

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

АЛЕКСЮК ІГОР ЛЕОНТІЙОВИЧ

УДК 630*231:630*56:630*17:582.475.4(477.4/.8)

**ПРОГНОЗУВАННЯ РОСТУ ПРИРОДНИХ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ
ПОЛІССЯ УКРАЇНИ**

06.03.02 – лісовпорядкування і лісова таксація

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор сільськогосподарських наук, професор
Лакида Петро Іванович,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
директор Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Миклуш Степан Іванович,
Національний лісотехнічний університет України,
директор Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства

кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Букша Ігор Федорович,
Український ордена «Знак Пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, завідувач лабораторії моніторингу і сертифікації лісів

Захист відбудеться «___» грудня 2015 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.09 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ–41, вул. Генерала Родімцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ–41, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розісланий «___» листопада 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А. Г. Лашенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Щорічне проведення безперервного лісовпорядкування забезпечує отримання інформації щодо стану та динаміки лісового фонду держави. Водночас якість отриманих даних залежить від об'єктивності розроблених систем прогнозу росту деревостанів. Значна кількість деревних видів, які зустрічаються на території України в поєднанні з відмінностями в кліматичних і ґрунтових умовах обумовлює необхідність створення окремих систем прогнозу росту в межах одного деревного виду. Розробка систем прогнозу росту окремих категорій деревостанів за умови виконання повноцінного обґрунтування для їх виділення забезпечить підвищення точності прогнозування таксаційних показників. Значну частину таких систем для деревостанів основних порід (сосна, ялина, дуб, береза, вільха тощо) за регіонами їх росту й походженням уже опрацьовано і передано виробництву (Бала О. П., 2004; Володимиренко В. М., 2006; Терентьев А. Ю., 2010; Атаманчук Р. В., 2012; Оборська А. Е., 2012 та інші). Створення та підтримка повноцінної системи актуалізації таксаційних показників дасть можливість отримати достовірну та найбільш повну інформацію про стан модальних деревостанів.

Деревостани сосни звичайної природного походження Полісся України порівняно зі штучними характеризуються меншою інтенсивністю росту за висотою у молодому віці і водночас стиглі деревостани сосни звичайної не мають відмінностей у таксаційних показниках залежно від їх походження. Зважаючи на значні відмінності у рості та розвитку природних сосняків Полісся України, постає необхідність проведення системного дослідження особливостей динаміки та прогнозу росту цієї категорії деревостанів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Представлені дисертаційні дослідження безпосередньо пов'язані з науковими дослідженнями, що виконувалися кафедрою лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України в межах держбюджетної теми: «Проблеми сталого використання лісових ресурсів в умовах глобальних змін клімату» (№ держреєстрації 0114U000651).

Мета і задачі дослідження. Метою проведення дисертаційного дослідження є розробка системи нормативно-довідкових матеріалів для таксації модальних деревостанів сосни звичайної природного походження Полісся України. Для створення однорідності в експериментальних даних необхідно розробити динамічну бонітетну шкалу. Динамічна бонітетна шкала забезпечить повноцінне відображення особливостей природного ряду росту аналізованої категорії деревостанів.

Досягнення поставленої мети можливе у разі виконання наступних задач:

– розробити динамічну бонітетну шкалу, яка забезпечить повноцінне відображення природного ряду росту деревостанів і унеможливить зміну класу продуктивності (бонітету) під час їх росту;

- розробити таблиці ходу росту модальних соснових деревостанів природного походження Полісся України на основі динамічних класів бонітету;
- розробити систему прогнозування росту соснових деревостанів природного походження Полісся України за основними таксаційними показниками.

Об'єктом дослідження є процеси росту природних деревостанів сосни звичайної Полісся України.

Предметом дослідження є закономірності зміни таксаційних показників із віком у природних деревостанах сосни звичайної Полісся України.

Методи дослідження. Теоретичні та методичні дослідження виконувалися на засадах системного підходу щодо вивчення об'єкту дослідження із застосуванням сучасної комп'ютерної техніки та програмного забезпечення. Значну частину використовуваних програм розроблено власноруч для виконання швидкої та якісної обробки інформації. Визначення взаємозв'язків та моделювання таксаційних показників деревостанів виконувалось на основі даних тимчасових пробних площ і бази даних «Повидільна таксаційна характеристика лісів» ВО «Укрдержліспроект». Обчислення показників для оцінювання рядів розподілу здійснювалось статистичними методами із застосуванням програмного пакету «Statistica 6». Оцінювання об'єктивності отриманих моделей динаміки та прогнозу росту деревостану проведено за допомогою стандартних методів математичної статистики та шляхом порівняння з існуючими моделями динаміки таксаційних показників модальних деревостанів.

Наукова новизна одержаних результатів. Основні положення дисертаційної роботи, які визначають наукову новизну, полягають у наступному:

уперше:

- побудовано динамічну бонітетну шкалу для природних сосняків Полісся України;
- розроблено систему математичних моделей динаміки таксаційних показників: середньої висоти, середнього діаметра, видового числа, частки складу головної породи, динаміки запасу залежно від віку та класу бонітету;
- розроблено систему математичних рівнянь для прогнозування росту деревостану за основними таксаційними показниками, які можуть бути використані для актуалізації лісотаксаційних даних;

удосконалено:

- методичний підхід щодо статистичного обґрунтування необхідності поділу природних соснових деревостанів залежно від їхнього складу;
- систему для оброблення, пошуку та аналізу лісовпорядної інформації із застосуванням розробленого програмного забезпечення;

отримало подальший розвиток дослідження динаміки таксаційних показників модальних деревостанів на засадах системного підходу.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати досліджень дозволяють вирішувати виробничі й наукові завдання та можуть бути рекомендовані для використання:

- динамічна бонітетна шкала соснових деревостанів природного походження Полісся України;
- таблиці ходу росту модальних деревостанів сосни звичайної природного походження Полісся України і комплекс математичних рівнянь динаміки основних таксаційних показників;
- система прогнозування росту соснових деревостанів для актуалізації основних таксаційних показників бази даних «Лісовий фонд України».

Розроблена динамічна бонітетна шкала забезпечує належну точність поділу деревостанів за класами бонітету, зважаючи на застосування верхніх висот намету під час її розробки. В основу створення таблиць ходу росту модальних деревостанів покладено їх групування на основі динамічних класів бонітету, що забезпечило однорідність експериментальних даних і дозволило провести оцінювання стану та динаміки таксаційних показників природних сосняків Полісся України. Система прогнозування росту деревостану на основі комплексного підходу дозволяє підвищити якість прогнозування показників із врахуванням взаємозв'язку між ними. Створений комплекс забезпечує повноцінне та якісне прогнозування росту соснових деревостанів природного походження Полісся України, який може використовуватися під час актуалізації бази даних «Лісовий фонд України».

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні аналізу літературних джерел, збору та камеральної обробки експериментальних даних. Опрацьовані теоретичні та методичні підходи оцінки динаміки таксаційних показників деревостану. Розроблено математичні моделі динаміки та прогнозу росту соснових деревостанів природного походження Полісся України, за основними таксаційними показниками. Здобувачем сформульовані основні положення, висновки та пропозиції виробництву.

Апробація результатів дисертації. Основні результати та теоретичні положення дисертаційної роботи було оприлюднено з отриманням позитивних відгуків на міжнародній науково-практичній конференції Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ліси, парки, технології: сьогодення та майбутнє» (Київ, 2013 р.); II міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених Національного університету біоресурсів і природокористування України «Актуальні проблеми науки про життя та природокористування» (Київ, 2013 р.); міжнародній науково-практичній конференції Національного університету біоресурсів і природокористування України «Лісове і садово-паркове господарство XXI сторіччя: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» (Київ, 2014 р.); 62-й науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2011 році Національного лісотехнічного університету України «Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем» (Львів, 2012 р.).

Публікації. Основні положення наукових досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано у 10 наукових працях, з яких: 5 статей у

наукових фахових виданнях України (із них одна стаття опублікована у науковому виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази даних), одна стаття у науковому періодичному виданні іншої країни та 4 публікації у тезах наукових доповідей.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел і додатків. Результати досліджень викладено на 156 сторінках комп'ютерного тексту, в тому числі основного тексту 107 сторінок. Цифровий матеріал представлено в 19 таблицях, графічні дані ілюстровано 39 рисунками. Список використаних джерел містить 159 найменувань, із них 12 – латиною. Додатки складаються з 13 таблиць і 4 рисунків розміщених на 30 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Розділ 1 Методичні засади моделювання росту деревостанів. Застосування системного підходу як напрямку методології наукового пізнання сприяє об'єктивному формулюванню сутності досліджуваної проблеми і дозволяє виявити закономірності і механізми утворення складного об'єкта. Системний підхід широко використовують у біології, екології, економіці, кібернетиці та інших природничих та технічних науках. Застосування системного підходу для вивчення динаміки таксаційних показників деревостанів мало місце у дослідженнях і публікаціях значної кількості вчених: О. О. Атрощенко (1986), В. В. Антанайтіса (1976), К. К. Буша (1975), С. А. Диренкова (1975), І. Я. Лієпи (1971), А. А. Ляпунова (1975), К. Є. Нікітіна, А. З. Швиденка (1978).

Моделювання процесів росту в деревостанах потребує проведення групування даних відповідно до природних рядів. Незважаючи на значну диференціацію та індивідуальність росту, особливості розвитку окремих дерев у деревостані, основним завданням під час складання таблиць ходу росту (ТХР) є виявлення загальних закономірностей притаманних деревостану. Існує ряд дискусій щодо переваг і недоліків групування експериментальних даних на типологічній або бонітетній основах. Використання середньої висоти залежно від віку деревостану є найбільш застосовуваним методом групування експериментального матеріалу (Багинский В. Ф., 1980; 1984; 2007; 2012; Дударев А. Д., 1960; Давидов М. В., 1968; 1974; 1987; Моисеенко Ф. П., 1965; Левин В. И., 1962). На думку М. М. Свалова (1978), висока точність таблиць ходу росту може бути досягнута лише за розробки нормативів для окремих лісорослинних районів, класів бонітету та порід. Більшість думок науковців зводиться до розробки динамічних бонітетних шкал, які дозволять відобразити динаміку природного ряду розвитку деревостанів та уникнути статичності. Інакше кажучи, бонітетні шкали мають бути динамічними, що дозволить створити надійну класифікаційну основу для таблиць ходу росту деревостанів. Верхня висота деревостану, на відміну від середньої, не залежить від господарської діяльності, а також на цей показник не має значного впливу міжвидова та видова конкуренція у деревостані. Середня висота є ненадійним показником, коли

Йдеться про співставлення деревостанів за їх природними рядами розвитку. На доцільність використання верхньої висоти під час порівняння деревостанів, які зазнали значного зрідження за рахунок рубок формування та оздоровлення вказував і М. М. Орлов (1929). Серед науковців існує декілька думок щодо визначення верхньої висоти деревостану: на основі сталої кількості (50, 100, 200 шт.) чи частки (10, 20 %) дерев з максимальним діаметром. У світовій практиці досі не існує єдиного підходу до визначення цього показника.

Розділ 2 Характеристика регіону досліджень та дослідних даних. Межа Поліської зони є чіткою, вона проявляється у рельєфі, рослинності та ґрунтах. Рельєф Полісся сформований внаслідок воднольодовикових та алювіальних відкладів, є низинним із високим рівнем ґрунтових вод і густою гідрологічною сіткою. Характерним елементом природи Полісся є широкі заболочені річкові долини, болота та перезволожені землі. Клімат Полісся помірно-континентальний з вологим літом та м'якою зимою. В літній період характерною є висока інтенсивність сонячної радіації з незначним переміщенням повітряних мас. У зимовий період частими є відлиги, ожеледиці, хуртовини.

Характеристику лісового фонду Полісся України проведено на основі бази даних ВО «Укрдержліспроект» Держлісфонду станом на 01.01.2011 р. Вкриті лісовою рослинністю ділянки Полісся представлені в основному сосновими деревостанами, які становлять 62 % від загальної площі. Поширеними є також деревостани берези повислої – 14 %, дуба звичайного – 10 %, вільхи клейкої – 8 %, тополі тремтячої – 1 %, ялини європейської – 1 %. Поліська природна зона багата на інтродуценти та інші деревні види, які мають значне різноманіття (близько 40 шт.), площа яких становить 85 тис. га, що дорівнює 4 % від загальної площі вкритих лісовою рослинністю ділянок аналізованої природної зони. Основна частина деревостанів Полісся зростає за I і II класами бонітету, частки яких становлять 38 % і 32 % від площі вкритих лісовою рослинністю ділянок. Найбільша частина території Полісся припадає на середньовікові (44 %) і пристиглі (23 %) деревостани, а відносна повнота становить 0,8 (36,3 %) і 0,7 (34,7 %), що сумарно складає 71 % від площі лісового фонду.

Проведений відбір лісових ділянок, які зайняті сосновими деревостанами природного походження, дозволив сформувати вибірку площею 508,3 тис. га. Під час проведення верифікації отриманої інформації з останньої були видалені ділянки з грубими помилками і остаточно вибірка за площею становила 503,4 тис. га та 161,6 тис. шт. записів за кількістю виділів.

Природні соснові деревостани зростають за їх типових умов. За гігротопом вони переважають у свіжих (33,1 %), вологих (42,4 %) та сирих (14,4 %) типах лісорослинних умов. За трофністю природні насадження сосни звичайної домінують у суборевих (72,4 %), дещо менше у борових (20,7 %) та судібровних (6,9 %) ТЛУ. Фрагментарно трапляються у нетипових для сосняків дібровах (0,005 %) як домішка у твердолистяних деревостанах. Сосняки майже не утворюють складних деревостанів (0,2 % від площі), і, зазвичай, зростають за наявності лише першого ярусу деревостану (52 %), підліску (21 %) або підросту

(7 %). Досить часто зустрічаються деревостани, в яких присутній як підлісок, так і підріст (10 %). За показниками бази даних ВО «Укрдержліспроєкт», значна частина лісостанів містить у собі сухостійні дерева (4 %).

Моделювання прогнозу росту соснових деревостанів природного походження Полісся України потребує якісного експериментального матеріалу. Значний обсяг інформації повидільної бази даних не може задовольнити всі потреби під час моделювання. Тому, найбільш об'єктивним є поєднання таксаційної характеристики виділів із матеріалами тимчасових пробних площ, які мають більш повну таксаційну інформацію про деревостани на відміну від повидільної бази даних.

Основну частину пробних площ для проведення досліджень отримано з бази даних кафедр лісової таксації та лісовпорядкування, лісового менеджменту НУБіП України. Критерієм відбору пробних площ слугувало, перш за все, географічне розташування, походження і переважання головної породи сосни звичайної у складі ярусів. Загальна кількість експериментального матеріалу складає 161 пробну площу. Експериментальний матеріал репрезентує віковий проміжок від 9 до 136 років сосняків природного походження Полісся України. Слід відзначити, що зібраний експериментальний матеріал репрезентує соснові деревостани природного походження всіх адміністративних областей. Значну частину пробних площ закладено у Житомирській (86 шт.) і Рівненській (34 шт.) адміністративних областях, що дозволяє представити ці деревостани на пропорційній основі.

Зібраний експериментальний матеріал на основі тимчасових пробних площ, а також повидільної характеристики деревостанів за даними бази даних ВО «Укрдержліспроєкт» забезпечує повноцінну репрезентацію динаміки таксаційних показників соснових деревостанів природного походження Полісся України.

Розділ 3 Моделювання таксаційних показників природних деревостанів сосни звичайної. Моделювання таксаційних показників потребує, насамперед, вивчення об'єкта дослідження, а також поділу генеральної сукупності на однорідні частини, що забезпечить зменшення варіації в групах і дозволить розробити більш точні моделі ходу росту. Досить поширеним методом утворення однорідності в експериментальних даних є поділ на основі участі головної породи у складі деревостану на чисті та мішані. Доцільність поділу соснових деревостанів природного походження Полісся України на чисті та мішані має підтверджуватися статистичними критеріями. Це дозволить підтвердити гіпотезу про значні відмінності показників утворених груп або спростувати необхідність їх виділення.

Для виконання дослідження базу даних соснових деревостанів природного походження Полісся України було агреговано в три групи (табл. 1), залежно від участі у складі головної породи (сосни звичайної): до першої групи належать деревостани за участю сосни звичайної у складі 10 одиниць (надалі позначаються як 10Сз); до другої – за участю 9 і 8 одиниць (надалі позначаються як 98Сз); до третьої – деревостани, в яких сосні звичайній належить 7 і менше одиниць у складі (надалі позначаються як 3М).

**Середні таксаційні показники соснових деревостанів природного походження
Полісся України за утвореними групами**

Група за часткою участі	Площа, га	Кількість ступенів свободи	Середні таксаційні показники				
			вік, років	висота, м	діаметр, см	запас на 1 га, м ³	повнота ярусу
10Сз	209282	69140	75	21,7	28,7	307	0,69
98Сз	141920	43134	69	21,0	27,2	280	0,71
ЗМ	151972	49256	61	18,7	24,6	215	0,70

Утворені групи розподілені майже рівномірно за площею і кількістю виділів (кількість ступенів свободи) за деяким переважанням першої групи (10Сз). Середні таксаційні показники в групах змінюються, залежно від частки головної породи у складі деревостану. Група за участю головної породи у 10 одиниць має найвищі середні показники віку, висоти, діаметра та запасу на 1 га. У групі (ЗМ) за найменшої участі головної породи середній вік деревостану на 14 років є меншим порівняно з групою 10Сз і на 8 років із групою 98Сз. Відносна повнота в утворених групах не має значних відмінностей. Аналізуючи середні таксаційні показники утворених груп, слід відзначити характерні відмінності у значеннях середнього віку деревостану. Чисті сосняки характеризуються найбільшим значенням середнього віку, що призвело до відмінностей в інших аналізованих показниках (середньої висоти, середнього діаметра та запасу). Водночас простежується пряма залежність участі головної породи у складі ярусу від віку, що може бути пов'язане з особливостями розвитку природних сосняків Полісся України.

Для встановлення статистичного обґрунтування значущості різниці між таксаційними показниками деревостанів проведено аналіз за *F*-критерієм Фішера. Виконаний аналіз у межах класів віку не дозволяє встановити відмінності у групах. За *F*-критерієм спостерігається чітка відмінність у запасах деревостанів між групами 10Сз і ЗМ, також між 10Сз і 98Сз у віковому проміжку II–X класів віку. За іншими таксаційними показниками статистично значуща різниця присутня в окремих класах віку і за різної участі. До того ж, відсутність різниці у суміжних класах віку не дозволяє встановити відмінності за іншими таксаційними показниками.

Більш детально проведено кластерний аналіз показників у межах коефіцієнта складу головної породи (сосни звичайної), який передбачає утворення однорідних кластерів (груп) на основі геометричної віддалі між показниками. Використано тип розрахунку віддалей – «Евклідова відстань», а правилом об'єднання є метод Варда:

$$\text{відстань}(x, y) = \left[\sum_i (x_i - y_i)^2 \right]^{0,5}. \quad (1)$$

Результати кластерного аналізу наведено на рис. 1.

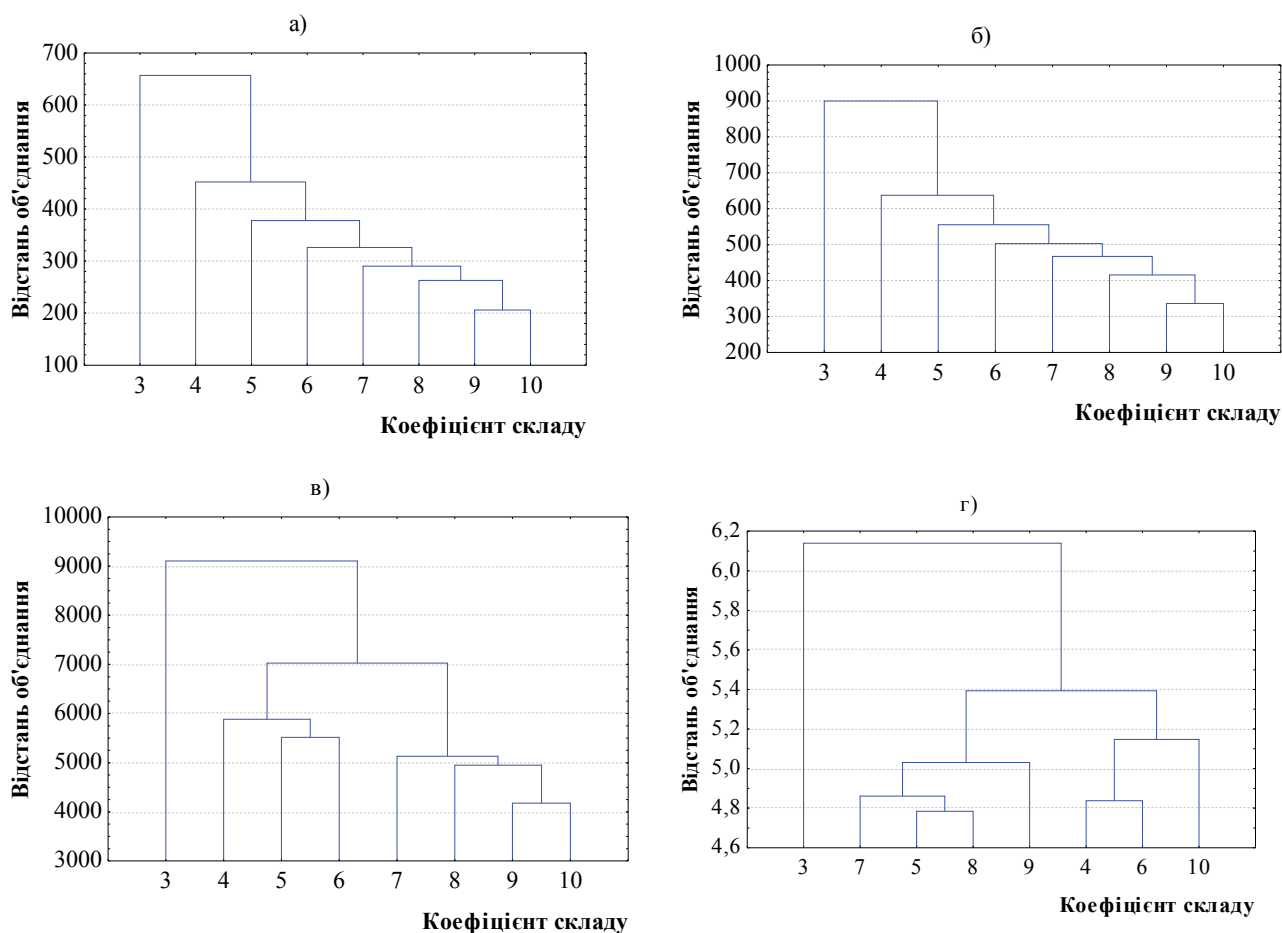


Рис. 1. Кластерний аналіз за висотою (а), діаметром (б), запасом (в) і відносною повнотою (г) у межах коефіцієнта складу

Утворені кластери за висотою і діаметром не мають зв'язку між утвореними групами, що свідчить про недоцільність виділення груп залежно від участі у складі сосни звичайної (головної породи). Під час аналізу запасу утворено три групи за участю головної породи: у 3 одиниці, 4–6 і 7–10 одиниць. Кластери, утворені від відносної повноти, не мають підстав для виділення таких груп. Результати аналізу за віком повторюють закономірність за висотою і діаметром, що може бути викликано, насамперед, віковою структурою в окремих коефіцієнтах складу.

Динамічна бонітетна шкала соснових деревостанів природного походження Полісся України має повноцінно відображати закономірності їх росту за висотою. Побудову цієї шкали доцільно провести на основі моделі верхньої висоти, яка відображає ріст найгрубших дерев у деревостані. Дерев, які займають панівне місце в наметі, не зазнають впливу внутрішньовидової та міжвидової конкуренції на відміну від середніх за розміром. Показник верхньої висоти деревостану не використовують безпосередньо на виробництві та лісовпорядкуванні. Тому, існує необхідність виконати перехід від верхньої висоти до середньої.

Для визначення кількості дерев, які займають найвищі ранги, використано постійну частку 10 % найбільш грубих дерев у деревостані. Для отримання кривої-гід соснових деревостанів за верхньою висотою було проведено аналіз ходу росту 32 модельних дерев, зрубаних на тимчасових пробних площах, які займають

найвищі ранги за діаметрами. Абсолютні висоти моделей було переведено у відносні з базовим віком у 40 років. Моделі, вік яких становив менше 40 років, були вилучені з масиву, а побудова кривої виконувалась на основі 24 дерев. На рис. 2 представлена крива-гід соснових деревостанів природного походження за верхньою висотою у відносних висотах.

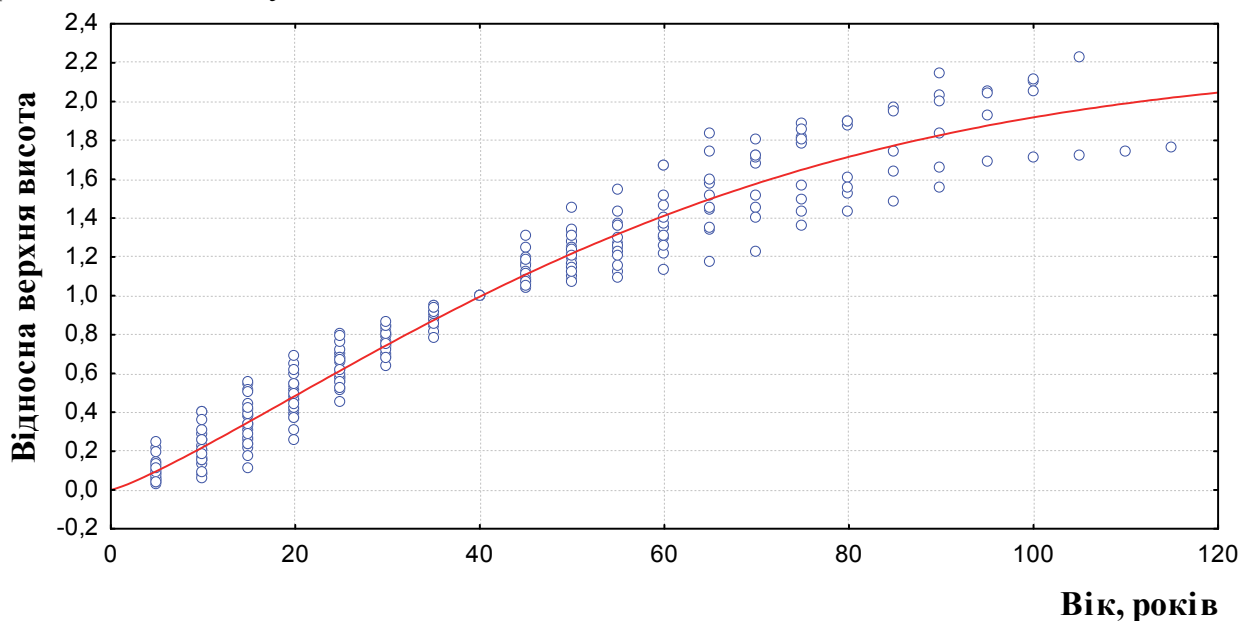


Рис. 2. Крива-гід за відносною висотою і віком

Проведене моделювання дозволило отримати модель кривої-гід соснових деревостанів природного походження за верхньою висотою у відносних висотах.

$$H_{вр} = 2,220 \cdot (1 - \exp(-0,028 \cdot A \cdot (1 - \exp(-0,008 \cdot A))))^{0,597}, \quad (2)$$

де $H_{вр}$ – верхня висота деревостану у відносних одиницях;

A – вік деревостану, років.

Проведений аналіз залишків підтвердив коректність отриманої моделі, а частка пояснення дисперсії характеризується високим коефіцієнтом детермінації $R^2=0,96$. Перевірка коефіцієнтів рівняння підтвердила їх статистичну значущість. У процесі моделювання було проведено перевірку на наявність залежностей між віком і верхніми та середніми висотами. Також досліджувалась залежність взаємозв'язку відносної повноти із середніми та верхніми висотами деревостанів.

Після низки випробувань було встановлено, що найкраще описує залежність середньої висоти від верхньої і віку наступне рівняння:

$$H_{ср} = H_{вр}^{0,987 \cdot \exp(-3,018 / A)}, \quad (3)$$

де $H_{ср}$ – середня висота деревостану у відносних одиницях.

Частка пояснення дисперсії експериментальних даних моделлю становить $R^2=0,98$. Аналіз залишків рівняння відобразили рівномірне їх розміщення, а отримана модель повноцінно відображає закономірності експериментальних даних. Отримані коефіцієнти рівняння було перевірено на їх статистичну значущість.

Для суміщення динамічної бонітетної шкали зі шкалою М. М. Орлова необхідно перевести базовий вік середніх висот до 100 років загальнобонітетної шкали. Математичний аналіз моделі (2) дозволив встановити, що за базовий вік верхньої висоти відповідає перший коефіцієнт рівняння, який становить 2,220. Розділивши його на значення відносної висоти у віці 100 років шкали М. М. Орлова отримали коефіцієнт 1,193, що дозволяє сумістити ці криві у базовому віці.

Перехід від відносних висот до абсолютних середніх виконується шляхом множення значення відносних одиниць на базову висоту відповідного класу бонітету. Модель росту за середньою висотою набуває наступного виду:

$$H_{cp} = H_{ep}^{0,987 \cdot \exp(-3,018/A)} \cdot H_{баз}, \quad (4)$$

де $H_{баз}$ – базова висота деревостану, м.

Перед моделюванням середнього діаметра деревостану проведено перевірку його зв'язку з іншими таксаційними показниками за допомогою кореляційного аналізу. Обчислені значення дозволили встановити тісний кореляційний зв'язок середнього діаметра зі середньою висотою (0,87) і віком (0,69), а також незначний зв'язок середнього діаметра з відсновою повнотою (-0,16), який характеризується оберненою залежністю між ними. За відсутністю тісного кореляційного зв'язку відносної повноти і середнього діаметра деревостану, враховувати її як незалежну змінну немає потреби.

Динаміку середнього діаметра (D) на основі середньої висоти та віку деревостану можна відобразити за допомогою наступного математичного виразу:

$$D = 0,623 \cdot A^{0,344} \cdot H^{0,762}. \quad (5)$$

Отримана модель характеризується високою точністю, адже показник детермінації рівняння становить 0,84, а біометрична оцінка отриманих коефіцієнтів підтверджує їх статистичну значущість.

На відміну від динаміки середніх висот та діаметрів, запас деревостану (M) залежить від долі участі головної породи (сосни звичайної) у складі деревостану. Тому, до моделі запасу деревостану слід ввести значення коефіцієнта участі сосни звичайної у складі деревостану (K) як незалежної змінної, про що свідчить коефіцієнт кореляції (0,66) між цими показниками. Моделювання запасу деревостану проведено на основі алометричної функції, а отриману модель наведено нижче:

$$M = 1,994 \cdot A^{-0,329} \cdot H^{1,454} \cdot K^{0,819}. \quad (6)$$

Виконаний кореляційний аналіз для перевірки тісноти зв'язку коефіцієнта участі сосни звичайної у складі ярусу деревостану з іншими таксаційними показниками відобразив слабкий зв'язок із віком (0,26) деревостану. Виявлено також слабкий кореляційний зв'язок середньої висоти деревостану з аналізованим показником (0,20). Проведений графічний аналіз динаміки участі сосни звичайної в межах класів віку з поділом за класами бонітету засвідчив про недоцільність включення середньої висоти деревостану до моделі. Проведене моделювання динаміки участі головної породи (сосни звичайної) у складі ярусу від віку

деревостану дозволило отримати модель (7) із невисоким, однак значущим коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0,11$):

$$K = 4,153 \cdot A^{0,166} \quad (7)$$

Проведені статистичні аналізи щодо моделювання відносної та абсолютної повноти деревостану засвідчили недоцільність використання цих таксаційних показників через відсутність достатньої тісноти кореляційного зв'язку з іншими показниками та високими значеннями варіації. Для забезпечення належної точності та об'єктивності ТХР модальних деревостанів виконане моделювання видових чисел на основі тимчасових пробних площ в кількості 156 шт. Отримане рівняння наступного виду (HF):

$$HF = 1,819 + (0,385 \cdot H) \quad (8)$$

Змодельовані таксаційні показники дозволяють шляхом нескладних математичних розрахунків отримати значення: абсолютної повноти, середньої та поточної зміни запасу, кількості дерев на 1 га тощо.

Моделювання таксаційних показників частини деревостану, яка вирубується під час проведення рубок формування та оздоровлення лісів, проведено на основі матеріалів тимчасових пробних площ. На основі сформованого масиву даних проведено розрахунки середніх значень висоти й діаметра цієї категорії деревостану. Для встановлення відношень середніх значень вирубуваної частини до відповідних ознак деревостану загалом, проведено розрахунки редуційних чисел на основі формули (9):

$$R_X = \frac{X^{виб}}{X^{заг}} \quad (9)$$

де R_X – редуційне число таксаційного показника;

$X^{заг}$ – значення таксаційного показника деревостану загалом;

$X^{виб}$ – значення таксаційного показника вирубуваної частини деревостану.

Проведено пошук моделей зміни редуційних чисел середньої висоти (10) та середнього діаметра (11) вирубуваної частини деревостану з віком:

$$R_H = 0,680 + 0,039 \cdot A^{0,404} \quad (10)$$

$$R_D = 0,370 + 0,068 \cdot A^{0,437} \quad (11)$$

де R_H – редуційне число висоти; R_D – редуційне число діаметра.

Визначення кількості дерев вирубуваної частини знаходять як різницю між кількістю стовбурів деревостану в цілому 5 років тому, до кількості тепер. За допомогою цього показника і середнього діаметра цієї частини деревостану можна обчислити абсолютну повноту за відомою в математиці формулою.

Використовуючи експериментальні дані тимчасових пробних площ, проведено моделювання видових чисел вирубуваної частини деревостану. Отримана регресійна модель виду:

$$F_B = 0,435 + \frac{0,397}{H_B} + \frac{0,607}{D_B} \quad (12)$$

де F_B – видове число;

H_B – середня висота вирубуваної частини, м;

D_B – середній діаметр вирубуваної частини, см.

На основі проведених досліджень отримано таблиці ходу росту модальних природних соснових деревостанів природного походження Полісся України в діапазоні віку від 5 до 80 років, для I^c-V^b класів бонітету. Фрагмент таких таблиць для деревостанів I класу бонітету переставлено в табл. 2.

Таблиця 2

**Хід росту природних модальних соснових деревостанів Полісся України
I класу бонітету**

Вік, років	Частка породи у запасі, %	Деревостан							Частина, що вибирається					
		середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів, шт.	абсолютна повнота, м ²	видове число	запас, м ³	зміна запасу, м ³		середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів, шт.	абсолютна повнота, м ²	запас, м ³
								середня	поточна					
10	100	2,6	2,8	13768	8,7	-	25	2,5	3,7	2,0	1,6	25672	5,0	10
	61			9185	5,8	1,087	16	1,6	2,5			14625	2,9	6
15	100	4,5	5,0	6923	13,6	-	49	3,2	4,8	3,6	3,0	6845	4,7	13
	65			4865	9,6	0,786	34	2,3	3,6			4320	3,0	8
20	100	6,6	7,3	4134	17,4	-	76	3,8	5,4	5,3	4,6	2789	4,5	16
	68			3014	12,7	0,662	55	2,8	4,2			1851	3,0	10
25	100	8,6	9,7	2740	20,3	-	104	4,2	5,7	7,1	6,3	1394	4,3	18
	71			2070	15,3	0,597	79	3,1	4,7			944	2,9	12
30	100	10,6	12,1	1950	22,5	-	133	4,4	5,8	8,8	8,1	790	4,1	20
	73			1507	17,4	0,557	103	3,4	4,8			563	2,9	14
35	100	12,5	14,5	1462	24,3	-	161	4,6	5,7	10,6	10,1	488	3,9	22
	75			1155	19,2	0,530	127	3,6	5,0			352	2,8	16
40	100	14,4	16,9	1141	25,6	-	189	4,7	5,5	12,3	12,0	321	3,6	23
	77			921	20,7	0,511	152	3,8	5,0			234	2,7	17
45	100	16,2	19,2	919	26,7	-	215	4,8	5,2	13,9	14,0	222	3,4	24
	78			750	21,8	0,497	175	3,9	4,6			171	2,6	19
50	100	17,8	21,5	759	27,6	-	239	4,8	4,9	15,5	16,0	160	3,2	25
	80			632	23,0	0,487	199	4,0	4,8			118	2,4	18
55	100	19,4	23,7	641	28,2	-	262	4,8	4,6	17,0	18,0	118	3,0	25
	81			539	23,8	0,479	221	4,0	4,2			93	2,4	20
60	100	20,9	25,8	550	28,7	-	283	4,7	4,2	18,4	20,0	91	2,9	26
	82			468	24,4	0,472	241	4,0	4,0			71	2,2	20

Проведене порівняння розроблених ТХР модальних соснових деревостанів природного походження Полісся України з такими ж Європейської частини та ТХР модальних соснових деревостанів Полісся України штучного походження дозволило виявити характерні відмінності природних деревостанів в динаміці аналізованих таксаційних показників. На основі аналізу встановлено відмінності в динаміці середніх показників висот, діаметрів запасів, які зазвичай проявляються в окремих класах віку, що пов'язано з особливостями росту та розвитку природних деревостанів Полісся України. Проведений аналіз засвідчив

об'єктивність розроблених нормативів, які забезпечують повноцінне оцінювання стану сучасних модальних деревостанів природного походження Полісся України.

Розділ 4 Прогнозування росту природних модальних соснових деревостанів. В основу системи актуалізації таксаційних показників природних соснових деревостанів Полісся України покладено розроблені моделі їх динаміки. Ріст деревостану за окремим таксаційним показником може відображатись за допомогою відношення його значення наступного року до поточного. Ці співвідношення можуть бути відображені у вигляді:

$$f(A) = T_{A+1} / T_A, \quad (13)$$

де T_{A+1} – значення таксаційного показника на 1 рік вперед;

T_A – значення таксаційного показника поточного року;

A – вік деревостану, років.

Використовуючи моделі ходу росту модальних деревостанів природного походження Полісся України, проведено розрахунки відношення значень основних таксаційних показників деревостану: середньої висоти, середнього діаметра, участі головної породи у складі ярусу та запасу, в розрізі класів бонітету з кратністю в один рік.

На основі динаміки відношень середньої висоти деревостану проведено ряд випробувань математичних моделей. Встановлено, що найбільшу точність опису експериментальних даних має наступне рівняння:

$$H_{A+1} = H_A \left(1,007 - 1,217(A+1)^{-1} - 3,320(A+1)^{-2} + 4,245(A+1)^{-3} \right)^{-1}, \quad (14)$$

де H_{A+1} – прогнозована середня висота деревостану на 1 рік вперед, м;

H_A – середня висота деревостану поточного року, м.

Зважаючи на значення показника детермінації отриманої математичної моделі, який є близьким до одиниці ($R^2=0,99$), а також проведений графічний аналіз отриманих результатів і залишків регресійного рівняння, дозволяє стверджувати про високу точність опису експериментальних даних отриманим рівнянням.

Модель динаміки середнього діаметра враховує значення віку та висоти як незалежних змінних. Тому, розробка моделі прогнозу росту за середнім діаметром із врахуванням лише віку як незалежної змінної, призведе до суб'єктивності отриманих результатів прогнозу. Це викликано відсутністю можливості впливу середньої висоти деревостану на прогнозоване значення середнього діаметра.

Для забезпечення взаємозв'язку між середніми значеннями висоти та діаметра розроблено наступне математичне рівняння:

$$D_{A+1} = D_A \left(\frac{0,623 \cdot (A+1)^{0,344} \cdot H_{A+1}^{0,762}}{0,623 \cdot A^{0,344} \cdot H_A^{0,762}} \right), \quad (15)$$

де D_{A+1} – прогнозований середній діаметр деревостану на 1 рік вперед, см;

D_A – середній діаметр деревостану поточного року, см.

Розроблений математичний вираз дозволяє виконувати прогнозування росту сосняків природного походження за середнім діаметром деревостану. У

представленому рівнянню враховано значення середньої висоти поточного та наступного років, які мають пряму залежність і забезпечують збільшення прогнозованого показника середнього діаметра за інтенсивного росту деревостану із середньою висотою.

У розроблених моделях динаміки таксаційних показників модальних соснових деревостанів природного походження Полісся України, відсутні моделі абсолютної повноти деревостанів. Прогнозоване значення цього показника може обчислюватися за допомогою «класичної формули таксації» за наявності необхідних таксаційних показників деревостану наступного року.

Розроблена модель видових висот враховує середню висоту деревостану як незалежної змінної, що потребує визначення середньої висоти поточного та наступного років. Шляхом математичних перетворень розроблено математичне рівняння, яке дозволяє виконувати прогнозування видового числа соснових деревостанів природного походження Полісся України.

$$f_{A+1} = \frac{1,819 + (0,385 \cdot H_{A+1}) / H_{A+1}}{1,819 + (0,385 \cdot H_A) / H_A} \cdot f_A, \quad (16)$$

де f_{A+1} – прогнозоване значення видового числа на 1 рік вперед;

f_A – значення видового числа поточного року.

Визначений математичний вираз (16) актуалізації видових чисел деревостану потребує значення цього показника поточного року. У повидільній базі даних ВО «Укрдержліспроєкт» не використовують значення видових чисел, тому обчислення аналізованого показника поточного року необхідно виконати на основі моделі динаміки видових висот соснових деревостанів природного походження Полісся України.

Динаміка участі головної породи (сосни звичайної) у складі ярусу характеризується позитивною динамікою відносно віку. Участь головної породи у мішаних деревостанах молодняків становить 5–6 одиниць, у стиглих 8–10. Зважаючи на використання участі головної породи у моделі запасу деревостану, значення цього показника не має перевищувати його максимального значення (10 одиниць) під час актуалізації. На основі моделі динаміки участі головної породи у складі ярусу розроблено математичне рівняння:

$$K_{A+1} = \left(\left(\frac{4,153 \cdot (A+1)^{0,166}}{4,153 \cdot A^{0,166}} \cdot 0,01 \right) \cdot (10 - K_A) \right) + K_A, \quad (17)$$

де K_{A+1} – прогнозована участь головної породи у складі ярусу деревостану на 1 рік вперед;

K_A – участь головної породи у складі ярусу деревостану поточного року.

Потреба виконання прогнозу участі в складі ярусу сосни звичайної обумовлена використанням цього показника під час прогнозування запасу. Тому, розраховане значення частки у складі сосни звичайної визначається на основі запасів всіх елементів ярусу деревостану, що може значно відрізнятись від прогнозованого значення. Слід відзначити відсутність необхідності обчислення

вищезгаданого показника у чистих соснових деревостанах, адже його значення в даному випадку є сталим (10 одиниць).

Розроблена модель запасу деревостану містить значну кількість незалежних змінних, що не дозволяє описати однією моделлю динаміку відношення запасу деревостану до наступного року. Для спрощення використання системи актуалізації розроблено математичний вираз:

$$M_{A+1} = \frac{1,994 \cdot (A+1)^{-0,329} \cdot H_{A+1}^{1,454} \cdot K_{A+1}^{0,819}}{1,994 \cdot A^{-0,329} \cdot H^{1,454} \cdot K^{0,819}} \cdot M_A, \quad (18)$$

де M_{A+1} – прогнозоване значення запасу деревостану на 1 рік вперед, м³;

M_A – значення запасу деревостану поточного року, м³.

Отримані математичні рівняння дають змогу визначити значення абсолютної та відносної повноти деревостану, а також інші прогнозовані таксаційні показники деревостану (кількість стовбурів, поточний і середній прирости тощо), взаємопов'язаних між собою і не потребують розроблення системи математичних моделей для їх актуалізації.

Повноцінне застосування розробленої системи прогнозування росту соснових деревостанів природного походження Полісся України можливе за умови розробки програмного забезпечення, що автоматизує процес актуалізації повидільної бази даних. Використовуючи розроблену систему прогнозування визначено програмний код для актуалізації таксаційних показників, за допомогою якого виконано прогнозування чистих соснових деревостанів природного походження Полісся України на термін п'яти та десяти років. Аналіз прогнозованих таксаційних показників засвідчив об'єктивність отриманих даних, що повноцінно задовольняє мету проведення дисертаційних досліджень.

ВИСНОВКИ

Отримані результати дисертаційних досліджень дозволяють зробити наступні основні висновки:

1. Деревостани сосни звичайної природного походження Полісся України займають значну площу лісового фонду (за даними обліку Держлісфонду на 2010 рік становила 508 тис. га) та виконують важливу господарську, екологічну та соціальну функції Поліського краю. Інтенсивне ведення лісового господарства призводить до заміщення природних деревостанів штучними, що може привести, у майбутньому, до втрати функції самовідновлення лісу.

2. Дослідження динаміки та росту природних соснових деревостанів Полісся України проводились на основі показників бази даних «Повидільна таксаційна характеристика лісів», яка налічує близько 160 тис. таксаційних виділів і 500 тис. га площі аналізованих деревостанів. Використано також таксаційні дані тимчасових пробних площ, сумарна кількість яких 161. Зібрані дослідні дані дозволили повноцінно репрезентувати динаміку та ріст деревостанів за таксаційними показниками, що неодноразово підтверджено статистичними аналізами.

3. Проведений аналіз таксаційних показників деревостанів за різної частки участі головної породи сосни звичайної у складі ярусу засвідчив відсутність статистично значущої різниці у таксаційних показниках, що дозволяє стверджувати про недоцільність їх поділу на чисті та мішані.

4. З метою створення однорідності у дослідних даних, розроблено динамічну бонітетну шкалу, яка забезпечує відображення динаміки природного ряду росту деревостану за середньою висотою. Розроблена шкала стала основою групування даних для проведення моделювання інших таксаційних показників.

5. За результатами моделювання отримано математичні моделі динаміки основних таксаційних показників соснових деревостанів природного походження Полісся України, а також розроблено таблиці їх ходу росту.

6. Порівняння розроблених таблиць ходу росту модальних деревостанів з існуючими аналогами засвідчило об'єктивність отриманих результатів і особливість росту та розвитку сосни звичайної природного походження Полісся України.

7. На основі моделей динаміки таксаційних показників деревостану розроблено систему математичних рівнянь, які дозволяють виконувати прогнозування росту природних соснових деревостанів Полісся України.

8. З використанням розробленої системи прогнозування створено програмний код для актуалізації бази даних «Повидільна таксаційна характеристика лісів». Прогнозування росту деревостанів на термін п'яти й десяти років та порівняння середніх значень таксаційних показників засвідчило повноцінне відображення їх росту, а систему актуалізації можна використовувати для виробничих потреб.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для практичного використання пропонуються:

- динамічна бонітетна шкала для природних деревостанів сосни звичайної Полісся України;
- моделі динаміки основних таксаційних показників природних соснових деревостанів Полісся України;
- таблиці ходу росту модальних соснових деревостанів природного походження Полісся України;
- систему прогнозування росту таксаційних показників природних деревостанів сосни звичайної Полісся України та програмний код її реалізації.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Алексіюк І. Л. Аналіз лісівничо-таксаційної структури соснових деревостанів природного походження Українського Полісся / І. Л. Алексіюк, П. І. Лакида // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – 2012. – № 22.14 – С. 25–31. (Здобувачем здійснено аналітичний огляд

літератури, проведено статистичний аналіз та підготовлено матеріал до друку).

2. Лакида П. І. Аналіз типологічної структури соснових деревостанів природного походження Українського Полісся / П. І. Лакида, **І. Л. Алексіюк** // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2012. – № 171. – Ч. 3. – С. 145–150. (Здобувачем здійснено огляд літератури, аналіз експериментального матеріалу та підготовку до друку).

3. Алексіюк І. Л. Особливості зміни таксаційних показників соснових деревостанів природного походження Полісся України залежно від їхнього складу / **І. Л. Алексіюк**, П. І. Лакида, А. Ю. Терентьєв // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2013. – № 187. – Ч. 2. – С. 9–14. (Здобувачем проведено збір і статистичну обробку експериментальних даних та підготовлено матеріал до друку).

4. Алексіюк І. Л. Розроблення системи актуалізації таксаційних показників модальних соснових деревостанів природного походження Полісся України / **І. Л. Алексіюк**, П. І. Лакида // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – 2015. – № 25.1. – С. 20–24. (Здобувачем розроблено математичні рівняння прогнозування росту, та підготовлено матеріал до друку).

Стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародної наукометричної бази даних

5. Лакида П. І. Особливості динаміки таксаційних показників соснових деревостанів природного походження Полісся України / П. І. Лакида, А. Ю. Терентьєв, **І. Л. Алексіюк** // Збалансоване природокористування. – 2014. – № 3. – С. 10–15. (Здобувачем розроблено моделі динаміки таксаційних показників та підготовлено матеріал до друку).

Стаття у науковому періодичному виданні іншої країни

6. Лакида П. І. Моделирование динамической бонитетной шкалы для сосновых древостоев естественного происхождения Полесья Украины / П. И. Лакида, **И. Л. Алексюк** // Сборник научных трудов Института леса НАН Беларуси. – 2014. – № 74. – С. 318–325. (Здобувачем здійснено моделювання динамічної бонітетної шкали, статистичну оцінку отриманих результатів та підготовлено матеріал до друку).

Тези наукових доповідей:

7. Лакида П. І. Вікова структура природних соснових деревостанів Українського Полісся / П. І. Лакида, **І. Л. Алексіюк** // «Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем»: 62 науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2011 році, 10–11 трав. 2012 р.: тези доп. – Львів, 2012. – С. 78–79. (Здобувачем здійснено підбір експериментальних даних, проведено дослідження та підготовлено матеріал до друку).

8. Алексіюк І. Л. Передумови моделювання абсолютної повноти природних соснових деревостанів Українського Полісся / І. Л. Алексіюк, П. І. Лакида // «Актуальні проблеми науки про життя та природокористування»: II міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, 16–18 жовт. 2013 р.: тези доп. – К., 2013. – С. 39–40. *(Здобувачем здійснено аналітичний огляд літератури, проведено дослідження та підготовлено матеріал до друку).*

9. Лакида П. І. Структура чистих та мішаних природних соснових деревостанів Українського Полісся / П. І. Лакида, І. Л. Алексіюк // «Ліси, парки, технології: сьогодні та майбутнє»: міжнародна науково-практична конференція, 28–29 бер. 2013 р.: тези доп. – К., 2013. – С. 43–44. *(Здобувачем проведено дослідження та підготовлено матеріал до друку).*

10. Алексіюк І. Л. Моделювання таксаційних показників вирубуваної частини деревостану сосняків природного походження Полісся України / І. Л. Алексіюк, П. І. Лакида // «Лісове і содово-паркове господарство XXI сторіччя: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення»: міжнародна науково-практична конференція, 13–14 бер. 2014 р.: тези доп. – К., 2014. – С. 17–18. *(Здобувачем розроблено моделі таксаційних показників вирубуваної частини та підготовлено матеріал до друку).*

АНОТАЦІЯ

Алексіюк І. Л. Прогнозування росту природних соснових деревостанів Полісся України. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.03.02 – лісовпорядкування і лісова таксація. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2015.

Дослідження представлене в дисертаційній роботі спрямоване на детальне вивчення стану та динаміки таксаційних показників модальних природних соснових деревостанів Полісся України з метою створення моделей динаміки їх основних таксаційних показників та прогнозування росту. У дисертаційній роботі представлено детальний аналіз динаміки таксаційних показників природних соснових деревостанів Полісся України, а також супутніх деревних видів, які формують склад ярусу деревостану. Значну увагу приділено вивченню взаємозв'язку між таксаційними показниками окремих елементів ярусу деревостану.

За результатами моделювання отримано моделі динаміки середньої висоти, діаметра, видової висоти, запасу, частки складу деревного виду в ярусі деревостану. Розроблені моделі дозволили отримати таблиці ходу росту модальних соснових деревостанів природного походження Полісся України.

В основу системи прогнозування росту деревостану покладено відношення окремого таксаційного показника наступного року до поточного. Використовуючи моделі динаміки окремих таксаційних показників розроблено рівняння для прогнозування росту деревостану. Для перевірки об'єктивності

прогнозування розроблено модуль актуалізації таксаційних показників деревостану та проведено актуалізацію на період п'яти та десяти років. Порівняльний аналіз усереднених значень середніх висот, діаметрів та запасів деревостану дозволяє стверджувати про об'єктивність отриманих значень порівняно з таксаційними показниками, які не прогнозувалися.

Ключові слова: сосна звичайна, Полісся України, динамічна бонітетна шкала, модальні деревостани, таблиці ходу росту, актуалізація, прогнозування росту.

АННОТАЦІЯ

Алексиук І. Л. Прогнозирование роста естественных сосновых древостоев Полесья Украины. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.03.02 – лесоустройство и лесная таксация. – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2015.

Исследования представлены в диссертационной работе направлены на детальное изучение состояния и динамики таксационных показателей модальных естественных сосновых древостоев Полесья Украины с целью создания моделей их динамики, а также прогнозирования их роста. Основную часть исследований проведено на основе повидельной таксационной характеристики базы данных ПО «Укрлеспроект» и данных временных пробных площадей. У диссертационной работе представлен детальный анализ динамики таксационных показателей естественных сосновых древостоев Полесья Украины, а также сопутствующих древесных видов, которые формируют состав яруса древостоя. Значительное внимание уделено изучению взаимосвязи между таксационными показателями отдельных элементов яруса древостоя, что значительно облегчило разработку математических моделей.

Детальный статистический анализ динамики таксационных показателей чистых и смешанных сосновых древостоев естественного происхождения Полесья Украины, а также имеющихся сопутствующих древесных видов позволил выяснить, что на рост естественных сосновых древостоев статистически значимо не влияет наличие сопутствующих пород. По результатам анализа также установлено отсутствие необходимости разделения естественных сосновых древостоев в зависимости от их состава на чистые и смешанные.

Группировку экспериментального материала для моделирования таблиц хода роста модальных естественных сосновых древостоев Полесья Украины выполнено на основе динамической бонитетной шкалы, в основу которой заложен ход роста древостоя по верхней высоте с последующим переходом к средним показателям, что обеспечило отражение естественного ряда роста и развития естественного соснового древостоя Полесья Украины.

Верификация связи среднего диаметра древостоя с другими таксационными показателями позволила установить тесный характер корреляционной связи со средней высотой и возрастом. Установлено также незначительную обратную

связь с относительной полнотой, но более детальный статистический анализ этого показателя показал нецелесообразность его использования в качестве независимой переменной при моделировании. Абсолютная полнота сосновых древостоев естественного происхождения Полесья Украины характеризуется отсутствием тесной связи с другими таксационными показателями, а также значительным показателем варьирования данных, что создало предпосылки для моделирования видовой высоты древостоя на основе материалов временных пробных площадей. Моделирование запаса и части состава древостоя позволило получить математические модели, которые полноценно представляют экспериментальный материал и позволяют получить значение абсолютной полноты древостоя путем математического расчета.

Моделирование таксационных показателей части древостоя, которая вырубается при проведении рубок формирования и оздоровления лесов, проведено на основе материалов временных пробных площадей. По результатам исследования получены математические модели редуцированных чисел средней высоты и диаметра, а также модель абсолютной полноты рубок части древостоя.

Разработанные модели позволили получить таблицы хода роста модальных сосновых древостоев естественного происхождения Полесья Украины. Сравнительный анализ разработанных нормативов по существующим аналогам позволил выявить незначительные различия в росте естественных сосновых древостоев по сравнению с сосновыми древостоями искусственного происхождения Полесья Украины и естественными сосняками Европейской части. По результатам анализа было установлено, что различия в росте рассматриваемых древостоев вызвано их особенностями роста.

В основу системы прогнозирования роста естественных сосновых древостоев Полесья Украины положено отношение отдельных таксационных показателей в следующем году к текущему. Используя модели динамики отдельных таксационных показателей разработано уравнения для прогнозирования роста древостоя по основным таксационными показателям. Для проверки объективности прогнозирования в программе «Лісовпорядник» разработан дополнительный модуль актуализации таксационных показателей древостоя. Ввиду отсутствия систем прогнозирования роста для других древесных видов, встречающихся в составе яруса, разработанная система выполняет актуализацию таксационных показателей чистых по составу естественных сосновых древостоев Полесья Украины ежегодно. В результате проведения актуализации на период пяти и десяти лет было получено три варианта повидельной базы данных без выполнения прогноза и прогноза на 5 и 10 лет. Сравнительный анализ усредненных значений средних высот, диаметров и запасов позволяет утверждать об объективности полученных значений по сравнению с таксационными показателями, которые не прогнозировались. По результатам анализа выявлено несоответствия прогнозирования таксационных показателей древостоев у возрасте до пятнадцати лет, что связано со сложностью глазомерной таксации этой категории древостоев и значительным варьированием их таксационных показателей.

Результаты исследования позволили разработать динамическую бонитетную шкалу, модели динамики таксационных показателей, таблицы хода роста модальных древостоев и систему прогнозирования их роста. Разработанные нормативы позволят получать информацию о состоянии и динамике лесного фонда с большей точностью, что имеет важное значение при ведении лесного хозяйства на основе рационального лесопользования.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, Полесье Украины, динамическая бонитетная шкала, модальный древостой, таблицы хода роста, актуализация, повидельная база данных, прогнозирование роста.

ABSTRACT

Aleksiiuk I. L. Prognosticating of growth of natural pine tree stands of Ukrainian Polissia. – Manuscript.

Dissertation for PhD in Agricultural sciences in specialty 06.03.02 – forest management and forest inventory. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2015.

Research of the dissertation is directed to advanced study of the condition and dynamics of inventory indexes of modal natural pine trees stands of Ukrainian Polissia in order to create the model of dynamics of main inventory indexes of stands and growth prognosticating. The dissertation presents the detailed analysis of inventory indexes of natural pine tree stands of Ukrainian Polissia and of associated tree species, which form the tree layer. Essential attention is fixed on interconnection of inventory indexes of separate elements of stand's tree layer.

In result of modelling we received the models of average dynamics in height, diameter, species height, store, part of tree species in the tree layer. The developed models allowed forming the tables of growth process of modal pine tree stands of natural origin of Ukrainian Polissia.

The system of stand growth prognosticating is grounded on the ratio of separate inventory index of the next year to the current year. Equations for stand growth prognosticating are developed using models of dynamics of separate inventory indexes. In order to check the objectiveness of prognosticating we have developed the module of stand inventory indexes updating and performed updating for the periods of five and ten years. The comparative analyses of averaged indexes of average heights, diameters and stores allows confirming the objectivity of received indexes in comparison with inventory indexes, which were not prognosticated.

Key words: Scots pine, Ukrainian Polissia, dynamical forest capacity scale, modal stands, tables of growth process, updating, growth prognosticating.

Підписано до друку 03.11.15
Ум. друк. арк. 1,0
Наклад 100 прим.

Формат 60x84\16
Обл.-вид.арк. 0,9
Зам. № 7944

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041
тел.: 527-81-55