МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства
та екології
Кафедра біології та захисту лісу
Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Вірко Павло Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача вищої освіти)
УДК 630*161:581.143:581.412:581.132
(індекс)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Біологічна продуктивність соснових насаджень Яворівського НПП
(тема роботи)

205 – лісове господарство
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота міститься результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Мороз Віра Василівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.с.-г.н.

(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2021

Висновок кафедри _____

за результатами попереднього захисту: _____

Протокол засідання кафедри _____

__ № __ від «___» грудня 2021 р.

Завідувач кафедри

_____

д.б.н., професор Житова Олена Петрівна

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище ,ім'я, по батькові)

«___» грудня 2021 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти **Вірко Павло Олександрович** захистив

(прізвище, ім'я, по батькові)

кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

_____ _____ _____

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

АНОТАЦІЯ

Вірко П.О.: «Біологічна продуктивність соснових насаджень Яворівського НПП». Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 205 – лісове господарство – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

У кваліфікаційній роботі розглядаються особливості біологічної продуктивності соснових деревостанів Яворівського національного природного парку за в залежності їх віку.

На основі проведених досліджень у заповідній зоні Яворівського національного природного парку (Яворівський НПП), встановлено особливості приросту соснових деревостанів за діаметром та висотою залежно від їх віку.

При оцінці приросту сосни за діаметром залежно від віку встановлено, що молоді дерева у заповідній зоні дають менший приріст в порівнянні з нормативними таблицями на 4 см, а в період стиглості перевищують нормативні показники на 20 см

Оцінка приросту сосни за висотою вказала на те, що до віку 50 років висота дерев у насадженні є меншою за нормативні показники на 1 м, але у віці 110 років є вищою на 5 м.

При визначенні біопродуктивності соснових деревостанів Яворівського НПП встановлено, що у віці 10 років кількість акумульованого вуглецю становить 10 т/га, а у віці від 60 років – 90 т/га.

Ключові слова: сосна, діаметр, висота, вік, статистика, біопродуктивність.

ANNOTATION

Virko P.O.: "Biological productivity of pine plantations of Yavoriv NNP". Qualification work for a master's degree in 205 – forestry – Polissia National University, Zhytomyr, 2021.

In the qualification work the peculiarities of biological productivity of pine stands of Yavoriv National Natural Park depending on their age are considered.

Based on the research conducted in the protected area of Yavoriv National Nature Park (Yavoriv National Nature Park), the peculiarities of the growth of pine stands in diameter and height depending on their age have been established.

When assessing the growth of pine in diameter depending on age, it was found that young plantations in the protected area give a smaller increase compared to the normative tables by 4 cm, and in the period of maturity exceed the norm by 20 cm.

Estimation of pine growth in height indicated that by the age of 50 the height of trees in the plantation is less than the norm by 1 m, but at the age of 110 is higher by 5 m.

When determining the biological productivity of pine stands of Yavoriv NNP, it was found that at the age of 10 years the amount of accumulated carbon is 10 t / ha, and at the age of 60 years – 90 t / ha.

Key words: pine, diameter, height, age, statistics, biological productivity.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ…….. 3

ЗМІСТ……... 5

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ В СКОРОЧЕНЬ…….. 6

ВСТУП…… 7

РОЗДІЛ І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ……. 10

1.1. Територіальна структура Яворівського НПП……... 11

1.2. Функціональне зонування Яворівського НПП……. 13

РОЗДІЛ ІІ МЕТОДИКА ТА ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ…… 15

2.1. Методика проведення досліджень……. 15

2.2. Збір дослідного матеріалу…….. 17

РОЗДІЛ ІІІ ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ…….. 21

РОЗДІЛ ІV БІОЛОГІЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОСНИ……... 26

ВИСНОВКИ……. 29

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….…… 30

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ В СКОРОЧЕНЬ

НПП – національний природний парк;

ПОНДВ – природоохоронне науково-дослідне відділення;

ТПП – тимчасова пробна площа;

Сз – сосна звичайна;

Дз – дуб звичайний;

Гз – граб звичайний;

Ос – осика;

Яле – ялина європейська;

Бп – береза повисла;

кв. – квартал;

в. – виділ;

$м^3$ – метр кубічний;

кг – кілограм;

т – тонна;

см – сантиметр;

га – гектар;

км – кілометр.

ВСТУП

Багато науковців впродовж тривалого періоду досліджень вивчають біологічну продуктивність деревних порід в залежності від природно-кліматичних умов зростання.

Вивченням біологічної продуктивності займалися і продовжують займатися радянські і закордонні науковці такі як: Н.І. Базилевич [3], І.Ф. Букша [4], О.С. Ватковський [5], І.А. Гагошидзе [6], Г.С. Дзебисашвілі [11], А.С. Ісаєв [12], П.І Лакида [19, 20], В.В. Мороз [23-25, 54], В.К. Мякушко [26], А.А. Онучин [27], В.П. Пастернак [28], Т.Х. Токмурзин [31, 32], В.А. Усольцев [34-39], В.В. Успенський [40, 41], А.І. Уткин [42-50], Б.П. Чураков [51], Д.Г. Щепащенко [53] та інші [1, 2, 9, 10, 21, 22, 33].

Дослідження біологічної продуктивності деревної рослини, слід починати з досліджень біометричних показників дерева, адже на ріст та розвиток рослини окрім кліматичних чинників впливають і умови зростання деревних насаджень, рельєф, висота над рівнем моря, тип ґрунту, вологість, температурний режим освітлення [8, 13, 18].

Виходячи з того, що Україна у 2016 р. підписала Паризьку угоду яка діє в рамках Кіотського протоколу, то перед державою стоять певні зобов’язання щодо обліку викидів парникових газів та їх зменшенню, що частково вирішується завдяки зеленим насадженням [14-15, 16].

У сучасних наукових дослідженнях надається увага експлуатаційним лісовим насадженням, де науковці визначають ріст і розвиток дерев, бонітет, запас, приріст, фітомасу, а також біологічну продуктивність, але мало досліджень направлено на ліси заповідної зони, що є основним здобутком держави.

Тому, головною ціллю нашої роботи, було з’ясувати біопродуктивність соснових насаджень що зростають в заповідній зоні Яворівського НПП.

Актуальність теми полягає у встановленні біологічної продуктивності панівної деревної породи сосни звичайної, що зростає в заповідній зоні Яворівського НПП.

Мета і завдання. *Метою* кваліфікаційної роботи – з'ясувати особливості росту та розвитку соснових деревостанів Яворівського НПП і встановити їх біопродуктивність.

Завдання:

– надати оцінку приросту сосновим деревостанам залежно від віку та діаметру;

– надати оцінку приросту сосновим деревостанам залежно від віку та висоти дерева;

– порівняти одержані показники з нормативно-довідковими таблицями;

– одержати математичні залежності за трьома показниками – діаметр, висота та віком;

– встановити фітомасу фракцій дерева (листя, гілля, деревна зелень, кора, стовбур);

– визначити біологічну продуктивність соснових насаджень залежно від їх віку;

– одержати математичне рівняння біологічної продуктивності деревостанів в залежності від віку.

Об'єкт досліджень – соснові деревостани заповідної зони Яворівського НПП.

Предмет досліджень – особливості розвитку соснових деревостанів та їх біопродуктивність.

Методи досліджень: *польовий* – збір досліджуваного матеріалу; *лісівничо-таксаційний* – встановлення, віку, діаметру та висоти дерева; *математико-статистичні* – обробка досліджуваного матеріалу за допомогою пакету аналізу даних Microsoft Excel, *екологічні* – встановлення кількості поглинання вуглецю сосновими деревостанами.

Перелік публікацій автора за темою дослідження:

Мороз В.В., Вірко П.О., Гриб Я.Л., Боричевський В.М., Овсійчук В.Б. Ріст та розвиток панівних деревних порід у Яворівському національному природному парку. *Scientific discussion*. 2021. № 61. С. 6-11.

Практичне значення отриманих результатів.

Одержані результати аналізу можна використовувати для встановлення росту й розвитку соснових деревостанів, біопродуктивної здатності у заповідній частині Яворівського НПП.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновку. Викладена на 35 сторінках комп'ютерного тексту. Робота містить 5 таблиць, ілюстрована 8 рисунками. Список використаної літератури нарахує 54 літературних джерела.

РОЗДІЛ І
ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Яворівський національний природний парк (Яворівський НПП) – є унікальним історичним і природничим комплексом, що належить до міжнародного біосферного резервуара «Розточчя» під егідою ЮНЕСКО. частина якого заходить на територію Польщі (рис. 1.1).

Рис. 1.1. Ландшафти Яворівського НПП

Міжнародний біосферний резерват "Розточчя" займає значну територію, яка охоплює межі України та Польщі.

В лісах Яворівського НПП залишися місця поховання військових Першої та Другої світових війн. В межах парку збереглися частини окопів, часто працівники парку знаходять елементи техніки та зброї часів війни. Адміністрацією парку створено музей зброї часів Першої та Другої світових війн.

На території національного парку утримується стадо диких коней тарпанів (рис. 1.2).

Рис. 1.2. Тарпани на території парку

Територія парку багата тваринним світом (сарна європейська, горностай, лісова совка, сова довгохвоста та ін.), лісами (соснові, букові, грабові), заболоченими територіями, річками, озерами. Заповідна зона займає 7108 га [29, 31].

1.1. Територіальна структура Яворівського НПП

В адміністративному плані Яворівський національний природних парк знаходиться у північно-східній частині Яворівського району межує з природним заповідником «Розточчя», і з південно-західною частиною Жовківської ОТГ Львівського району.

Територія парку знаходиться у Яворівському районі Львівської області і простягається від с. Верещиця до с. Козулька. Територія парку має протяжність з заходу на схід від 12 до 13 км і з півночі на південь від 2,5 до 12 км.

На півдні від парку знаходиться навчальне поле Міжнародного центру миротворчості та безпеки Яворівського військового полігону сухопутних військ МО України. Поблизу парку розташовано 13 населених пунктів.

Місцеперебування адміністрації: Львівська обл. Яворівський р-н, смт. Івано-Франкове, вул. Зелена, 23 (рис. 1.3).

Рис. 1.3. Територія біля адміністративного корпусу

Крайні точки парку мають наступні географічні координати (табл. 1.1):

Таблиця 1.1

Координати крайніх точок Яворівського національного природного парку

Північна	50°03′30″ північної широти 23°45′00″ східної довготи
Південна	49°57′30″ північної широти 23°42′40″ східної довготи
Західна	50°03′00″ північної широти 23°32′00″ східної довготи
Східна	49°59′00″ північної широти 23°48′10″ східної довготи

Площа Яворівського НПП складає 7,1 тис. га, у тому числі 2,9 тис. га надані у постійне користування та 4,2 тис. га включені до його складу. Територія Яворівського НПП поділена на два природоохоронних, науково-дослідних відділення: Янівське (1436 га) і Млинківське (1479 га) [29, 31].

Положення в системі фізико-географічного районування:

Країна: Східно-європейська рівнина

Зона: Лісостепова

Провінція: Західно-Українська лісостепова

Область: Розтоцько-Опільська горбогірна

Положення в системі геоботанічного районування

Область: Європейська широколистяно-лісова

Провінція: Центрально-європейська

Підпровінція: Балтійська

Округ: Розтоцький

Положення в системі зоогеографічного районування

Область: Палеарктична

Підобласть: Бореальна Європейсько-Сибірська

Провінція: Європейсько-Західносибірська лісова

Округ: Східно-Європейський

Район: Мішаного, листяного лісу та лісостепу

Ділянка: Східно-Європейська листяного лісу та лісостепу

Підділянка: Дністровсько-Дніпровська (Правобережна) (Проект організації…, 2011) [29, 31].

1.2. Функціональне зонування Яворівського НПП

У відповідності до законодавства територія парку розділена на чотири 4 головні функціональні зони (Проект організації…, 2011):

Землі надані у постійне користування ЯНПП (табл. 1.2):

- заповідна зона – 1036,6 га;
- зона регульованої рекреації – 1428,2 га;

- зона стаціонарної рекреації – 40,9 га;
- господарська зона – 415,3, га.

Землі надані без вилучення у користувачів

- господарська зона – 4193 га.

Таблиця 1.2

Розподіл площі НПП за функціональними зонами

Назва структурних підрозділів НПП, землекористувачів і землевласників	Загаль-на площа, га	Площа за функціональними зонами							
		Заповідна зона		Регульованої рекреації		Стаціонарної рекреації		Господарська зона	
		га	%	га	%	га	%	га	%
а) Землі, надані НПП у постійне користування									
Усього :	2915,0	1030,6	35,4	1428,2	49,0	40,9	1,4	415,3	14,2
в тому числі за природоохоронним відділенням :									
Янівське ПОНДВ	1436,0	590,0	41,1	650,9	45,3	21,8	1,5	173,3	12,1
Млинківське ПОНДВ	1479,0	440,6	29,8	777,3	52,5	19,1	1,3	242,0	16,4
б) Землі інших користувачів									
Магерівський військовий лісгосп									
Магерівське лісництво	917,0	–	–	–	–	–	–	917,0	100
Старицький військовий лісгосп									
Майданське лісництво	3276,0	–	–	–	–	–	–	3276,0	100
Разом земель інших користувачів	4193,0	–	–	–	–	–	–	4193,0	100
Усього по НПП:									
	7108,0	1030,6	14,5	1428,2	20,1	40,9	0,6	4608,3	64,8

Впродовж 2020 року жодних змін меж, площі та зонування у Яворівському національному природному парку не відбулося.

У зв’язку із зміною адміністративного районування Львівської області, Яворівський національний природний парк знаходиться на території Івано-Франківської ОТГ [29, 31].

РОЗДІЛ ІІ
МЕТОДИКА ТА ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика проведення досліджень

Проведення наукових досліджень лісової частини заповідної зони Яворівського НПП передбачали виконання наступних запланованих етапів роботи:

1) опрацювання первинних інформаційних матеріалів про попередні наукові дослідження в лісовій заповідній зоні національного природного парку;

2) аналіз програм і методик, за якими передбачались дослідження;

3) збір емпіричного матеріалу;

4) опрацювання отриманих результатів;

5) підбивання підсумків роботи відповідно до зібраного матеріалу дослідження.

Підготовчі роботи пов’язані з вивченням об’єкта досліджень, опрацюванням необхідних первинних інформаційних матеріалів, аналізом досвіду розв’язання подібних завдань. Польовий збір матеріалу охоплював по деревну таксацію дерев на тимчасовій пробній площі (ТПП). Камеральне опрацювання матеріалів включало в себе: систематизацію, таксаційний аналіз, математичного моделювання біометричних показників, моделювання залежностей між таксаційними величинами.

Використовуючи індуктивний метод, за даним декількох відібраних середньостатистичних модельних дерев схарактеризували сукупність усіх дерев насаджень.

Збір дослідного матеріалу проводився на тимчасових пробних площах, які були закладені в Яворівському НПП згідно загально прийнятого стандарту (СОУ 02.02-37-476:2006 «Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання»).

Науковці різних країн працювали й продовжують працювати над проблемою визначення фітомаси у лісових насаджень, а саме: О.С. Ватковський, В.А. Усольцев, А.І. Уткін, П.І. Лакида та ін. [5, 19, 20, 34-39, 42-50].

Дослідниками розроблені різнобічні методичні підходи для збору необхідного інформації в лісових масивах, та подальшого аналізу зі встановлення надземної фітомаси.

Для визначення накопичення вуглецю у надземній фітомасі за окремими фракціями використана методика П.І. Лакиди [19, 20]. Методика вказаного автора має широке застосування як в Україні, так і закордоном. Зазначена методика поєднує в собі, таксаційні, біометричні, лісівничі методи та прийоми головна мета яких у визначені біопродуктивності лісових масивів [21, 22, 23-28].

Збір дослідного матеріалу проводився за методикою, яка передбачає подальші розрахунки за допомогою пакету даних *Microsoft Excel,* при математичному моделюванні й статистичній обробці даних використано методики А.І. Кобзаря, А.І. Герасимович, Я.І. Матвєєва та ін. [7, 17].

При виконанні роботи використано такі лісівничо-таксаційні методи: індукції і дедукції; метод математичної статистики; метод масових спостережень.

Індуктивний метод – від одиничного до загального, охоплює формули й закони, що характеризували динаміку таксаційних величин. Елемент дедукції був присутній у вигляді накопичених літературно-наукових знань про аналогічні об’єкти.

Математико-статистичний метод забезпечував визначення таксаційних показників, закономірностей будови насаджень і встановлення помилок таксації. Використовували середньоарифметичну величину, що характеризувала певні сукупності. Використано методи варіаційної статистики, що містить у собі теорію імовірності й теорію кореляції. Основою методів у варіаційній статистиці є закон нормального розподілу.

Метод масових спостережень полягав у тому, що за зібраним матеріалом аналізували, класифікували, робили відповідні висновки, та розробляли таксаційні нормативи для умов спостереження.

На основі отриманих даних, у камеральних умовах встановлювали середній діаметр, повноту, кількість дерев на 1 га, бонітет, запас та інші лісотаксаційні показники.

Середній діаметр (см) визначають за сумою площ поперечного перерізу з урахуванням кількості дерев [7, 18, 32].

Суму площ перерізів (м/га) дерев у насаджені встановлено за стандартними таблицями [7, 18, 32].

Висоту насадження (м) –визначали висотоміром [7, 18, 32].

Повноту визначали як відношення суми площ перерізу дерев деревостану м/га, до суми площ перерізу повного (нормального деревостану з повнотою м/га) [7, 18, 32].

Кількість дерев на гектарі – визначали як відношення кількості дерев до площі [7, 18, 32].

Бонітет насадження – характеризує його продуктивність і встановлюється за середньою висотою та віком. Існує сім класів бонітету. Перший клас вказує кращі умови зростання, а подальші класи – вказують на поступове їх погіршення [7, 18, 32].

Запас (м/га) – насадження визначали за таблицями ходу росту [7, 18, 32].

Для визначення вуглецепоглинальної здатності використана методика Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), згідно цієї методики частка вуглецю у фітомасі в абсолютно сухому стані складає 50%.

2.2. Збір дослідного матеріалу

Тимчасові пробні площі закладали в різновікових деревостанах з сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). Кількість закладених пробних площ – 5 шт.

Під час по деревного обліку визначали висотоміром ИУ1М висоту дерев у насадженні, а діаметр модельних дерев вимірювали мірною вилкою алюмінієвою Haglof (Швеція). на висоті 1,3 м від землі.

У таблиці 2.1 зазначені отримані показники при проведені таксації на пробних площах.

Таблиця 2.1

Лісівничо-таксаційна характеристика тимчасових пробних площ

ППП№	Місце розташування	Квартал	Виділ	Склад	Вік, років	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Група віку	Клас бонітету	Відносна повнота	Запас деревини на 1 га, м^3	Категорія санітарного стану
1.	Янівське ПОНДВ	3	7	8Сз1Дз1Яле	102	30	40	6	I	0,55	330	1
2.	Янівське ПОНДВ	3	16	7Сз2Дз1Гз	112	31	48	6	I	0,70	400	1
3.	Янівське ПОНДВ	8	14	10Сз+Бп+Ос	62	21	32	4	I	0,60	280	1
4.	Янівське ПОНДВ	26	9	5Сз5Бп+Яле	37	18	20	3	I	0,80	200	3
5.	Млинківське ПОНДВ	3	4	7Сз3Бкл	87	26	36	5	I	0,80	400	2

При оцінюванні санітарного стану насаджень визначали кількість дерев – 100 шт. і проводили їх оцінку за 6 категоріями: 1 – це здорові дерева; 2 – ослаблені; 3 – дуже ослаблені (крім вогнищ кореневої губки); 4 – що всихають, дуже ослаблені (у вогнищах кореневої губки); 5 – свіжий сухостій; 6 –старий сухостій (см. табл. 2.1).

Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є другою переважаючою деревною породою у заповідній частині парку після бука лісового (*Fagus sylvatica* L.), її частка становить 19,4 % у насадженні.

Фіксація місця розташування тимчасових пробних площ здійснювалась за допомогою GPS-навігації; розміщення на карті – за допомогою програми SASPlanet (рис. 2.1).

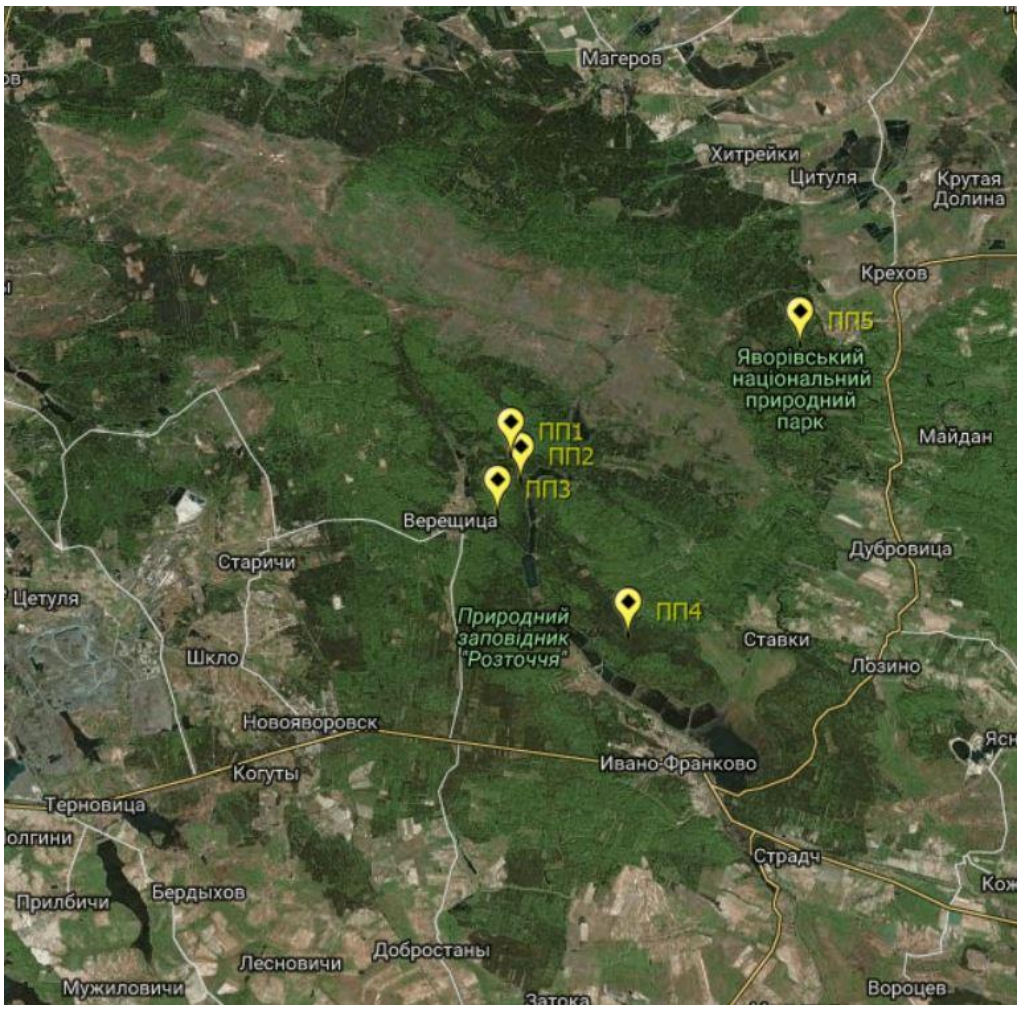

Рис. 2.1. Розташування пробних площ

Під наметом деревостану визначали: освітлення ділянки; температуру повітря; кислотність, вологість та температуру ґрунту (до 30 см) за допомогою багатофункціонального приладу FLO 89000 (Польща).

На ТПП №1 (8Сз1Дз1Яле). Освітлення ділянки дуже низьке (показник приладу – «LOW-»), кислотність ґрунту – pH 7,0 (нейтральне), рівень вологості ґрунту – дуже вологій (показник приладу – «WET+»), температура повітря під наметом дерев становила 26ºС, температура ґрунту – 17ºС,

На ТПП №2 (7Сз2Дз1Гз). Дуже низьке освітлення ділянки (показник приладу – «LOW-»), кислотність ґрунту – pH 7,0 (нейтральне), вологості ґрунту – дуже вологій (показник приладу – «WET+»), температура повітря під наметом дерев становила 25ºС, температура ґрунту – 17ºС.

На ТПП №3 (10Сз+Бп+Ос). Освітлення ділянки дуже низьке (показник приладу – «LOW-»), кислотність ґрунту – pH 7,0 (нейтральне), рівень вологості ґрунту – дуже вологій (показник приладу – «WET+»), температура повітря під наметом дерев становила 29ºС, температура ґрунту – 14ºС.

На ТПП №4 (5Сз5Бп+Яле). На ділянці дуже низьке освітлення (показник приладу – «LOW-»), кислотність ґрунту – pH 5,5 (кисле), рівень вологості ґрунту – сухий (показник приладу – «DRY»), температура повітря під наметом дерев становила 27ºС, температура ґрунту – 13ºС

На ТПП №5 (7Сз3Бкл). Освітлення ділянки дуже мале (показник приладу – «LOW-»), кислотність ґрунту до 30 см дорівнювала pH 7,0 (нейтральне), дуже суха вологість ґрунту (показник приладу – «DRY+»), температура повітря під наметом дерев у період вимірювання становила 20ºС, температура ґрунту була нижче на 6ºС від попереднього показника.

РОЗДІЛ ІІІ
ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ

З метою визначення особливості приросту за діаметром та висотою панівних деревних порід парку в залежності від їх віку, було встановлено середні значення біометричних показників дерев.

На основі одержаних показників проведено статистичний аналіз за допомогою пакету аналізу статистичних показників *Microsoft Excel.* Результати отриманих показників по кожній деревній породі представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Статистичні характеристики біометричних показників сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.)

Статистичні показники	Біометричні показники дерева		
	A (вік)	$d_{1,3}$ (діаметр на висоті 1,3 м)	*h* (висота)
$X_{ср}$ (середнє арифметичне значення)	Одиниці виміру		
	роки	см	м
	81,8	37,3	27,1
min (мінімум)	Одиниці виміру		
	роки	см	м
	28,0	8,0	12,0
max (максимум)	Одиниці виміру		
	роки	см	м
	126,0	68	34
D (дисперсія)	778,9	305,7	43,9
σ (стандартне відхилення)	27,9	17,5	6,62
A (коефіцієнт асиметрії)	-0,29	-0,02	-0,84
E (ексцес)	-0,94	-1,12	1,31
V (коефіцієнт варіації), %	34,1	46,8	24,4

Одним з найважливіших етапів при встановлені залежностей між випадковими величинами є аналіз наявності кореляційного зв’язку між ними. За допомогою програми *Microsoft Excel* побудовано кореляційну матрицю біометричних показників дерева (діаметр, висота, вік) (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Кореляційна матриця основних біометричних показників сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.)

Біометричні показники	Вік, роки	Діаметр, см	Висота, м
Вік, роки	1	–	–
Діаметр, см	0,992	1	–
Висота, м	0,977	0,955	1

Відповідно до отриманих показників у таблиці 3 спостерігається високий кореляційний зв'язок (0,992-0,955) між біометричними сосни звичайної, що росте у заповідній зоні Яворівського НПП, це надає змогу математичного моделювання з метою створення емпіричних залежностей.

Для аналізу розвитку сосни нами проведено порівняльний аналіз фактичних показників з нормативно-довідковими таблицями ходу росту повних лісових насаджень (Кашпор, Строчинський, 2013) (рис. 3.1).

До 50 річного віку висота дерева у насадженні є меншою на 1 м порівняно з нормативно-довідковими таблицями, але після п’ятдесяти років соснові деревні рослини починають набирати висоту і в віці 110 років перевищують нормативні показники на 5 м.

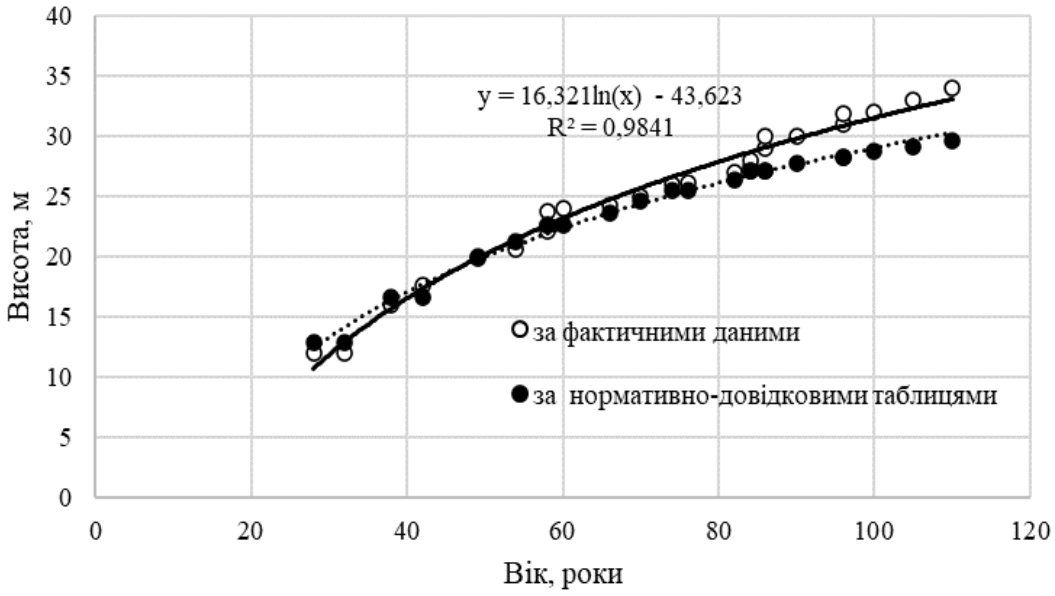

Рис. 3.1. Хід росту соснових деревостанів за висотою та віком

Хід росту соснових деревостанів вказав на те, що до 60 років молоді дерева відстають за своїм розвитком. Їх приріст за діаметром є меншим на 4 см за нормативний. Після 60 років приріст за діаметром зростає і вже у віці 110 років перевищує нормативні показники на 20 см (рис. 3.2).

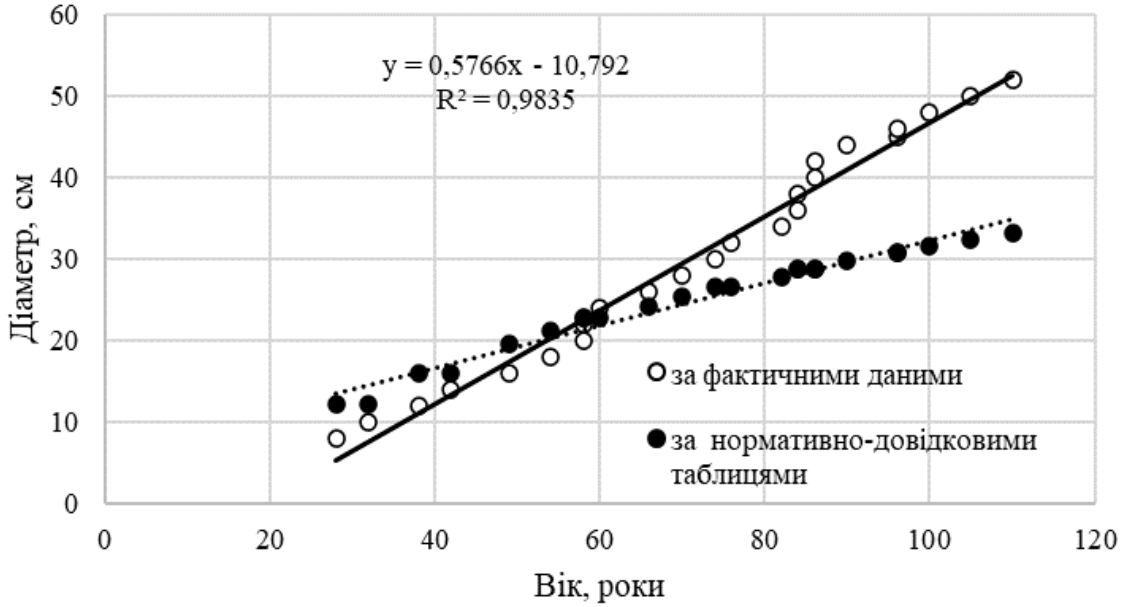

Рис. 3.2. Хід росту соснових деревостанів за діаметром та віком

Запропоновані емпіричні рівняння (рис. 3.1, 3.2) можна використовувати для моніторингу розвитку сосни звичайної у деревостанах.

Виходячи з отриманих результатів аналізу, можна зробити висновок про певні особливості росту та розвитку соснових деревостанів у заповідній зоні Яворівського НПП.

Наші подальші дії були пов’язані з математичним моделюванням за допомогою рівняння множинної статистичної алометрії що описує залежність трьох показників: віку, діаметру та висоти:

$$A = b \times d^{b_1} \times h^{b_2} \qquad (3.1)$$

де A – вік, роки; b, b_1, b_2 – постійні коефіцієнти; d – діаметр, см; h – висота, м.

При проведені математичного моделювання розроблено емпіричне рівняння для соснових насаджень:

$$A_{\text{Сз}} = 4{,}33 \times d^{0{,}545} \times h^{0{,}298} \qquad R^2=0{,}990$$

Значення коефіцієнтів детермінації становить 99%, що вказує на достатній взаємовплив, між всіма показниками у рівнянні.

На основі одержаного рівняння змодельований трьохмірний графік (рис. 3.3).

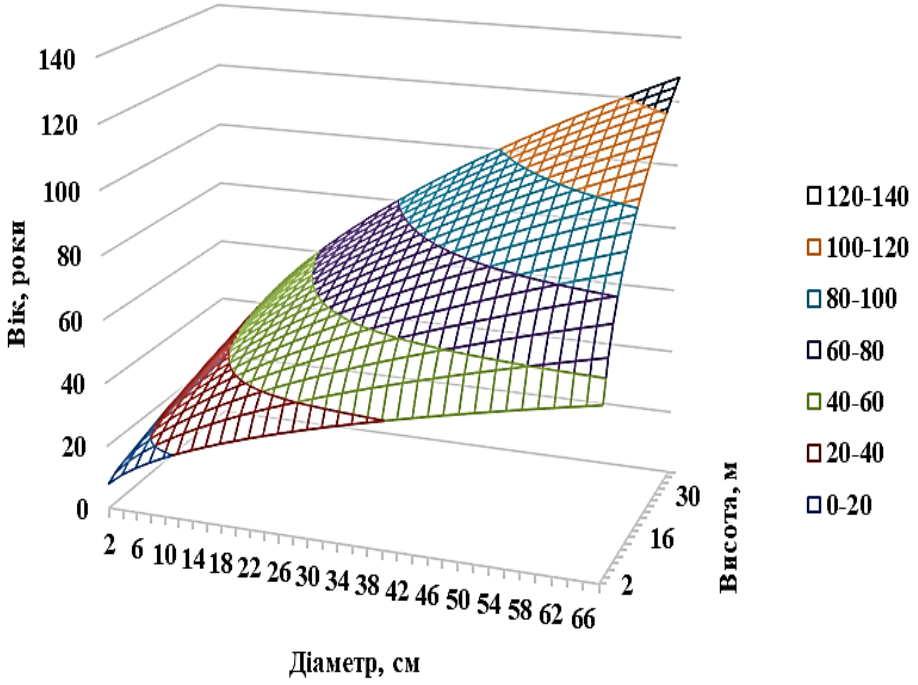

Рис. 3.3. Ріст і розвиток сосни звичайної в Яворівському НПП

На рис. 3.3. наочно представлено залежність висоти і діаметру від віку насадження. Одержане рівняння сприятиме обліку соснових насаджень в заповідній зоні парку.

РОЗДІЛ IV
БІОЛОГІЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОСНИ

Оцінка біологічної продуктивності передбачає визначення продукції що утворюється в процесі фотосинтезу на одиницю площі в надземній фітомасі (в нашому випадку).

Першим кроком є встановлення фітомаси. Для визначення фітомаси сосни нами використано математичні рівняння степеневої регресії запропоновані П.І. Лакидою: «Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси деревостанів головних лісотвірних порід України» (2013) для природних соснових деревостанів.

Рівняння для визначення фітомаси *стовбура* має вигляд:

$$Ph_{\text{ст}} = 2{,}288 \times d^{-0{,}162} \times h^{1{,}592} \times p^{1{,}018} \quad [19]$$

$$Ph_{\text{дер}} = 1{,}844 \times d^{-0{,}144} \times h^{1{,}624} \times p^{1{,}017} \quad [19]$$

$$Ph_{\text{к}} = Ph_{\text{ст}} - Ph_{\text{дер}} \quad [19]$$

де $Ph_{\text{ст}}$ – фітомаса стовбура у корі, т/га; $Ph_{\text{дер}}$ – фітомаса деревини стовбурів, т/га; $Ph_{\text{к}}$ – фітомаса кори стовбурів, т/га; d – діаметр, см; h – висота, м; P – повнота насадження.

Рівняння для встановлення фітомаси *крони*:

$$Ph_{\text{хв}} = 2{,}625 \times d^{-0{,}0013} \times h^{0{,}138} \times p^{0{,}722} \quad [19]$$

$$Ph_{\text{гіл}} = 3{,}056 \times d^{0{,}675} \times h^{-0{,}355} \times p^{0{,}434} \quad [19]$$

$$Ph_{\text{кр}} = Ph_{\text{хв}} + Ph_{\text{гіл}} \quad [19]$$

$$Ph_{\text{дз}} = 3{,}380 \times d^{0{,}080} \times h^{0{,}109} \times p^{0{,}697} \quad [19]$$

де $Ph_{\text{хв}}$ – фітомаса хвої, т/га; $Ph_{\text{гіл}}$ – фітомаса гілля, т/га; $Ph_{\text{кр}}$ – фітомаса крони, т/га; $Ph_{\text{дз}}$ – фітомаса деревної зелені, т/га; d – діаметр, см; h – висота, м; P – повнота насадження.

За допомогою зазначених рівнянь встановлена фітомаса стовбура та крони від віку деревостану у Яворівському НПП, результати аналізу містяться на рис. 4.1.

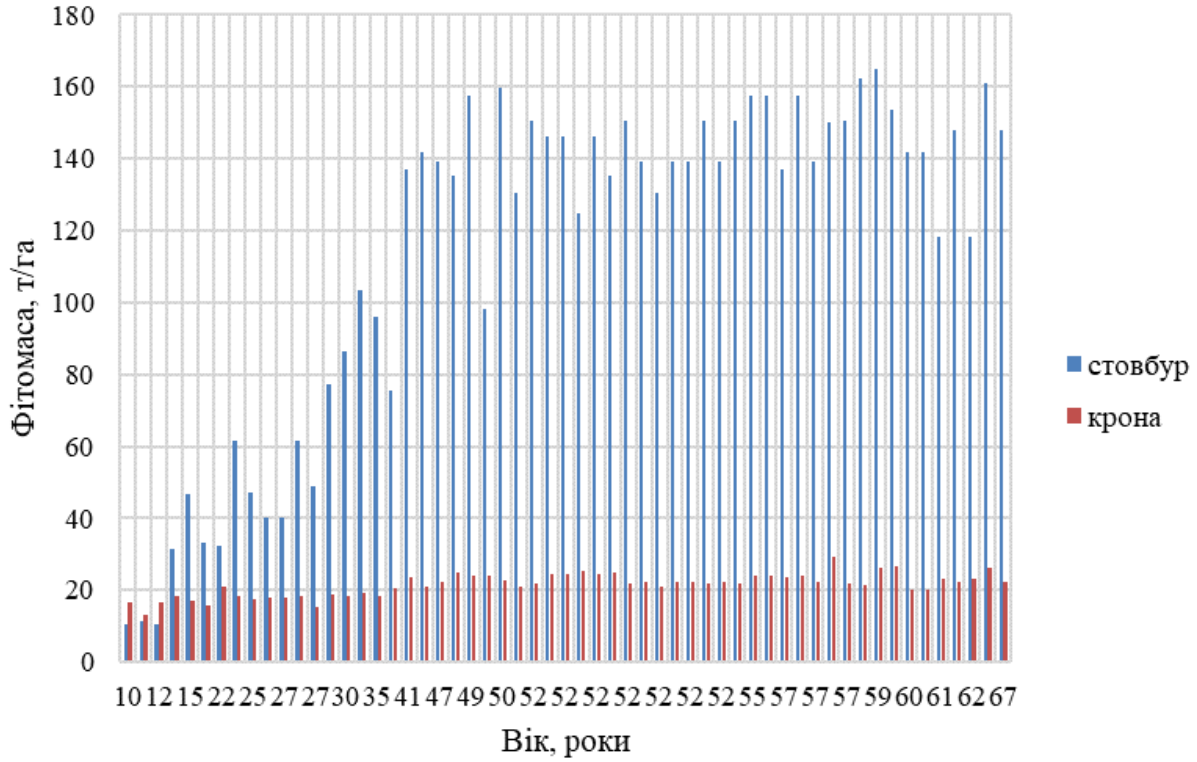

Рис. 4.1. Надземна фітомаса деревостанів сосни звичайної у Яворівському НПП

Як видно на рисунку 4.1 фітомаса стовбура соснових деревостанів у заповідній зоні зростає до 140 років, а далі спостерігається припинення накопичення фітомаси. Фітомаса крони починаючи з 40 років і подальші роки нівелює від 20 до 25 т/га.

Другим кроком є визначення біологічної продуктивності соснових насаджень національного парку є встановлення вуглецепоглинальної здатності соснових деревостанів Яворівського парку. З метою встановлення кількості поглинання вуглецю використана методика Intergovernmental Panel on Climate Change, згідно з методикою частка вуглецю в фітомасі в складає 50%.

За одержаними в ході аналізу результатами побудовано графік залежності кількості поглинання вуглець в залежності від віку насадження на площі 1 га (рис. 4.2).

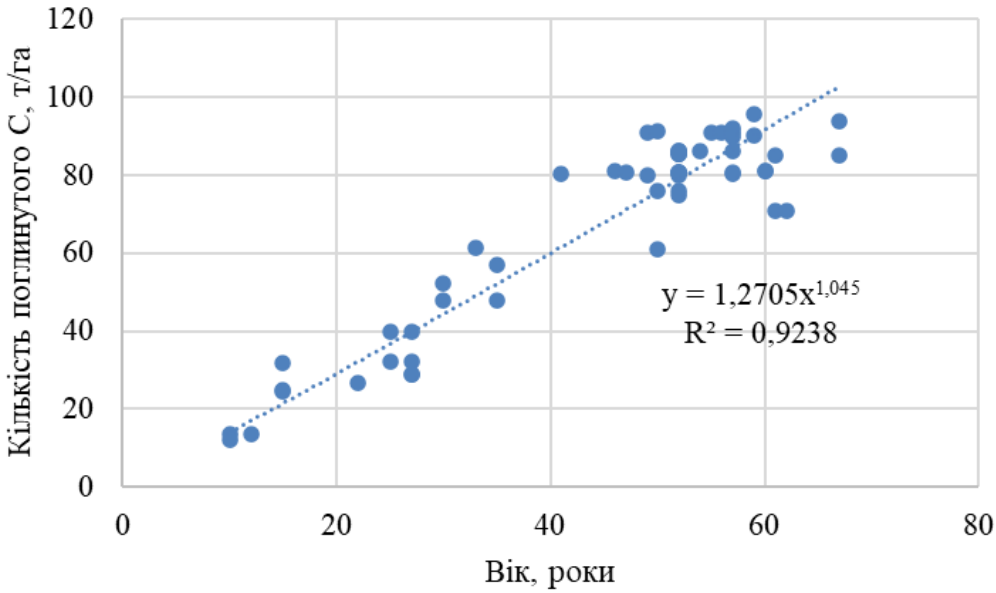

Рис. 4.2. Кількість поглинутого вуглецю сосновими деревостанами залежно від їх віку

З віком соснові деревостани заповідної зони Яворівського національного природного парку у своїй збільшують накопичення вуглецю. Помірне накопичення спостерігається у 60 річних деревостанах. Кількість акумульваного у фітомасі вуглецю у віці 10 років становить 10 т/га, а у віці 60 і більше років 90 т/га, це пов’язано з тим, що соснові деревостани після 60 років входять у період клімаксу і припиняють свій розвиток.

ВИСНОВКИ

Відповідно до проведених наукових досліджень встановлено, що соснові деревостани які належать до I-IV групи віку відстають у рості на 1 м в порівнянні з нормативними таблицями, а вже починаючи з V групи віку і вище перевищують нормативні показники на 5 м.

Соснові деревостани заповідної частини Яворівського НПП, з I по IV груп віку за діаметром відстають у приростi на 4 см, у порівнянні з нормативно-довідковими таблицями, а від V групи віку і вище перевищують показники на 20 см. В ході поведених досліджень одержані емпіричні рівняння.

При аналізі фітомаси дерева встановлено, що соснові деревостани накопичують фітомасу стовбура до 140 років, далі дерева припиняють свій розвиток і накопичення припиняється.

З’ясовано, що після 40 років фітомаса соснових насаджень залишається стабільною впродовж всього свого життя.

Зі збільшення віку насадження, їх біологічна продуктивність зростає до певного періоду. Особливо продуктивні соснові деревостани Яворівського НПП з I по VI груп віку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев В.А., Бардси Р.А. Углерод в екосистемах лесов и болот России. Красноярск: ИЛиД, 1994. 532 с.
2. Аткин А.С. Фитомасса сухих сосняков Казахского мелкосопочника. *Лесоведение*. 1978. № 5. С. 61–66.
3. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность екосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.
4. Букша І.Ф., Бутрим О.В., Пастернак В.П. Інвентаризація парникових газів у секторі землекористування та лісового господарства: [монографія]. Х.: ХНАУ, 2008. 232 с.
5. Ватковский О.С. Методы определения фитомассы ствола и кроны дуба. *Лесоведение*. 1968. № 6. С. 58–64.
6. Гагошидзе И.А. Биомасса крон основних лесообразующих пород Закавказья. *Лесное хозяйство*. 1980. № 12. С. 45–47.
7. Герасимович А.И., Матвеева Я.И. Математическая статистика. Минск: «Вышэйшая школа», 1978. 200 с.
8. Глобальні зміни клімату: економіко-правові механізми імплементації Кіотського протоколу в Україні / за ред. В.Я. Шевчука. К.: Гаопринт, 2005. 147 с.
9. Голубець М.А. та ін. Екологічний потенціал наземних екосистем. Львів: Поллі, 2003. 180 с.
10. Данилин И.М. Определение надземной фитомассы древостоев по аэрофотоснимкам. *Лесное хозяйство*. 1993. № 1. С. 35–36.
11. Дзебисашвили Г.С., Апциаури Ш.А. Оценка фитомассы крон хвойних пород горных лесов Закавказья и ее использование в народном хозяйстве. *Лесная таксация и лесоустройство: Межвузовский научный труд* Каунас: Изд-во ЛитСХА, 1988. С. 60–69.

12. Исаев А.С., Коровин Г.Н., Уткин А.И. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных екосистемах России. *Лесоведение*. 1993. № 6. С. 3–10.

13. Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М.: Наука, 1976. 221 с.

14. Киотский протокол. История развития, цели и принципы. Проекты совместного осуществления в Украине: сборник информационно-методических материалов / под. ред. С.В. Третьякова. Донецк: ООО «УКРДРУК», 2006. 184 с.

15. Киотский протокол. Нормативно-правовая база реализации проектов СО: сборник нормативно-правовых документов / под ред. С.В. Третьякова. Донецк, ООО «УКРДРУК», 2006. 380 с.

16. Клімат України / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. К.: Видавництво РАЄВСЬКОГО, 2003. 343 с.

17. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.

18. Кофман Г.Б. Рост і форма деревьев. Новосибирск: Наука, 1986. С. 93–161.

19. Лакида П. І. та ін. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси деревостанів головних лісотвірних порід України. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гавришенко В.М., 2013. 457 с.

20. Лакида П.І. Фітомаса лісів України: монографія. Тернопіль: Збруч, 2002. 256 с.

21. Ловинська В.М. Локальна щільність компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (Pinus sylvestris L.) Північного Степу України. *Вісник аграрної наук Причорномор'я.* 2018. Вип. 3. С. 73–78. DOI: https://doi.org/10.15421/40280816.

22. Ловинська В.М. Надземна фітомаса стовбурів Pinus sylvestris L. у деревостанах північного степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018, т. 28, № 8. С. 79–82. DOI: https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12.

23. Мороз В.В., Никитюк Ю.А. Вуглецепоглинальна здатність соснових лісових насаджень Волинського Полісся. *Наукові горизонти*. 2020. №01(86). С.61–70. DOI: https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-86-1-61-70.

24. Мороз В.В., Никитюк Ю.А. Вуглецепоглинальна здатність соснових лісових насаджень Чернігівського Полісся. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. №1. С. 90–99. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.10.

25. Мороз В.В., Никитюк Ю.А. Вуглецепоглинальна здатність соснових лісових насаджень Житомирського Полісся. *Зрошуване землеробство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон. 2020. Вип. 73. С.43–50. DOI: https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.13.

26. Мякушко В.К. Первинна біологічна продуктивність соснових лісів Українського Полісся / В.К. Мякушко // Укр. бот. журнал. – 1972. – Т. 29. – № 3. – С. 328–339.

27. Онучин А.А., Борисов А.Н. Опыт таксации фитомассы сосновых древостоев. *Лесоведение*. 1984. № 6. С. 66–71.

28. Пастернак В.П., Букша І.Ф., Висоцький Г.М. Методичні підходи до моніторингу динаміки вуглецю в лісових екосистемах. Науковий вісник. Львів, 2004. Вип. 14.2. С. 177–181.

29. Проект організації території Яворівського національного природного парку, охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів і об’єктів. Том 1. Інвентаризація природних комплексів і компонентів для розробки Проекту організації території Яворівського національного природного парку, охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів і об’єктів / С. Орищин, Я. Хомин, В. Брусак [та ін.]. Львів : ЛНУ ім. Ів. Франка, 2010. 115 с.

30. Проект організації території Яворівського національного природного парку, охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів і об’єктів. Том 3. Пояснювальна записка з розробки організації території, охорони, відтворення та рекреаційного використання

природних комплексів і об'єктів Яворівського НПП Львівської області. / Гульчак В.П., Карпа М.А., Піпа Р.С., Крупій В.В. Львів, 2011. 129 с.

31. Токмурзин Т.Х. Выбор методов учета фитомассы насаждений. Актуальные вопросы лесного хазяйства в Казахстане. Алма-Ата, 1977. С. 71–76.

32. Токмурзин Т.Х., Нурпеисов К.Н. Таблицы хода роста фитомассы древостоев сосны Прииртышья. Научные труды Казахстанским сельськохозяйственным институтом. Алма-Ата, 1976. Т. 19. № 3. С. 127–136.

33. Тябера А.П. Объем коры, сучьев и масса хвои в сосняках Литвы. Литва. *ИВУЗ Лесной журнал*. 1981. № 6. С. 14–18.

34. Усольцев В.А. Моделирование структуры и динамики фитомассы деревостоев. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1985. 192 с.

35. Усольцев В.А. О точности регрессионной оценки фитомассы древостоев. Весник с.-х. науки Казахстана. 1984. № 9. С. 77–83.

36. Усольцев В.А. Применение инвариантных взаимосвязей при оценке массы крон деревьев: метод. указ. для студ.-димломн. специальности 3112 и асп. Екатеринбург: УЛТИ, 1993. Ч. 1. 37 с.

37. Усольцев В.А. Применение инвариантных взаимосвязей при оценке массы крон деревьев: метод. указ. для студ.-димломн. специальности 3112 и асп. Екатеринбург: УЛТИ, 1993. Ч. 2. 90 с.

38. Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев. Новосибирск: Наука, 1988. 253 с.

39. Усольцев В.А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. Екатеринбург: Уро РАН, 1998. 542 с.

40. Успенский В.В. Способ учета ресурсов вервей в соснових лесах. *ИВУЗ Лесной журнал*. 1980. № 2. С.17–20.

41. Успенский В.В. Способ учета хвои и хвойной лапки Pinus silvestris L. *Растительные ресурсы*. 1983. Т. 19. № 3. С. 403–406.

42. Уткин А.И. и др. Определение запасов углерода насаждений на пробных площадях: сравнение аллометрического и конверсионного-объемного методов. *Лесоведение*. 1997. № 5. С. 51–65.

43. Уткин А.И. и др. Определение запасов углерода по таксационным показателям древостоев: метод поучастковой аллометрии. *Лесоведение*. 1998. № 2. С. 38–53.

44. Уткин А.И. и др. Продукционная инвариантность древостоев *Лесоведение*. 1988. № 2. С. 12–23.

45. Уткин А.И. Исследования по первичной биологической продуктивности лесов в СССР. *Лесоведение*. – 1970. – № 3. – С. 58–89.

46. Уткин А.И. Методика изучения вертикально-фракционного распределения фитомассы. Полевой этап в изучении вертикальной структуры фитомассы древостоев. *Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах*. М.: Наука, 1986. С. 10–14.

47. Уткин А.И. Методика исследований первичной биологической продуктивности лесов. *Биологическая продуктивность лесов Поволожья*. М.: Наука, 1982. С. 59–72.

48. Уткин А.И. Первичная биологическая продуктивность лесов: истоки, состояние, перспективы. *Проблемы лесоведения и лесной экологии: тезисы докл.* М., 1990. Ч. 1. С. 68–71.

49. Уткин А.И. Состояние исследований учета массы деревьев и их частей в СССР и зарубежных странах. *Биологическая продуктивность лесов Поволжья*. М. : Наука, 1982. С. 59–72.

50. Уткин А.И., Каплина Н.Ф., Ильина Н.А. Уточнение техники применения регрессионного метода в изучении биологической продуктивности древостоев. *Лесоведение*. 1987. № 1. С. 40–53.

51. Чураков Б.П., Манякина Е.В. Депонирование углерода разновозрастными культурами сосны. *Ульяновский медико-биологический журнал*. № 1, 2012. С. 125–129.

52. Швиденко А.З., Строчинский А.А., Савич Ю.Н., Кашпор С.Н.Нормативно–справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. К.: Урожай, 1987. 560 с.

53. Щепащенко Д.Г., Шведенко А.З., Шалаев В.С. Биологическая продуктивность и бюджет углерода листесвенничных лесов Северо-Востока России. Изд-во МГУ леса. 2008. 296 с.

54. Moroz V.V. et al. Carbon Absortion Ability of Pine Forest Plantations in the Ukrainian Polissya. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. №10(2). P. 249–255.