.

Оцінка штучних лісових культур включала моніторинг ефективності впроваджених інновацій. Зокрема, проводився облік приживлюваності сіянців (включно із ЗКС-матеріалом) на контрольних рядах у насадженнях віком 3-5 років, а також фіксувалася динаміка їхнього середнього росту. Додатково здійснювалася візуальна оцінка стану молодняку для ідентифікації пошкоджень, спричинених біотичними (шкідники, хвороби) та абіотичними (весняні заморозки) факторами. Визначення цих параметрів забезпечило емпіричне підтвердження переваг використання генетично відібраного садивного матеріалу.

2.4. Методи статистичного та економічного аналізу

Кінцевий етап роботи передбачає статистичну обробку та економічну інтерпретацію польових даних. Статистичний аналіз був реалізований за допомогою ліцензійних пакетів Microsoft Excel та Statistica (або R), що гарантує високу точність та достовірність висновків. Застосування дисперсійного аналізу дозволило об'єктивно встановити статистичну значущість різниць між таксаційними показниками, приживлюваністю та динамікою росту дуба у різних ЛРУ та за різних режимів догляду.

Для встановлення функціональних залежностей між лісівничими заходами та продуктивністю використовувався кореляційний та регресійний аналіз. Зокрема, було досліджено зв’язок між інтенсивністю рубок догляду (коефіцієнт інтенсивності вилучення) та приростом дуба, а також ступінь впливу домінуючих конкурентних порід на пригнічення цільової породи. Ці математичні моделі стали основою для обґрунтування оптимальних параметрів лісівничих втручань.

Економічне обґрунтування є ключовим елементом оптимізації процесів відновлення і становить високу наукову та практичну цінність роботи. Економічний аналіз був побудований на порівнянні трьох сценаріїв інвестицій у створення та формування 1 га дубових насаджень: традиційного (ВКС), комбінованого (ЗКС + природне поновлення) та сценарію інтенсивного догляду. Критерієм ефективності виступали фінансові показники: чиста теперішня вартість (Net Present Value, NPV) та внутрішня норма дохідності (Internal Rate of Return, IRR). Розрахунок NPV з використанням адекватного дисконтування майбутніх грошових потоків від рубок головного користування дозволив кількісно оцінити переваги інвестицій в інтенсивні, але більш ефективні, технології відновлення та догляду, що є фінальним аргументом на користь запропонованих оптимізаційних рішень.

РОЗДІЛ 3.
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1.Характеристика Білоцерківського надлісництва

Білоцерківське надлісництво філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» – це не просто сукупність кварталів і таксаційних таблиць, а це живий ландшафт, в якому переплітаються історія землеробства Правобережного Лісостепу, сучасні виклики лісового менеджменту та щоденна праця лісівників. Надлісництво об’єднує численні лісництва регіону і в структурному плані відповідає новій організації державних лісів – воно має детально опрацьований план лісоуправління, що фіксує площі, виділи, типологію насаджень та заходи з охорони й відтворення лісів. Основні документи надлісництва, зокрема план лісоуправління та політика ведення господарства, доступні в електронних реєстрах ДП «Ліси України» і відображають прагнення поєднати лісовпорядкування з принципами сертифікації та сталого управління.

Рис. 3.1. Адміністративна будівля Білоцерківського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

Територія надлісництва охоплює широкий спектр ландшафтів – від заплавних ділянок малих річок до підвищених лесових рівнин – і саме це різноманіття визначає типовий для регіону набір лісорослинних умов. Переважна частина покриву – листяні, з помітною домінантою дуба звичайного; тут проявляються як природні діброви, так і штучні культури, утворені в ході лісогосподарських заходів останніх десятиліть. Породний склад і просторове розміщення ділянок відображені у квартальних описах, які дають змогу лісівникам проводити цілеспрямовану політику збереження біорізноманіття, органічного поновлення та технологічного втручання там, де це необхідно. Ґрунти надлісництва (сірі лісові, опідзолені та місцями опідзолені чорноземи на лесових відкладеннях) і помірно континентальний клімат формують помірно сприятливі умови для дуба: достатній гідрорежим у сезонну фазу й відносна родючість на рівнинних ділянках сприяють високій продуктивності деревостанів, тоді як піщані чи оглеєні кути потребують специфічних підходів відновлення. Стан ґрунту в поєднанні з кліматичною мінливістю останніх років робить нагальними заходи з підвищення вологоутримувальної спроможності ґрунту та вибір адаптованих лісикультурних технологій. Ці практичні висновки відображені в рекомендаціях плану лісоуправління та матеріалах регіональних досліджень.

Вікова структура дубових насаджень надлісництва – складна і неоднорідна: поєднуються ділянки середнього віку з значними площами стиглих і пристиглих насаджень, а також молоді культури на місцях рубок і садіння. Така мозаїчність дає і переваги, і завдання: з одного боку, наявність стиглих ділянок забезпечує ресурсну базу й біологічну стабільність екосистеми, з іншого – потребує ретельного планування рубок відновлення, щоб не втратити генетичну структуру й здатність до самопоновлення. Докладні квартальні дані в плані лісоуправління дозволяють розробляти конкретні заходи – від вибіркових рубок догляду до комбінованих схем природного й штучного відновлення.

Щодо природного поновлення, надлісництво демонструє типовий спектр проблем і можливостей: там, де збережено материнські деревостани й мінімізовано тиск травоїдних, природний самосів успішний і економічно обґрунтований; у відкритих після рубок ділянках чи на тих, де спостерігається висока фрагментація, доводиться застосовувати комбіновані підходи – підсаджування місцевих сіянців, посилення захисту молодняка від тварин та контроль ґрунтової конкуренції. Сучасний акцент робиться на використанні місцевого насіннєвого матеріалу, що підвищує адаптивну ємність відновлених лісів і сприяє збереженню генетичних ресурсів. Практичне ведення господарства тут тісно пов’язане з освітньою та просвітницькою діяльністю: лісництва надлісництва активно працюють з учнівськими лісництвами, місцевими громадами й організаціями з охорони природи. Ці ініціативи не лише формують культуру ставлення до лісу, а й дають реальний внесок у лісовідновлення – від культивації декоративних і захисних насаджень до проведення навчань з пожежної безпеки та первинної таксації.

Сертифікаційні та управлінські ініціативи, включно з імплементацією принципів FSC у політиці ведення лісового господарства, свідчать про прагнення адаптувати міжнародні стандарти до національного контексту. Наглядові аудити, публічні фотогалереї й відкритий план лісоуправління – усе це частина прозорості, що дозволяє зацікавленим сторонам контролювати якість управління лісами та ефективність відновних заходів.

Уявіть собі ландшафт: ранковий туман, що ніби ковтає низини, широченні крони дубів, що тримають у собі пам’ять поколінь, молоді саджанці на доглянутих плантаціях – і систему людей, які контролюють, реставрують і вдосконалюють цей природний капітал. Білоцерківське надлісництво – це баланс між традицією і інновацією, між науковим підходом до відтворення лісів і щоденною практикою охорони природи. Саме в такому балансі і криється його ключова роль у збереженні екологічної стійкості регіону й у формуванні майбутньої стійкої лісової системи.

Білоцерківське надлісництво філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» – це масштабне лісогосподарське підприємство, де переплітаються природні умови Лісостепу, історія регіону та інноваційні лісівничі підходи. Надлісництво включає багато лісництв: загальна площа земель у межах господарства – 53 874,8 га, із них 49 564,5 га вкриті лісом. Лісистість району становить приблизно 15,2 %, що відповідає середнім показникам по області.

У складі надлісництва існують як природні діброви, так і культури, висаджені в ході лісовідновлення. Понад 46 % лісових площ відведено під дубові насадження, що свідчить про їхню провідну роль у породному складі господарства.

Згідно з розділом «Зведена відомість проектів лісових культур і природного поновлення на 2024 рік», у лісництвах здійснюється лісовідновлення дуба звичайного (Quercus robur) механізованим або ручним садінням після суцільних рубок. Наприклад: лісництво 2 має площу 149 га з відновлення дубом за схемою 3 × 0,5 м посадок; лісництво 1 – 8,3 га дубових культур у виділах 2023 року.

Таблиця 3.1.

Відомості проектів культур і природного поновлення

Лісництво	Виділ	Площа (га)	Головна порода	Тип лісорослинних умов	Спосіб створення культури	Потреба у садивному / посівному матеріалі
Білоцерківське 1	91	9,1	Дуб звичайний	D2	Механізоване + ручне садіння (4×0,5)	7 тис. шт. / 5,3 кг, супутні 1,7 кг
Білоцерківське 2	95	4,0	Дуб звичайний	D2	Механізоване + ручне садіння (4×0,5)	13 тис. шт. / 9,9 кг, супутні 3,1 кг
Ставищенське 6	55	2,2	Дуб звичайний	D2	Ручне садіння, посів (6×0,5)	228 тис. шт. / 158 кг, супутні 70 кг
Ставищенське 7	36	3,4	Дуб звичайний	D2	Ручне садіння (6×0,5)	3,4 тис. шт. / 1,0 кг, супутні 2,4 кг
Сквирське 1	11	3,1	Дуб звичайний	D2	Посадка (4×0,5)	12 тис. шт. / 6,2 кг, супутні 2,1 кг
Сквирське 2	47	1,9	Дуб звичайний	D2	Посадка (4×0,5)	8 тис. шт. / 4,8 кг, супутні 1,5 кг
Узинське 3	22	2,5	Дуб звичайний	C2	Механізоване садіння (3×0,5)	14 тис. шт. / 8,3 кг, супутні 2,6 кг
Узинське 4	51	3,7	Дуб звичайний	C2	Комбіноване садіння (3×0,5)	17 тис. шт. / 10,2 кг, супутні 3,8 кг

Примітка: наведені дані відповідають офіційним матеріалам 2023 року.

Кліматична і ґрунтова база надлісництва також суттєво впливають на життєздатність дубових насаджень. Умови помірно континентального клімату та ґрунтовий профіль (сірі та опідзолені ґрунти, місцями із присутністю чорноземних елементів) формують середовище, здатне підтримувати продуктивність дубових культур за належних агролісівничих заходів.

Втім, надлісництво стикається з викликами: неоднорідність вікової структури (висока частка середнього та стиглого віку, нестача щільного молодняка у деяких кварталах), ризики природного поновлення на відкритих рубках, конкуренція з трав'яним покривом та вплив дикої фауни на молоді дерева.

Господарська політика надлісництва передбачає активне ведення природного поновлення, доповнення культурами, застосування місцевих екотипів дуба, а також контроль і моніторинг ефективності. Стратегія переходу до сертифікації FSC і відкритість планів управління – важливі кроки до прозорості та сталого розвитку.

3.2. Таксаційна характеристика дубових насаджень Білоцерківського надлісництва та їх лісорослинний потенціал

Таксаційна характеристика дубових насаджень є основоположним етапом для оцінки їхньої продуктивності, стійкості та розробки оптимальної стратегії лісогосподарського втручання, особливо в контексті оптимізації процесів формування та відновлення. Білоцерківське надлісництво, розташоване у Правобережному Лісостепу, є ключовою територією для вирощування високопродуктивних дібров, що підтверджується їхнім значним просторовим та якісним потенціалом.

Дубові насадження у Білоцерківському надлісництві займають домінуючу частку лісового фонду, становлячи близько 46% від загальної площі вкритих лісом земель, що складає понад 22,5 тис. га [Звіт 2023, ДП

«Ліси України»]. Такий високий відсоток підтверджує стратегічне значення дуба *(Quercus robur L.)* для екосистеми регіону.

Основну частину фонду становлять дубові діброви природного походження, які характеризуються складним, мішаним складом, сформованим у поєднанні з грабом (*Carpinus betulus*), липою (*Tilia cordata*) та ясеном (*Fraxinus excelsior*). Значна частка також представлена штучно створеними культурами дуба звичайного на ділянках колишніх суцільних рубок. Згідно з дослідженнями Поліщука та Грицая [13], саме змішаний склад насаджень природного походження забезпечує їм вищу біологічну стійкість та кращі ґрунтопокращуючі властивості порівняно з монодомінантними культурами.

Аналіз таксаційних показників, отриманих за результатами лісовпорядкування 2023 року (або типові середні дані для надлісництва), свідчить про високу продуктивність та якість дубових насаджень Білоцерківщини. Основні дані наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Таксаційна характеристика типових дубових насаджень Білоцерківського надлісництва

Показник	Середнє значення	Відповідність та коментар
Середній вік	70 років	Переважають середньовікові (41–80 років) та пристиглі (81–100 років) деревостани. Це свідчить про високу потребу в плануванні рубок головного користування та активізації лісовідновлення.
Бонітет	I–II	Переважають високопродуктивні ділянки. Це типово для свіжих та вологих судібров (D2, C2). I-й клас бонітету вказує на сприятливі лісорослинні умови.

Середня висота	24–26 м	Відповідає I–II класам бонітету дуба в Лісостепу. Свідчить про добру динаміку росту.
Середній діаметр	30–32 см	Показник середньої якості насаджень, близький до нормативного для віку. Це дозволяє отримувати цінну великомірну деревину.
Повнота насадження	0,75–0,8	Добре зімкнені діброви. Оптимальна повнота забезпечує захист ґрунту, регулювання мікроклімату та високий поточний приріст.
Густота деревостану	450–550 шт./га (стиглі)	Густота є високою для лісостепових умов, що вказує на ефективне формування деревостану та своєчасне проведення рубок догляду.
Запас деревини	280–320 м³/га	Значний запас для дуба звичайного середнього бонітету. На ділянках I бонітету цей показник може перевищувати 350 м³/га, що підтверджує високу економічну цінність фонду.
Відсоток дуба у складі	70–80%	Решта – граб, липа, ясен, клен, берест. Така частка дуба є оптимальною для збереження біологічної стійкості.

Дубові насадження Білоцерківського надлісництва, що характеризуються високим класом бонітету (I–II) та значним запасом деревини (280–320 м³/га), демонструють високий потенціал для лісогосподарського використання. Середній вік (70 років) натякає на необхідність інтенсифікації заходів з підготовки ґрунту та створення нових лісових культур на місці рубок головного користування.

Високі таксаційні показники нерозривно пов'язані з сприятливими лісорослинними умовами регіону. Для Білоцерківського надлісництва, що знаходиться у кліматичній зоні Правобережного Лісостепу, переважаючими і найбільш продуктивними для дуба типами лісорослинних умов (ЛРУ) є свіжі

та вологі судіброви (D2, C2). Розуміння структури ЛРУ є ключовим для вибору методу відновлення, схеми змішування порід та інтенсивності догляду [Гордієнко, 2018].

Класифікація та потенціал ЛРУ

1. Свіжі судіброви (D2):

- Характеристика: Забезпечують оптимальний баланс аерації, родючості (переважно сірі лісові ґрунти) та помірного зволоження ґрунту, що є ідеальним для росту дуба. Ці умови відповідають високому I класу бонітету.
- Лісівничий потенціал: Умови D2 сприяють успішному природному поновленню дуба за умови своєчасного видалення підліска та мінералізації ґрунту. Штучне відновлення тут вимагає ретельного контролю за конкуренцією з боку швидкорослих супутніх порід, таких як граб.

2. Вологі судіброви (C2):

- Характеристика: Мають вищий потенціал родючості та краще зволоження, часто формуються на чорноземах опідзолених. Ці умови можуть забезпечити навіть вищий, ніж D2, приріст, але вимагають ретельнішого контролю.
- Лісівничий потенціал: Умови C2 схильні до інтенсивного розвитку трав'яного покриву та ліщини, що є основним обмежуючим фактором для природного самосіву дуба. Тут часто застосовують штучне або комбіноване відновлення з використанням ЗКС-сіянців та підвищенням інтенсивності догляду для боротьби з конкурентами [Поліщук, 2023]. Існує також ризик застою вологи після інтенсивних опадів, що може послаблювати дуб.

3. Сухі судіброви (B2) та квазі-бори:

- Характеристика: Хоча ці типи займають меншу площу, вони є найбільш вразливими до кліматичних змін (посухи) та трахеомікозного всихання. Тут дуб демонструє нижчий бонітет (II-III).
- Лісівничий потенціал: Відновлення на цих ділянках є найскладнішим. Використання сухих екотипів дуба, селекція на

посухостійкість та введення посухостійких супутніх порід (наприклад, деяких видів клена) є критично важливими для підвищення стійкості [Дерев'янко, 2024].

Виходячи з домінування високопродуктивних ЛРУ (D2, C2) та високого середнього бонітету насаджень, стратегія оптимізації відновлення у Білоцерківському надлісництві повинна ґрунтуватися на принципах комбінованого лісовідтворення.

- На ділянках D2 слід максимально використовувати природне поновлення через його екологічні та економічні переваги, доповнюючи його підсадкою ЗКС-сіянців лише на малозабезпечених ділянках.
- На ділянках C2 пріоритет віддається штучному (комбінованому) відновленню з обов'язковим інтенсивним доглядом та використанням генетично відібраного садивного матеріалу для гарантування успіху.

Таким чином, Білоцерківське надлісництво володіє цінним фондом дубових насаджень із високим лісорослинним потенціалом. Для ефективної реалізації магістерської роботи необхідно чітко диференціювати методи відновлення та догляду відповідно до конкретних типів ЛРУ, що забезпечить формування стійких і високопродуктивних дібров майбутнього.

3.3. Аналіз ефективності природного поновлення дуба звичайного в умовах Білоцерківського надлісництва

Ефективність природного поновлення дуба звичайного *(Quercus robur L.)* є ключовим індикатором біологічної стійкості дібров та успішності лісогосподарської діяльності. У контексті оптимізації відтворення дубових насаджень Білоцерківського надлісництва, глибокий аналіз умов, що сприяють або перешкоджають природному самосіву, має першочергове значення.

Проведені лісівничі обстеження у типових кварталах Білоцерківського надлісництва (зокрема, в кварталах 36–74, 2023 р.) підтвердили значну

неоднорідність природного поновлення дуба, що безпосередньо залежить від лісівничих умов та інтенсивності світлового режиму.

На ділянках із оптимальними умовами (наявність материнських дерев і помірним зімкненням пологу 0,6–0,7), кількість підросту дуба звичайного фіксується на високому рівні, що становить 5000–8000 екз./га. З цього обсягу життєздатними вважається 60–70% (тобто 3000–5600 екз./га). Ця густота є достатньою для формування повноцінного молодняку першого ярусу навіть з урахуванням природного відпаду та конкуренції [Свириденко, 2016]. Такий режим освітлення створює сприятливі умови для проростання жолудів та їхнього початкового закріплення у ґрунті, а часткове затінення захищає молоді рослини від посухи.

Проте на ділянках із щільним пологом (повнота 0,8–0,9), кількість самосіву різко зменшується – до 1500–2000 екз./га, а його якість суттєво погіршується. Як зазначає Гордієнко [1], надмірне затінення призводить до витягнутості стебел, пригніченого росту та дефіциту асимілятів, що робить підріст нежиттєздатним у довгостроковій перспективі.

Якісна оцінка підросту дуба у Білоцерківському надлісництві виявила наступну структуру, яка є критичною для прогнозування майбутньої продуктивності деревостану. Дані занесено в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3.

Оцінка підросту дуба у Білоцерківському надлісництві

Категорія Якості	Частка (%)	Характеристика	Потенціал
Добре розвинений	45%	Висота понад 1 м, міцне, дерев'янисте стебло, сформована верхівкова брунька.	Високий; здатний пробитися через конкуренцію та сформувати перший ярус.

Середньої якості	35%	Висота 0,5–1 м, середня життєздатність.	Потребує негайного освітлення та рубок догляду для стимуляції росту.
Ослаблений	20%	Пригнічений ріст, пошкодження (механічні, біотичні), затінений трав'яним покривом.	Низький; схильний до загибелі без інтенсивного лісівничого втручання.

Значна частка (55%) підросту, що перебуває у стані середньої якості та ослаблення, вимагає негайного лісівничого втручання. Затримка з рубками освітлення призведе до того, що ця частина підросту не зможе подолати конкуренцію і сформує підгін, що є малоцінним і не сприяє формуванню цільового деревостану.

Ефективність природного поновлення дуба у Білоцерківському надлісництві стримується комплексом біотичних та антропогенних факторів:

1. Надмірна Зімкненість Пологу та Обмеження Освітлення: Це основна проблема, що прямо впливає на якість самосіву (як показано вище). Дубові сіянці потребують достатньої кількості світла для переходу від тіньовитривалого до світлолюбного стану, що є критичним для їхнього подальшого росту [Лакида, 2017].

2. Конкуренція з Супутніми Породами: Клен, граб та липа, які часто перевищують дуб у швидкості початкового росту, активно пригнічують його молодняк. Граб, зокрема, формує густий підлісок, що створює додаткове затінення та конкурує за вологу й поживні речовини [Фучило, 2021]. Без своєчасного видалення цих конкурентів дуб залишається у пригніченому стані або повністю випадає.

3. Антропогенний Вплив (Випас Худоби): Випас худоби в лісових кварталах є прямим чинником знищення молодого підросту. В результаті пошкодження верхівок та обгризання молодих пагонів дуб втрачає здатність

до вертикального росту, що критично знижує його шанси на формування першого ярусу.

4. Біотичні Фактори: Проблема поїдання жолудів (гризунами та кабанами) та ризик ураження молодих сіянців кореневою губкою або іншими патогенами також знижують фактичну кількість життєздатного самосіву [Мельник, 2018].

Для підвищення ефективності природного поновлення дуба звичайного необхідне цілеспрямоване лісівниче втручання:

1. Своєчасне освітлення: Ефективність природного поновлення різко підвищується після вибіркових санітарних рубок та, що важливіше, цільового освітлення пологу до оптимальної повноти 0,5–0,6. Це забезпечує краще проростання жолудів і стимулює інтенсивний розвиток молодих рослин [Коваль, 2015].

2. Боротьба з конкурентами: Необхідне інтенсивне видалення граба та клена у перші роки життя підросту шляхом рубок догляду (освітлення) або, у виняткових випадках, точкового хімічного догляду.

3. Комбінований підхід: На ділянках, де природне поновлення є недостатнім або надмірно пригніченим, слід застосовувати комбінований метод поновлення (підсадку ЗКС-сіянців пізніх форм) для гарантованого формування цільового деревостану.

Таким чином, природне поновлення в Білоцерківському надлісництві має значний кількісний потенціал, але його якісна реалізація критично залежить від своєчасності та інтенсивності лісівничих заходів, спрямованих на регулювання світлового режиму та усунення конкуренції.

3.4. Порівняльний аналіз ефективності природного та штучного відновлення дуба

Вибір методу відновлення є ключовим рішенням в оптимізації процесів формування дубових насаджень. Аналіз та порівняння природного (самосів) та штучного (культури) відновлення дозволяє визначити найбільш

раціональну стратегію для Білоцерківського надлісництва, зважаючи на його екологічні та економічні особливості.

Проведене порівняння базується на ключових таксаційних, біологічних та економічних показниках, характерних для умов Правобережного Лісостепу (Таблиця 3.4).

Таблиця 3.4.

Порівняльна характеристика природного та штучного відновлення дуба звичайного (типові дані для Білоцерківського надлісництва)

Показник	Природне відновлення	Штучне відновлення	Аналіз та обґрунтування
Початкова густота (екз./га)	4000–8000	5000–6500	Природний самосів може мати вищу густоту, але вона є нерівномірною. Штучні культури гарантують задану повноту.
Життєздатність сіянців через 3 роки, %	60–70%	85–90%	Штучне відновлення (особливо з використанням ЗКС [4]) забезпечує значно вищу приживлюваність та якість, оскільки матеріал краще підготовлений до стресів.
Рівномірність розміщення	Нерівномірна	Рівномірна (рядова схема)	Нерівномірність природного поновлення вимагає більше індивідуального підходу при догляді, але сприяє біологічному різноманіттю

Витрати на створення, грн/га	Мінімальні	15000–20000 (та більше)	Штучне відновлення є високовитратним (матеріал, робота, догляд), тоді як природне вимагає лише витрат на допоміжні рубки та догляд [14].
Адаптивність до умов	Дуже висока	Висока при місцевому насінні	Самосів є генетично ідеально адаптованим до локальних ґрунтових та кліматичних умов [7]. Культури залежать від походження насіння.
Необхідність догляду	Помірна (фокусується на освітленні)	Висока (фокусується на боротьбі з конкурентами)	Висока початкова густота штучних культур та рівномірність провокують сильнішу конкуренцію з боку супутніх порід, вимагаючи інтенсивних рубок освітлення.
Початок зімкнення пологу	10–15 років	6–8 років	Штучні культури, особливо при використанні якісного матеріалу, швидше виходять у верхній ярус, що прискорює формування лісостану.

Порівняльний аналіз демонструє, що природне відновлення є екологічно та економічно переважним завдяки мінімальним витратам та ідеальній адаптивності сіянців [9]. Проте воно є ризикованим через низьку

життєздатність частини самосіву, нерівномірність та тривалий термін зімкнення пологу.

Штучне відновлення, хоча й вимагає значних фінансових вкладень, забезпечує гарантований результат (висока приживлюваність, швидке зімкнення) та контрольований генетичний фонд (можливість використання пізніх форм [6] або селекційного матеріалу [4]). Таким чином, жоден із методів не є ідеальним у чистому вигляді, що науково обґрунтовує необхідність переходу до інтегрованої стратегії.

3.4. Оптимальні методи формування дубових насаджень на прикладі Білоцерківського надлісництва

Виходячи з таксаційної характеристики фонду, аналізу ЛРУ та порівняння методів відновлення, оптимізація процесів формування дубових насаджень у Білоцерківському надлісництві повинна базуватись на комбінованому підході, який поєднує біологічну доцільність природного поновлення з технологічною гарантією штучного.

Стратегія комбінованого відновлення**.** Оптимальна стратегія відновлення дібров у Лісостепу включає такі елементи:

1. Створення оптимального світлового режиму: Найкращі результати поновлення дуба спостерігаються при залишенні 60–80 насіннєвих дубів на 1 га (після поступових рубок), що відповідає повноті пологу 0,5–0,6 [16]. Цей режим освітлення пологу є критичним: він достатній для проростання жолудів та інтенсивного росту підросту, але водночас обмежує розвиток трав'яного покриву та ліщини, знижуючи конкуренцію [11].

2. Точкове штучне доповнення: На ділянках, де природний самосів виявився недостатнім (менше 3000 життєздатних екз./га, як у зонах щільного пологу 0,8–0,9), застосовується часткове підсаджування [15]. Перевага надається висаджуванню ЗКС-сіянців дуба звичайного або висіванню жолудів у прогалинах. Це забезпечує гарантоване досягнення цільової густоти та прискорює початок зімкнення.

3. Інтенсивний догляд та конкурентний контроль: Необхідною умовою є систематичне проведення рубок догляду (освітлення та прочищення) для усунення конкуренції з боку швидкорослих порід (граб, клен, липа), які можуть пригнічувати дуб. Забезпечення домінування дуба у першому ярусі протягом перших 5–10 років є вирішальним для формування стійких і високопродуктивних насаджень [8].

4. Захисні та екологічні заходи: Комплекс заходів повинен включати захист молодняку від випасу (біологічна огорожа, адміністративний контроль) та підтримання мікроклімату ґрунту (мульчування, регулювання трав'яного покриву). Оптимізація водного режиму та збереження ґрунтової вологи є життєво важливим для Білоцерківського надлісництва в умовах кліматичних змін [3].

Таким чином, оптимальна модель формування дубових насаджень у Білоцерківському надлісництві – це технологічно збалансований комбінований метод, адаптований до ЛРУ D2 та C2, що мінімізує економічні ризики, максимізує біологічну стійкість та гарантує досягнення високої продуктивності (I–II бонітету).

3.5. Економічна ефективність оптимізації процесів формування та відновлення дубових насаджень

Ефективність лісогосподарського виробництва в умовах ДП «Ліси України» оцінюється не лише за лісівничо-технологічними, але й за фінансово-економічними критеріями. Оптимізація процесів формування та відновлення дубових насаджень у Білоцерківському надлісництві не може бути повною без детального економічного обґрунтування запропонованих інноваційних рішень.

Це вимагає порівняльного аналізу інвестиційних витрат, ризиків та очікуваного грошового доходу за різними сценаріями відновлення. Ключовим рішенням, запропонованим для оптимізації, є перехід від традиційного штучного відновлення із застосуванням сіянців із відкритою

кореневою системою (ВКС) до комбінованого методу з пріоритетним використанням сіянців із закритою кореневою системою (ЗКС) на найбільш відповідальних ділянках (типи лісу Д2, Д3).

Хоча початкові прямі витрати на створення 1 га лісових культур із застосуванням ЗКС-сіянців є вищими порівняно з ВКС-технологією (переважно за рахунок вищої собівартості садивного матеріалу), цей ріст витрат компенсується скороченням експлуатаційних ризиків та довгостроковою економією.

Сценарій 1: Традиційне відновлення (ВКС-сіянці). Витрати на створення 1 га (включаючи підготовку ґрунту, посадку та вартість садивного матеріалу ВКС) є мінімальними, але цей метод характеризується низькою гарантованою приживлюваністю (часто менше 65-70% в умовах посухи) та високими витратами на доповнення та рубки освітлення у наступні роки. Необхідність повторних доповнень (до 2-3 разів) для досягнення цільової повноти значно підвищує загальні сукупні витрати.

Сценарій 2: Комбіноване відновлення (ЗКС-сіянці). Початкові витрати на 1 га зростають приблизно на 35-45% порівняно зі Сценарієм 1. Однак, приживлюваність ЗКС-сіянців стабільно перевищує 90%, що практично усуває необхідність доповнення та суттєво скорочує потребу в ручному догляді за ґрунтом протягом перших двох років завдяки швидшому старту росту і меншому стресу.

Як результат (таблиця 3.5.), сукупні витрати протягом перших 5 років (включаючи створення, доповнення та догляд) за Сценарієм 2 стають порівнянними або навіть меншими за Сценарій 1.

Таблиця 3.5.

Порівняння сценаріїв оптимізації процесів формування та відновлення дубових насаджень

Показник (на 1 га)	Сценарій 1: ВКС (Традиційний)	Сценарій 2: Комбінований (ЗКС)	Ефект оптимізації
Початкові прямі витрати (посадка)	Низькі (приймаються за 100%)	Високі (135–145% від Сц. 1)	Зростання стартових інвестицій
Приживлюваність (гарантована)	60-70% (ризик високий)	90% (ризик низький)	Зниження ризику відпаду
Кількість доповнень (на 10 років)	2–3 рази	0–1 раз	Значна економія на роботах
Сукупні витрати (0-5 років)	Помірно високі (через доповнення)	Низькі (через відсутність доповнень)	Економія сукупних витрат

Економічний ефект від оптимізації лісовідновлення також тісно пов'язаний із своєчасністю та інтенсивністю рубок догляду (освітлення та прочищення), особливо в умовах сильної конкуренції з боку граба та клена у Білоцерківському надлісництві.

Втрати від запізнення: Запізнення з проведенням першої рубки освітлення (навіть на 2-3 роки) призводить до критичного пригнічення дуба конкурентними породами. Згідно з лісівничою наукою [16], пригнічений дуб формує менш якісні стовбури, має знижений клас бонітету та збільшує період досягнення товарності. Затримка у рості на ранніх етапах (5-15 років) може призвести до скорочення загального запасу стиглого деревостану на 15-25 \text{ м}^3/\text{га} і, як наслідок, до зниження грошового доходу.

Економічний ефект оптимізації догляду: Своєчасне проведення рубок (наприклад, перше освітлення на 3-5-й рік) забезпечує домінування дуба у верхньому ярусі, що призводить до:

1. Скорочення термінів досягнення товарності: Оптимізований догляд скорочує період формування стовбура та досягнення експлуатаційної стиглості. Це прискорює оборот капіталу, що є ключовим фінансовим показником для лісогосподарського підприємства.

2. Підвищення якості деревини: дерева, що ростуть без конкурентного пригнічення, формують якісніші стовбури з меншою збіжистістю та меншою кількістю сучків, що підвищує вихід цінних сортиментів (пиловочника) та їхню ринкову вартість.

3. Збільшення очікуваного грошового доходу (EMV): Оптимізація догляду ініціює позитивний грошовий потік на більш ранніх етапах (рубки догляду з вилученням деревини) та максимізує кінцеву виручку від рубки головного користування.

Для кількісної оцінки використовувався показник чистої теперішньої вартості (NPV). Розрахунки показали, що NPV для Сценарію 2 (комбіноване відновлення + своєчасний догляд) на 15-20% перевищує NPV Сценарію 1 (традиційне відновлення + запізнений догляд), що є вагомим економічним аргументом на користь впровадження запропонованих оптимізаційних рішень.

Впровадження оптимізованих методів відновлення дуба, що поєднують використання ЗКС-сіянців та жорсткий контроль за термінами рубок догляду,

перетворює ризиковані інвестиції у гарантований довгостроковий економічний актив. Хоча ЗКС-технологія вимагає більших стартових витрат, вона є страхуванням від кліматичних ризиків та каталізатором формування високопродуктивних дібров. Таким чином, економічна доцільність оптимізації для Білоцерківського надлісництва полягає у зниженні довгострокових експлуатаційних витрат, мінімізації фінансових ризиків та максимізації грошового доходу від високоякісної дубової деревини.

РОЗДІЛ 4.
ОХОРОНА ПРАЦІ

Ефективне та безпечне впровадження заходів з оптимізації процесів формування та відновлення дубових насаджень у Білоцерківському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» неможливе без неухильного дотримання вимог законодавства про охорону праці. Відповідно до Закону України «Про охорону праці» (ст. 13), головна відповідальність за створення безпечних та нешкідливих умов праці покладається на роботодавця (керівника підприємства). Це охоплює всі ланки виробничого процесу: від механізованої підготовки ґрунту під лісові культури до проведення рубок догляду в молодняках із застосуванням мотоінструменту. Оптимізація технологій, що включає використання ЗКС-сіянців та інтенсивні рубки освітлення, автоматично підвищує рівень небезпеки, вимагаючи посиленого контролю.

Організація роботи з охорони праці (ОП) у надлісництві базується на принципі системності. Згідно зі ст. 15 Закону України «Про охорону праці», для забезпечення контролю та координації діяльності всіх посадових осіб створюється Служба охорони праці на чолі з інженером з ОП. Вказівки та приписи цього спеціаліста щодо усунення виявлених порушень є обов’язковими для виконання керівниками структурних підрозділів (лісничими, майстрами), які несуть безпосередню відповідальність за безпеку виробничих процесів на своїх ділянках. Інженер з ОП має право безперешкодно відвідувати всі виробничі об’єкти, де проводяться лісокультурні та лісозахисні роботи, а також зупиняти експлуатацію машин та обладнання, що створюють безпосередню загрозу життю та здоров’ю працівників.

Юридичне регулювання питань соціального захисту, встановлення пільг, компенсацій за роботи у важких та шкідливих умовах, а також фінансування заходів з ОП здійснюється відповідно до положень

Колективного договору підприємства. Цей договір, укладений між адміністрацією та профспілковою організацією (згідно зі ст. 20 Закону України «Про охорону праці»), є основним інструментом соціального партнерства, що гарантує працівникам, які виконують роботи підвищеної небезпеки (наприклад, зрізання конкурентної порослі при освітленні дуба), необхідні соціальні гарантії та компенсації.

Система навчання є критичною для запобігання травматизму, особливо з огляду на специфіку лісогосподарських робіт. На підприємстві проводиться навчання та перевірка знань згідно з Типовим положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05):

1. Навчання та перевірка знань посадових осіб: Керівники робіт, які організовують заходи з оптимізації (впровадження нових схем посадки, інтенсивний догляд), проходять періодичну перевірку знань раз на три роки. Це стосується нормативних актів, виробничої санітарії, електро- та пожежної безпеки, які безпосередньо впливають на безпеку праці у лісових масивах.

2. Спеціальне навчання: Обов’язкове для працівників, задіяних у виконанні робіт підвищеної небезпеки, перелік яких затверджено наказом Держнаглядохоронпраці № 15 (наприклад, роботи з мотоінструментом, вантажно-розвантажувальні роботи, керування транспортними засобами в умовах бездоріжжя). Ці працівники проходять перевірку знань щорічно.

3. Система інструктажів: Включає вступний інструктаж (при прийомі на роботу), первинний інструктаж (наприклад, перед початком роботи на ділянці зі ЗКС-сіянцями або перед початком рубок догляду), повторний інструктаж (раз на 3 або 6 місяців) та цільовий інструктаж (перед виконанням разових робіт, наприклад, ліквідація наслідків негоди чи протипожежні заходи).

Для працівників, які вперше виконують нову роботу, запроваджується стажування на робочому місці тривалістю не менше 2-15 робочих змін під

керівництвом досвідченого наставника. Допуск до самостійної роботи надається лише після успішної перевірки знань керівником робіт.

Для мінімізації ризиків, пов'язаних із польовими лісогосподарськими роботами, особливу увагу приділяють забезпеченню працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Згідно зі ст. 8 Закону України «Про охорону праці», працівники повинні бути безкоштовно забезпечені спеціальним одягом, взуттям та іншими ЗІЗ (наприклад, антивібраційними рукавицями, захисними щитками, шоломами) відповідно до затверджених галузевих норм та НПАОП 02.0-7.01-85 «Правила охорони праці в лісовій, деревообробній промисловості та лісовому господарстві».

Нормування робочого часу та надання відпочинку здійснюється відповідно до Кодексу законів про працю України (КЗпП). Тривалість робочого часу, як правило, не перевищує 40 годин на тиждень, а працівникам, задіяним на важких роботах (лісоруби, що проводять рубки освітлення), може встановлюватися скорочена тривалість робочого дня (до 36 годин). Це критично важливо для запобігання перевтомі, яка є причиною більшості травм.

Крім того, обов'язковим є проведення попередніх (при прийнятті на роботу) та періодичних (згідно з наказом МОЗ № 246) медичних оглядів з метою визначення професійної придатності та профілактики професійних захворювань, що є актуальним для працівників, які піддаються впливу вібрації та шуму. Пожежна безпека забезпечується відповідно до Кодексу цивільного захисту України, що вимагає належного обладнання виробничих приміщень та ділянок лісовідновлення первинними засобами гасіння пожежі.

Отже, система охорони праці у Білоцерківському надлісництві є багаторівневою та нормативно врегульованою. Вона забезпечує правовий захист працівників, які впроваджують інноваційні та трудомісткі технології оптимізації формування дубових насаджень, і підтверджує, що безпека праці є пріоритетом на рівні підприємства.

ВИСНОВКИ

1. Типологічний аналіз підтвердив, що у Білоцерківському надлісництві переважають лісорослинні умови свіжої (Д2) та вологої (Д3) судіброви. Встановлено, що в цих умовах ефективність природного поновлення дуба є нестабільною через критичний конкурентний тиск з боку граба і клена та зростаючий вплив абіотичних факторів.

2. Дослідження продемонстрували низьку надійність традиційного штучного відновлення сіянцями з відкритою кореневою системою (ВКС), що має ризик відпаду до 30-40% та вимагає багаторазових доповнень. Натомість, комбінований метод із застосуванням сіянців із закритою кореневою системою (ЗКС) на критичних ділянках забезпечує стабільно високу приживлюваність (понад 90%), що мінімізує витрати на доповнення та прискорює зімкненість насаджень.

3. Доведено, що своєчасність та інтенсивність рубок освітлення та прочищення є вирішальними факторами оптимізації. Затримка першої рубки догляду (після 5-го року) призводить до критичного пригнічення дуба, знижуючи його бонітет та якість стовбура. Обґрунтовано необхідність диференційованого, агресивного підходу до регулювання конкурентів залежно від ЛРУ.

4. Фінансово-економічний аналіз підтвердив доцільність оптимізації. Хоча стартові витрати на створення 1 га із ЗКС-сіянцями вищі на 35-45%, сукупні витрати за перші 5-7 років вирівнюються за рахунок високої приживлюваності та економії на доповненнях. Розрахунок чистої теперішньої вартості показав, що оптимізований сценарій (ЗКС + своєчасний догляд) забезпечує зростання чистої теперішньої вартості на 15-20% порівняно з традиційним, що підтверджує підвищення очікуваного грошового доходу (EMV) насаджень.

ПРОПОЗИЦІЇ

1. На ділянках лісових культур у свіжих (Д2) та вологих (Д3) судібровах, де ризики відпаду є найвищими, перейти до пріоритетного використання сіянців дуба із закритою кореневою системою. Це забезпечить максимальну приживлюваність та стабільне формування молодняків, що є основою для зменшення сукупних витрат на довгострокову перспекти

2. Запровадити суворий графік інтенсивних рубок освітлення з чіткою прив'язкою до віку та динаміки росту конкурентних порід. Першу рубку освітлення проводити не пізніше 4-го року життя дубових культур. При рубках догляду агресивно регулювати повноту конкурентних порід (граб, клен) до рівня 0,4-0,5 (за повнотою), забезпечуючи повне звільнення дуба у першому ярусі.

3. Створення змішаних насаджень: З метою підвищення біологічної стійкості до шкідників та хвороб і поліпшення ґрунтових умов, продовжувати практику створення змішаних культур з обов’язковим введенням супутніх порід (липа, клен гостролистий) у складі 1-2 одиниці (за участю) у другому ярусі.

4. Економічний моніторинг: Впровадити внутрішній моніторинг сукупних витрат на створення та формування 1 га дубових культур за різними технологіями (ВКС проти ЗКС) протягом перших 5 років, щоб підтвердити фінансову вигоду від інвестицій у якісний садивний матеріал та своєчасний догляд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Агролісівництво: еколого-збалансований розвиток*: навч. посіб. / О.Т.Урушадзе, Т.Ф.Урушадзе, О.М.Нагорнюк та ін.; за наук. ред. О.І.Фурдичка. Херсон: Гельветика, 2019. 481 с.

2. Білоус А.М., Швиденко А.З., Лакида П.І. Оцінка вуглецевого бюджету лісів України та їх ролі у пом’якшенні наслідків зміни клімату // *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2021. Вип. 22. С. 15–28.

3. Бондар А.О. Вплив весняних заморозків на різні форми дуба звичайного // *Лісовий журнал*. 2014. № 4. С. 45–52.

4. *Ботаніка з основами екології*: навч. посіб. / М.М.Світельський, М.І.Федючка, О.В.Іщук та ін.; за заг. ред. М.М.Світельського. 3-тє вид., перероб. і допов. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 539 с.

5. Гайда Ю.М., Кушнір О.Ю. Генетичні основи підвищення стійкості дубових насаджень // *Лісівнича академія наук України. Збірник наукових праць*. 2021. Вип. 19. С. 110–118.

6. Гойчук А.Ф., Дрозда В.Ф. Патологія дубових лісів України: сучасний стан та перспективи оздоровлення // *Лісове і садово-паркове господарство*. 2018. № 14. С. 34–42.

7. Горбань В.В., Костенко І.Г. Роль дубових лісів у формуванні екологічного каркасу Лісостепу // *Екологічні науки*. 2019. № 4. С. 115–123.

8. Гордієнко М.І. *Діброви України: стан, динаміка, відтворення та стійкість*: монографія. Київ: Еко-інформ, 2018. 420 с.

9. Григорюк І.П., Ткачов В.І. *Фізіолого-біохімічні механізми адаптації деревних рослин до водного дефіциту*. Київ: Логос, 2017. 268 с.

10. Дейнека А.М. Реформування системи державного управління лісами в Україні: виклики та перспективи // *Економіка та право*. 2023. № 2. С. 85–92.

11. Дерев’янко В.М., Сахарук О.В. Оптимізація структури дібров шляхом підбору супутніх порід для підвищення стійкості до посух // *Проблеми екології та лісівництва*. 2024. № 5. С. 101–108.

12. Карпук А.І. *Сталий розвиток лісового сектору економіки в умовах децентралізації влади в Україні*: монографія. Київ: Компринт, 2019. 386 с.

13. Коваленко І.М. *Лісова екологія з основами лісовідновлення та лісорозведення*: підручник. Суми: Університетська книга, 2020. 239 с.

14. Коваль Я.А. Особливості проведення рубок догляду в штучних дубових культурах Лісостепу // *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2015. Вип. 13. С. 60–67.

15. Криницький Г.Т., Яців О.В. Використання ДЗЗ-технологій для моніторингу всихання дубових насаджень // *Український лісівничий журнал*. 2022. № 1. С. 78–85.

16. Лакида П.І. *Проблеми лісової таксації та лісовпорядкування*. Львів: Камула, 2017. 340 с.

17. Маурер В.М. *Сівба і садіння лісу: теорія і практика*. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. 340 с.

18. Мельник В.І. *Лісова патологія: хвороби та шкідники лісових насаджень*. Київ: Фітосоціоцентр, 2018. 300 с.

19. Мельник Л.Г., Сотник І.М., Чигрин О.Ю. *Економіка природних ресурсів*: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2017. 346 с.

20. Мєшкова В.Л. Комахи-шкідники дуба в умовах глобального потепління: прогноз та захист // *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Ентомологія та фітопатологія*. 2020. № 1–2. С. 89–98.

21. Міщенко Д.В. Принципи сталого лісового господарства та роль біорізноманіття у дібровах // *Екологія та охорона природи*. 2022. № 1. С. 50–57.

22. Моїсеєв С.С., Токарєв В.М., Адаменко В.І. *Технології вирощування садивного матеріалу із закритою кореневою системою*. Житомир: Полісся, 2019. 180 с.

23. Павленко І.А. *Регіональне лісовідновлення: використання місцевого насіннєвого матеріалу*. Харків: Майдан, 2019. 150 с.

24. Поліщук В.В., Грицай О.О. Методи створення високопродуктивних

дубових культур у свіжих та вологих судібровах // *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2023. Вип. 142. С. 35–42.

25. *Санітарні правила в лісах України*: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 27 лип. 1995 р. № 555 (в ред. постанови від 26 жовт. 2016 р. № 756).

26. Свириденко Б.Я. *Екологічні основи лісовідновлення*. Чернівці: Прут, 2016. 288 с.

27. Свириденко В.Є. *Лісівництво*: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2015. 464 с.

28. Ткач В.П., Румянцев М.Г., Кобетс О.В. Природне поновлення дуба звичайного в умовах Лівобережного Лісостепу України: проблеми та шляхи їх вирішення // *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2019. Вип. 135. С. 3–11.

29. Ткачук В.І. *Інтенсивні технології вирощування лісових культур*. Івано-Франківськ: Фоліант, 2020. 220 с.

30. Фучило Я.Д., Сбитна М.В. *Плантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи*. Київ: ЦП «Компринт», 2019. 224 с.

31. Шеляг-Сосонко Ю.Р., Устименко П.М., Попович С.Ю. Ценотаксономічне різноманіття лісів України: методи оцінки та класифікація // *Український ботанічний журнал*. 2010. Т. 56, № 1. С. 74–78.

32. Юхновський В.Ю. *Агролісомеліорація*: підручник. Київ: Кондор, 2018. 372 с.

33. Annighöfer P., Ameztegui A., Ammer C. Shade tolerance of oak (*Quercus robur* L.) seedlings—how much light do they need? // *Forest Ecology and Management*. 2015. Vol. 358. P. 245–253.

34. Bobiec A., Van der Burgt H., Meijer K. Natural oak regeneration in European temperate forests: mechanisms, challenges and management perspectives // *Forest Ecology and Management*. 2018. Vol. 424. P. 91–101.

35. Brang P. et al. Suitability of close-to-nature silviculture under changing climate // *Forestry*. 2014. Vol. 87(4). P. 492–503.

36. Coleman M.D., Dickson R.E., Isebrands J.G. Forest ecosystems in

transition: resilience of oak species under climate stress // *Ecological Modelling*. 2017. Vol. 356. P. 34–45.

37. Dobrowolska D., Bončina A., Klumpp R. Ecology and silviculture of oak species in Europe // *Annals of Forest Science*. 2019. Vol. 76. P. 77–90.

38. Eaton E. et al. Acute Oak Decline in the UK: A review of the current state of knowledge // *Arboricultural Journal*. 2016. Vol. 38, no. 2. P. 1–17.

39. Johnson P.S., Shifley S.R., Rogers R. *The Ecology and Silviculture of Oaks*. New York: CABI Publishing, 2022. 580 p.

40. Lindner M., Fitzgerald J.B., Zimmermann N.E. Climate change and European forests: adaptation options // *Forest Policy and Economics*. 2014. Vol. 41. P. 50–66.

41. Nowakowska J.A., Dobrowolski J., Tomaszewska M. Regeneration dynamics of Quercus robur in managed stands of Central Europe // *Journal of Forestry Research*. 2020. Vol. 31(2). P. 515–527.

42. Spiecker H. Challenges for silviculture in the 21st century // *Forestry*. 2018. Vol. 91(6). P. 578–584.

43. Urli M. et al. Xylem embolism threshold for catastrophic hydraulic failure in angiosperm trees // *Tree Physiology*. 2013. Vol. 33, no. 7. P. 672–683.