

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

03.03 – КМР. 2100 «С» 2023.11.09. 034 ПЗ

РЕДЬКА ДМИТРА ВІКТОРОВИЧА

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Навчально-науковий інститут лісового і садово-паркового господарства

УДК 630*5:582.475.4(477.82)

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ лісового
і садово-паркового господарства

Василишин Р. Д.

(підпис) (ПІБ)
« _____ » _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Т.в.о. завідувача кафедри таксації
лісу та лісового менеджменту

Миронюк В. В.

(підпис) (ПІБ)
« _____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Моделювання динаміки основних таксаційних показників
соснових деревостанів у філії «Любомльське лісове господарство»
ДП «Ліси України»

Спеціальність: 205 «Лісове господарство»

Освітня програма: Лісове господарство

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

к. с.-г. наук, доцент

(підпис)

Бала О. П.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к. с.-г. наук, доцент

(підпис)

Леснік О. М.

Виконав

(підпис)

Редько Д. В.

Київ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Т.в.о. завідувача кафедри таксації лісу
та лісового менеджменту
доктор с.-г. наук _____ Миронюк В.В.
« _____ » _____ 2023 року**

ЗАВДАННЯ

до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

Редьку Дмитру Вікторовичу

Спеціальність: 205 «Лісове і садово-паркове господарство»

Освітня програма: Лісове господарство

Орієнтація освітньої програми: освітньо – професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: Моделювання динаміки основних таксаційних показників соснових деревостанів у філії «Любомльське лісове господарство» ДП «Ліси України»

Затверджена наказом ректора від 09 листопада 2024 року № 2100 «С»

Термін подання студентом завершеної роботи на кафедрі 08.11.2024 р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: Матеріали останнього лісовпорядкування підприємства, дані з БД «Таксаційна характеристика лісів»

Перелік завдань, які потрібно виконати:

- 1. Провести аналіз літературних джерел.*
- 2. Описати методику виконання досліджень.*
- 3. Навести характеристику лісгосподарського підприємства.*
- 4. Провести дослідження особливостей росту соснових насаджень.*

Дата видачі завдання: 24 жовтня 2023 року

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Леснік О. М.

Завдання прийняв до виконання _____ Редько Д. В.

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота викладена на 79 аркушах друкованого тексту, складається із 4 розділів, містить 20 рисунків, 14 таблиць, 4 додатки та 50 літературних джерел в переліку посилань.

У першому розділі наведено огляд літературних джерел (як українських, так і закордонних) щодо предмету дослідження.

У другому розділі представлена методика виконання польових та камеральних робіт, яка полягає у виборі способу проведення математичного моделювання основних таксаційних показників соснових насаджень підприємства.

У третьому розділі наведена адміністративно-господарська структура підприємства та таксаційна характеристика насаджень.

У четвертому розділі проведений аналіз дослідного матеріалу. Виконане математичне моделювання динаміки основних таксаційних показників у соснових насадженнях різного походження.

Ключові слова: загальний поточний приріст, середній діаметр, середня висота, запас насадження, математичне моделювання, особливості росту соснових насаджень.

Зміст

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	7
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
РОЗДІЛ 3. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА. АНАЛІЗ ЛІСОВОГО ФОНДУ	33
3.1. Місцезнаходження та організаційна структура лісогосподарського підприємства	33
3.2. Природно-кліматичні умови регіону дослідження	35
3.3. Таксаційна характеристика лісового фонду підприємства	39
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ РОСТУ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ	45
4.1. Характеристика дослідного матеріалу	45
4.2. Дослідження особливостей росту соснових насаджень	49
4.3. Поточний приріст соснових насаджень за запасом	59
ВИСНОВКИ	63
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТКИ	70

ВСТУП

Актуальність теми. Розуміння особливостей ходу росту деревостанів є надзвичайно важливим питанням, яке вимагає детального вивчення. Планування лісогосподарської діяльності на підприємстві повинно базуватися на принципах сталого лісокористування, забезпечуючи ефективне та раціональне використання лісових ресурсів.

Мета досліджень – вивчити особливості росту модальних соснових деревостанів за основними таксаційними показниками та розробити відповідні математичні моделі.

Головними завданнями є:

- ✓ проведення аналізу літературних джерел;
- ✓ проаналізувати методику проведення збору дослідного матеріалу та його обробки;
- ✓ оцінити таксаційну характеристику насаджень підприємства;
- ✓ провести моделювання основних таксаційних показників модальних соснових деревостанів.

Об'єкт дослідження – лісовий фонд філії «Любомльське лісове господарство» ДП «Ліси України».

Предмет дослідження – хід росту модальних соснових деревостанів за середніми таксаційними показниками.

Основні положення методики дослідження. З реляційної бази даних (надалі БД) «Таксаційна характеристика лісів» було отримано згенеровані дані, щодо розподілу площ соснових насаджень філії «Любомльське лісове господарство» ДП «Ліси України» за основними таксаційними показниками, походженням та продуктивністю у межах класів віку. Використовуючи ростову функцію Томазіуса та метод найменших квадратів проведено математичне моделювання основних таксаційних показників соснових деревостанів. У зв'язку із суттєвими відмінностями у рості штучних та природних соснових насаджень, математичні залежності встановлені окремо за походженням.

Практична цінність отриманих результатів досліджень. Розроблені математичні моделі динаміки середніх діаметра, висоти та запасу можуть бути використані спеціалістами ВО «Укрдержліспроєкт» при актуалізації БД «Таксаційна характеристика лісів», а встановлені обсяги поточного приросту можуть використовуватися для обґрунтування обсягів щорічного лісокористування.

Результати досліджень, які наведені у магістерській кваліфікаційній роботі, були представлені на 76-ій Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Науковий пошук молоді для сталого розвитку лісового комплексу та садово-паркового господарства», Міжнародній науково-практичній конференції «Наближене до природи лісівництво: проблеми та перспективи».

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Лісове господарство в Україні відіграє важливу роль у національній економіці. Для ефективного багатофункціонального використання лісових ресурсів необхідно забезпечити їхнє постійне відновлення, використовуючи облік та прогноз росту лісових насаджень. Це є основою для планування лісогосподарської діяльності та ресурсно-енергетичного забезпечення різних секторів економіки.

У сучасних умовах, коли лісове господарство орієнтується на принципи сталого розвитку, важливим завданням стає розробка нових критеріїв для оцінки стану лісів і прогнозування їхнього росту. Системне управління лісовими ресурсами охоплює заходи, спрямовані на відновлення лісів, вдосконалення обліку, планування та управління на основі впровадження автоматизованих систем, побудованих на принципах безперервного та раціонального лісокористування [6].

Для дослідження приросту запасу сосни звичайної було проаналізовано численні наукові джерела, включно з монографіями, статтями, науковими доповідями та іншими публікаціями, що висвітлюють динаміку росту і продуктивності лісових насаджень. Особливе значення для цієї роботи має дослідження О.П. Бали, викладене в монографії «Моделювання росту та продуктивності деревостанів твердолистяних деревних видів України». У ній подано системний аналіз методик моделювання основних таксаційних характеристик дубових насаджень із використанням ростових функцій і степеневих рівнянь [9].

У межах цієї роботи аналіз і вивчення методики моделювання росту дерев дали можливість підійти до дослідження з науково обґрунтованої точки зору, що забезпечило точніші й достовірні результати.

Одним із важливих завдань є огляд літературних джерел, присвячених розробці моделей росту. Оскільки сосна звичайна є одним із найпоширеніших

видів дерев в українських лісах, її дослідження має велике значення для розуміння динаміки лісових екосистем.

Значний внесок у цю сферу зробили дослідники університетів Скандинавії, які розробили кілька математичних моделей, що описують різні аспекти росту дерев, зокрема приріст по запасу. Ці та інші джерела стали великими підґрунтями для методик, застосованих у цій роботі, і допомогли глибше зрозуміти й інтерпретувати отримані результати.

Системний підхід не може безпосередньо визначити проблему, він спирається на окремі науки, такі як лісова таксація, лісівництво, а також математична статистика та інші, що становлять основою для проведення досліджень. Використовуючи системний підхід потрібно використати універсальний метод дослідження, а саме математичне моделювання.

Системний підхід до управління лісовими ресурсами включає в себе цілий ряд заходів, які були б направлені на розширене відтворення лісових ресурсів, вдосконалення обліку, планування та управління лісовим господарством на основі впровадження автоматизованої системи управління на принципах безперервного та раціонального лісокористування [6]

Системний підхід - це напрямок методології наукового пізнання та соціальної практики, в основі якого лежить розгляд об'єктів як систем; він орієнтує дослідження на розкриття цілісності об'єкта, на виявлення різноманітних типів зв'язків у ньому та зведення їх до єдиної теоретичної картини. Принципи системного підходу знайшли застосування в біології, екології, психології, кібернетиці, техніці, економіці, управлінні та інших науках [28].

Сучасні ідеї системного підходу застосовуються у багатьох роботах з лісового господарства і відіграють значний вплив на методології дослідницьких робіт. Практичне застосування системного підходу у лісовій науці наведено у працях К.К Буша, С.О. Диренкова, І.Я. Ліспи [10, 18, 26] та інших вчених.

Моделювання — дослідження будь-якого явища, процесу або системи об'єкта шляхом побудови та вивчення моделі об'єкта; використання моделі для

визначення або з'ясування характеристик новоспроектowanego об'єкта та раціоналізації методів побудови. Моделювання є однією з основних категорій теорії пізнання: на ідеї моделювання базується будь-який науковий метод дослідження, власне, теоретичний (в якому використовуються різноманітні символи, абстрактні моделі) та експериментальний (в якому об'єктивні моделі). Використаний. Модель (від лат. *modulo* — міра, зразок) — це будь-який набір (абстрактних) об'єктів, властивості та зв'язки між якими задовольняють задану аксіому. За визначенням В.А. Штоффа [8] модель - це уявно або матеріально реалізована система, яка відображаючи або відтворюючи об'єкт досліджень, спроможна замінити його так, що вивчення останньої, дає нову інформацію про даний об'єкт.

Математичні моделі вибіркового функцій залежно від мети, методів побудови та характеристики явищ або процесів, які вони описують. Вони можуть бути як статичними (наприклад, моделі розподілу таксаційних показників або просторові моделі розташування дерев у насадженні чи лісосировинній базі в регіоні), так і динамічними (зокрема, моделі зрідження насаджень із віком або накопичення деревної маси), а також емпіричними та структурними [8].

У процесі пошуку математичних моделей для опису росту за висотою було встановлено, що найкраще таке співвідношення описуються відомими ростовими функціями, які вже широко застосовувалися в попередніх дослідженнях [1] відомих науковців.

Емпіричні моделі забезпечують зовнішні описи, які відображають феноменологічні сторони змодельованих явищ або процесів на основі дослідницьких ідей або простих статистичних міркувань. Ці моделі мають індуктивний характер, тобто від окремого до загального, з експериментальних даних до узагальнених, намагаючись встановити закономірність. Побудова функціональних моделей передбачає розуміння природи і форми причинно-наслідкових зв'язків. Натомість ці моделі базуються на дедуктивному підході та складаються із загальних передумов і законів.

Дослідження, проведені на постійних дослідних об'єктах Боярської ЛДС, виявили тісний зв'язок між основними таксаційними показниками та формуванням поточного приросту стовбурів сосни звичайної. Поточний об'ємний приріст визначено як першорядний показник, що відображає специфіку накопичення деревини та продуктивність лісів загалом. Його значення залежить від біологічних властивостей деревної породи, кліматичних факторів та ефективності лісогосподарських заходів.

Останнім часом виділено два основних підходи до математичного опису великої системи. Перший був описаний в праці В.В. Налімова, використовує методи багатомірної математичної статистики. Даний метод дає можливість створювати складні математичні моделі з великою кількістю незалежних змінних, але його недоліком була неможливість включити в модель всі необхідні змінні, в основному через їх велику варіацію. Даний метод є найпоширенішим при вивченні біологічних об'єктів та їх систем.

Другий підхід — кібернетичний, основою якого є аналіз властивостей і функцій системи з метою їх оптимального управління. За словами К.Є. Нікітіна та А.З. Швиденка [31], через високу дисперсію вихідних даних моделі кібернетичного типу не забезпечують необхідну точність та надійність їх застосування. Як зазначають дослідники [31], жоден із цих підходів не забезпечує високої точності у створенні математичних моделей.

Класи дерев визначають за продуктивністю, враховуючи такі параметри, як діаметр, об'єм та приріст. Ці характеристики суттєво впливають на планування господарських заходів і загальне управління лісовим господарством. Дослідження підкреслює важливість відбору дерев для рубок відповідно до їх класу росту. Рекомендації щодо залишення для росту дерев певних класів можуть впливати на управління лісовими ресурсами.

Проведені дослідження встановили зв'язок між діаметром дерева та його приростом. Це може служити основою для розробки планів управління лісами, зокрема, щодо рубок та відбору дерев для вирубки.

Аналіз динаміки приросту за площею поперечного перерізу на різних природних ступенях товщини деревостану вказує на значущість врахування цих параметрів при розробці стратегій господарювання. Дослідження має важливе значення для лісівників при плануванні рубок, виборі дерев під вирубку, а також в оптимізації продуктивності лісових ресурсів [1].

Щоб змоделювати процеси, що відбуваються в лісах в основному використовують емпіричні моделі [8]:

1. моделі інтерполяції та апроксимації, що застосовуються тоді, коли виробничі та дослідні дані необхідно представити у формі аналітичних виразів;
2. моделі прогнозу (або як їх ще називають екстраполяції);
3. моделі управління.

Крім того, завдяки розвитку комп'ютерних технологій одним із методів математичного моделювання, що застосовується в лісовому господарстві, є імітаційне моделювання. Цей напрям базується на принципах біологічної кібернетики [31]. У системі моделювання визначаються найбільш суттєві і принципові зв'язки і залежності, на основі яких створюється модель або набір моделей. Припущення полягає в тому, що створена модель повинна вести себе так само, як система, що моделюється.

Недоліком цього підходу є суб'єктивне визначення науковцями тих зв'язків, на яких базуватиметься їх моделювання. Слід зазначити, що імітаційне моделювання стало якісно новим етапом у дослідженні біологічних процесів які відбуваються у лісі. Однак через зростання потужності комп'ютерів це відставання емпіричних знань часто замінює конкретні знання інтуїцією дослідника [6]. Однак підхід самоорганізуючої моделі просто не піддається осмисленій інтерпретації, що ризикує відокремити математичну форму від біологічного змісту.

У лісовій таксації найпоширенішим методом є регресійний аналіз [10, 21]. Можна використовувати для побудови математичних залежностей однієї величини від іншої. Перевага цього методу полягає в тому, що він поєднує в собі

уявлення дослідника про змодельований об'єкт і відрізняється від моделювання підбором наближених рівнянь і об'єктивним математичним розрахунком параметрів цього рівняння, що виключає суб'єктивність людини.

Існують лінійні та нелінійні типи регресійних рівнянь. Теорія нелінійного оцінювання зв'язків доволі складна, тому при проведенні досліджень лісових екосистем використовують лінійні рівняння (за коефіцієнтами) [6].

Процес математичного моделювання включає такі етапи:

1. визначення мети та постановка основного завдання дослідження;
2. попереднє вивчення об'єкта, визначення його ключових характеристик, меж і показників ефективності;
3. вибір або адаптація технічних передумов для моделі, що розробляється;
4. підготовка вихідних даних та проведення експериментів;
5. проведення модельних розрахунків, аналізу отриманих результатів та їх порівняння з реальними даними;
6. коригування моделі (за потреби);
7. впровадження результатів моделювання, оформлення інструкцій та методик для подальшого використання.

Д. Манро виділив три основні принципи моделювання росту деревних насаджень [31, 8]. Перший принцип полягає в тому, що основною одиницею моделювання є дерево. Щоб розробити моделі росту насаджень необхідні дані з таксації деревного стовбура, певних вимірів крони, оцінювання біологічної конкуренції деревостанів та їхнього розміщення у просторі на певній площі.

Другий принцип полягає в тому, що основною змодельованою одиницею також буде дерево, але таксаційні характеристики дерева будуть змінними у моделі, незалежно від їхнього просторового розташування та даних окремих частин деревного стовбура.

Третій принцип полягає в моделюванні на основі предмету моделювання, а саме - окремого деревостану, а моделі будуть братися для спільних насаджень за середніми таксаційними показниками насадження.

Моделі першого типу створюються на основі детальної інформації про ріст та розвиток окремих дерев у насадженні, зокрема: тип умов місцезростання, фактор конкуренції дерев, зміна ширини та довжини крони, відстань між деревами, аналіз ходу росту деревного стовбура, поточний приріст за діаметром та висотою за певний проміжок часу (5-10 років) вздовж стовбура, положення дерева в системі координат. Цей напрям моделювання отримав широке застосування в Північній Америці.

Моделі даного типу дають можливість отримати цілком повну інформацію про будову деревостану та головне його призначення – перевірити вплив на ріст лісу різних лісогосподарських заходів, таких як схема посадки, рубки догляду та підживлення. Найбільшою перепоною для застосування цих моделей є необхідність інформації про просторовий розподіл дерев та даних таксації частин деревного стовбура.

Моделі другого типу розробляються з використанням залежностей відносного приросту за висотою, діаметром та об'ємом від таксаційних показників дерева і насадження, факторів навколишнього середовища. В цих моделях знайшли широке застосування функції розподілу дерев за діаметром, висотою та іншими показниками. Найбільше поширення ці моделі отримали у скандинавських країнах. Прихильники "аналітичного" методу моделювання ходу росту насаджень концентрують увагу на розвитку математичної теорії та сумісності функцій приросту та загальної продуктивності насаджень.

З іншого боку, при емпіричному вивченні функції росту зазвичай застосовується регресійний аналіз з підбором найбільш придатної моделі не звертаючи увагу на сумісність функцій приросту та продуктивності. Обидва методи, як "аналітичний" так і емпіричний забезпечують достатню значущість результатів і важко з впевненістю стверджувати, який спосіб кращий для побудови моделей росту та продуктивності деревостанів.

Моделі другого типу потребують менше інформації і можуть бути корисними при створенні системи прийняття рішень (при виборі варіанту

ведення лісового господарства), їх суттєвим недоліком є низька надійність при прогнозуванні приросту окремих дерев.

Моделі третього типу широко використовуються в різних країнах в вигляді таблиць ходу росту. Таблиці ходу росту та продуктивності деревостанів знайшли широке застосування в країнах колишнього Радянського Союзу.

Сучасне лісове господарство України базується на використанні великого обсягу нормативно-довідкової інформації щодо стану лісів, їх продуктивності та особливостей росту. Для цього розроблено низку нормативів у вигляді таблиць ходу росту, сортиментних, товарних, стандартних та інших таблиць [44]. Вирощування високопродуктивних деревостанів потребує вдосконалення їх обліку та оцінки для проведення подальшого якісного планування та управління лісовим господарством на основі достовірних нормативів. Особливе місце серед цих нормативів займають таблиці ходу росту для модальних деревостанів, оскільки вони описують не умовні деревостани (повні чи найбільш продуктивні), а характеризують сучасний стан фактично існуючих найбільш поширених насаджень. Для створення таких таблиць особливе місце має проблема теоретичного та методичного обґрунтування системи моделювання росту деревостанів, що дозволяє отримувати необхідні математичні моделі і відповідні таксаційні нормативи.

Для визначення закономірностей росту модальних деревостанів був здійснений аналіз динаміки росту дерев високих рангів за діаметром у насадженнях з метою створення динамічної бонітетної шкали. Такі дерева займають домінуюче положення в наметі лісу та підтримують мінімальний вплив внутрішньовидової та міжвидової конкуренції, що розрізняє їх від дерев середніх розмірів [50, 48].

Для отримання кривих-гід досліджуваних деревостанів за верхньою висотою для різних твердолистяних порід було проведено аналіз ходу росту модельних дерев, зрубаних на тимчасових пробних площах, які мають найбільші (75 % та вище) ранги за діаметрами. Абсолютні висоти моделей було переведено

у відносні, при цьому за базовий було прийнято вік у 40 років, так як значна частина дослідного матеріалу була отримана з середньовікових насаджень [32].

У своїй роботі М.М. Свалов провів детальний огляд та аналіз методів складання таблиць ходу росту та продуктивності насаджень (описано 12 методів). Крім того, розробив новий метод складання цих таблиць, який включає випадковий відбір вихідних даних, класифікацію насаджень за верхньою висотою та віком деревостанів, моделювання рівнів повноти та продуктивності деревостанів [39, 41, 47]. Професором М.В. Третяковим була запропонована ідея виділення типів росту [46] яка знайшла підтримку та була розвинена у працях К.С. Нікітіна [30] та М.В. Давідова [14, 17] Останній в своїх працях запропонував при вивченні ходу росту насаджень розглядати три типи росту і розвитку насаджень:

- 1) звичайний тип росту;
- 2) з уповільненим ростом в молодому віці;
- 3) з швидким ростом в молодому віці [15, 16].

Його дослідження підтвердили той факт, що дубові насадження насінневого походження до 60-70 років зазвичай ростуть повільно, однак у більш старшому віці інтенсивність росту збільшується [29].

Для твердолистяних деревних порід вирішено створити динамічні бонітетні шкали окремо для насінневого та вегетативного походження. Для цього попередньо сформували набір даних із пробних площ, закладених співробітниками кафедри таксації лісу та лісового менеджменту НУБіП України. Ці дані включали результати вивчення ходу росту модельних дерев за висотою та були розподілені за походженням. Аналіз показав, що більшість досліджень проводилася в деревостанах віком до 70-80 років, що призвело до значної похибки під час моделювання для деревостанів старше 100 років. Оскільки динамічні бонітетні шкали описують модальні деревостани було вирішено поєднати дані з двох джерел, а саме результати дослідження ходу росту за висотою та середньозважені висоти для класів віку старших деревостанів розраховані з даних бази повидільної таксаційної характеристики лісів в розрізі

досліджуваних деревних видів та походження. Пошук вибору математичної моделі для опису особливостей росту за висотою засвідчив, що найкраще подібні залежності описують відомі ростові функції, що використовувалися в багатьох попередніх дослідженнях [1, 30].

У працях [19] при роботі над розробкою модальних таблиць ходу росту, було помічено, що для деяких класів бонітету у старшому віці спостерігається зменшення сум площ поперечних перерізів. Тому було вирішено змоделювати запас деревостану на основі повидільної бази даних та видове число за даними модельних дерев на тимчасових пробних площах, показник суми площ поперечних перерізів розрахувати виходячи із класичної формули лісової таксації.

Моделювання росту, в значній мірі, залежить від наявності достатньої кількості точної та повної інформації. Збір такої інформації дуже трудомісткий та дорогий процес. Однак для цього не обов'язково мати великий банк даних постійних пробних площ, відносно мала кількість проб, особливо корисних для створення системи прийняття рішень, в поєднанні із тимчасовими вибірковими пробними площами та аналізами ходу росту деревних стовбурів, можуть забезпечити достатню кількість даних для розробки прийнятних функцій росту для насаджень [26].

Завдяки проф. В.В. Загрєєву [8] були розроблені загальні таблиці ходу росту, які базуються на вивченні загальних закономірностей та особливостей росту насаджень, а також вивчення окремих зв'язків таксаційних показників між собою та умовами місця зростання. Дані в цих зведених таблицях відображають типові тенденції зростання плантацій за класами бонітету. Його головне призначення — бути еталоном для порівняльної оцінки росту насаджень в окремих географічних районах і бути джерелом інформації для розробки узагальнених таксаційних нормативів та довідкових даних.

Існує багато методик складання таблиць ходу росту [11]. Спільною ознакою для всіх є наявність двох етапів. Перший - встановлення типу росту насадження. Тип росту характеризує особливість росту насадження за певним

таксаційним показником. Тип росту залежить від ґрунтово-кліматичних умов, які, головним чином, визначаються географічним положенням. Основне завдання таблиць ходу росту полягає у відображенні всіх особливостей росту (типів росту) деревостанів, для яких вони складаються. На думку Свалова [40] не може існувати загальних таблиць ходу росту, вони повинні складатись для насаджень окремого лісорослинного району, окремо за породами та за класами бонітету. В своїх дослідженнях теж будемо притримуватися саме цього принципу.

Є декілька способів визначення ходу росту насадження. Статичний метод (метод "смужок") передбачає, що збираються статистичні дані таксаційного показника для всього вікового проміжку певного типу насаджень. Після цього, на їх основі, статистичними методами розраховується крива-гід, яка відображає тенденцію ходу росту цього типу насадження за вказаним показником [11]. Недоліком такого методу є дещо формалізований підхід, при якому розвиток деревостану у часі намагаються дослідити за допомогою статичних вимірювань, що не враховують його динаміки.

Метод вказівних насаджень базується на тому судженні, що завжди можна знайти характерний для певного типу насаджень деревостан або їх сукупність, які будуть максимально повно характеризувати цей тип (типів насадження). Сукупність таких насаджень у віковому діапазоні утворюють "природний ряд". Як вже зазначалось вище, дослідження ходу росту деревостану від початку його життя до головної рубки за допомогою постійних пробних площ є нераціональним, оскільки займає дуже багато часу. Тому такі "природні ряди" призначені скоротити строк досліджень, одночасно зберігаючи високу достовірність вихідних даних. Визначення приналежності окремого насадження до "природного ряду" проводиться на основі вимірювань тимчасових пробних площ та аналізів ходу росту деревних стовбурів.

Типологічний метод передбачає, що насадження, які належать до одного типу умов місцезростання мають спільний хід росту. Іноді сюди додають умову, що насадження, в яких проводяться дослідження, повинні належати ще і до

одного типу лісу [11]. Як правило, основним таксаційним показником для встановлення ходу росту є середня висота насадження. Середня висота має меншу варіацію ніж середній діаметр, кількість стовбурів чи запас.

Деякі автори [20] стверджують, що більш придатним показником є верхня висота деревостану (висота найбільших дерев) – вона є більш стабільною, має меншу варіацію, ніж середня висота, та майже не залежить від рубок догляду. Зв'язок верхньої висоти із середньою дуже тісний, тому перехід здійснюється без втрат точності даних [43, 47]. Однак верхня висота не має широкого застосування на виробництві і тому при складанні нормативно-довідкових даних користуються саме середньою висотою.

Крім того, можливо використовувати комбіновані методи складання таблиць ходу росту, коли поєднують статистичний та аналітичний методи. Наприклад, динаміка висоти розраховується на основі даних аналітичного підходу, а всі інші параметри встановлювались за допомогою регресійних залежностей на багатому статистичному матеріалі лісовпорядкування [34].

При використанні комбінованих методів складання таблиць продуктивності насаджень теж в основному віддають перевагу бонітету, як класифікаційній основі, зокрема на це вказували А.М. Поляков [35], В.В. Загреєв, М.М. Гусєв, М.Я. Саліков та інші.

У пост-радянських країнах, вчені-лісівники часто використовували біофізичні підходи до теорії росту лісу, а також математичних методів для оцінки біологічних закономірностей росту деревостанів. К.Є. Нікітін [31, 8], А.З. Швиденко [8, 49], П.І. Лакида [20], М.В. Давидов [13] та інші вчені займались моделюванням росту насаджень на ЕОМ.

Основною класифікаційною ознакою продуктивності насаджень є їх середня висота. Середня висота насадження є одним з основних таксаційних параметрів, в тісній залежності з яким знаходяться майже всі інші таксаційні показники [11]. Однак, розглядаючи висоту у зв'язку з віком, як найбільш досконалу основу для класифікації деревостанів за продуктивністю, слід

розглянути питання про прийнятність середньої висоти та існуючої загальної шкали класів бонітету для побудови рядів розвитку деревостанів.

Ефективне моделювання росту лісу великою мірою залежить від наявності точної та повної інформації. Збір такої інформації є складним та коштовним процесом, як уже було зазначено. Проте для цього не обов'язково мати великий банк даних з постійних пробних площ. Навіть невелика кількість даних може бути корисною для створення системи прийняття рішень, особливо якщо поєднати її з тимчасовими вибірковими пробними площами та аналізом росту деревних стовбурів, можуть забезпечити достатню кількість даних для розробки прийнятих функцій росту насаджень [31].

На сьогодні існує значна кількість нормативів, що відображають хід росту та продуктивність деревостанів. Однак, лісовпорядкувальна практика не має комплексу стандартизованих таблиць, які були б прийнятні для всіх етапів діяльності. Більшість наявних таблиць представляють ріст деревостанів в межах одного середнього класу бонітету. Це обмежує їх практичне застосування. Звичайно, вихідний матеріал, переважно, групується за класами бонітету загальної бонітетної шкали, що включає ряди розподілу деревостанів за класами віку та висотою. У таких таблицях не враховуються природні варіації розвитку [1].

Після аналізу застосування комбінованих методик складання таблиць ходу росту, М.М. Свалов відзначив, що більшість дослідників надають перевагу використанню класу бонітету як класифікаційної одиниці. При такому підході, тип лісу має другорядне значення. Хоча деякі при складанні таблиць ходу росту враховували типи лісу. Однак, при зведенні даних до рядів продуктивності, всі згадані вище дослідники віддали перевагу класу бонітету. Як вже зазначалося, використання загальної бонітетної шкали обмежує можливість побудови природних рядів розвитку [8]. Це призводить до помилок, пов'язаних зі статичністю шкали і невідповідністю її прийнятності для деревних порід з різною біологією росту.

З методичної точки зору, допустимо застосовувати масштаб цієї шкали лише в базовому віці, проте лінії розвитку висот можна визначити за даними аналізу ходу росту стовбурів або за значеннями верхніх висот, як це було запропоновано К.Є. Нікітіним [28], М.М. Сваловим, В.В. Загреєвим [8] та іншими дослідниками. З цим пов'язана потреба у створенні динамічних бонітетних шкал, які б характеризували особливості росту кожного окремого деревного виду.

Основним показником класифікації продуктивності насаджень є середня висота. Цей параметр є одним з ключових таксаційних показників і має тісну залежність з іншими таксаційними параметрами [11]. Проте, коли розглядаємо зміну висоти з віком як більш повну основу для класифікації деревостанів за продуктивністю, виникає питання про прийнятність середньої висоти та загальної шкали класів бонітету для побудови рядів розвитку деревостанів.

Існує багато методик складання таблиць, що відображають хід росту [11] лісових насаджень. Усі ці методики мають одну спільну ознаку – їхня структура складається з двох етапів. Перший етап передбачає визначення типу росту для кожного насадження. Тип росту вказує на особливості розвитку насадження залежно від конкретних таксаційних показників. Визначення типу росту залежить від ґрунтових і кліматичних умов, які головним чином визначаються географічним положенням [13]. Основна мета таблиць ходу росту полягає в тому, щоб відображати всі особливості росту, включаючи різні типи росту деревостанів, для яких вони і складаються.

Існує кілька способів визначення ходу росту лісових насаджень. Один з них – статичний метод, також відомий як метод "смужок". В цьому методі збираються статистичні дані таксаційних показників протягом всього вікового проміжку для певного типу насаджень. На основі цих даних застосовуються статистичні методи для розрахунку кривої-гід, яка відображає тенденцію ходу росту цього типу насаджень за вказаним показником [11]. Однак, недоліком цього методу є його дещо формалізований підхід, оскільки розвиток деревостану

у часі вивчається за допомогою статичних вимірювань, які не враховують його динаміки.

Інший метод – метод вказівних насаджень – ґрунтується на припущенні, що завжди можна знайти типовий деревостан або їх сукупність, які максимально повно характеризують певний тип насаджень (типові насадження). Сукупність таких насаджень, розташованих у віковому діапазоні, утворює "природний ряд". Оскільки дослідження ходу росту деревостану від початку його життя до головної рубки за допомогою постійних пробних площ є нераціональним за рахунок часових витрат, такі "природні ряди" допомагають скоротити тривалість досліджень, одночасно зберігаючи високу достовірність вихідних даних. Визначення приналежності окремого насадження до «природного ряду» здійснюється на основі вимірювань тимчасових пробних площ і аналізу ходу росту деревних стовбурів [13].

Третій метод – типологічний метод – передбачає, що насадження, що належать до одного типу місцезростання, мають спільний хід росту. Іноді до цього методу додають умову, що насадження, які підлягають дослідженню, повинні належати до одного типу лісу [11].

Зазвичай, основним таксаційним показником для аналізу ходу росту є середня висота насаджень. Середня висота має меншу варіацію, ніж середній діаметр, кількість стовбурів чи запас. Деякі автори [20] стверджують, що більш відповідним показником є висота деревостану (висота найвищих дерев), оскільки вона є більш стабільною, має меншу варіацію і майже не залежить від рубок догляду.

Зв'язок між верхньою висотою і середньою висотою є дуже тісним, тому перехід між ними здійснюється без втрат точності даних [20, 43]. Однак верхня висота не має широкого застосування на виробництві, тому при складанні нормативно-довідкових даних користуються саме середньою висотою.

Другий етап полягає у встановленні взаємозв'язків (зазвичай регресійних) між таксаційними ознаками та природними рядами. Цей аналіз може проводитись на основі даних тимчасових пробних площ, оскільки кількість

постійних пробних площ може бути недостатньою, а також на основі даних таксаційних характеристик модальних насаджень.

Крім того, можна використовувати комбіновані методи складання таблиць ходу росту, коли поєднують статистичний і аналітичний методи. Наприклад, динаміка висоти розраховується на основі даних аналітичного підходу, а всі інші параметри встановлюються за допомогою регресійних залежностей на основі багатого статистичного матеріалу лісовпорядкування [8].

Незважаючи на те, що було розроблено велику кількість таблиць ходу росту як в нашій країні, так і за її межами, лісовпорядкувальна практика на сьогоднішній день не має таких нормативів, які можна було б використовувати для різних стадій проектування лісових об'єктів та мали б достатню точність їх застосування. Створення універсальних таблиць росту для всіх насаджень неможливе, оскільки кожне насадження має свої особливості. Вченими було встановлено, що таблиці ходу росту та продуктивності насаджень повинні бути поділені за породним складом, тобто складатися окремо для кожної породи. У випадку створення таких таблиць для рідкісних порід, які рідко зустрічаються у насадженнях, можна об'єднати їх у групи (наприклад м'яколистяні).

Більша частина наявних таблиць відображає ріст деревостанів лише для одного середнього класу бонітету. Такі таблиці мають обмежене застосування на практиці. При складанні місцевих таблиць використовується обмежений експериментальний матеріал, тому точність їх складання є невідомою. Крім того, весь експериментальний матеріал групується переважно за класами бонітету загальної бонітетної шкали проф. М.М. Орлова, що відображає статичні ряди розподілу деревостанів за класами віку та висоти, а не природні ряди розвитку [11]. В результаті, таблиці ходу росту, розроблені на цій основі, не є таксаційно-статистичними моделями продуктивності.

Таблиці ходу росту визначаються як ключовий інструмент для нормативно-довідкової інформації у лісовому господарстві. Зокрема, таблиці модальних деревостанів є важливим елементом, дозволяючи відображати стан лісів та планувати лісогосподарські заходи. Використовуючи значні обсяги

експериментального матеріалу, проведено моделювання динаміки основних таксаційних показників твердолистяних видів з використанням ростових функцій, включаючи рівняння Мітчерліха.

На основі опрацювання модельних дерев отримано математичні моделі кривих-гід, які детально описують характеристики росту твердолистяних деревних видів. Ці моделі служать основою для розробки динамічних бонітетних шкал. Вагомою частиною кваліфікаційної роботи є огляд наукових джерел щодо досліджень, які освітлюють розробку моделей росту. Сосна звичайна це один з найпоширеніших деревних видів в лісових масивах України, саме тому її аналіз має вирішальне значення для вивчення динаміки лісових біотопів.

Модель представляє собою абстрактне відтворення об'єкта або системи, відмінне від його реальної форми і призначене для кращого сприйняття, розуміння або вдосконалення системи. Модель будь-якого об'єкта може бути точною копією його, виготовленою з іншого матеріалу та в іншому масштабі, або відображати деякі характерні властивості об'єкта у іншій формі [5].

У прогнозуванні поведінки прогнозованих об'єктів широко використовуються математичні моделі. При використанні математичного моделювання аналітик повинен спочатку визначити, яким чином розробити модель. Математичний опис є відображенням фізичної сутності процесу з його особливостями та обмеженнями. Це слід враховувати як при формулюванні завдання, так і при проведенні опису та виборі чисельного методу моделювання. Існує кілька видів математичних описів, проте найрозповсюдженішими є статистичний та детермінований [5].

Статистичний опис ґрунтується на аналізі експериментальних даних. Об'єкт дослідження характеризується факторами, що визначають вихідні параметри. При ранніх етапах розробки експерименту збираються дані для визначення залежностей між вхідними та вихідними параметрами процесу. Існує ряд варіантів встановлення такої залежності на основі статистичного аналізу. Основні виклики полягають у виборі вектора стану, елементи якого дійсно відображають поведінку реального процесу, а також у отриманні залежності, яка

дозволяє не лише інтерполювати, але й екстраполювати рішення за межі області визначення коефіцієнтів цієї залежності. Кожен варіант відкриває можливість побудови моделі, що адекватна процесу за обраним критерієм. Застосовуючи різні підходи, можна отримати різноманіття моделей, ізоморфних досліджуваному об'єкту. Таким чином, при виборі структури моделі, критерію адекватності процесу та параметрів, необхідно враховувати мету моделювання та поставлені завдання [4].

Детермінований опис формують на основі основних теоретичних принципів і законів. Він може включати в себе закони термодинаміки, закони збереження маси та енергії, а також бере до уваги такі явища, як дифузія, теплообмін, гідродинаміка і т. д. [4].

Ключовим критерієм оцінювання продуктивності лісових насаджень виступає їх середня висота. Цей показник має тісний зв'язок з іншими таксаційними показниками і є одним з визначальних при встановленні класу бонітету деревостану [8]. Однак, коли розглядаємо зміну висоти з віком як більш всеохоплюючу базу для групування насаджень за продуктивністю, виникає питання про доречність застосування середньої висоти та єдиної бонітетної шкали для моделювання динаміки росту деревостанів.

Розроблено чимало способів побудови таблиць динаміки росту [8] лісових насаджень. Усі вони характеризуються спільною особливістю – їх структура передбачає два основні кроки. Перший крок полягає у визначенні типу росту для кожного конкретного насадження. Тип росту відображає специфіку розвитку насадження в залежності від певних таксаційних параметрів. Його ідентифікація зумовлюється ґрунтово-кліматичними умовами, які переважно визначаються географічним положенням. Основне призначення таблиць ходу росту – відобразити всі особливості росту, в тому числі різні типи розвитку деревостанів, для яких вони створюються.

При розподілі вихідних даних в межах отриманих груп за динамічними класами бонітету, моделюючи таксаційні показники, може виникнути похибка через обмежену кількість спостережень у молодому та стиглому віці. Тому при

подальшому моделюванні за отриманими групами деревостанів пропонується використовувати середньозважені показники для кожного віку та переводити отримані дані у відносні показники.

Важливим чинником у розробці критеріїв оцінки продуктивності насаджень є створення таблиць росту та динамічних шкал за класами бонітету модальних насаджень. Вивчати, описувати та оцінювати динамічні процеси складніше, ніж встановлювати звичайні статистичні зв'язки між величинами, особливо коли це стосується процесів біологічного росту. Динамічне моделювання параметрів таксації має враховувати біологічні особливості росту окремих видів дерев [8].

Середня висота насадження є одним із найважливіших таксаційних показників і тісно пов'язана майже з усіма іншими таксаційними оцінками та параметрами насадження [8]. Виходячи з наведених аргументів, для групування дослідницьких матеріалів необхідно розробити динамічні стандарти якості для різних лісових угруповань досліджуваних деревних порід.

Для встановлення закономірності росту типових насаджень необхідно аналізувати процеси росту повноцінних дерев у насадженнях та використовувати динамічну шкалу класів бонітету. На відміну від дерев середнього розміру, такі дерева домінують у пологах лісу і мінімально піддаються внутрішньо- та міжвидовій конкуренції [47, 50]. Для отримання орієнтовних кривих для різних досліджуваних насаджень необхідно аналізувати процес росту модельних дерев, вирубаних на тимчасових пробних ділянках з найбільшим (75 % або більше) діаметром. Абсолютні висоти моделей повинні бути переведені у відносні, а за основу необхідно взято 40-річний вік, оскільки значна частина досліджуваного матеріалу була отримана із середньовікових насаджень [12].

Для твердолистяних порід деревини необхідно створювати динамічні шкали бонітету окремо для насінневих насаджень та насаджень вегетативного походження. Аналіз відібраних модельних дерев показав, що більшість досліджень проводилась у насадженнях віком до 70-80 років, тому при моделюванні відносної висоти були явні похибки в показниках, отриманих для

насаджень віком понад 100 років. Оскільки шкала динамічного бонітету оцінювання описує модальні деревостани, було вирішено об'єднати дані з двох джерел, результати досліджень зростання висоти та середньозважених досліджень висоти для вікових груп старших деревостанів, розрахованих з бази даних характерних стиглих деревостанів. Ліси обстежених деревних порід та походження [12].

Пошуки вибору математичних моделей для характеристики росту висоти показали, що подібні залежності найкраще описують відомі функції росту, використані в багатьох попередніх дослідженнях [1, 4, 17]. Функція росту Мітчерліха використовується для моделювання вікової залежності відносної верхньої висоти деревостану та має такий загальний вигляд [12]:

$$y = c_1(1 - \exp(-c_0 * x))^{c_2} \quad (1.1)$$

де, y – залежна змінна;

x – незалежна змінна;

c_0 ; c_1 ; c_2 – коефіцієнти регресії.

Побудова математичної моделі динаміки середньої висоти, яка домінує в сучасному стані моделювання росту деревостанів, складається з [9]: вибору аналітичної форми рівняння та визначення числових параметрів, що описують модель.

Біологічний принцип, згідно з яким крива росту дерева має S-подібну форму, є загальноприйнятим. Вона увігнута на початку життєвого циклу дерева, має точку перегину, а потім стає опуклою. При моделюванні траєкторії росту використовується модель, відома як функція Томазіуса, яка широко використовується в лісівничій практиці і позитивно оцінена в наукових дослідженнях [49]:

$$y = a_4 \cdot (1 - \exp(-a_1 x(1 - \exp(-a_2 x))))^{a_3}, \quad (1.2)$$

де, y – залежна змінна;

x – незалежна змінна;

a_1 – a_4 – коефіцієнти рівняння.

Автором проаналізовано залежності та отримано криву-гід, яка достовірно відображають закономірності зміни експериментальних даних використовуючи ростову функцію та яка набула такого вигляду [8]:

$$H_{\text{вр}} = [a_0 * (1 - \exp(-a_1 * A))^{a_2}] * H_{40}^{\text{баз}} \quad (1.3)$$

де, $H_{\text{вр}}$ – верхня висота деревостану, м;

A – вік деревостану, років;

a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти рівняння;

$H_{40}^{\text{баз}}$ – середня висота деревостану в базовому віці.

Дана функція має надзвичайно велику гнучкість та може описати різноманітні ростові особливості процесів деревних видів, які досліджуються. Використання цієї функції також зручно, оскільки завжди можна змінити базове значення висоти для будь-якого базового віку, поділивши коефіцієнт на значення рівняння для цього віку [9].

Враховуючи що показник верхньої висоти має вузьке використання під час виробництва під час лісовпорядних робіт, була проведена зміна від верхньої висоти до середньої. У ході виконання досліджень було визначено, що залежність середньої висоти від віку та верхньої висоти найкраще описує таке рівняння [9]:

$$H_{\text{ср}} = H_{\text{вр}} * b_0 * \exp(b_1/A) \quad (1.3)$$

де, $H_{\text{ср}}$ – середня висота деревостану;

b_0, b_1 – коефіцієнти рівняння.

Після визначення аналітичної форми рівняння та оцінки його коефіцієнтів, модель динаміки висоти деревостану на основі функції росту Мітчерліха може бути використана для прогнозування висоти деревостану в різні моменти часу, а також для порівняння темпів росту різних деревостанів або оцінки впливу різних факторів на ріст висоти [24].

Варто зазначити, що ростова функція Мітчерліха є лише одним з можливих варіантів математичного опису динаміки висоти деревостану. Існують також інші відомі функції росту, які успішно застосовуються в лісівничих дослідженнях, такі як функція Річардса, функція Гомпертца тощо. Вибір конкретної функції залежить від специфіки досліджуваних деревостанів, наявності емпіричних даних та цілей дослідження.

Ці функції дозволяють кількісно описати закономірності росту дерев, прогнозувати їх розвиток у часі та оцінювати вплив різних факторів на ріст висоти. Отримані моделі можуть бути використані для вирішення широкого кола практичних завдань лісового господарства, таких як прогнозування продуктивності насаджень, планування лісгосподарських заходів та оптимізація використання лісових ресурсів [46].

Висновки до 1-го розділу. Було здійснено детальний аналіз ряду наукових та літературних джерел, які стосуються предмету дослідження. Більшість авторів, які досліджували питання росту лісових насаджень, дають позитивні та хвальні відгуки щодо можливостей та ефективності використання ростових функцій Мітчерліха та Томазіуса. Ці функції довели свою надійність у встановленні математичних залежностей, що описують зміни таксаційних показників лісових насаджень, таких як висота, запас та інші характеристики. Враховуючи ці результати, було прийнято обґрунтоване рішення про використання проведення подальших досліджень, які зосереджені на аналізі продуктивності лісових насаджень та вивчених їх походження, що дозволить отримати більш точні та достовірні дані для ефективного управління.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЗБОРУ ДОСЛІДНИХ ДАНИХ ТА ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для проведення аналізу та моделювання основних таксаційних показників модальних соснових деревостанів із бази даних «Таксаційна характеристика лісів» [38], за допомогою формування відповідних запитів були отримані необхідні вихідні дані (Додаток А).

Реляційна база даних «Таксаційна характеристика лісів» (ТХЛ) була розроблена у ВО «Укрдержліспроєкт» починаючи з 2002 року, а з 2004 року її створення здійснюється на платформі SQL Server 2000, який є однією з провідних програмних розробок Microsoft для управління базами даних. SQL Server забезпечує роботу з реляційними базами даних, які організовані у вигляді таблиць. Ці таблиці взаємопов'язані через ключі, що формує зв'язану структуру, здатну швидко обробляти запити та надавати потрібні дані. Взаємодія таблиць здійснюється через зв'язки, що дозволяє створювати єдину структуру даних. База даних була розроблена з урахуванням сучасних вимог до характеристики лісових земель і має значно ширшу функціональність порівняно з попередніми версіями. Вона здатна виконувати численні завдання як у виробничій, так і в науковій сферах. Діалогове вікно та процес авторизації у БД «Таксаційна характеристика лісів» зображені на рис. 2.1.

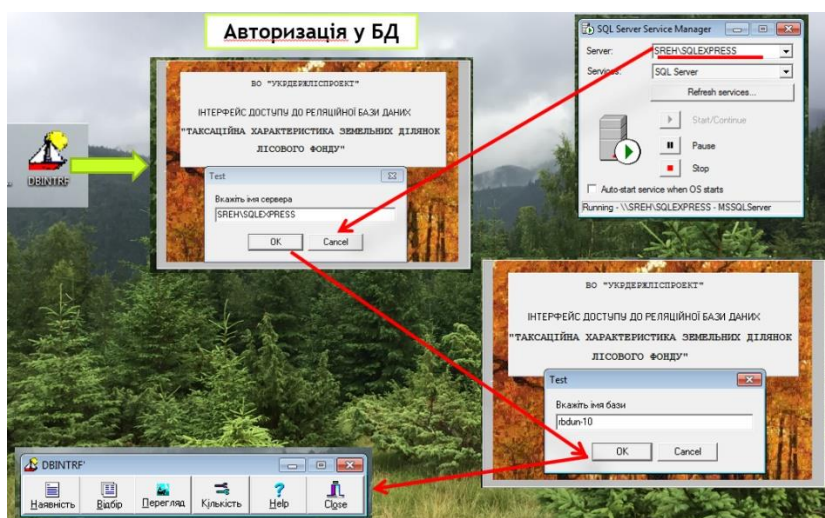


Рис.2.1. Авторизація користувача у БД «Таксаційна характеристика лісів»

Програмне забезпечення, що використовується для здійснення різних вибірок з бази даних (програма *DBINTRF*), є дуже простим у використанні. Також були розроблені посібники з використання програмного забезпечення, тому для ІТ-персоналу підприємств не складе труднощів ознайомитися з ним. На підприємствах, де було впроваджено базу даних і організовано семінари, працівники лісового господарства успішно використовували базу даних для створення різноманітних вибірок виробничого характеру. Особливості використання програмного продукту наведено на рис. 2.2.

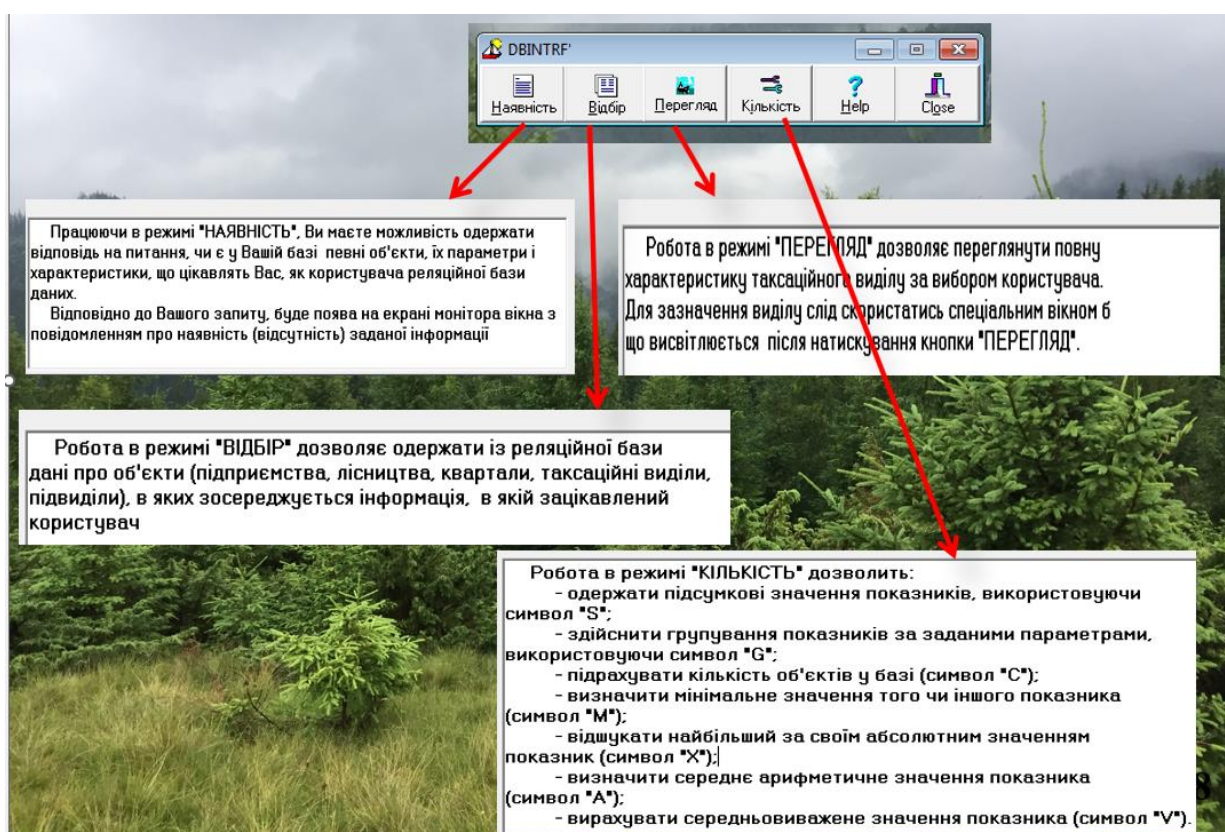


Рис.2.2. Діалогове вікно БД «Таксаційна характеристика лісів»

З 2004 року відділ алгоритмів та програмування об'єднання займається розробкою реляційних баз даних для обласних управлінь та інших користувачів. З 2007 року реляційна база даних інтегрується на рівні лісів України, оскільки по всіх цих лісах здійснюється безперервне лісовпорядкування, і база даних агрегується за поточний рік створення. Це дозволяє створювати єдину базу даних для всіх користувачів по всій Україні, при цьому для кожного користувача дані будуть організовані відповідно до конкретного року.

Специфіка формування запитів для отримання зведених даних по певних критеріях відбувається у режимі «Кількість». Алгоритм формування запитів наведено на рис. 2.3.

The figure illustrates the process of building a query in a database application. It consists of four screenshots showing the selection of criteria and the resulting data table.

Top Left Screenshot: The 'Кількість' (Quantity) mode is active. The 'Область' (Region) field is selected with the value 'z'. A list of Ukrainian regions is shown, with 'ВОЛИНЬСЬКА ОБЛАСТЬ' (Volyn Oblast) selected.

Top Right Screenshot: The 'Лісництво' (Forest Management) field is selected with the value '13020203'. A list of forest management districts is shown, with 'ДП "КАМІНЬ-КАШИРСЬКИЙ ЛІСГОСП"' (DP "Kamin'-Kashirskyi Lisgospi") selected.

Bottom Left Screenshot: The 'Рік ост. базового л/в' (Year of last basic inventory) field is selected with the value '19'. A list of years is shown, with '19' selected.

Bottom Right Screenshot: The 'Рельєф' (Relief) field is selected with the value '4'. A list of relief types is shown, with '4' selected.

Resulting Table (Bottom Left):

KALG	KALG	NAME
13020203	1	ВЕЛИКОБЕЗІРСЬКЕ ЛІСНИЦТВО
13020203	2	НУЙНІВСЬКЕ ЛІСНИЦТВО
13020203	3	ВИДЕРТСЬКЕ ЛІСНИЦТВО
13020203	4	ПІВНЕНСЬКЕ ЛІСНИЦТВО
13020203	5	КАРПІЛІВСЬКЕ ЛІСНИЦТВО
13020203	6	КЛІТИЦЬКЕ ЛІСНИЦТВО
13020203	7	СТОВБИ-ВІВСЬКЕ ЛІСНИЦТВО

Resulting Table (Bottom Right):

Лісництво	Площа кварт. (га)
ВЕЛИКОБЕЗІРСЬКЕ ЛІСНИЦТВО	7173
ВИДЕРТСЬКЕ ЛІСНИЦТВО	5222
ДОВРЕНСЬКЕ ЛІСНИЦТВО	5704
КАРПІЛІВСЬКЕ ЛІСНИЦТВО	4184
КЛІТИЦЬКЕ ЛІСНИЦТВО	6029
НУЙНІВСЬКЕ ЛІСНИЦТВО	7209

Output Options Dialog: Shows the printer selection (HP LaserJet MFP M129-M134 PCLmS (сеть)) and the report destination (Preview) set to printer '111' in Rich Text Format (RTF).

Final Report (Right): A document titled 'Українське державне проектне лісовпорядне виробниче об'єднання' (Ukrainian State Project Forest Management Production Association) dated 27.04.2021 року. It contains the query results for the Volyn Oblast DP "Kamin'-Kashirskyi Lisgospi".

Ліс.	Площа кварт. (га)
Великобєзирське лісництво	7173
Видертське лісництво	5222
Добрєнське лісництво	5704
Карпільське лісництво	4184
Клітицьке лісництво	6029
Нуйнівське лісництво	7209
Півненське лісництво	4630
Солоньське лісництво	3332
Стовбківське лісництво	6422
Усього	49905,00

Рис.2.3. Формування запити у БД «Таксаційна характеристика лісів» для отримання розподілу площі підприємства за лісництвами

Під час роботи з базою даних «Таксаційна характеристика лісів» було виконано вибірку середніх таксаційних показників соснових насаджень (Додаток А). На основі отриманих даних визначено середні таксаційні показники модальних деревостанів залежно від класів бонітету та класів віку за походженням.

Побудова математичних моделей динаміки середніх таксаційних показників, передбачає два етапи [50]:

1. підбір аналітичного виду формули.
2. визначення числових параметрів, що описують модель.

При моделюванні ходу росту соснових насаджень за основними таксаційними показниками, на основі аналізу літературних джерел, прийняте рішення використовувати функцію Томазіуса, що має наступний вигляд:

$$y = a_4 \cdot (1 - \exp(-a_1 x (1 - \exp(-a_2 x))))^{a_3}, \quad (2.1)$$

де, y – залежна змінна;

x – незалежна змінна;

$a_1 - a_4$ – коефіцієнти рівняння.

Варто зауважити, що ця ростова функція є досить простою у використанні, проте для визначення параметрів рівняння необхідно правильно обрати початкові значення. У разі некоректного вибору початкових параметрів отримані результати можуть містити суттєві помилки.

Всі подальші розрахунки проводились в програмі *Microsoft Excel* з використанням надбудови *Пошук рішення*.

В ході роботи з даною надбудовою проводиться мінімізація сум квадратів відхилень та підбір найбільш оптимальних параметрів рівняння. У разі не вірного підбору початкових коефіцієнтів отримані результати можуть нести грубі помилки.

Висновки до 2-го розділу. У цьому розділі наведено детальний опис методики збору та аналізу вихідних даних для проведення дослідження. Дані

були отримані шляхом створення спеціальних запитів до реляційної бази даних «Таксаційна характеристика лісів». Зокрема, за допомогою цих запитів зібрано узагальнену інформацію про розподіл площ соснових насаджень за основними таксаційними показниками та продуктивністю в межах класів віку на території дослідного об'єкта.

Зібрані дані було структуровано й систематизовано відповідно до розробленого автором методичного підходу, який передбачає їх групування за віком, бонітетом і походженням насаджень. Таке групування є ключовим етапом для подальшого моделювання динаміки основних таксаційних показників соснових деревостанів із використанням ростової функції Томазіуса. Систематизовані дані слугують надійною інформаційною базою для реалізації наступних етапів дослідження.

РОЗДІЛ 3

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА. АНАЛІЗ ЛІСОВОГО ФОНДУ

3.1. Місцезнаходження та організаційна структура лісогосподарського підприємства

Філія «Любомльське лісове господарство» ДП «Ліси України» була заснована у 1939 році після радянської окупації західних областей України. Однак після завершення Другої світової війни лісовпорядні документи, що стосувалися лісів Любомльського лісгоспу, не збереглися.

Поштова адреса: вул. Незалежності, 64, м. Любомль,
Волинська область, 4430

Телефон: [03377\) 24268](tel:0337724268)

e-mail: lyubomlske.lg@e-forest.gov.ua



Рис.3.1. Адміністративна будівля філії «Любомльське лісове господарство» ДП «Ліси України»

Філія «Любомльське лісове господарство» ДП «Ліси України» розташована в західній частині Полісся, у Волинській області на території Ковельського району у м. Любомль.

Загальна площа земель підприємства становить 52 827,0 га, з них 50836,7 га займають лісові землі, а 1990,3 га – нелісові. Лісистість адміністративних районів, на території яких розташоване підприємство, становить 39,3%. Основна частина лісів розташована переважно в північній та південній частинах району.

Згідно з прийнятим лісогосподарським районуванням, територія підприємства належить до Західно-Поліської зони. Розподіл площ земель підприємства між лісництвами розподілені відносно рівномірно, що наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Адміністративна структура філії «Любомльське ЛГ» ДП «Ліси України»

Найменування лісництв	Площа, га
Ростанське	4786,6
Піщанське	4572,7
Поліське	6462,0
Шацьке	5165,6
Головнянське	5102,0
Чорноплеське	6269,0
Любомльське	5688,0
Замлинське	6833,0
Мосирське	6945,0
Всього по лісгоспу:	52827,0

Основними видами деревини, що заготовляються у підприємстві, є деревина класу якості В (14 %), клас якості С (25 %), дрова промислового

використання (22 %) та дрова (13 %). Протяжність лісових доріг на території лісгоспу становить 311 км, з яких 28 км - з твердим покриттям.

Господарська діяльність підприємства спрямована на постійне збільшення обсягів використання та відновлення лісових ресурсів, а також на підвищення якісного складу та продуктивності лісів. Лісове господарство відіграє ключову роль у місцевій економіці, а головним напрямком його розвитку є покращення ґрунтозахисних і водоохоронних властивостей лісів шляхом реалізації лісогосподарських та лісокультурних заходів.

До інших видів лісокористування належать збирання грибів, ягід, лікарських трав, бджільництво та заготівля березового соку. У лісах, що входять до складу лісгоспів, мешкають мисливські тварини, такі як білохвостий олень, дикий кабан, заєць. Полювання здійснюється переважно в аматорському форматі та дозволяється за наявності відповідної ліцензії.

Окрім забезпечення потреб національної економіки в деревині та продуктах побічного лісокористування, лісові насадження мають значне природоохоронне та рекреаційне значення.

3.2. Природно-кліматичні умови об'єкту дослідження

Згідно з лісорослинним районуванням, ліси досліджуваної території належать до Поліської лісової зони та входять до складу Західно-Поліського і Центрально-Поліського лісогосподарських округів (Комплексне лісорослинне районування України та Молдови, 1981) [33].

Згідно з фізико-географічним районуванням, територія досліджуваних лісів є частиною Волинського Полісся. Волинська область розташована в межах Східноєвропейської плити на схилах протерозойської Волинсько-Подільської плити. Упродовж геологічних епох територія неодноразово покривалася морями, чергуючи морські та континентальні відклади. Відклади пермського, тріасового та юрського періодів відсутні, оскільки в умовах континентального клімату процес седиментації припинився. Верхньокрейдяні відклади, зокрема карбонатні

породи та алевроліти, подекуди виходять на поверхню й формують рельєф місцевості [37].

Четвертинні малопотужні відклади представлені різними типами антропогенових континентальних утворень. З півночі на південь вони варіюються від алювіальних до елювіально-алювіальних суглинків, супісків, морен і лесоподібних суглинків із льодовиковими пісками. Водно-льодовикові форми рельєфу поширені по всьому Поліссю. Серед сучасних відкладів найпоширенішими є озерні, річкові, еолові утворення, а також торф, алювій руслових і заплавних зон та еолові піски.

Згідно з геофізичним районуванням, територія підприємства належить до Ковельсько-Сарненського та Ратнівсько-Любешівського геофізичних районів. Клімат регіону помірно-континентальний, з м'якими зимами, теплим літом і достатньою кількістю опадів, що створює сприятливі умови для лісової рослинності та ведення сільського господарства.

Однак деякі кліматичні фактори негативно впливають на ріст і розвиток лісів. До них належать нерівномірний розподіл опадів протягом року, заморозки на початку осені та весни, а також різкі зимові температурні коливання [37].

В цілому клімат регіону сприятливий для лісового господарства та вирощування високопродуктивних цінних деревних порід, таких як сосна звичайна, дуб звичайний, вільха чорна, береза повисла, осика, ялина європейська, ліщина та інші.

Територія підприємства характеризується рівнинним рельєфом із заболоченими низинами та невеликими сільськогосподарськими угіддями. Лісові масиви розташовані в північно-західній частині Волинської низовини. Рельєф позбавлений ізольованих льодовикових пагорбів, але тут трапляються пагорби, плоскодонні западини та карстові форми. Поверхня поступово знижується з півдня (220 м) на північ (150 м). У північній частині поширені неглибокі заболочені річкові долини, які створюють сприятливі умови для вологолюбних деревних видів, таких як вільха і верба [37].

Найхарактернішою особливістю природи району розташування лісогосподарського підприємства є наявність великої кількості озер і боліт, що пояснюється близьким розташуванням крейди і мергелю, ледь вкритих тонким шаром супіску і піску. Водойми зазвичай розташовані групами, утворюючи мальовничі ландшафти, одним з яких є – Шацькі озера.

Через відмінності в материнських породах, складні топографічні умови, різноманітну рослинність і різну глибину залягання ґрунтових вод, ґрунти є різноманітними.

Бідні борові типи ґрунтів, на яких росте сосна низьких класів бонітету, змінюються багатими суглинками, на яких зростає дуб II і III класів бонітету. Найпоширенішими ґрунтами є дерново-підзолисті ґрунти, що залягають на давніх льодовикових відкладах з різним ступенем опідзолення. За механічним складом опідзолені ґрунти поділяються на піщані, супіщані та суглинисті.

Піщані опідзолені ґрунти зустрічаються переважно на вершинах піщаних дюн і на більших висотах, і можуть змішуватися з болотними ґрунтами. Материнськими породами цих ґрунтів є давні алювіальні піски і, меншою мірою, льодовикові піски. Їхній легкий механічний склад, насиченість поглинальними комплексами та низький вміст гумусу (1-1,5%) означають, що їхні фізичні властивості досить низькі [37].

Супіщано-підзолисті ґрунти займають значну площу дослідного лісу. Супіски мають значно вищий вміст гумусу (2,2-2,5%), ємність поглинання, загальну ємність поглинання та водоемність. Супіщано-підзолисті ґрунти розвиваються під наметом соснових насаджень.

Територія розташована на вододілах річок Прип'ять і Вісла, а через західну частину території вздовж польського кордону протікає річка Західний Буг, озера зосереджені по всьому району.

Є велика кількість внутрішніх вод, зосереджених у річках, озерах, ставках і болотах, значна частина яких є підземними водами, що є важливим джерелом водозабезпечення для району. У районі налічується понад 30 озер. Крім того, є густа мережа дренажних каналів. Висока заболоченість в минулому і сьогодні

перешкоджає використанню лісових ресурсів, впливаючи на їх ріст, розвиток і відновлення, розділяючи територію на окремі лісові масиви і лісові ділянки та роблячи їх важкодоступними.

Центральна частина розміщення земель підприємства характеризується карстовими озерами та болотами, утвореними крейдяними відкладеннями. Озера утворилися внаслідок відкладення алювію, що спричинило підняття рівня ґрунтових вод у болоті через невеликий нахил місцевості та відсутність постійного потоку. Живлення озер здійснюється за рахунок поверхневого стоку і ґрунтових вод, а водообмін – каналами, що з'єднують окремі озера. Влітку вода добре прогрівається, а взимку шацькі озера замерзають [37]. Площа водно-болотних угідь становить 190,7 га (1,0%).

У табл. 3.2 наведено кліматичні показники для регіону розташування підприємства.

Таблиця 3.2

Кліматичні показники регіону розташування підприємства [37]

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення	Дата
1. Температура повітря			
середньорічна	градус	+7,5	
абсолютно максимальна	градус	+39	
абсолютно мінімальна	градус	-33	
2. Кількість опадів за рік	мм	499	
3. Продовження вегетаційного періоду	днів	190	
4. Останні заморозки весною			9.IV
5. Перші заморозки восени			16.IX
6. Середня дата замерзання рік			8.XII
7. Середня дата початку паводка			4.II
8. Сніжний покрив	см	18	
9. Глибина промерзання ґрунту	см	51	
10. Середня швидкість переважаючих вітрів по сезонах			
зима	м/сек	4,6	
весна	м/сек	5,5	
літо	м/сек	5,8	
осінь	м/сек	5,7	
11. Відносна вологість повітря	%	78	

Клімат регіону діяльності підприємства приданий для росту більшості лісотвірних деревних видів, які зростають у підприємстві.

3.3. Таксаційна характеристика лісового фонду

Для того щоб проаналізувати лісовий фонд філії «Любомльське лісове господарство» ДП «Ліси України» було використано дані РБД «Таксаційна характеристика лісів» [38] та проект організації та розвитку підприємства [37].

Загальна площа підприємства 52827,0 га., з них лісові землі, які вкриті лісовою рослинністю становлять 48289,6 га. (рис.3.2.).



Рис.3.2. Поділ площі підприємства за категоріями земель

Згідно даних рис. 3.2., що більшість земель віднесені до вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок (91%). Відповідно, землі які призначені для лісогосподарської діяльності використовуються доволі ефективно, а площа, яку займають нелісові ділянки є незначно та становить близько 4%.

На рис.3.3. наведені дані по розподілу площі вкритих лісовою рослинністю ділянок за походженням.



Рис.3.3. Розподіл площі ділянок вкритих лісовою рослинністю за походженням

Як бачимо з даних наведених на рис.3.3., що у підприємстві розподіл площ насаджень за походженням практично рівномірний. Це обумовлено тим, що дуже значну територію займають болота у Шацькому національному природному парку, на території якого накладаються землі підприємства. Де відновлення відбувається переважно природним шляхом.

На рис. 3.4. наведено розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок по площі та запасу.

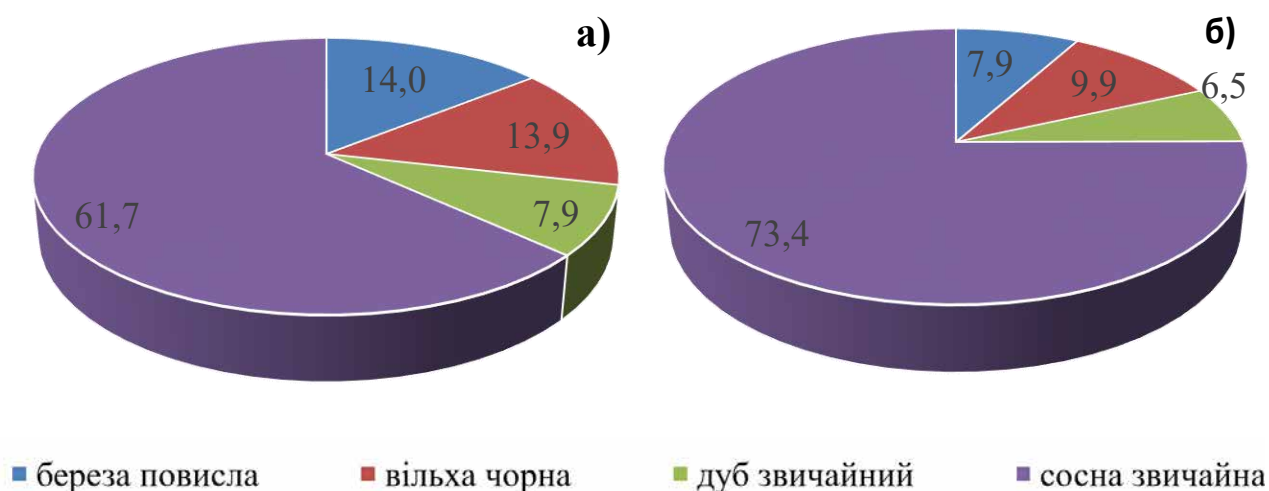


Рис. 3.4. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок:
а) по площі; б) по запасу

Згідно даних наведених на рис.3.4, більшу частину площі підприємства займають соснові насадження, а сосна звичайна є однією з основних лісотвірних порід підприємства. Також відносно широко представлені по площі такі деревні види: вільха чорна, береза повисла та дуб звичайний.

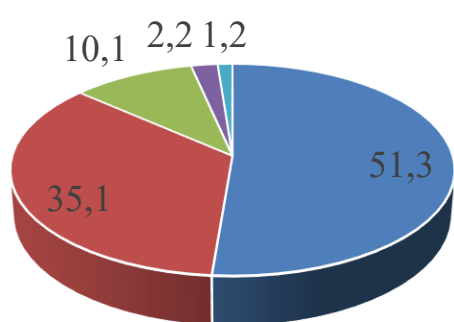
На рис. 3.5. наведено розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за групами віку.



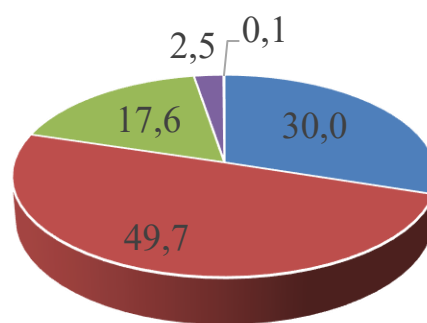
Рис. 3.5. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за групами віку

Як видно з наведених даних на рис.3.5, група віку молодняки займає 24 % площі вкритих лісовою рослинністю лісових земель, середньовікові – 37%, пристигаючі – 28%, а стиглі та перестійні – 10%. Відповідно розподіл площ лісових насаджень у підприємстві за групами віку є досить нерівномірним, оскільки найбільшу частину від загальної площі займають середньовікові та пристигаючі насадження, частка яких становить більше 65% від загальної площі насаджень підприємства.

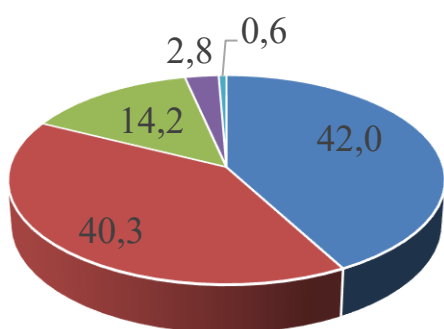
На рис. 3.6. наведений розподіл площ лісових насаджень підприємства за класами бонітету.



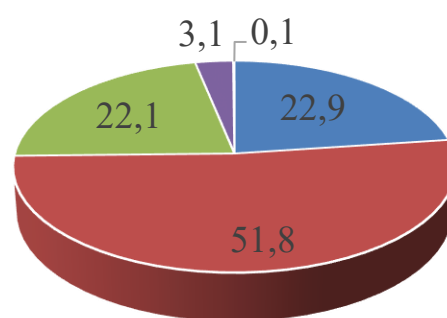
а)



б)



в)



г)

■ I і вище ■ II ■ III ■ IV ■ V і нижче

Рис. 3.6. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за класами бонітету та переважаючими деревними видами: а) *сосна звичайна*; б) *дуб звичайний*; в) *береза повисла*; г) *вільха чорна*

Як видно з даних наведених на рис. 3.6, що у підприємстві переважають високопродуктивні насадження, що зростають за II та вищими класами бонітету, малопродуктивних насаджень у підприємстві є всього лиш 2 % від загальної площі.

На рис.3.7. наведений розподіл за типами лісорослинних умов.

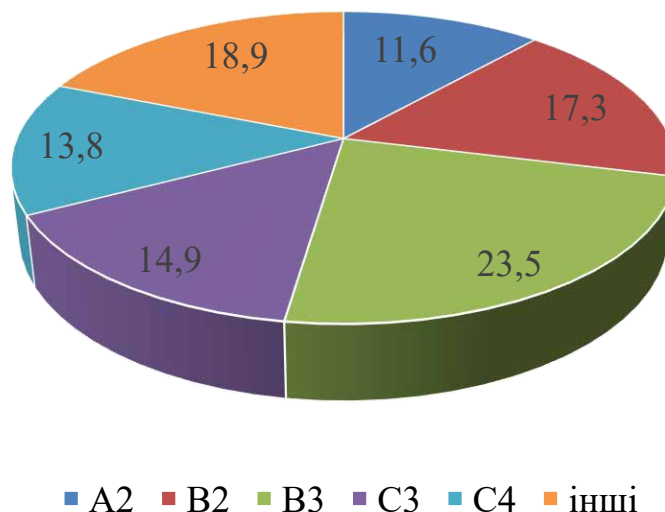


Рис. 3.7. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за типами лісорослинних умов.

Як видно з даних наведених на рис. 3.7, що за типами лісорослинних умов переважаючими є свіжий та вологий субір. Ці умови є досить сприятливими для вирощування сосни звичайної, яка є основною лісоутворюючою породою на підприємстві.

Розподіл земель лісогосподарського призначення за категоріями лісів наведений на рис.3.8.



Рис. 3.8. Розподіл площі лісових земель за категоріями лісів, %

Як видно з даних наведених на рис. 3.8, що найбільшу площу у підприємстві займають експлуатаційні ліси, а саме 63,1 %. Також значну площу займають ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення (27,6 %). Землі лісогосподарського призначення в цілому використовуються ефективно, із забезпеченням гармонійного поєднання використання лісів різного цільового призначення.

Висновки до 3-го розділу. Господарська діяльність філії Любомльське лісове господарство срямована на вирощування високопродуктивних деревостанів цінних порід та раціональне використання лісових ресурсів для отримання не лише деревини, а також недеревної продукції лісу.

Загальна площа земель підприємства становить 52 827,0 га, з яких ділянки вкриті лісовою рослинністю у підприємстві займають 91 % площ. Експлуатаційні ліси у підприємстві займають 63,1 %. Насадження штучного походження зростають на 52 % площ, а природного на 48 %. Найбільші площі у підприємстві займають соснові насадження, та становить 61,7 % від загальної площі всіх порід. Вікова структура насаджень у підприємстві є нерівномірною, а розподіл площ за віковими групами наступний: молодняки – 24,0 %, середньовікові – 37,1 %, пристигаючі – 28,4 %, стиглі та перестійні – 10,4 %. Переважна більшість насаджень у підприємстві є високопродуктивними, а саме понад 80 % насаджень зростають за II та вищим класом бонітету.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ РОСТУ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ

4.1. Характеристика дослідного матеріалу

Для проведення моделювання росту основних таксаційних показників соснових насаджень у філії «Любомльське лісове господарство» ДП «Ліси України» були згенеровані дані за класами віку та класами бонітету для насаджень штучного і природного походження. Середні показники, такі як висота, діаметр, запас та повнота наведені в табл. 4.1–4.2.

Таблиця 4.1

Динаміка таксаційних показників модальних соснових деревостанів штучного походження

Клас віку, років	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	Повнота
I клас бонітету				
I	2,4	2,4	14	0,73
II	5,6	7,1	43	0,76
III	10,3	13,2	113	0,80
IV	14,8	18,4	190	0,80
V	17,9	21,5	256	0,80
VI	20,1	23,9	314	0,82
VII	22,0	27,0	351	0,80
VIII	24,3	30,5	401	0,77
IX	26,0	32,0	388	0,72
X	26,7	47,8	359	0,67
XI	27,8	40,0	361	0,58
II клас бонітету				
I	2,4	2,2	12	0,74
II	4,8	5,7	38	0,75

Клас віку, років	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	Повнота
III	8,7	11,3	87	0,80
IV	12,2	15,5	147	0,80
V	15,4	19,3	210	0,80
VI	17,3	20,4	260	0,82
VII	18,9	23,5	297	0,81
VIII	21,3	27,0	341	0,80
IX	22,7	29,1	322	0,69
X	24,4	29,5	363	0,72
XI	25,4	36,4	332	0,62
III клас бонітету				
I	2,0	1,5	9	0,82
II	4,1	4,2	45	0,72
III	6,6	8,9	59	0,80
IV	10,4	13,3	113	0,80
V	12,2	15,9	145	0,80
VI	14,2	18,2	185	0,83
VII	15,9	21,9	220	0,81
VIII	18,2	25,5	236	0,76
IX	20,6	27,6	285	0,74
X	21,7	29,0	213	0,50

Дані, наведені у табл. 4.1, по середнім діаметру та висоті для I-III класів бонітету відповідають загальноприйнятим уявленням про динаміку їх зміни з віком. Що стосується зміни середнього запасу, то позитивна динаміка збільшення даного показника наявна до VIII-IX класу віку, тобто до моменту призначення насаджень у рубку головного користування.

У зв'язку з тим що ріст модальних соснових деревостанів за походженням має встановлені відмінності, було прийнято рішення, що моделювання основних таксаційних показників буде проводитися окремо за походженням. Дані наведені у табл. 4.2 для природних модальних соснових деревостанів, які будуть використані для моделювання залежностей зміни середніх таксаційних показників у підприємстві для I-III класів бонітету.

Таблиця 4.2

**Динаміка таксаційних показників модальних соснових деревостанів
природного походження**

Клас віку, років	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	Повнота
I клас бонітету				
I	2,2	2,8	9	0,72
II	5,1	6,6	45	0,73
III	11,2	14,8	115	0,75
IV	15,2	20,3	183	0,77
V	17,7	24,0	243	0,77
VI	20,1	25,6	286	0,78
VII	22,4	28,5	336	0,77
VIII	24,2	31,5	372	0,75
IX	25,8	32,8	377	0,71
X	27,4	36,5	356	0,62
XI	28,8	44,1	328	0,63
II клас бонітету				
I	1,9	1,7	11	0,69
II	5,3	6,4	41	0,72
III	8,4	10,9	79	0,77
IV	12,1	17,0	141	0,76

Продовження табл. 4.2.

Клас віку, років	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	Повнота
V	15,7	21,5	205	0,79
VI	17,6	22,7	241	0,78
VII	19,4	26,5	275	0,77
VIII	21,5	29,7	315	0,76
IX	23,0	31,4	304	0,68
X	24,4	35,4	283	0,62
XI	25,6	36,7	299	0,63
XII	24,6	39,2	318	0,63
XIII	27,3	42,9	281	0,54
III клас бонітету				
I	2,2	2,2	14	0,65
II	4,7	6,6	35	0,70
III	7,8	10,6	71	0,78
IV	11,2	15,0	108	0,77
V	12,6	16,9	135	0,75
VI	14,5	23,3	172	0,78
VII	16,5	24,8	196	0,74
VIII	18,2	27,3	216	0,72
IX	20,1	29,1	214	0,62
X	20,8	34,7	208	0,56
XI	22,1	32,5	216	0,57
XII	22,6	35,2	230	0,63
XIII	24,0	41,8	250	0,60
XV	22,7	30,4	265	0,65
XVII	23,0	43,2	188	0,70

Дані, наведені у табл. 4.2, по середніх діаметру та висоті для I-III класів бонітету відповідають загальноприйнятим уявленням про динаміку їх зміни з віком. Що стосується зміни середнього запасу, то позитивна динаміка збільшення даного показника наявна до VIII-IX класу віку для I-II класів, тобто до моменту призначення насаджень у рубку головного користування, а для III класу бонітету позитивна динаміка зберігається до XV класу віку.

4.2. Дослідження особливостей росту соснових насаджень

Пошук математичних моделей, що описують динаміку зміни основних таксаційних показників, найкраще здійснюється за допомогою відомих ростових функцій. Для моделювання вікової залежності відносних таксаційних показників деревостану була використана ростова функція Томазіуса, яка є наведеною нижче:

$$y = a_4 \cdot (1 - \exp(-a_1 x (1 - \exp(-a_2 x))))^{a_3}, \quad (4.1)$$

де y – залежна змінна;

x – незалежна змінна;

a_1, \dots, a_4 – коефіцієнти рівняння.

Моделювання динаміки запасів соснових деревостанів може проводитися шляхом обрахунку даних, отриманих раніше, шляхом апроксимації основних таксаційних показників [7, 23, 20], так і за допомогою графічного вирівнювання [22, 45].

Параметри математичних моделей розраховувалися на основі пошуку параметрів нелінійних моделей за допомогою методу найменших квадратів (*NLS, non-linear least squares*). Підібрані даним способом параметри рівнянь для визначення запасу штучних модальних деревостанів за класами бонітету наведено у табл. 4.3.

**Параметри рівняння визначення середнього запасу насаджень сосни
звичайної штучного походження**

Клас бонітету	Параметри рівняння			
	a_1	a_2	a_3	a_4
I	600,04	0,00011	0,00673	386,78
II	1012,2	0,00008	0,00461	357,20
III	558,74	0,00010	0,00627	259,18

Отримані параметри, які наведені у табл. 4.3, можуть бути використані при актуалізації даних лісовпорядкування. Графічна ілюстрація розроблених математичних моделей наведена на рис. 4.1.

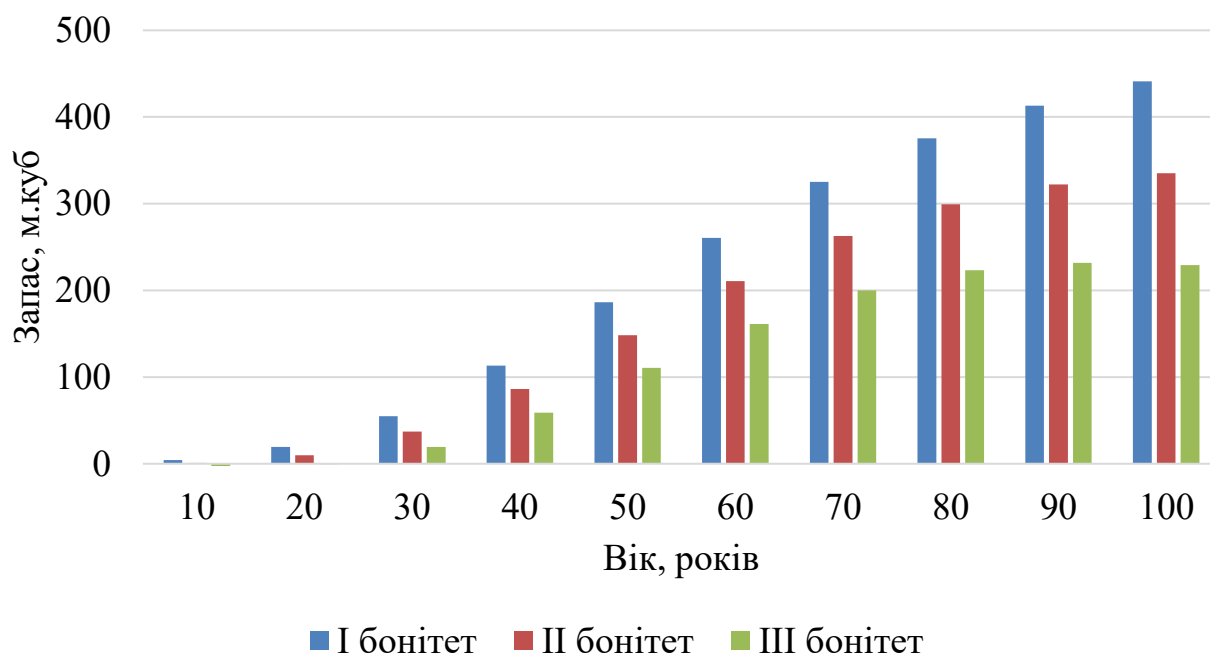


Рис. 4.1. Динаміка запасу соснових модальних деревостанів штучного походження

Як видно з даних рис. 4.1, що інтенсивне збільшення запасів у соснових насадженнях штучного походження відбувається при досяганні 80-ти річного віку, а далі інтенсивність знижується. Використавши аналогічний підхід, як і для

насаджень штучного походження, підібрані параметри математичних моделей для визначення запасу соснових насаджень природного походження (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Параметри рівняння визначення середнього запасу насаджень сосни
звичайної природного походження**

Клас бонітету	Параметри рівняння			
	a_1	a_2	a_3	a_4
I	1953,39	0,00006	0,00355	366,43
II	1077,56	0,00008	0,00490	305,69
III	1045,52	0,00008	0,00476	228,04

Графічна ілюстрація розроблених математичних моделей наведена на рис. 4.2.

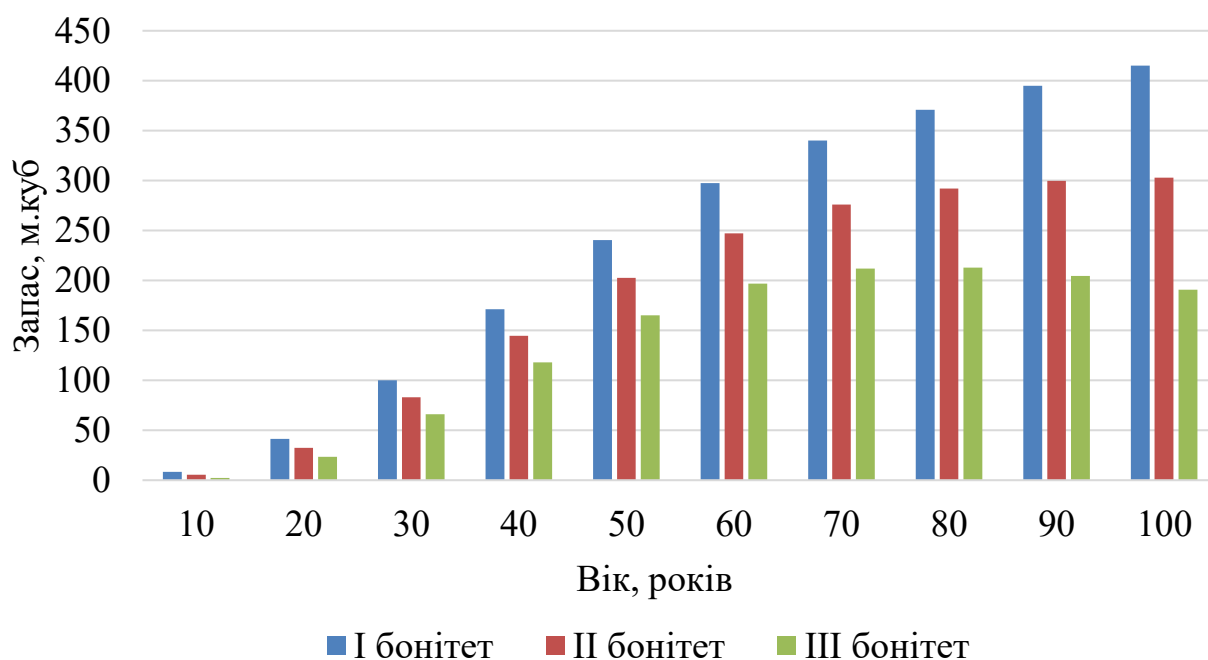


Рис. 4.2. Динаміка запасу модальних соснових деревостанів природного походження

Як видно з даних рис. 4.2, що інтенсивне збільшення запасу у соснових насадженнях природного походження відбувається до 70-80 річного віку, а далі інтенсивність знижується. Підібрані параметри математичних моделей для

визначення середньої висоти соснових насаджень штучного походження наведено у табл. 4.5.

Таблиця 4.5

**Параметри рівняння визначення середньої висоти насаджень сосни
звичайної штучного походження**

Клас бонітету	Параметри рівняння			
	a_1	a_2	a_3	a_4
I	0,01739	0,04088	1,0918	32,687
II	0,01149	0,04716	1,2593	35,471
III	0,00478	0,05653	1,5094	57,585

Графічна ілюстрація розроблених математичних моделей наведена на рис. 4.3.

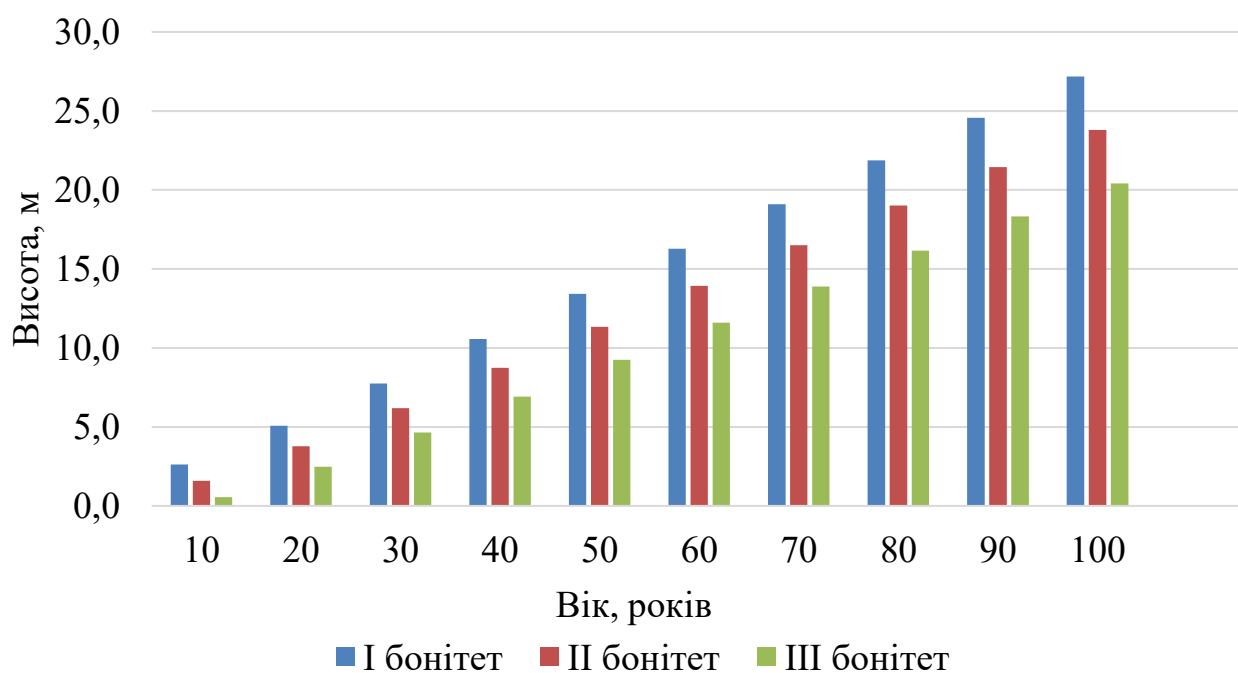


Рис. 4.3. Динаміка середньої висоти модальних соснових деревостанів штучного походження

Як видно з даних наведених на рис. 4.3, що ріст соснових насаджень штучного походження за висотою відповідає загальновідомим твердженням.

Підібрані параметри математичних моделей для визначення середньої висоти модальних соснових деревостанів природного походження наведено у табл. 4.6.

Таблиця 4.6

Параметри рівняння для визначення середньої висоти насаджень сосни звичайної природного походження

Клас бонітету	Параметри рівняння			
	a_1	a_2	a_3	a_4
I	0,01484	0,04467	1,1929	35,452
II	0,01517	0,04049	1,0812	31,020
III	0,01694	0,02546	1,5689	25,449

Графічна ілюстрація розроблених математичних моделей наведена на рис. 4.4.

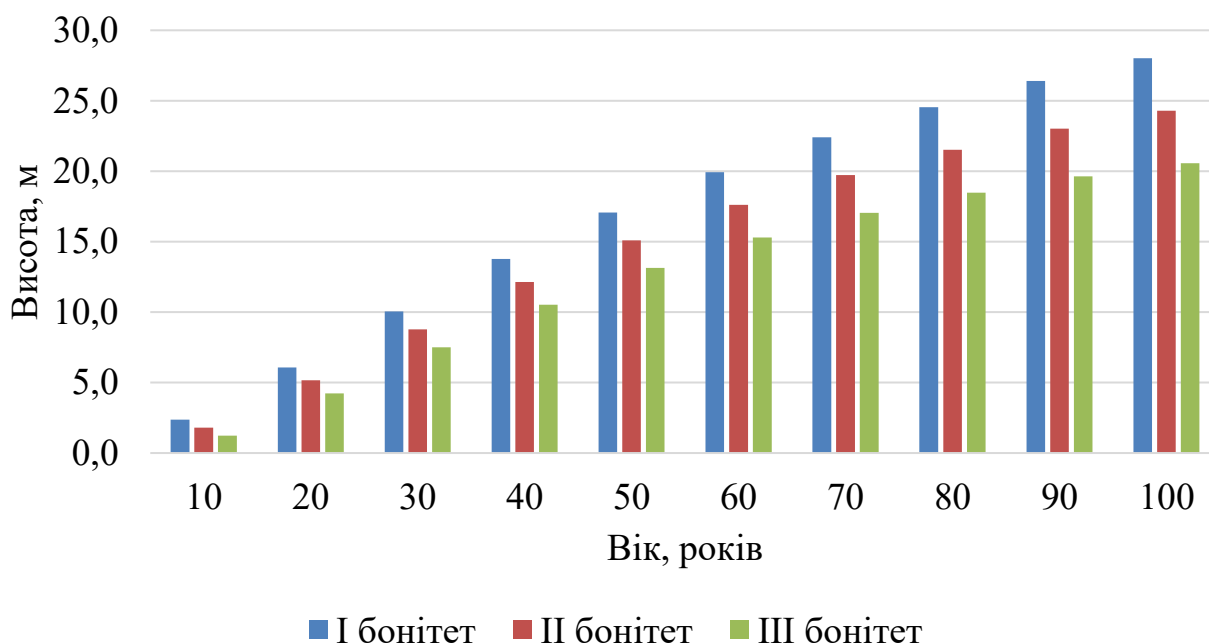


Рис. 4.4. Динаміка середньої висоти у соснових насадженнях природного походження

Як видно з даних наведених на рис. 4.4, що ріст соснових насаджень природного походження за висотою відповідає загальновідомим твердженням та зростає з віком. Підібрані параметри математичних моделей для визначення

середнього діаметра модальних соснових деревостанів штучного походження за класами бонітету наведено у табл. 4.7.

Таблиця 4.7

**Параметри рівняння визначення середнього діаметра насаджень сосни
звичайної штучного походження**

Клас бонітету	Параметри рівняння			
	a_1	a_2	a_3	a_4
I	0,00565	0,11037	0,89898	84,919
II	0,00569	0,10564	0,86044	73,4083
III	0,00688	0,07636	0,62197	59,5186

Графічна ілюстрація отриманих математичних моделей наведена на рис. 4.5.

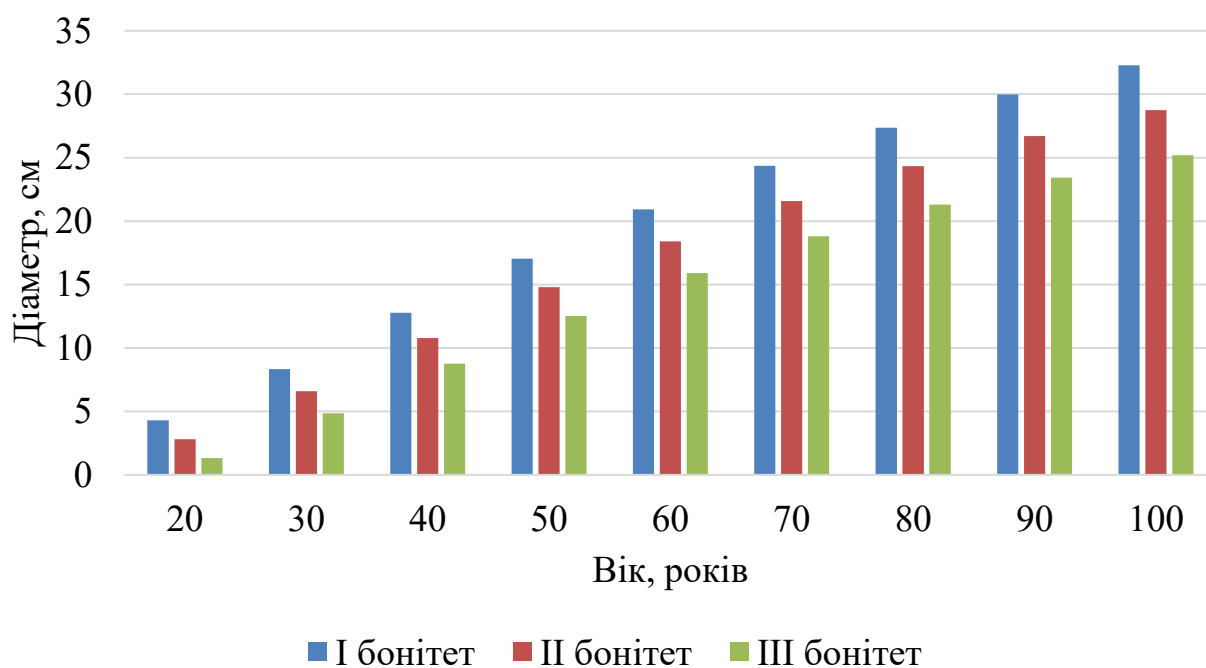


Рис. 4.5. Динаміка середнього діаметра модальних соснових насаджень штучного походження

Як видно з даних наведених на рис. 4.5, що ріст соснових насаджень штучного походження за діаметром інтенсивно зростає з віком та нагадує лінійну

залежність. Підібрані параметри математичних моделей для визначення середнього діаметра модальних соснових деревостанів природного походження за класами бонітету наведено у табл. 4.8.

Таблиця 4.8

Параметри рівняння для визначення середнього діаметра насаджень сосни звичайної природного походження

Клас бонітету	Параметри рівняння			
	a_1	a_2	a_3	a_4
I	0,00720	0,10850	0,88379	74,1418
II	0,00655	0,09273	0,75530	72,9004
III	0,00802	0,08426	0,68629	58,8550

Графічна ілюстрація розроблених математичних моделей наведена на рис. 4.6.

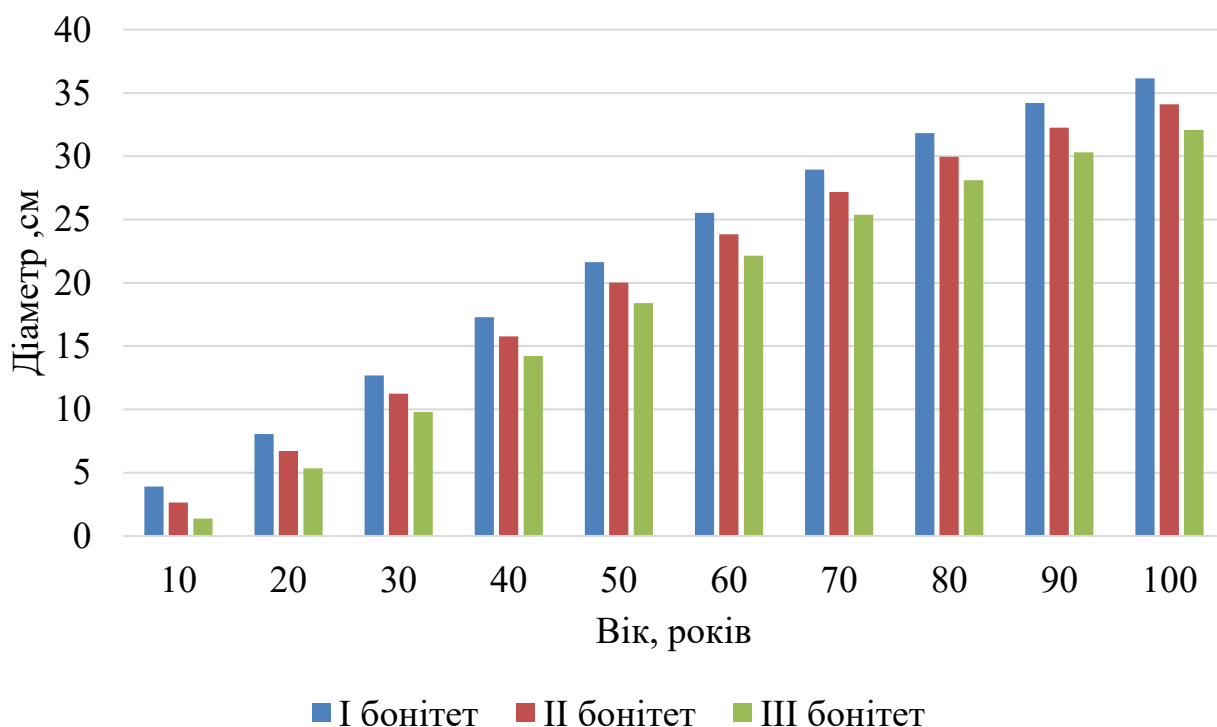


Рис. 4.6. Динаміка середніх діаметрів соснових насаджень природного походження

Як видно з даних наведених на рис. 4.6, що ріст соснових насаджень природного походження за середнім діаметром, так як і у штучних насаджень, практично нагадує пряму лінію. Порівняння отриманих результатів моделювання середнього запасу штучних та природних насаджень наведено на рис. 4.7.

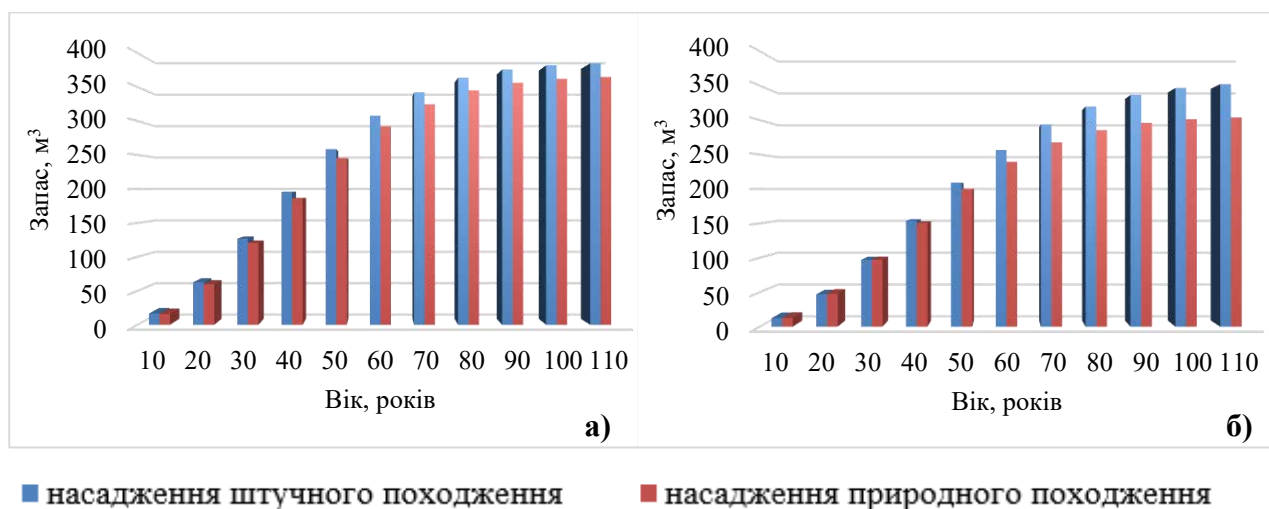


Рис.4.7. Порівняння запасів насаджень природного та штучного походження: а) I класу бонітету, б) II класу бонітету

Як видно з даних наведених на рис. 4.7, що у підприємстві насаджень штучного походження мають значно вищі середні запаси ніж насаджень природного походження. На рис. 4.8 наведена динаміка запасів насаджень сосни звичайної природного та штучного походження за середнім діаметром.

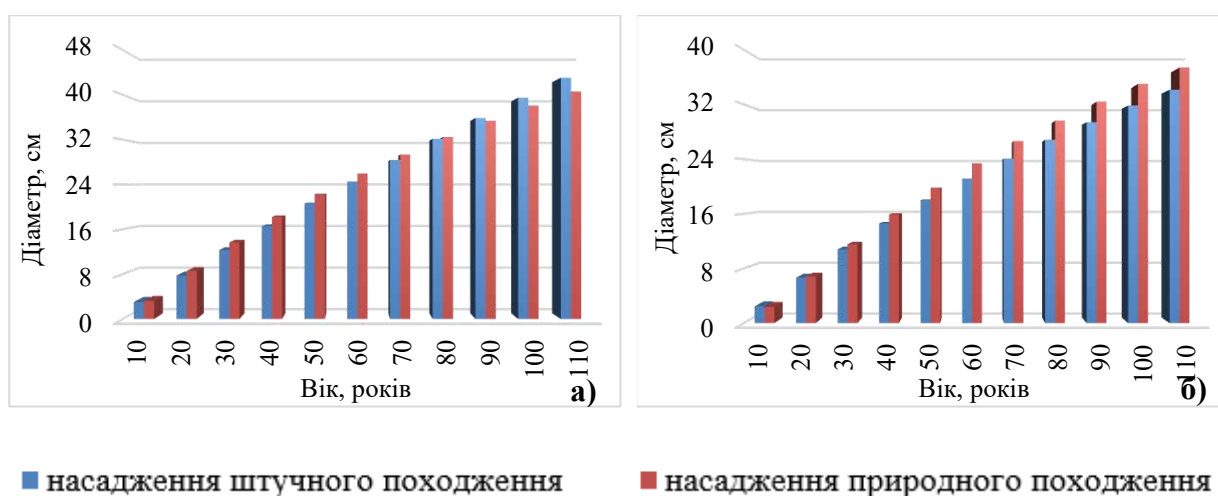


Рис.4.8. Порівняння середніх діаметрів насаджень природного та штучного походження: а) I класу бонітету, б) II класу бонітету

Як видно з даних наведених на рис. 4.8, що у підприємстві соснові насадження природного походження I класу бонітету до віку стиглості мають значно вищі середні діаметри ніж насадження штучного походження, а далі, після досягнення віку стиглості навпаки. У насадженнях II класу бонітету середній діаметр насаджень природного походження є вищим ніж штучних.

На рис. 4.9 наведена динаміка середніх висот природного та штучного походження .

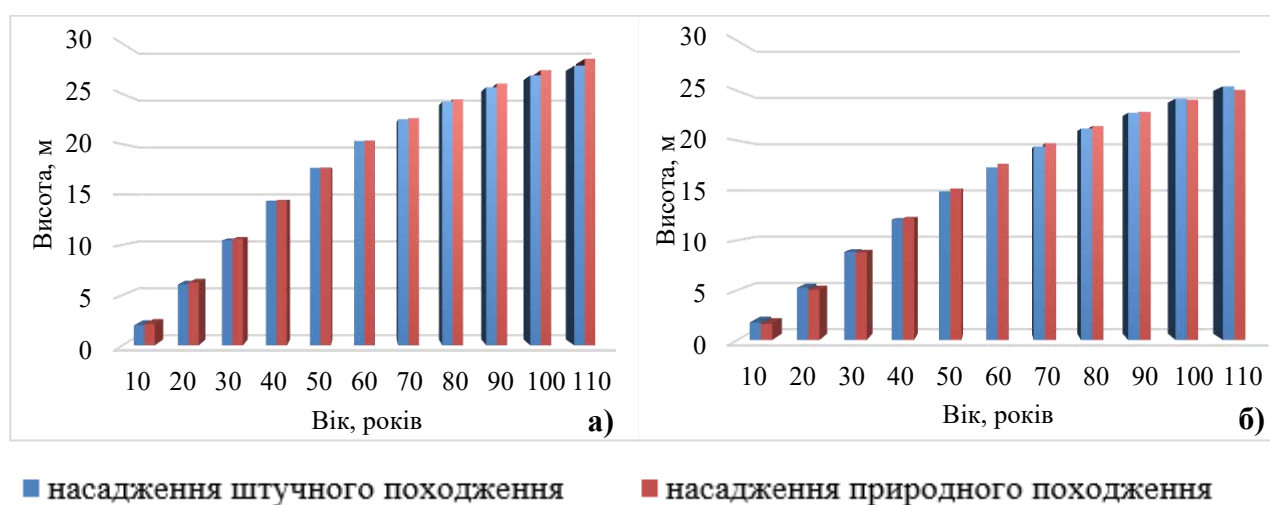


Рис.4.9. Порівняння середніх висот насаджень природного та штучного походження: а) I класу бонітету, б) II класу бонітету

Як видно з даних наведених на рис. 4.9, що ріст модальних соснових насаджень за середньою висотою як штучного так і природного походження практично однаковий. Це пояснюється тим, що бонітетні шкали, які використовуються для встановлення класу бонітету, на основі середньої висоти та віку, є ті самі – «для насаджень насінневого походження».

У табл. 4.9 наведено порівняння отриманих результатів динаміки середніх запасів модальних соснових насаджень різної продуктивності з даними нормальних насаджень.

**Порівняння особливостей росту модальних та нормальних соснових
деревостанів за середнім діаметром**

Клас віку	Модальні деревостани		Нормальні деревостани		Відхилення, %		
	Клас бонітету				I	II	Середнє
	I	II	I	II			
штучного походження							
II	7,9	6,7	8,4	6,6	-6,5	1,1	-2,7
III	12,6	10,8	12,3	9,6	2,5	11,3	6,9
IV	16,9	14,6	16	12,8	5,2	12,3	8,8
V	20,8	18,0	19,6	16	5,6	11,2	8,4
VI	24,4	21,2	22,8	19	6,4	10,2	8,3
VII	27,7	24,1	25,5	21,6	8,0	10,3	9,2
VIII	30,9	26,8	27,9	23,9	9,6	10,9	10,3
IX	33,8	29,4	29,9	25,8	11,6	12,3	12,0
X	36,6	31,9	31,7	27,6	13,5	13,4	13,4
XI	39,3	34,2	33,3	29,1	15,3	14,8	15,0
природного походження							
II	8,6	6,9	7,6	6,3	11,4	8,1	9,7
III	13,7	11,5	12	10,1	12,3	12,5	12,4
IV	18,2	15,9	16,1	13,7	11,6	13,8	12,7
V	22,3	19,8	19,9	16,9	10,6	14,8	12,7
VI	26,0	23,4	23,2	19,8	10,6	15,4	13,0
VII	29,3	26,7	26,3	22,5	10,3	15,6	13,0
VIII	32,5	29,6	29,2	25	10,1	15,7	12,9
IX	35,4	32,4	31,8	27,2	10,1	16,1	13,1
X	38,1	35,0	34,1	29,3	10,4	16,3	13,4
XI	40,6	37,4	36,2	31,1	10,8	16,9	13,8

Як видно з даних наведених у табл. 4.9, що є суттєві відхилення між середніми значеннями діаметрів у модальних та нормальних деревостанах. Отримані результати ще раз підтвердили важливість проведених досліджень та необхідність розробки регіональних таблиць ходу росту.

4.3. Поточний приріст соснових насаджень за запасом

Змодельовані насадження природного та штучного походження за основними таксаційними показниками наведені в табл. 4.10

Таблиця 4.10

Змодельовані основні таксаційні показники насаджень природного та штучного походження

Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Запас, м.куб	Повнота	Поточний загальний приріст, м ³
Природне насадження					
10	1,8	2,6	5	0,69	1,0
20	5,2	6,7	33	0,72	2,6
30	8,8	11,2	83	0,77	4,6
40	12,1	15,8	145	0,76	5,2
50	15,1	20,0	203	0,79	5,6
60	17,6	23,8	247	0,78	5,1
70	19,7	27,2	276	0,77	4,6
80	21,5	30,0	292	0,76	4,0
90	23,0	32,3	300	0,68	2,9
100	24,3	34,1	303	0,62	2,2
Штучне насадження					
10	1,6	-	4	0,74	1,5
20	3,8	2,8	10	0,75	4,2
30	6,2	6,6	37	0,80	6,3
40	8,7	10,8	86	0,80	7,2
50	11,3	14,8	148	0,80	7,5
60	13,9	18,4	211	0,82	7,6
70	16,5	21,6	263	0,81	6,7
80	19,0	24,3	299	0,80	5,8
90	21,4	26,7	322	0,69	3,8
100	23,8	28,7	335	0,72	3,6

Змодельовані поточні загальні прирости насаджень сосни звичайної природного походження наведені в табл. 4.11

**Показники загального поточного приросту на 1 га та по підприємству
насаджень природного походження**

Вік, років	Площа, га	Поточний загальний приріст, м ³	
		на 1 га	по підприємству
10	195,4	1	195
20	403,2	2,6	1048
30	493,0	4,6	2268
40	500,6	5,2	2603
50	1427,1	5,6	7992
60	2968,9	5,1	15141
70	1371,3	4,6	6308
80	1582,1	4	6329
90	761,7	2,9	2209
100	173,2	2,2	381

Як видно з даних наведених у табл. 4.11, найінтенсивніший ріст насаджень природного походження за приростом відбувається у віці 50-60 років, це видно за такими показниками як поточний загальний приріст на 1 га, за по загальній площі підприємства.

Змодельовані поточні загальні прирости насаджень сосни звичайної природного походження наведені в табл. 4.12

Таблиця 4.12

**Показники загального поточного приросту на 1 га та по підприємству
насаджень штучного походження**

Вік, років	Площа, га	Поточний загальний приріст, м ³	
		на 1 га	по підприємству
10	384,0	1,5	576
20	792,7	4,2	3329
30	969,2	6,3	6106
40	984,0	7,2	7085
50	2805,3	7,5	21040
60	5835,9	7,6	44353
70	2695,6	6,7	18060

вік, років	площа, га	поточний загальний приріст, м.куб	
		на 1 га	по підприємству
80	3110,0	5,8	18038
90	1497,2	3,8	5689
100	340,5	3,6	1226

Як видно з даних наведених у табл. 4.12, найінтенсивніший ріст насаджень штучного походження за приростом відбувається у такому ж віці, як і у природного походження, а саме у віці 50-60 років, проте сам приріст по запасу є вищим.

Згідно даних таблиць ми можемо бачити, що насадження штучного походження мають більші загальні поточні прирости ніж насадження природного походження, та у переведенні на загальні площі підприємства штучні мають більші запаси через значну відмінність насаджень штучного та природного походження за площами.

Висновки до 4-го розділу. При математичному моделюванні середніх таксаційних показників модальних соснових насаджень використаний метод найменших квадратів з використанням ростової функції Томазіуса. В результаті проведених досліджень отримано параметри математичних моделей для визначення середніх таксаційних показників по діаметру, висоті та запасу різної продуктивності. Також було визначено поточний загальний приріст на 1га насаджень штучного та природного походження, а також в цілому по підприємству. Встановлено суттєві відмінності в особливостях росту соснових насаджень залежно від їхнього походження.

У результаті проведеного порівняння динаміки середніх таксаційних показників модальних та нормальних соснових насаджень встановлено суттєві відмінності у закономірності росту модальних та нормальних насаджень.

ВИСНОВКИ

- Площа ділянок вкритих лісовою рослинністю становить 91 % від загальної площі підприємства.
- Насадження штучного походження зростають на 52 % площі, а природного на 48 %.
- У підприємстві площа експлуатаційних лісів становить 63,1 %, природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення – 27,6 %, захисних лісів – 7,6 %, лісів рекреаційно-оздоровчого призначення – 1,7 %.
- Соснові насадження зростають на 61,7 % площі ділянок вкритих лісовою рослинністю.
- За віковою структурою переважають середньовікові та пристигаючі насадження, які зростають на 65,5 % площ підприємства.
- Переважна більшість соснових насаджень у підприємстві є високопродуктивними (понад 86 %), високоповнотними та середньоповнотними (близько 99 %).
- Розроблено математичні моделі динаміки середніх таксаційних показників (діаметр, висота, запас) за класами бонітету та продуктивністю.
- Встановлено значні відмінності в особливостях росту модальних деревостанів за діаметром та запасом в залежності від походження.
- Встановлено суттєві відмінності в особливостях росту модельних та нормальних соснових деревостанів різної продуктивності та походження.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Розроблені математичні моделі для визначення середніх таксаційних показників модальних соснових деревостанів, у філії «Любомльське лісове господарство» ДП «Ліси України», рекомендуються до використання при актуалізації таксаційних показників БД «Таксаційна характеристика лісів» спеціалістами ВО «Укрдержліспроєкт».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hall D., Bailey R. Modeling and prediction of forest growth variables based on multilevel nonlinear mixed models. *Forest Science*. 2001. Vol. 47(3). p. 311-321.
2. Hall D., Clutter M. Multivariate multilevel nonlinear mixed effects models for timber yield predictions. *Biometrics*. 2004. Vol.60. p. 16-24.
3. Mitchell K. J. Simulation of the growth of even-ages stand of White spruce. Neu Haven : Yale Univ., p. 1-48.
4. Munro D. D. Forest growth models - a prognosis. In coll. : Growth models for tree and stand simulation. Stockholm. 1973. p. 7-19.
5. Weiskittel A. R., Hann D. W., Kershaw Jr J. A., Vanclay J. K. *Forest growth and yield modeling*. John Wiley & Sons, 2011. p. 253-264.
6. Атрощенко О.А. Автоматизированная система долгосрочного планирования лесопользования в Финляндии. *Лесное хозяйство*. 1980. № 12. С. 68-71.
7. Бала О. П. Б 20 Моделювання росту та продуктивності деревостанів твердолистяних деревних видів України. Монографія. К. : ЦП «КОМПРИНТ», 2019. 291 с.
8. Бала О. П. Система моделювання оцінки та прогнозу росту штучних мішаних дубових деревостанів лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд.с.-г. наук: спец 06.03.02. К., 2004. 21 с.
9. Белоус В. И. Способы выращивания сеянцев и создание культур бука в районах Правобережной лесостепи УССР : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук. К., 1962. 17 с.
10. Буш К. К., Иевинь И. К. Применение системного анализа в лесоведении. *Лесоведение*. 1975. № 1. С. 3-11.
11. Василюшин Р. Д. Ліси Українських Карпат: особливості росту, біологічна та енергетична продуктивність : монографія. К. : ТОВ «ЦП КОМПРИНТ», 2016. 418 с.

12. Генсерук С. А. Шевченко С. В., Бондарь В. С., Шеляг-Сосонко Ю. Г. Комплексное лесохозяйственное районирование Украины и Молдавии. К. Наук. Думка. 1981. 358 с. Постанова КМУ «Про затвердження Порядку поділу лісів на категорії».

13. Гірс О.А., Новак Б.І., Кашпор С.М. Лісовпорядкування: Підручник. К. «Арістей». 2004. 384 с.

14. Давидов М. В. Бонитет как единица таксационной класификации насаждений. Лесной журнал. 1968. № 4. С. 26-28.

15. Давидов М. В. Типы роста дубовых древостоев в Шиповом лесу. Лесной журнал. 1974. № 5. С. 3-7.

16. Давидов М. В. Типы роста и бонитирование насаждений : лекція. К. : УСХА, 1987. 40 с.

17. Давидов М. В. Типы роста сосновых лесов Европейской части СССР. Лесной журнал. 1977. № 4. С. 36-41.

18. Дыренков С. А. Лесоводство с позиции системного анали за. Лесоведение. 1975. № 6. С. 3-9.

19. Колосок О. М. Продуктивність і структура фітомаси штучних лісостанів ялини звичайної в українських Карпатах : дис... канд. с.-г. наук : спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування і лісова таксація». К., 2002. 143 с.

20. Лакида П. И. Модели роста и продуктивности искусственных древостоев сосны Полесья УССР : дис... канд. с.-х. наук : спец. 06.03.02. «Лесоустройство и лесная таксация». К., 1986. 202 с.

21. Лакида П. І., Володимиренко В.М. Штучні ялинові деревостани Українських Карпат - прогноз росту та продуктивності. Монографія. К. : ННЦІАЕ, 2008. 158 с.

22. Лакида П. І., Лашенко А.Г., Лашенко М.М. Біологічна продуктивність дубових деревостанів Поділля. Монографія. К. : ННЦ ІАЕ, 2006. 196 с.

23. Лакида П.І., Бала О.П. Актуалізація параметрів росту штучних дубових деревостанів лісостепу України: монографія. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гавришенко В.М., 2012. 196 с.

24. Лакида П.І., Терентьев А.Ю., Василишин Р.Д. Штучні соснові деревостани Полісся України – прогноз росту та продуктивності. Монографія. К.: ФОП Майдаченко І.С., 2012. 173 с.

25. Левин В. И. О бонитировании насаждений при лесоустройстве. Лесное хозяйство. 1962. № 9. С. 25-29.

26. Лиёпа И. Я. Системный подход и математическое моделирование в биогеоценологии. Ботанический журнал. 1971. Т. 56. С. 577-581.

27. Лищук М. Е. Рост и продуктивность насаждений мягколиственных древесных пород Украинского Полесья : автореф. дис. канд. с.-г. наук : 06.03.02. Харьков, 1988. 24 с.

28. Лісотаксаційний довідник / уклад. А. М. Білоус, С. М. Кашпор, В. В. Миронюк, В. А. Свинчук, О. М. – Дніпро: ЛПРА, 2020 364 с.

29. Науменко И. М. Ход роста порослевого и семенного дуба. Записки Воронежского сельскохозяйственного института. 1927. Т. VIII. С. 54-62.

30. Никитин К. Е. Лиственница в Украине. К. : Урожай, 1966. 330 с.

31. Никитин К. Е., Швиденко А. З. К вопросу о математическом моделировании в лесном хозяйстве. Тезисы докладов. Киев, 1973. С. 219-220.

32. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии Под. ред. А. З. Швиденко и др. К. : Урожай, 1987. 560 с.

33. Остапенко Б. Ф., Ткач В. П. Лісова типологія: навчальний посібник. Харків: 2002. 204 с.

34. Петренко М. М. Динаміка фітомаси та депонованого вуглецю штучних насаджень сосни Полісся України : дис... канд. с.-г. наук : спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування і лісова таксація». К., 2002. 167 с.

35. Поляков А. Н. Изучение хода роста модальных сосновых насаждений и установление их возраста спелости : автореф. дис... канд. с.-х. наук. : спец. М., 1959. 22 с.

36. Постанова КМУ «Про затвердження Порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF>

37. Проект організації та розвитку лісового господарства філії «Любомльське лісове господарство» ДА «Ліси України». Пояснювальна записка. Ірпінь : Видво геодезії та лісовпорядкування. 2012 270 с.

38. РБД «Таксаційна характеристика лісів». ВО «Укрдержліспроєкт». Ірпінь.

39. Свалов Н. Н. Методы составления таблиц классов бонитета. Лесное хозяйство. 1967. № 6. С. 26-34.

40. Свалов Н. Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования. М. : Лесная промышленность, 1979. 216 с.

41. Свалов Н. Н. Основные положения методики моделирования производительности древостоев. Сб. Научных трудов ЛитСХА. Каунас, 1983. С. 38-40.

42. Строжук В. Ф. Аналіз нормативного поділу лісів за функціональним призначенням. Аналітичний звіт. Київ. 2014. 47 с.

43. Строчинский А. А. Методическое и нормативно-информационное обеспечение системы регулирования продуктивности лесных насаждений на Украине : автореф. дис... в виде научн. доклада д-ра с.-х. наук : спец. 06.03.02. «Лесоустройство и лесная таксация». К., 1992. 70 с.

44. Строчинский А. А., Швиденко А. З., Лакида П. И. Модели роста и продуктивность оптимальных древостоев. К. : Издательство УСХА, 1992. 144 с.

45. Терентьев А. Ю. Система моделювання прогнозу росту штучних соснових лісостанів Полісся України: дис. на здобуття наук. ступеня канд.с.-г. наук: спец 06.03.02. К., 2010. 196 с.

46. Третьяков Н. В. Методика учета текущего и среднего приростов древостоев. Вопросы лесной таксации : сб. трудов ЦНИИЛХ. 1937. С. 4-44.

47. Федец И. Ф., Дзедзюля А. А. Динамика верхних высот сосновых древостоев по типам леса и бонитирование насаждений. Лесоводство и агролесомелиорация. 1983. № 66. С. 20-55..

48. Цурик Є. І. Таксація динаміки деревостанів: навчальний посібник, Львів : НЛТУ України. 2008. 345 с.

49. Швиденко А.З. Теоретические и экспериментальные обоснования системы инвентаризации горных лесов зоны интенсивного ведения хозяйства : автореф. дис... докт. с.-х. наук : спец. 06.03.02. К. : УСХА. 1981. 38 с.

50. Юдицкий Я. А. Моделирование закономерностей роста древостоев как основа обновления лесотаксационной информации : автореф. дисс... канд. с.-х. наук 06.03.02 «Лесоустройство и лесная таксация». К. : УСХА. 1982. 20 с.

ДОДАТКИ

Додаток А. Реалізація запиту до БД «Таксаційна характеристика лісів»

Запит А.1 Розподіл площ соснових насаджень філії «Любомльське лісове господарство» ДП «Ліси України» за основними таксаційними показниками (штучне походження)

Аркуш 1

Українське державне проектне лісовпорядне виробниче

06.05.2023 року

ПРО РЕАЛІЗАЦІЮ ЗАПИТУ

ВОЛИНЬСЬКА ОБЛАСТЬ Підпр. 13070207,13070211 Гол.пор. СОСНА ЗВИЧАЙНА Ярус
ЯРУС ДЕРЕВОСТАНУ Походж. НАСІННЕ ШТУЧНЕ ПОХОДЖЕННЯ

Клас віку	Повнота (середн)	Запас на 1га (куб м) (середн)	Висота (м) (середн)	Діаметр (см) (середн)
Бон. - 1				
1	0,73	14	2,43	2,38
2	0,76	43	5,55	7,07
3	0,8	113	10,34	13,16
4	0,8	190	14,82	18,42
5	0,8	256	17,94	21,54
6	0,82	314	20,07	23,88
7	0,8	351	22	26,98
8	0,77	401	24,29	30,46
9	0,72	388	26,04	31,95
10	0,67	359	26,7	47,76
11	0,58	361	27,8	40
Бон. - 1а				
1	0,71	12	2,19	1,68
2	0,78	82	7,89	8,26
3	0,8	142	12,51	15,99
4	0,8	217	16,34	19,85
5	0,81	301	20	24,4
6	0,82	377	22,85	27,32
7	0,8	413	24,66	30,08
8	0,8	462	27,36	35,15
9	0,74	489	28,77	31,39
Бон. - 1б				
3	0,84	153	12,7	14,28
4	0,84	291	19,48	24,56
5	0,81	329	22,75	26,14
6	0,85	422	24,19	29,27
7	0,84	530	28,3	36,8
Бон. - 1в				
3	0,83	202	15,4	18
4	0,85	361	20,8	25,2
Бон. - 1г				
3	0,8	224	17,2	25,4
Бон. - 2				
1	0,74	12	2,39	2,15

Продовження запиту А.1.

Аркуш 2

Клас віку	Повнота (середн)	Запас на 1га (куб м) (середн)	Висота (м) (середн)	Діаметр (см) (середн)
2	0,75	38	4,77	5,72
3	0,8	87	8,72	11,3
4	0,8	147	12,18	15,53
5	0,8	210	15,44	19,28
6	0,82	260	17,26	20,38
7	0,81	297	18,94	23,53
8	0,8	341	21,33	27
9	0,69	322	22,67	29,14
10	0,72	363	24,41	29,47
11	0,62	332	25,4	36,36
Бон. - 3				
1	0,82	9	2,03	1,49
2	0,75	45	5,57	7,22
3	0,8	59	6,64	8,91
4	0,8	113	10,41	13,27
5	0,8	145	12,24	15,85
6	0,83	185	14,23	18,15
7	0,81	220	15,91	21,9
8	0,76	236	18,16	25,5
9	0,74	285	20,63	30,63
10	0,5	213	21,73	29,01
Бон. - 4				
2	0,73	47	5,9	6,02
3	0,77	44	5,3	7,98
4	0,82	76	7,55	13,47
5	0,79	97	9,28	13,27
6	0,81	131	11,07	15,79
7	0,78	150	13,03	22,45
8	0,81	173	13,93	21,6
11	0,54	176	18,8	35,2
Бон. - 5				
2	0,7	32	4	5,9
5	0,72	67	7,65	14,54
6	0,69	72	8,58	12,4
7	0,79	124	10,8	21,2

Запит А.2. Розподіл площ соснових насаджень філії «Любомльське лісове господарство» ДП «Ліси України» за основними таксаційними показниками
(природне походження)

Аркуш 1

Українське державне проектне лісовпорядне виробниче

30.05.2023 року

ПРО РЕАЛІЗАЦІЮ ЗАПИТУ

ВОЛИНСЬКА ОБЛАСТЬ Підпр. 13070207,13070211 Гол.пор. СОСНА ЗВИЧАЙНА Ярус
ЯРУС ДЕРЕВОСТАНУ Походж. НАСІННЕ ПРИРОДНЕ ПОХОДЖЕННЯ

Клас віку	Повнота (середн)	Запас на 1га (куб м) (середн)	Висота (м) (середн)	Діаметр (см) (середн)
Бон. - 1				
1	0,72	9	2,24	2,83
2	0,73	45	5,07	6,62
3	0,75	115	11,16	14,78
4	0,77	183	15,2	20,34
5	0,77	243	17,69	23,95
6	0,78	286	20,11	25,57
7	0,77	336	22,44	28,53
8	0,75	372	24,21	31,52
9	0,71	377	25,78	32,83
10	0,62	356	27,41	36,48
11	0,63	328	28,81	44,05
Бон. - 1а				
1	0,7	5	1	
2	0,64	29	3,4	4,6
3	0,84	161	12,47	14,11
4	0,89	228	17,56	21,63
5	0,77	286	20,25	26,43
6	0,8	334	22,64	29,4
7	0,8	397	25,13	32,62
8	0,78	436	27,24	33,7
9	0,75	483	29,14	36,59
10	0,62	410	31,51	45,59
11	0,69	507	31,6	40
Бон. - 1б				
5	0,91	433	24,2	29,03
6	0,82	344	24,62	29,74
7	0,72	320	28,1	33,5
8	0,81	456	29,61	34,53
Бон. - 1в				
4	0,84	352	20,6	30
6	0,76	354	30,2	38,4
Бон. - 2				
1	0,69	11	1,89	1,67
2	0,72	41	5,28	6,37
3	0,77	79	8,36	10,9

Продовження запиту А.2.

Клас віку	Аркуш 2			
	Повнота (середн)	Запас на 1га (куб м) (середн)	Висота (м) (середн)	Діаметр (см) (середн)
4	0,76	141	12,11	17,01
5	0,79	205	15,69	21,47
6	0,78	241	17,58	22,66
7	0,77	275	19,43	26,54
8	0,76	315	21,45	29,72
9	0,68	304	22,99	31,37
10	0,62	283	24,41	35,35
11	0,63	299	25,6	36,74
12	0,63	318	24,64	39,21
13	0,54	281	27,25	42,9
Бон. - 3				
1	0,65	14	2,21	2,24
2	0,7	35	4,67	6,64
3	0,78	71	7,75	10,55
4	0,77	108	11,19	14,99
5	0,75	135	12,59	16,94
6	0,78	172	14,47	23,25
7	0,74	196	16,49	24,79
8	0,72	216	18,21	27,25
9	0,62	214	20,07	29,07
10	0,56	208	20,76	34,67
11	0,57	216	22,07	32,05
12	0,63	230	22,64	35,15
13	0,6	250	24,02	41,81
15	0,65	265	22,7	30,4
17	0,51	188	23	43,2
Бон. - 4				
2	0,66	19	3,49	5
3	0,71	45	4,27	6,24
4	0,68	60	7,03	8,97
5	0,69	101	10,12	19,17
6	0,7	114	11,64	17,9
7	0,66	137	12,99	22,56
8	0,59	132	15,18	34,41
9	0,69	153	15,54	23,61
10	0,65	184	17,26	26,07
11	0,62	177	18,55	26,61
12	0,69	204	19,8	29,57
13	0,47	156	19,48	31,97
15	0,58	178	20	30,4
16	0,67	226	20	23,2
Бон. - 5				
2	0,74	37	3,6	3,6
4	0,83	31	3,8	5,6
5	0,87	55	5,8	7,6
6	0,65	83	9,53	11,4
7	0,61	90	9,71	16,06
8	0,76	126	11,76	18,39
9	0,69	140	13,57	20,94
11	0,78	206	15,8	25,46
12	0,72	170	14,5	17

Продовження запиту А.2.

Аркуш 3

Клас віку	Повнота (середн)	Запас на 1га (куб м) (середн)	Висота (м) (середн)	Діаметр (см) (середн)
Бон. - 5а				
10	0,62	65	8,8	13,49
13	0,5	100	13	15,6
16	0,5	90	12	23,6
17	0,74	120	11	23,6
18	0,5	70	10	21,6
Бон. - 5б				
12	0,3	36	9	17,6
16	0,63	75	8,27	12,8

Запит А.3. Розподіл площі підприємства за категоріями лісів

Аркуш 1

Українське державне проектне лісовпорядне виробниче

31.05.2023 року

ПРО РЕАЛІЗАЦІЮ ЗАПИТУ			
ВОЛИНСЬКА ОБЛАСТЬ	Підпр. 13070211,13070207	Ярус	ПЕРШИЙ ЯРУС
Категорія лісів			Площа вид. (га)
Експлуатаційні ліси			30463,7
Захисні ліси			3679,8
Ліси природоох., наукового, історико-культур. призначення			13341,1
Рекреаційно-оздоровчі ліси			805
Усього			48289,60

Запит А.4. Розподіл площі підприємства за породами та їх походженням

Аркуш 1

Українське державне проектне лісовпорядне виробниче

31.05.2023 року

ПРО РЕАЛІЗАЦІЮ ЗАПИТУ

ВОЛИНСЬКА ОБЛАСТЬ Підпр. 13070207,13070211

Походж.	Площа вид. (га)
Гол.пор. - Акація біла	
Насінне природне походження	24,7
Насінне штучне походження	1,1
Разом по Гол.пор.	25,80
Гол.пор. - Береза повисла	
Вегетативне паросткове походження	2914,1
Насінне природне походження	3560,7
Насінне штучне походження	270,1
Разом по Гол.пор.	6744,90
Гол.пор. - Вільха чорна	
Вегетативне паросткове походження	6035,5
Насінне природне походження	543,6
Насінне штучне походження	230,4
Разом по Гол.пор.	6809,50
Гол.пор. - Горіх маньчжурський	
Насінне штучне походження	1,8
Разом по Гол.пор.	1,80
Гол.пор. - Горобина звичайна	
Насінне природне походження	0,5
Разом по Гол.пор.	0,50
Гол.пор. - Граб звичайний	
Вегетативне паросткове походження	42,3
Насінне природне походження	0,5
Разом по Гол.пор.	42,80
Гол.пор. - Дуб звичайний	
Вегетативне паросткове походження	130,9
Насінне природне походження	1415,9
Насінне штучне походження	2286,7
Разом по Гол.пор.	3833,50
Гол.пор. - Дуб червоний	
Насінне штучне походження	93,9
Разом по Гол.пор.	93,90
Гол.пор. - Клен гостролистий	
Насінне штучне походження	1,7
Разом по Гол.пор.	1,70
Гол.пор. - Липа дрібнолиста	
Вегетативне паросткове походження	4,3
Насінне природне походження	1,1
Насінне штучне походження	2,2
Разом по Гол.пор.	7,60

Продовження запиту А.4.

Походж.	Аркуш 2	Площа вид. (га)
Гол.пор. - Модрина європейська		
Насінне штучне походження		2,7
Разом по Гол.пор.		2,70
Гол.пор. - Осика		
Вегетативне паросткове походження		114
Насінне природне походження		43,9
Разом по Гол.пор.		157,90
Гол.пор. - Сосна банкса		
Насінне штучне походження		5,8
Разом по Гол.пор.		5,80
Гол.пор. - Сосна зв. в осередках кор. губ.		
Насінне природне походження		21
Насінне штучне походження		567,2
Разом по Гол.пор.		588,20
Гол.пор. - Сосна звичайна		
Насінне природне походження		10047,4
Насінне штучне походження		19749,9
Разом по Гол.пор.		29797,30
Гол.пор. - Тополя біла		
Насінне штучне походження		1,6
Разом по Гол.пор.		1,60
Гол.пор. - Тополя канадська		
Насінне штучне походження		2,2
Разом по Гол.пор.		2,20
Гол.пор. - Тополя чорна		
Вегетативне паросткове походження		4,4
Разом по Гол.пор.		4,40
Гол.пор. - Ялина європейська		
Насінне природне походження		21,1
Насінне штучне походження		178,3
Разом по Гол.пор.		199,40
Гол.пор. - Ясен звичайний		
Вегетативне паросткове походження		37,5
Насінне природне походження		22,1
Насінне штучне походження		21,9
Насінне штучне походження		21,9
Разом по Гол.пор.		103,40
Усього		48424,90