

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ГОЦИК ОЛЬГА СТЕПАНІВНА

УДК 630*5:502 (477.42)

ДИСЕРТАЦІЯ

СТРУКТУРА ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВОСТАНІВ
ЧЕРЕМСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА

Спеціальність – 205 «Лісове господарство»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів
мають посилання на відповідне джерело О. С. Гоцик

Наукові керівники
Лакида Петро Іванович,
професор, доктор сільськогосподарських наук,
член-кореспондент НААН України
Матушевич Любов Миколаївна,
доцент, доктор сільськогосподарських наук

Київ – 2024

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» – Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція»

ПЗФ – Природно-заповідний фонд

ДОЛФ – Державний облік лісового фонду

ТХР – Таблиці ходу росту

ТПП – Тимчасова пробна площа

ТЛУ – Тип лісорослинних умов

Черемський ПЗ – Черемський природний заповідник

НДІ – науково-дослідний інститут

НПП – національний природний парк

АНОТАЦІЯ

Гоцик О. С. Структура та продуктивність деревостанів Черемського природного заповідника. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 205 «Лісове господарство». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024.

Дослідження біопродуктивності деревостанів на територіях природно-заповідного фонду з метою збереження унікального біорізноманіття, а також для вирішення низки питань екологічного характеру залишаються актуальними та перспективними. Саме тому метою проведення дисертаційного дослідження стало вивчення динаміки біологічної та киснепродуктивності деревостанів головних лісотвірних видів Черемського природного заповідника за компонентами фітомаси та депонованого в них вуглецю, результати якого стануть реальним внеском для ефективного ведення господарства в заповідних лісах, а також при вирішенні проблем, пов'язаних зі змінами клімату на регіональному та глобальному рівнях.

Для досягнення окресленої мети визначено наступні завдання:

- охарактеризувати лісівничо-таксаційні показники деревостанів головних лісотвірних видів Черемського природного заповідника та їх динаміку;
- провести ретроспективний аналіз динаміки продуктивності лісів;
- опрацювати методику та агрегувати дослідні дані оцінки біотичної продуктивності лісів Черемського природного заповідника;
- розробити математичні моделі оцінки компонентів надземної фітомаси дерев і деревостанів головних лісотвірних видів Черемського ПЗ за їх таксаційними показниками;
- дослідити динаміку фітомаси та вуглецю в насадженнях Черемського природного заповідника;
- оцінити киснепродуктивність лісів Черемського природного заповідника.

Встановлено, що загальна площа Черемського природного заповідника знаходиться в межах 2975,7 га без поділу на лісництва. З них лісові ділянки

охоплюють площу 1849,2 га (62,1 %), у тому числі під вкритими лісовою рослинністю лісовими ділянками перебуває 1809,3 га (60,8 %), болотами – 1108,1 га (37,2 %) та озерами (Редичі та Черемське) – 18,7 га (0,6 %). Майже вся площа лісового фонду Черемського природного заповідника вкрита лісовою рослинністю і досягає 97,8 %, де на лісові культури припадає 13,2 % від цієї площі. Не вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки становлять лише 34,9 га, або 2,2 % території.

Серед вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок домінують хвойні деревостани, із часткою у загальному запасі 75,4 %, які в основному представлені сосною звичайною (98,5 %). М'яколистяні види в загальному запасі займають 23,0 % і представлені вільхою клейкою (65,6 %) та березою повислою (34,4 %). Зовсім мізерна участь твердолистяних видів (1,6 %), серед яких домінує дуб звичайний (92,5 %).

У Черемському природному заповіднику переважають насадження II (30,9 %) та III (26,6 %) класів бонітету. Середній клас бонітету насаджень становить II,8.

У віковій структурі домінують середньовікові насадження, участь яких становить 72,9 % від площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок і запас яких складає 78,5 % загального запасу лісів Черемського природного заповідника. Молодняки становлять незначну частину (8,1 % за площею і 3,1 % за запасом). Стиглі насадження займають 5,6 % за площею та 5,3 % за запасом. Повністю відсутні перестиглі та пристиглі деревостани твердолистяних видів.

Більшість площі деревостанів (73,9 %) мають повноту 0,6-0,8. Частка низько- та високоповнотних насаджень становить лише 6,8 % від площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Черемського природного заповідника.

Для збору експериментальних даних використана методика збору дослідного матеріалу Лакиди П. І., яка передбачає у своєму проведенні два види науково-дослідних робіт: польові лісотаксаційні та лабораторні.

В процесі досліджень використано експериментальні дані 64 тимчасових пробних площ (ТПП), частина з яких закладена на території об'єкта ПЗФ, з банку науково-дослідних даних кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України. В насадженнях природного походження закладено 44 ТПП, штучного – 20 ТПП.

Значення біометричних показників деревостанів, в яких закладені тимчасові пробні площі, близькі до модальних насаджень Черемського природного заповідника. Зібраний експериментальний матеріал дає підстави зробити висновок про приналежність деревостанів, в яких опрацьовувалися ТПП, до статистично близьких рядів. Це дозволяє використовувати його для дослідження взаємозв'язків між таксаційними параметрами і величини їх впливу на процеси накопичення фітомаси деревостанами Черемського природного заповідника за компонентами.

Аналіз динаміки основних таксаційних показників, які характеризують продуктивність деревостанів Черемського природного заповідника, свідчить про їх стійке зростання.

Під час моделювання залежності компонентів фітомаси дерев і насаджень Черемського природного заповідника від їх основних морфометричних показників, базуючись на основних принципах системного підходу, використано метод множинного регресійного аналізу.

Моделювання компонентів фітомаси деревостанів основних лісотвірних деревних видів Черемського природного заповідника виконувалося шляхом встановлення одно- та багатofакторних залежностей компонентів фітомаси від таксаційних ознак насаджень, які представлені в даних лісового кадастру.

Значущість впливу факторів на досліджувані компоненти фітомаси оцінювали за довірчими інтервалами коефіцієнтів регресії на 5%-му рівні значущості. В результаті дослідження встановлено, що всі надземні компоненти фітомаси сосни звичайної природного та штучного походження описуються множинними регресійними рівняннями. Незначущими виявилися

коефіцієнти детермінації та інші статистичні показники для стовбурової деревини і кори стовбура берези повислої та вільхи клейкої.

Протягом 2005-2018 рр. запас стовбурової деревини збільшувався з 244,9 тис. м³ у 2005 році до 336,2 тис. м³ у 2018 році (на 91,3 тис. м³, або на 37,3 %). Відповідним чином збільшився й обсяг загальної фітомаси деревостанів на 57,2 тис. т (36,5 %) та накопиченого в ній вуглецю на 28,4 тис. т (36,5 %).

Найвагоміша частка в структурі фітомаси деревостанів Черемського природного заповідника приходить на хвойні деревостани – 72,5 %, значно менша – на м'яколистяні (25,8 %) і найменша – на твердолистяні насадження (1,7 %).

Середня щільність фітомаси та вуглецю в лісах Черемського ПЗ протягом 13 досліджуваних років поступово зростали: від 8,7 кг·(м²)⁻¹ до 11,8 кг·(м²)⁻¹ для фітомаси та від 4,3 кг·(м²)⁻¹ до 5,9 кг·(м²)⁻¹ для вуглецю.

Щільність вуглецю в лісах Черемського природного заповідника для вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок станом на 2018 рік у середньому досягла 5,9 кг·(м²)⁻¹. Найближчим до середнього значення цей показник виявився у хвойних деревостанах (6,1 кг·(м²)⁻¹), найнижшим – у м'яколистяних (5,2 кг·(м²)⁻¹) і найвищим (7,6 кг·(м²)⁻¹) – у твердолистяних насадженнях.

Щільність вуглецю більш інтенсивно зростає у твердолистяних деревних видів (від 5,1 кг·(м²)⁻¹ у 2005 р. до 7,6 кг·(м²)⁻¹ у 2018 році), менш інтенсивно – у хвойних (від 4,5 кг·(м²)⁻¹ у 2005 р. до 6,1 кг·(м²)⁻¹ у 2018 році) та м'яколистяних деревних видів (від 3,8 кг·(м²)⁻¹ у 2005 р. до 5,2 кг·(м²)⁻¹ у 2018 році).

За досліджуваний період у лісах Черемського природного заповідника щільність фітомаси деревостанів та депонованого в ній вуглецю зросли в 1,4 рази за рахунок перерозподілу у віковій структурі лісових насаджень та, як результат, збільшення середнього запасу на 1 га.

Лісові біоценози Черемського природного заповідника щороку продукують 6860 т кисню (в середньому – 3,78 т·га⁻¹·рік⁻¹). Основний об'єм кисню продукують хвойні насадження (70,3 %), так як вони зростають тут на

найбільшій території (1254,8 га) і мають найвищий деревний запас (254,29 тис. м³). Частка ж м'яколистяних та твердолистяних деревостанів у загальному запасі лісових масивів Черемського природного заповідника незначна (77,87 і 4,04 тис. м³), тому і кисню вони продукують значно менше (27,2 % і 3,0 % відповідно). Твердолистяні деревостани виділяють найбільше кисню на одиницю площі (8,20 т·га⁻¹·рік⁻¹), значно менше – хвойні деревостани (3,84 т·га⁻¹·рік⁻¹) та м'яколистяні деревостани 3,47 т·га⁻¹·рік⁻¹).

Виконані дослідження лісових масивів Черемського природного заповідника демонструють позитивну динаміку накопичення об'ємів фітомаси та депонованого в ній вуглецю (відповідно 36,5 % і 32,6 % упродовж 13 досліджуваних років).

Практичним результатом дисертаційного дослідження стали розроблені для лісів Черемського ПЗ:

- коефіцієнти відношень компонентів надземної фітомаси деревостанів головних лісотвірних видів до їхнього запасу в корі;
- математичні моделі оцінки динаміки компонентів фітомаси деревостанів головних лісотвірних порід;
- довідкові таблиці динаміки основних параметрів компонентів фітомаси та депонованого у ній вуглецю;
- нормативи розрахунку киснепродуктивності деревостанів.

Розроблені нормативи рекомендується використовувати для вирішення низки екологічних, ресурсознавчих та виробничих галузевих питань як у регіоні досліджень, так і в Україні в цілому.

У перспективі дослідження будуть направлені на прогнозування підвищення біопродуктивності насаджень даного об'єкта з метою покращення виконання ними екологічних функцій та встановлення можливостей їх впливу на навколишнє середовище.

Ключові слова: Черемський природний заповідник, природно-заповідний фонд, математичні моделі, конверсійні коефіцієнти, фітомаса деревостанів, депонований вуглець, киснепродуктивність.

SUMMARY

Hotsyk O.S. The structure and productivity of the Cheremsky Nature Reserve forests. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation for the degree of Doctor of Philosophy, specialty 205 «Forestry». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv. 2024.

Research on the forest's bioproductivity within protected areas aiming at preserving unique biodiversity and addressing a range of ecological issues remains relevant and promising. Therefore, dissertation aims to study the dynamics of biological and oxygen productivity of the main forest-forming species in the Cheremsky Nature Reserve, with a focus on phytomass components and the carbon sequestered in them. The findings are expected to significantly contribute to the effective management of protected forests and address climate change at both regional and global levels.

To achieve this goal, the following tasks were defined:

to characterise the silvicultural and taxonomic stands indicators and their dynamics for the Reserve main forest-forming species;

to conduct a retrospective analysis of the dynamics of forest productivity;

to develop a methodology and aggregate research data for assessing the biotic productivity of the Reserve's forests;

to develop mathematical models for estimating the components of the aboveground phytomass of trees and stands for the main forest-forming species of the Cheremsky Nature Reserve according to their taxonomic indicators;

to study the dynamics of phytomass and carbon in the Reserve forest;

to assess the oxygen productivity of the Cheremsky Nature Reserve forests.

It has been determined that the total area of the Cheremsky Nature Reserve is 2975,7 hectares, with no division into forest districts. Of this, forested areas cover 1849.2 hectares (62.1%), including forested land with tree cover at 1,809.3 hectares (60.8%), swamps at 1108.1 hectares (37.2%), and lakes (Redychy and Cheremske) at 18.7 hectares (0.6%). Almost the entire forest area of the Cheremsky Nature Reserve

is covered by forest vegetation, reaching 97.8%, with forest plantations accounting for 13.2% of this area. Non-vegetated forest areas represent only 34.9 hectares or 2.2% of the Reserve's territory.

Coniferous stands dominate the forest areas covered with forest vegetation, with a share of 75.4% of the total stock, mainly represented by Scots pine (98.5%). Thin-leaved deciduous species account for 23.0% of the total stock and are represented by black alder (65.6%) and silver birch (34.4%). Hardwoods account for only 1.6% of the total, dominated by pedunculate oak (92.5%).

In the Reserve, plantations of the II (30.9%) and III (26.6%) productivity classes are predominant. The average productivity class of the plantations is II.8.

In terms of age structure, middle-aged stands dominate, occupying 72.9% of the forested area and representing 78.5% of the total forest stock. Young stands constitute a smaller proportion, covering 8.1% of the area and contributing 3.1% to the stock. Mature stands cover 5.6% of the area and 5.3% of the stock. Notably, overmature and approaching-mature stands of hardwood species are completely absent.

Most of the forest stand area (73.9%) has a canopy cover ranging from 0.6 to 0.8. Low- and high-density stands represent only 6.8% of the forested land in the reserve.

For data collection, the methodology developed by P. I. Lakyda was applied, which includes two types of scientific research: field forest inventory and laboratory work.

During the research, data were collected from 64 temporary sample plots (TSPs), some of which were located within the protected area. The data were sourced from the research database of the Forest Inventory and Forest Management Department at the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Of the 64 sample plots, 44 were established in naturally-originating stands, while 20 were in artificial ones.

The values of the biometric parameters of the stands where the temporary sample plots were established are similar to those of the typical plantations within the

Cheremsky Nature Reserve. The collected experimental data suggest that the stands in which the TSPs were studied belong to statistically similar series. This allows for the use of the data to examine the relationships between taxonomic parameters and their influence on the accumulation of phytomass by the forest stands of the nature reserve, broken down by components.

The analysis of key inventory indicators related to the productivity of forest stands in the Cheremsky Nature Reserve shows a steady increase.

During the modeling of the relationship between the components of phytomass in trees and stands in the Cheremsky Nature Reserve and their key morphometric indicators, multiple regression analysis was applied based on the fundamental principles of a systems approach.

The modeling of phytomass components for the main forest-forming tree species in the Cheremsky Nature Reserve involved establishing single and multifactorial dependencies of phytomass on the inventory characteristics of the stands, as presented in the forest cadastre data.

The significance of the factors' impact on the studied phytomass components was assessed using confidence intervals for regression coefficients at a 5% significance level. The research determined that all above-ground components of the phytomass for both naturally and artificially regenerated Scots pine can be described by multiple regression equations. However, the coefficients of determination and other statistical indicators for the stem wood and bark of silver birch and black alder were found to be insignificant.

Between 2005 and 2018, the volume of stem wood increased from 244.9 thousand m³ to 336.2 thousand m³, an increase of 91.3 thousand m³, or 37.3%. During the same period, the total phytomass of the forest stands rose by 57.2 thousand tons (36.5%), with the carbon accumulated in the phytomass increasing by 28.4 thousand tons (36.5%).

The phytomass structure in the reserve's forest stands is predominantly composed of coniferous forests, which account for 72.5 % of the total phytomass.

Thin-leaved deciduous stands contribute 25.8%, while hardwoods represent the smallest portion at 1.7%.

The average phytomass and carbon density in the Cheremsky Nature Reserve forests gradually increased over the 13-year study period: from $8.7 \text{ kg (m}^2\text{)}^{-1}$ to $11.8 \text{ kg (m}^2\text{)}^{-1}$ for phytomass, and from $4.3 \text{ kg (m}^2\text{)}^{-1}$ to $5.9 \text{ kg (m}^2\text{)}^{-1}$ for carbon.

As of 2018, the average carbon density in the forest stands of Cheremsky Nature Reserve was 5.9 kg m^{-2} . The carbon density was closest to the average value in coniferous stands ($6.1 \text{ kg (m}^2\text{)}^{-1}$), lowest in thin-leaved deciduous stands ($5.2 \text{ kg (m}^2\text{)}^{-1}$), and highest in hardwood stands ($7.6 \text{ kg (m}^2\text{)}^{-1}$).

Carbon density increased most significantly in hardwood species, rising from 5.1 kg m^{-2} in 2005 to 7.6 kg m^{-2} in 2018. In coniferous species, it grew from 4.5 kg m^{-2} to 6.1 kg m^{-2} over the same period. The increase was least pronounced in thin-leaved deciduous species, with carbon density rising from 3.8 kg m^{-2} to 5.2 kg m^{-2} .

Over the study period, phytomass density and carbon storage in the forest stands increased by 1.4 times. This increase resulted from shifts in the age structure of the forest stands, leading to a higher average stock per hectare.

The forest biocoenoses of the Cheremsky Nature Reserve produce 6,860 tons of oxygen annually (an average of $3.78 \text{ tons ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$). Coniferous stands are the primary contributors, producing 70.3% of the total oxygen due to their extensive coverage (1,254.8 hectares) and high timber stock (254.29 thousand m^3). In contrast, thin-leaved deciduous and hardwoods contribute less to the total timber stock of the reserve (77.87 and 4.04 thousand m^3 , respectively), and thus produce less oxygen (27.2% and 3.0%, respectively). Per unit area, hardwood stands release the most oxygen ($8.20 \text{ tons ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$), followed by coniferous ($3.84 \text{ tons ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$) and softwood ($3.47 \text{ tons ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$) stands.

The research on the forest stands of the Cheremsky Nature Reserve reveals a positive trend in the accumulation of phytomass and stored carbon volumes, with increases of 36.5 % and 32.6 %, respectively, over the 13-year study period.

The practical outcomes of the dissertation study include the development of the following for the forests of Cheremsky Nature Reserve:

Coefficients for the ratio of above-ground phytomass components of the main forest-forming species to their bark stock.

Mathematical models for assessing the dynamics of phytomass components of the main forest-forming species.

Reference tables for the dynamics of key parameters of phytomass components and the carbon stored in them.

Norms for calculating the oxygen productivity of forest stands.

These developed norms are recommended for use in addressing a range of ecological, resource management, and production-related issues both in the study region and Ukraine.

In the future, research will be aimed at predicting the increase in the bioproductivity of the forest stands of this object to improve their ecological functions and establish the possibilities of their impact on the environment.

Keywords: Cheremsky Nature Reserve, nature reserve fund, mathematical models, conversion coefficients, phytomass of stands, stored carbon, oxygen productivity.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Стаття у науковому виданні,

включеному до міжнародних наукометричних баз даних

Web of Science Core Collection та/або Scopus

1. Hotsyk O. Bioproductivity of the forests of the Cheremsky Nature Reserve. Ukrainian Journal of Forest and Wood Science. 2022. № 13 (3). С. 32–40.

Статті у наукових виданнях,

включених до Переліку наукових фахових видань України

2. Гоцик О. С. Черемський природний заповідник як ланка в ланцюгу самовідновлення біосфери. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2018. Вип. 288. С. 34–41.

3. Лакида П. І., **Гоцик О. С.** Структура, породний склад та продуктивність лісів Черемського природного заповідника. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2019. Т. 29. № 3. С. 9–12. *(Гоцик О. С. опрацьовано літературні джерела, проаналізовано деревостани Черемського природного заповідника за площею, запасом, складом, типами лісорослинних умов, групами віку, бонітетом і повнотою та узагальнено висновки. Лакидою П. І. визначено актуальність, сформульовано наукову новизну, практичне значення та мету проведених досліджень, висновки).*

4. Гоцик О. С., Сахарук Г. А., Блищик В. І., Лакида П. І. Інформаційне забезпечення процесу моделювання біопродуктивності лісів Черемського природного заповідника. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2020. Т. 30. № 4. С. 31–36. *(Гоцик О. С. здійснено збір польового експериментального матеріалу, проведено літературний науковий пошук, проаналізовано тимчасові пробні площі за деревними видами, походженням, типами лісорослинних умов, класами бонітету, відносними повнотами та групами віку, опрацьовано літературні джерела. Сахарук Г. А. здійснено збір польового експериментального матеріалу, проведено літературний науковий пошук. Блищиком В. І. здійснено збір польового*

експериментального матеріалу, проаналізовано середній вік, діаметр і висоту на наявність в масиві даних випадючих спостережень та екстремальних значень. Лакидою П. І. визначено актуальність, сформульовано наукову новизну, практичне значення та мету проведених досліджень, висновки).

Тези наукових доповідей

5. **Гоцик О. С.,** Сахарук Г. А. Вікова структура лісів Черемського природного заповідника. Стале управління лісовим комплексом та збалансований розвиток урболандшафтів: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 27 березня 2018 року: тези доповіді. Київ, 2018. С. 28–29. *(Гоцик О. С. проведено літературний науковий пошук, проаналізовано вікову структуру деревостанів, сформульовано відповідні висновки. Сахарук Г. А. проведено літературний науковий пошук).*

6. **Гоцик О. С.,** Сахарук Г. А. Експериментальні дослідження біопродуктивності лісів Черемського природного заповідника. Проблеми розвитку лісової таксації, лісовпорядкування та інвентаризації лісів: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 6–8 грудня 2018 року: тези доповіді. Київ, 2018. С. 54–55. *(Гоцик О. С. проведено літературний науковий пошук, збір, аналіз та статистичну обробку дослідних даних і отриманих результатів, сформульовано відповідні висновки. Сахарук Г. А. проведено літературний науковий пошук, збір дослідних даних, сформульовано практичне значення та мету проведених досліджень).*

7. Гоцик О. С. Проблеми збереження біорізноманіття Черемського природного заповідника в умовах кліматичних змін. Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садовопаркового господарства, урбоекології та фітомеліорації: Міжнародна науково-практична конференція, м. Львів, 4–5 квітня 2019 року: тези доповіді. Львів, 2019. С. 102–104.

8. **Гоцик О. С.,** Лакида П. І., Сахарук Г. А. Динаміка площ та запасів головних лісотвірних порід Черемського природного заповідника. Аспекти

сталого розвитку лісового, сільського, водного та енергетичного господарств зони Полісся України: Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Житомир, 08 квітня 2021 року: тези доповіді. Житомир, 2021. С. 175–177. (Гоцик О. С. проведено літературний науковий пошук, досліджено характеристики параметрів лісового фонду: розподіл площі Черемського природного заповідника за категоріями земель, розподіл площі та запасів за групами головних лісотвірних порід та середніх запасів деревостанів за періодами обліку. Лакидою П. І. визначено актуальність, сформульовано наукову новизну, практичне значення та мету проведених досліджень, висновки. Сахарук Г. А. проведено літературний науковий пошук, визначено відповідні висновки).

9. **Гоцик О. С.**, Лакида П. І., Сахарук Г. А. Моделі конверсійних коефіцієнтів компонентів фітомаси деревостанів Черемського природного заповідника. Екосистемні послуги лісів та урболандшафтів: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 2021 року: тези доповіді. Київ, 2021. С. 32–33. (Гоцик О. С. проведено літературний науковий пошук, розраховано коефіцієнти відношень, проведено пошук багатомірних залежностей, підготовлено загальний робочий масив експериментальних даних тимчасових пробних площ, розраховано коефіцієнти відношень R_v для компонентів фітомаси. Лакидою П. І. визначено актуальність, сформульовано наукову новизну, практичне значення та мету проведених досліджень, висновки. Сахарук Г. А. проведено літературний науковий пошук, оцінено значущість впливу факторів на досліджувані компоненти фітомаси за довірчими інтервалами коефіцієнтів регресії).

10. **Гоцик О. С.**, Матушевич Л. М., Сахарук Г. А. Киснепродуктивність деревостанів Черемського природного заповідника. Наближене до природи лісівництво: проблеми та перспективи: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 25–26 квітня 2024 року: тези доповіді. Київ, 2024. С. 47–48. (Гоцик О. С. проведено літературний науковий пошук, визначено киснепродуктивність та проведено порівняльну оцінку різних груп порід.

Матушевич Л. М. визначено актуальність, сформульовано наукову новизну, практичне значення та мету проведених досліджень, висновки. Сахарук Г. А. проведено літературний науковий пошук, підготовлено первинний варіант тексту тез).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	2
АНОТАЦІЯ.....	3
SUMMARY.....	8
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	13
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ БІОПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСІВ ТА МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ.....	26
1.1. Термінологічні основи продуктивності лісів	26
1.2. Основні напрями дослідження біопродуктивності лісів	29
1.3. Теоретичні передумови моделювання запасів фітомаси лісових насаджень.....	31
1.4. Методичний підхід до розробки моделей.....	33
Висновки	39
РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА СТРУКТУРА ЛІСІВ.....	41
2.1. Обґрунтування вибору об'єкта досліджень	41
2.2. Фізико-географічні та кліматичні умови району розташування об'єкта досліджень	45
2.3. Економічні, екологічні та соціальні умови об'єкта досліджень.....	58
2.4. Лісівничо-таксаційна характеристика лісів Черемського природного заповідника	64
Висновки	71
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДНИХ ДАНИХ.....	74
3.1. Методика збору та обробки дослідних даних	74
3.2. Загальна характеристика дослідних даних.....	79

3.3. ДИНАМІКА ЗАПАСІВ ТА ПЛОЩ ГОЛОВНИХ ЛІСОТВІРНИХ ПОРІД ЧЕРЕМСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА	92
Висновки	98

РОЗДІЛ 4 БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВОСТАНІВ ЧЕРЕМСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ... 101

4.1. МОДЕЛІ КОНВЕРСІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ КОМПОНЕНТІВ ФІТОМАСИ ДЕРЕВОСТАНІВ	101
4.2. АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ КОМПОНЕНТІВ БІОПРОДУКТИВНОСТІ ДЕРЕВОСТАНІВ	106
4.3. ДИНАМІКА ФІТОМАСИ ТА ДЕПОНОВАНОГО ВУГЛЕЦЮ В ДЕРЕВОСТАНАХ ЧЕРЕМСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА	109
4.4. КИСНЕПРОДУКТИВНІСТЬ ЛІСІВ ЧЕРЕМСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА.....	113
Висновки	119

ВИСНОВКИ

122

РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ

123

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

124

ДОДАТКИ

146

ВСТУП

Зростання чисельності населення Землі, нестача харчових продуктів і запасів питної води, обмеженість викопних енергетичних ресурсів та глобальна зміна клімату – основні виклики й загрози, які постали перед людством і вимагають обґрунтованих рішень, спрямованих на зменшення негативних наслідків. Ліси планети в цьому сенсі «відчувають» негативний деградаційний вплив таких явищ і, разом з тим, виступають дієвим інструментом у стабілізації довкілля, вирішенні трофічних та енергетичних проблем [72, 98].

Останнім часом увага людства все більше прикута до однієї з найважливіших проблем – глобальної зміни клімату, тісно пов'язаної з так званим парниковим ефектом, при якому спостерігається збільшення концентрації парникових газів в атмосфері. Цей процес відбувається із-за постійного зростання антропогенного навантаження на навколишнє середовище, внаслідок чого обсяг викидів цих газів, у складі яких 80-90 % становить CO₂, перевищує над їх стоком. На переконання Лакиди П. І., Мельника О. М., Васишина Р. Д., концентрація в атмосфері вуглекислого газу може бути знижена внаслідок зменшення викидів або через його вилучення з атмосфери та депонування в наземних і водних біоценозах [88].

Актуальність теми. Лісові екосистеми здатні підтримувати природний баланс екосистеми планети, спроможні накопичувати й довгочасно утримувати небезпечні та отруйні для людини і навколишнього середовища речовини [198, 200]. Саме тому набуває пріоритетності біосферна роль лісів, як природного поглинача парникових газів. Виходячи з цього, актуальним видається всебічне вивчення саме екологічної ролі лісу, яка тісно взаємопов'язана з дослідженнями їх біопродуктивності, основними складниками якої виділяється фітомаса та депонований у ній вуглець [72, 98].

На сьогодні дані про запаси та продуктивність фітомаси є незначними у порівнянні з даними таксації лісів, де накопичені величезні банки даних про запаси стовбурової деревини, в наявності є численні показники перелікової таксації тимчасових і постійних пробних площ, складено велику кількість

регіональних таблиць ходу росту (ТХР) деревостанів різних порід [180].

На перших етапах досліджень оцінка фітомаси деревостану виконувалася поширенням на значні лісові регіони результатів обчисленої фітомаси на окремих пробних площах. Кінцеві результати при цьому отримували завищені [72]. Поступово методи оцінки вдосконалювалися. Тепер здебільшого застосовуються методи, що поєднують в собі дані Державного обліку лісового фонду (ДОЛФ) за запасами стовбурової деревини та нормативи з даними про фітомасу лісів на основі багатофакторних регресійних моделей, які передбачають оцінку фітомаси або її перевідних коефіцієнтів за основними показниками, які входять до складу ДОЛФ та ТХР [72, 81, 98].

Кліматичні зміни і забруднення навколишнього середовища підривають стабільність природних екосистем та негативно впливають на життя людини. Запаси фітомаси й первинної продукції слугують головними ознаками, які характеризують біопродуктивність лісів і розкривають їхній потенціал щодо регулювання газообміну атмосфери та глобального циклу вуглецю [177, 189, 200]. Управління вуглецевим балансом лісових фітоценозів як у межах країни, так і на регіональному рівні можливе за наявності репрезентативної інформаційної бази екосистемних функцій лісів [164].

На сьогодні в Україні створено мережу заповідних об'єктів, діяльність яких спрямована на дослідження стану природних комплексів, відновлення та збереження природного стану довкілля. Дослідження біопродуктивності деревостанів на таких територіях з метою збереження унікального біорізноманіття, а також для вирішення низки питань екологічного характеру доволі перспективні. Проблеми трансформації природних екосистем та їх збереження характерні й для Черемського природного заповідника.

Зважаючи на те, що Черемський природний заповідник було створено 19 грудня 2001 року, дослідженню його лісових екосистем присвячено небагато наукових робіт, але разом із тим екосистемні послуги лісів інших об'єктів природо-заповідного фонду вже тривалий час оцінюються дослідниками [82, 83].

Результати дослідження біо- та киснепродуктивності лісів Черемського природного заповідника стануть реальним внеском для ефективного ведення господарства в заповідних лісах, а також при вирішенні проблем, пов'язаних зі змінами клімату на регіональному та глобальному рівнях.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Виконана дисертаційна робота безпосередньо пов'язана з науковими дослідженнями, що здійснюються НДІ лісівництва та декоративного садівництва Національного університету біоресурсів і природокористування України та ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» у межах держбюджетної теми: «Розробити методичні основи та інформаційне забезпечення оцінювання екосистемних функцій лісів природно-заповідного фонду Полісся України» (номер державної реєстрації 0119U100908), до виконання якої дисертантка залучалася під час виконання польових робіт та в процесі камеральної обробки дослідних даних.

Мета і завдання дослідження. Мета дисертаційного дослідження – оцінка продуктивності лісових масивів Черемського природного заповідника за компонентами фітомаси та депонованого в них вуглецю.

Для досягнення окресленої мети поставлено такі основні *завдання*:

- охарактеризувати лісівничо-таксаційні показники деревостанів головних лісотвірних порід Черемського природного заповідника та їх динаміку;
- провести ретроспективний аналіз динаміки продуктивності лісів;
- опрацювати методику та агрегувати дослідні дані оцінки біотичної продуктивності лісів Черемського природного заповідника;
- розробити математичні моделі оцінки компонентів надземної фітомаси дерев і деревостанів головних лісотвірних видів Черемського ПЗ за їх таксаційними показниками;
- дослідити динаміку фітомаси та вуглецю в насадженнях Черемського природного заповідника;
- оцінити киснепродуктивність лісів досліджуваного об'єкта.

Об'єкт дослідження процеси формування біопродуктивності

деревостанів Черемського природного заповідника та їх роль у забезпеченні загального вуглецевого і кисневого потенціалу регіону.

Предмет дослідження – динаміка біопродуктивності деревостанів Черемського природного заповідника.

Мета дослідження – проаналізувати основні таксаційні показники, які впливають на процеси формування біопродуктивності деревостанів Черемського природного заповідника.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань у процесі досліджень застосовані методи пізнання, розроблені для лісівничих дисциплін, зокрема: лісової таксації, лісовпорядкування, лісівництва, фізіології рослин, інформаційних технологій тощо. У процесі досліджень використані методи біометрії та математичної статистики, а саме: графоаналітичний, кореляційний і регресійний аналізи з метою встановлення форми і ступеня тісноти зв'язків між таксаційними показниками, моделювання зв'язків між ними, оцінки придатності та адекватності розроблених моделей. Камеральні роботи виконані на ПК із використанням стандартних пакетів прикладних і спеціальних таксаційних та біометричних програм (РЕГАНА, PERTA, ZRIZ, PLOT, ФИТО, RATIO), які розроблені науковцями кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України.

За інформаційну базу дослідження слугували експериментальні дані оцінки таксаційних показників і компонентів фітомаси на тимчасових пробних площах, закладених дисертанткою й науковцями кафедри таксації лісу та лісового менеджменту, дані державного лісового кадастру 2005, 2011 і 2018 років для Черемського природного заповідника, а також інформаційні матеріали вітчизняних і закордонних авторів, монографії, наукові статті, опубліковані в періодичних виданнях.

Наукова новизна одержаних результатів *Наукова новизна* результатів, отриманих у процесі досліджень лісів Черемського природного заповідника, полягає в тому, що для вказаного об'єкта *вперше*:

- сформовано базу даних тимчасових пробних площ з оцінювання біопродуктивності деревостанів Черемського природного заповідника й визначено відповідність дослідних даних наявному стану лісів досліджуваного об'єкта;
- розраховано конверсійні коефіцієнти відношень компонентів фітомаси деревостанів до їхнього запасу в корі;
- встановлено залежності та опрацьовано систему математичних моделей для оцінки компонентів фітомаси деревостанів та депонованого в них вуглецю головних лісотвірних видів;
- змодельовано й оцінено динаміку загальної фітомаси та депонованого вуглецю в деревостанах;
- розкрито основні тенденції киснепродуктивності лісів та оцінено їх потенціал;

додовнено:

- методичні підходи до вивчення біопродуктивності лісових масивів у природоохоронних об'єктах;
- інформаційну базу даних з оцінки компонентів надземної фітомаси деревостанів України.

Практичне значення одержаних результатів. *Практична значущість* отриманих результатів полягає у підтвердженні статистичними методами того, що їх можна використати під час розроблення системи математичних моделей для оцінювання обсягів фітомаси та депонованого в ній вуглецю сосновими, вільховими та березовими деревостанами Черемського природного заповідника.

Для вирішення низки екологічних, ресурсознавчих і виробничих галузевих питань як у регіоні досліджень, так і в Україні у цілому, для практичного використання рекомендовано:

- коефіцієнти відношень компонентів надземної фітомаси деревостанів головних лісотвірних порід до їхнього запасу в корі у Черемському ПЗ;
- математичні моделі оцінки динаміки компонентів фітомаси

- деревостанів головних лісотвірних порід у Черемському ПЗ;
- довідкові таблиці динаміки основних параметрів компонентів фітомаси та депонованого у ній вуглецю;
 - нормативи розрахунку киснепродуктивності деревостанів Черемського природного заповідника.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є завершеною науковою працею здобувача, в якій розв’язано важливі завдання – одержано кількісні результати обсягів фітомаси головних лісотвірних порід Черемського природного заповідника, депонованого в ній вуглецю та їх киснепродуктивності. Дисертантці належить обґрунтування проблеми, одержання результатів дослідження, їх аналіз та узагальнення. Переважна частина наукових положень, висновків і пропозицій, сформульованих у дисертації, а також розроблені математичні моделі та довідкові таблиці належать особисто автору і є його науковим доробком.

Для оцінки та прогнозу динаміки компонентів біопродуктивності лісів Черемського природного заповідника було використано тимчасові пробні площі (ТПП), з яких 2 шт. закладені особисто дисертанткою та 62 шт. – науковцями кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України. Для вирішення завдань роботи за основу використано методику збору дослідного матеріалу проф. Лакиди П. І.

При первинній обробці дослідних даних на ПК автор користувалася пакетом прикладних програм, розроблених доцентом Юдицьким Я. А. та професорами Швиденком А. З. і Лакидою П. І.

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні положення, висновки й практичні рекомендації дисертаційної роботи періодично доповідалися на міжнародних науково-практичних конференціях Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства Національного університету біоресурсів і природокористування України (м. Київ, 2018-2021 рр.), Львівського національного лісотехнічного університету (м. Львів,

2019 р.), на Всеукраїнській науково-практичній конференції: «Аспекти сталого розвитку лісового, сільського, водного та енергетичного господарств зони Полісся України» (м. Житомир, 2021 р.).

Публікації. За темою дисертаційних досліджень опубліковано 4 статті у наукових фахових виданнях у збірниках наукових праць (1 з них – [Ukrainian Journal of Forest and Wood Science](#).) та 6 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації і списку опублікованих праць здобувача українською та англійською мовами, вступу, 4 розділів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел (201 найменувань, у тому числі 40 іноземних авторів) та 11 додатків на 14 сторінках. Загальний обсяг роботи 159 сторінок комп'ютерного тексту, на 104 з яких викладено основний зміст. Дисертація містить 28 таблиць, ілюстрована 18 рисунками.

Автор дисертаційної роботи висловлює щире подяку своїм науковим керівникам, наставникам: професору, доктору сільськогосподарських наук, Лакиді Петру Івановичу та доценту, доктору сільськогосподарських наук, Матушевич Любові Миколаївні за моральну підтримку та допомогу в проведенні досліджень. Щира подяка співробітникам кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України, працівникам ВО «Укрдержліспроект» за консультації та методичну допомогу, які дозволили значно якісніше проаналізувати проблематику обраної теми дисертаційних досліджень.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ БІОПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСІВ ТА МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ

1.1. Термінологічні основи продуктивності лісів

Ліс є одним з наймогутніших факторів забезпечення екологічної рівноваги біосфери на планеті. Ефективне використання лісових ресурсів і забезпечення стійкості природних ландшафтів значною мірою залежить від стану лісових екосистем, підвищення їх біопродуктивності й стійкості, що у свою чергу впливає на якість виконання ними ресурсних, захисних, середовище-твірних, кліматорегулюючих та інших соціально-екологічних функцій.

Лісові екосистеми являють собою складну динамічну дифузну систему, в якій неможливо достеменно розмежувати дію різних за своєю природою окремих факторів, які знаходяться у тісній взаємодії один з одним [113]. Вони відзначаються постійною мінливістю в просторі. Господарська діяльність людей значною мірою зумовлює варіативність ознак мікросередовища в його межах, що неабияк ускладнює процес досліджень [177]. Хоча на сьогодні вже проведена значна кількість досліджень біопродукційних процесів у лісових біоценозах, механізми антропогенного впливу на стан та продуктивність деревостанів залишаються ще недостатньо вивченими. Вивчати лісові біогеоценози потрібно комплексно, враховуючи все різноманіття зв'язків між їх частинами та процесами, що відбуваються всередині них. Тому для її аналізу та вирішення використовують сучасні ідеї системного підходу [162, 171, 173].

Для оцінювання значення лісових насаджень у глобальних біосферних циклах першочергову роль відіграють дослідні дані про їх біотичну продуктивність [9]. Біопродуктивність – це здатність природних біоценозів або окремих компонентів останніх підтримувати певну швидкість відтворення живих організмів, що входять до їх складу [173]. Біопродуктивність лісів – це

надзвичайно складний, комплексний і масштабний предмет дослідження, який вимагає оцінки її складників (компонетів) та виявлення особливостей взаємозв'язків у навколишньому середовищі.

Дослідження вуглецевого потенціалу в лісових екосистемах направлені насамперед на оцінку фітомаси деревостанів. Крім того цей показник використовується також з метою екологічного моніторингу сталого ведення лісового господарства, моделювання продуктивності лісів та оцінки їх вуглецедепонувальної ємності [72].

У межах цієї роботи застосовані визначення основних складників біопродуктивності лісів, описані Лакидою П. І. та його послідовниками [34, 72, 73, 74, 78, 82, 83, 87, 89], а саме:

1. *Первинна біопродуктивність* (надалі «біопродуктивність») – це продукція, що утворюється в надземній та підземній частинах лісового біоценозу в процесі фотосинтезу за одиницю часу на одиниці площі.

2. *Фітомаса* – це жива органічна рослинна речовина в надземній та підземній частинах деревостану з поділом на зелені асимілюючі органи, деревину стовбура, кору стовбура, деревину гілок крони, кору гілок крони, генеративні органи та підземні (кореневі) органи. Вимірюється у $t \cdot га^{-1}$ сухої речовини.

3. *Мортмаса (детрит)* – мертва рослинна органічна речовина, яка включає сухостій, сухі гілки в кроні, опад, підстилку та мертві підземні органи. Вимірюється у $t \cdot га^{-1}$ сухої речовини.

4. *Продукція* – щорічно створювана (генерована в результаті фотосинтезу) органічна рослинна речовина з поділом на зелені асимілюючі органи (однорічні – листя, багаторічні – хвоя), деревину стовбура, кору стовбура, деревину гілок крони, кору гілок крони, генеративні органи та підземні (кореневі) органи. Вимірюється у $t \cdot га^{-1} \cdot рік^{-1}$ сухої речовини.

5. *Деревна зелень* – (згідно з ДСТУ 8162:2015 [41]) – це охвоєні (вкриті листям) дрібні пагони крони дерева, діаметр яких у місці зрізу для різних деревних порід не перевищує 1 см. Деревна зелень як компонент фітомаси

дерева включає повністю фракцію хвої (листя), дрібних гілок, генеративних органів та плодів.

6. *Дрібні гілки* – це нездерев'янілі або частково здерев'янілі пагони, компонент деревної зелені.

7. *Живі гілки* – це всі гілки крони дерева, на яких продукують фотосинтезуючі органи.

8. *Мертві гілки* – це сухі гілки, сучки, що знаходяться в кроні чи на стовбурі дерева, на яких вже не продукують фотосинтезуючі органи.

9. *Фітомаса стовбура* – маса одного центрального стовбура (стебла) дерева в корі (особливо це важливо для листяних порід, де трапляються двійчатки, пасинки тощо).

10. *Фітомаса крони* – сумарна маса всіх живих гілок крони з листям (хвою) (у т.ч. двійчаток, пасинків тощо).

11. *Надземна фітомаса дерева* – сумарна маса компонентів надземної частини дерева, яка включає: деревину та кору стовбура і гілок крони, листя (хвою), генеративні органи та плоди.

12. *Підземна фітомаса дерева* – сумарна маса компонентів кореневої системи і пня.

13. *Підпологова фітомаса* – сумарна маса підросту, підліску та живого надґрунтового покриву (включаючи їх кореневі системи).

Для аналізу якісних параметрів компонентів фітомаси застосовуються такі показники:

14. *Природна щільність деревини* – відношення маси зразка до його об'єму в свіжозрубаному стані ($\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$).

15. *Умовна (базисна) щільність деревини* – відношення маси зразка в абсолютно сухому стані до його об'єму в свіжозрубаному стані ($\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$).

16. *Вміст абсолютно сухої речовини* – відношення маси зразка в абсолютно сухому стані до маси у свіжозрубаному стані.

1.2. Основні напрями дослідження біопродуктивності лісів

Досить давно, беручи початок ще з XVI століття, коли виробництво поташу та збільшення потреби в селітрі для виготовлення пороху набуло промислового характеру, найважливішою, поряд з іншими, вважалася функція забезпечення промисловості товарною деревиною. У XVII-XVIII століттях з метою отримати деревину та, разом із тим, звільнити родючі ґрунти для вирощування сільськогосподарських культур люди вирубували найцінніші види дерев (сосну, дуб, клен) [153]. Відтоді й сталися суттєві зміни та незворотні процеси в природі лісів. Зростання чисельності населення Землі, нестача харчових продуктів і запасів питної води, обмеженість викопних енергетичних ресурсів та глобальна зміна клімату – основні виклики і загрози, які постали перед людством та вимагають обґрунтованих рішень, спрямованих на зменшення негативних наслідків. Ліси планети в цьому сенсі «відчувають» негативний деградаційний вплив таких явищ, проте у свою чергу виступають дієвим інструментом у стабілізації довкілля, вирішенні трофічних та енергетичних проблем [72, 98].

Останнім часом увага людства все більше прикута до однієї з найважливіших проблем – глобальної зміни клімату, тісно пов'язаної з так званим парниковим ефектом, при якому спостерігається збільшення концентрації парникових газів в атмосфері. Цей процес відбувається із-за постійного зростання антропогенного навантаження на навколишнє середовище, внаслідок чого обсяг викидів цих газів, у складі яких 80-90 % припадає на CO₂, перевищує над їх стоком. Автори роботи [88] вважають, що концентрація в атмосфері вуглекислого газу може бути знижена у результаті зменшення викидів або шляхом його вилучення з атмосфери та депонування в наземних та водних біоценозах.

Фітомаса насаджень головним чином визначає хід процесів у лісових біоценозах, які здатні накопичувати й утримувати протягом тривалого часу в компонентах фітомаси небезпечні та отруйні для навколишнього середовища і людства викиди діоксиду вуглецю. Саме тому дослідження вуглецевого

потенціалу в лісових екосистемах направлені передусім на оцінку фітомаси деревостанів. Крім того, цей показник використовується також з метою екологічного моніторингу сталого ведення лісового господарства, моделювання продуктивності лісів та оцінки їх вуглецедепонувальної ємності [72].

За останні роки в Україні значна кількість заповідних об'єктів, об'єднана в мережу, діяльність якої спрямована на дослідження стану природних комплексів, відновлення та збереження природного стану довкілля. Дослідження біопродуктивності деревостанів на таких територіях з метою збереження унікального біорізноманіття, а також для вирішення низки питань екологічного характеру є доволі перспективними. Проблеми трансформації природних екосистем та їх збереження стосуються і Черемського природного заповідника.

Моделювання лісових біогеоценозів дає можливість завбачити наперед результати вибраного сценарію, віддавши перевагу більш безпечному й корисному для досліджуваної системи. Використання моделей дозволяє достатньо швидко спрогнозувати наслідки скерованих дій на десятиліття та навіть століття наперед без шкідливих наслідків експериментування для навколишнього природного середовища [162, 173].

Ліси виконують важливі екологічні функції, серед яких: кліматорегулююча, ґрунтозахисна, водоохоронна, санітарно-гігієнічна, рекреаційна тощо. Саме на основі аналізу цих функцій оцінюють їх екологічний потенціал. Серед основних критеріїв оцінки екологічного потенціалу лісових фітоценозів є їх вуглецедепонувальна та киснепродукувальна функції [88].

Оцінка вуглецевого балансу лісів набула великої популярності серед дослідників. Сьогодні існує декілька методик розрахунку вуглецедепонувальної функції лісів. Серед них [88, 189]:

1. Ваговий спосіб – методика розрахунку за наявними запасами фітомаси, забезпечує облік вуглецю у статичі та динаміці.

2. Хлорофільний спосіб – визначається хлорофільний індекс (вміст хлорофілу в усіх органах деревних рослин на одиницю площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок).

3. Спосіб визначення маси фотосинтетичного зв'язаного та депонованого деревостанами вуглецю (синхронно визначають вищезгадані показники та приріст фітомаси за прямим показником надходження сонячної радіації).

4. Використання дистанційних методів зондування.

5. Методика, яка базується на використанні об'єму кисню, що виділяється при утворенні однієї тонни абсолютно сухої речовини та фітомаси в абсолютно сухому стані (є найбільш практичною) [7, 18, 46, 87, 89, 100].

На сьогодні існує значна кількість наукових публікацій, які відрізняються за методикою досліджень, але всі вони спрямовані на прогнозування вуглецевого та кисневого балансу задля збереження стабільності кліматичної системи планети [88].

1.3. Теоретичні передумови моделювання запасів фітомаси лісових насаджень

Наука, як і будь-який інший вид людської діяльності, передбачає використання певних способів і прийомів для досягнення поставленої мети. Кожне наукове дослідження супроводжується вивченням конкретного об'єкта, предмета чи явища з метою розкриття закономірностей його виникнення, розвитку і перетворення в інтересах суспільства [30]. Складність і багатогранність будь-якої наукової проблеми вимагає певної методики дослідження. Сучасна наука володіє потужним арсеналом різних методів досліджень, призначених для розв'язання різноманітних наукових завдань [60].

Кліматичні зміни і забруднення навколишнього середовища підривають стабільність природних екосистем та негативно впливають на життя людини. Запаси фітомаси і первинної продукції визнано головними ознаками, які характеризують біопродуктивність лісів та розкривають їхню здатність регулювати газообмін атмосфери й глобальний цикл вуглецю [177, 189, 200].

Управління вуглецевим балансом лісових фітоценозів як у межах країни, так і на регіональному рівні можливе за наявності репрезентативної інформаційної бази екосистемних функцій лісів [164].

Доволі новітніми та перспективними є дослідження біопродуктивності насаджень у заповідних територіях для збереження унікального біорізноманіття цих об'єктів, вирішення екологічних проблем і розв'язання завдань регіональних біологічних й енергетичних програм [74]. Зважаючи на те, що Черемський природний заповідник був створений 19 грудня 2001 року, дослідженню його лісових екосистем присвячено небагато наукових робіт, але разом з тим екосистемні послуги лісів інших об'єктів природо-заповідного фонду вже тривалий час оцінюються дослідниками.

На сьогодні в Україні отримані результати обсягів фітомаси, депонованого в ній вуглецю та киснепродуктивності лісів багатьох заповідних об'єктів. Зокрема перші дослідження біопродуктивності об'єктів природно-заповідного фонду провела Домашовець Г. С. [82]. Ними стали НПП «Сколівські бескиди» (акумуляовано близько 2,87 млн т вуглецю у 5,77 млн т фітомаси) і НПП «Яворівський» (містить 0,55 млн т фітомаси) у Львівській області.

Пізніше Сахарук Г. А. було визначено загальні обсяги фітомаси та депонованого в ній вуглецю у лісових насадженнях Шацького національного природного парку [89]. Встановлено, що протягом досліджуваного періоду (24 роки) середня щільність фітомаси у насадженнях зазначеного НПП поступово зростає у всіх групах лісотвірних порід, а отримані результати підтверджують важливість цього природно-заповідного об'єкту у покращенні стану повітряного басейну регіону (загальна киснепродуктивність становить близько 41 тис. т на рік).

Бокоч В. В. із співавторами [76] досліджували структуру фітомаси лісів Карпатського національного природного парку у межах функціональних зон парку. За їхніми даними деревостани Карпатського НПП є досить надійним джерелом поглинання вуглецю та продукування кисню (щорічно депонують

177 тис. т вуглецю), а найбільшою продуктивністю характеризуються лісові насадження зони регульованої рекреації.

Мельник О. М. виконав повидільне оцінювання біопродуктивності лісів Національного природного парку «Прип'ять-Стохід», яке показало, що найбільші обсяги фітомаси накопичені у хвойних та м'яколистяних насадженнях (понад 90 %) [88]. Дослідник наголошує, що ефективне використання ресурсного потенціалу лісових насаджень цього парку сприятиме вирішенню екологічних проблем регіону.

Останні дослідження щодо оцінювання дослідних даних біопродуктивності лісів, стосувалися таких об'єктів природно-заповідного фонду чи регіонів із значним антропогеним навантаженням, як Вижницький [144] і Голосіївський НПП [38], Державної організації «Резиденція «Залісся» [96], а також лісів Лісостепової Придніпровської Височини [48] і Південного Придніпровського Полісся [49].

1.4. Методичний підхід до розробки моделей

Початок ХХІ століття відзначається різким зростанням концентрації вуглекислого газу в атмосфері планети. Це є головною причиною, що призводить до змін клімату [8].

Так як ліси поглинають парникові гази, то вивчення екологічної функції лісу, яка тісно пов'язана з дослідженням їх біопродуктивності, основними складниками якої є фіто маса та депонований в ній вуглець є пріоритетними [77].

На сьогодні в Україні створено мережу заповідних об'єктів, діяльність яких спрямована на дослідження стану природних комплексів, відновлення та збереження природного стану довкілля. Проблеми трансформації природних екосистем та їх збереження характерні і для Черемського природного заповідника.

Лісове насадження – це складне природне утворення, один із елементів географічного ландшафту, який поєднує у собі сукупність різних видів дерев,

чагарників, трав, мохів, тварин і мікроорганізмів, що є взаємозалежними і впливають один на одного й на навколишнє середовище. Оскільки всередині нього постійно відбуваються динамічні процеси, які є результатом складних взаємовідносин між організмами (боротьба за існування і природний відбір, постійне оновлення та розвиток, зміна вікового складу, процеси обміну речовин і енергії), ліс слід розглядати як у просторі, такі в часі, враховуючи його власний розвиток. Лісова екосистема являє собою складну динамічну дифузну систему, в якій неможливо достеменно розмежувати дію окремих факторів, різних за своєю природою і, разом з тим, тісно взаємодіють один з одним [113]. Лісові біогеоценози характеризуються високою мінливістю в просторі, оскільки умови мікросередовища в їх межах завжди дещо відрізняються один від одного. Велика варіативність ознак зумовлена і господарською діяльністю людини – все це істотно ускладнює процес досліджень [7]. Вивчати лісові біогеоценози потрібно комплексно, враховуючи все різноманіття зв'язків між їх частинами та процесами, що відбуваються всередині них. Тому для її аналізу та вирішення використовують сучасні ідеї системного підходу, практичне застосування якого наведено у працях Ткача В., Кучми М., Медведєвої О., Кропівного В., Мірзака Г., Немировського Я., Власова А. [110, 142, 150] та інших.

Передбачити наслідки того чи іншого сценарію, вибравши менш небезпечний і більш корисний для досліджуваної системи, дає змогу моделювання лісових екосистем. За допомогою моделей можна доволі швидко прогнозувати наслідки спрямованих дій на багато років й навіть століть. Крім того, безперечним плюсом моделювання та супутнього йому прогнозування є брак негативних або навіть катастрофічних наслідків експериментування на навколишньому середовищі [99].

Моделювання (англ. *scientific modeling*, франц. *modeler* – ліпити, формувати) – це метод дослідження об'єктів пізнання (явищ, пристроїв, процесів), що ґрунтується на заміні конкретного об'єкта досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього (моделлю) [54, 58, 109, 122, 133, 158]. Моделювання в широкому сенсі – це особливий пізнавальний процес, метод теоретичного та

практичного опосередкованого пізнання, коли суб'єкт замість безпосереднього об'єкта пізнання вибирає чи створює схожий із ним допоміжний об'єкт-замісник (модель), досліджує його, а здобуту інформацію переносить на реальний предмет вивчення. Моделювання це – процес створення та дослідження моделі, а модель – засіб, форма наукового пізнання [122].

Моделювання – одна з основних категорій теорії пізнання. На ідеї моделювання, по суті, базується будь-який метод наукового дослідження.

Цей метод пізнання є зручним та ефективним у своєму використанні. Моделювання застосовується у тих випадках, якщо:

- проведення експериментів з предметом-оригіналом неефективне або з певних причин неможливе;
- якщо оригінал є дуже великим (Сонячна система) або дуже малим (атом, клітина);
- якщо вивчаються недосяжні у часі та просторі об'єкти чи процеси (процеси еволюції, фізіологічні взаємодії чи екологічні явища);
- неможливість використання реальних об'єктів для дослідження (наприклад, людей) з морально-етичних та правових питань;
- проблематичність у проведенні реальних теоретично обґрунтованих експериментів через відсутність експериментальної техніки [119].

Основні види моделювання – фізичне та математичне.

Фізичне – це моделювання, за якого модель і об'єкт, що моделюється, мають одну і ту ж фізичну природу.

Математичне – це моделювання, при якому модель являє собою систему математичних співвідношень, що описують певні технологічні, економічні чи інші процеси [122].

На сьогодні в наукових дослідженнях існує три основні підходи аналітичного подання та математичного моделювання параметрів фітомаси в лісових насадженнях [75]:

1. Графо-аналітичний метод парних зв'язків [6, 36, 140].
2. Множинний регресійний аналіз [104, 117, 145, 163, 168, 175, 183, 188,

191, 196].

3. Інші методи багатомірної статистики:

- а) кластерний аналіз [174];
- б) імітаційне моделювання [1, 156];
- в) групового обліку аргументів [107];
- г) біофізичний [118].

Основою процесу моделювання є використання моделей. У лісовій таксації при вивченні біологічних об'єктів переважно використовують метод багатомірної математичної статистики (множинного регресійного аналізу) [14, 31, 44, 105, 158, 160], який дає можливість створювати складні математичні моделі з великою кількістю незалежних змінних. Даний метод є одним із найприйнятніших і найчастіше використовуваних у світовій науковій практиці біометричних досліджень [104, 117, 145, 154, 155, 160, 163, 168, 174, 175, 182, 188, 191, 196]. Цей метод дозволяє поряд із статистичним оцінюванням даних проводити пошук аналітичних моделей, що адекватно описують шукані залежності [75].

Модель (лат. *Modulus* – міра, взірець, норма) – це така уявна або матеріально реалізована система, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт досліджень, спроможна замінити його так, що вивчення останньої дає нову інформацію про цей об'єкт [50]. Використовуючи модель, на ній відтворюють лише суттєві для даного дослідження властивості реального об'єкту [119].

Залежно від цілей, методів побудови, особливостей модельованих явищ або процесів математичні моделі виконують найрізноманітніші функції [113].

Моделі бувають:

1. Статистичні.
2. Динамічні.
3. Емпіричні.
4. Структурні (функціональні).

Структурні моделі описують форму об'єкта моделювання, його структуру, складові частини, а функціональні описують механізм

функціонування об'єкта моделювання. Для моделювання процесів, що відбуваються в лісі найчастіше використовують емпіричні моделі [193]. Якісно новим етапом у дослідженнях біопродукційного процесу в лісах стало імітаційне моделювання, основою якого є принципи біокібернетики [36, 125]. Імітаційні моделі відтворюють перебіг процесу, що досліджується, імітують його [152].

Виділяють три основних принципи моделювання росту лісових насаджень, у яких одиницею моделювання є:

- окреме дерево, яке містить дані таксації частин стовбура, вимірів крони, оцінки біологічної конкуренції деревостанів та їх просторового розміщення на площі;
- окреме дерево, але змінними моделі будуть таксаційні ознаки дерев без урахування їх просторового розміщення;
- деревостан, у якому моделі будуються для сукупності дерев за їх середніми таксаційними показниками [172, 193].

Моделювання здійснюють з метою відтворення поведінки системи, побудови теорій і перевірки різних припущень та гіпотез для з'ясування принципу її функціонування, використання моделей для передбачення майбутнього системи. Моделювання забезпечує вигреш у часі, скорочуючи в багато разів строки проведення натурних експериментів, так як робота з математичними моделями передбачає використання персонального комп'ютера зі спеціальним програмним забезпеченням, яке дозволяє швидко їх опрацьовувати. Використання цього методу пізнання є зручним та ефективним для дослідження процесів, які є надзвичайно повільними або ж навпаки, швидкоплинними.

Лієпа І. Я. виділяє такі принципи, яких необхідно дотримуватись при розробці архітекtonіки моделі та пошуку істотних факторів багатомірних моделей [95]:

1. Відповідність кількісного та якісного аналізів (підібрати слід лише ті фактори, що визнані істотними при вивченні проблеми на основі теорії або

гіпотези в даній галузі науки).

2. Простоти (використовувати достатньо мінімальну кількість факторів).

3. Неповторення (наводити кожний реальний фактор у моделі однією ознакою).

4. Логічного додавання (знаменником має бути один і той же показник при використанні відносних величин).

5. Допустимої мультиколінеарності (використовувати тільки ті фактори, які тісніше пов'язані з характеристикою моделі, що вивчається, ніж між собою).

Моделювання нормативного забезпечення оцінки основних компонентів фітомаси дерев та деревостанів у системі біометричних досліджень є однією з найменш опрацьованих сторін [75]. Дослідження в цьому напрямі завершувалися, як правило, встановленням об'єму накопиченої фітомаси окремим деревом чи насадженням [34, 37, 126, 135, 143]. Причому, виробничий попит на товари лісопромислового комплексу, які виготовляються з відповідних компонентів фітомаси, засвідчує потребу в розробці нормативів оцінки їхніх ресурсів [13, 20, 33, 42, 43, 50, 52, 59, 65, 66, 67, 72, 85, 87, 102, 105, 108, 112, 121, 127, 179, 184]. Такі дослідження мають конкретну цільову спрямованість, а отримані результати зорієнтовані на оцінку певного компонента фітомаси у відповідних лісівничо-технологічних умовах [53, 112].

Наприкінці будь-яких біометричних досліджень необхідно формалізувати результати у вигляді математичних моделей, графіків, таблиць тощо [75]. На практиці найчастіше використовують таблиці, так як вони є найбільш прості та доступні і дозволяють оперативно та з певною точністю оцінювати значення параметрів об'єктів, для яких вони створені. Ці нормативи повинні відповідати таким основним критеріям [75]:

1. Входами в таблиці повинні бути таксаційні ознаки, які легко визначаються в натурі.

2. Нормативи оцінки компонентів крони дерев мають враховувати ступінь напруженості їхнього росту в насадженнях через зімкнутість намету, повноту тощо.

3. Усі компоненти фітомаси дерев у кінцевому підсумку треба наводити в абсолютно сухому стані з використанням метричних одиниць маси.

4. Дробовість подання кінцевих результатів мусить бути узгоджена з розрахунковою точністю результатів із дотриманням основних вимог запису наближених чисел.

В даній роботі під час моделювання залежності компонентів фітомаси дерев і насаджень від їх основних морфометричних показників, базуючись на основних принципах системного підходу, використано метод множинного регресійного аналізу.

Висновки

1. Зростання чисельності населення Землі, нестача харчових продуктів і запасів питної води, обмеженість викопних енергетичних ресурсів та глобальна зміна клімату – основні виклики та загрози, які постали перед людством і вимагають обґрунтованих рішень, спрямованих на зменшення негативних наслідків. Ліси планети в цьому сенсі «відчувають» негативний деградаційний вплив цих явищ та, разом з тим, є дієвим інструментом у стабілізації довкілля, вирішенні трофічних та енергетичних проблем.

2. Так як лісові біоценози здатні накопичувати й утримувати протягом тривалого часу в компонентах фітомаси небезпечні та отруйні для навколишнього середовища й людства викиди діоксиду вуглецю, тому дослідження вуглецевого потенціалу в лісових екосистемах направлені насамперед на оцінку фітомаси деревостанів.

3. Хоча на сьогодні вже проведена значна кількість досліджень біопродукційних процесів у лісових біоценозах, механізми антропогенного впливу на стан та продуктивність деревостанів залишаються ще недостатньо вивченими. Вивчати лісові біогеоценози потрібно комплексно, враховуючи все різноманіття зв'язків між їх частинами та процесами, що відбуваються всередині них. Тому для її аналізу та вирішення використовують сучасні ідеї системного підходу.

4. Доволі новітніми та перспективними є дослідження біопродуктивності насаджень у заповідних територіях для збереження унікального біорізноманіття цих об'єктів, вирішення екологічних проблем і розв'язання завдань регіональних біологічних й енергетичних програм. Зважаючи на те, що Черемський природний заповідник був створений 19 грудня 2001 року, дослідженню його лісових екосистем присвячено небагато наукових робіт, але разом з тим екосистемні послуги лісів інших об'єктів природо-заповідного фонду вже тривалий час оцінюються дослідниками.

5. Моделювання нормативного забезпечення оцінки основних компонентів фітомаси дерев та деревостанів у системі біометричних досліджень є однією з найменш опрацьованих сторін. Дослідження в цьому напрямі завершувалися, як правило, встановленням об'єму накопиченої фітомаси окремим деревом чи насадженням. В даній роботі під час моделювання залежності компонентів фітомаси дерев і насаджень від їх основних морфометричних показників, базуючись на основних принципах системного підходу, використано метод множинного регресійного аналізу.

Основні положення розділу висітлені у публікаціях:

Гоцик О. С. Проблеми збереження біорізноманіття Черемського природного заповідника в умовах кліматичних змін. Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 4-5 квітня 2019 р.). Львів, НЛТУ України, 2019. С. 102-104 [22].

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА СТРУКТУРА ЛІСІВ

2.1. Обґрунтування вибору об'єкта досліджень

Охорона біологічних ресурсів, зокрема рослин і тварин, потребує встановлення особливого режиму охорони на окремих територіях. Ретельні еколого-економічні розрахунки свідчать, що нормальне функціонування та самовідновлення біосфери можливе лише за умови наявності в будь-якому регіоні не менше 10-15 % площі, під природно-заповідними територіями [147].

Природно-заповідний фонд України становлять ділянки суші й водного простору, природні комплекси та об'єкти яких вирізняються особливою природоохоронною, науковою, естетичною, рекреаційною та іншою цінністю і виокремлені з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного й рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонового моніторингу навколишнього природного середовища [138, 146].

Одним із таких об'єктів у Волинській області є Черемський природний заповідник загальною площею 2975,7 га, який знаходиться у східній частині Камінь-Каширського району на межі з Вараським районом Рівненської області, за 6 км на північ від с. Замостя.

Черемський ПЗ створено 19 грудня 2001 року на базі Черемського заказника загальнодержавного значення площею 903 га, а також трьох заказників місцевого значення: орнітологічного заказника «Урочище Сузанка», загальнозоологічного заказника «Карасинський» та ботанічного заказника «Карасинський ялинний-1» з метою збереження типових та унікальних природних комплексів Українського Полісся. Символом Черемського природного заповідника стала шейхцерія болотна *Scheuchzeria palustris* (реліктова рідкісна рослина), яка мала важливе значення для заповідання цього

куточка Волині. Завдяки наявності згаданого червонокнижного виду у 1978 році тут створили заказник, а Черемське болото залишилося не осушеним [2].

Черемський природний заповідник включає різні природно-територіальні та частково антропогенно змінені комплекси. Це – ліси, на які припадає 64,5 % площі, болота (33,7 %), просіки і кварталні лінії (0,7 %), озера Редичі та Черемське (0,6 %), меморіал (0,1 %) та інші території (0,4 %). Його назва пов'язана із болотом Черемське (місцева назва Чірмуське), яке охоплює центральну частину Черемського природного заповідника і відноситься до категорії водно-болотних угідь міжнародного значення та охороняється згідно з вимогами Рамсарської конвенції [55].

Черемський природний заповідник віддалений від населених пунктів, на його території відсутні лінії електропередач, дороги з твердим покриттям, знаходиться в безпосередній близькості з Рівненським природним заповідником (Білоозерський філіал) і межує із 30-кілометровою зоною Рівненської АЕС (м. Вараш). Створені льодовиком ландшафти дещо ізольовані від сучасної цивілізації через погану прохідність та заболоченість. Проте саме через це тут збереглися унікальні та типові представники флори і фауни [151].

Рослинність Черемського природного заповідника доволі різноманітна, характеризується добре збереженою структурою ценозів, домінуванням типових природних видів, наявністю раритетних угруповань.

Флора вищих судинних рослин Черемського природного заповідника нараховує близько 800 видів і має добре виявлений бореальний характер із перезволоженням території. Родини складноцвіті, злакові, осокові, гвоздичні, бобові, ранникові, губоцвіті, хрестоцвіті, розові, жовтецеві становлять трохи більше половини видів судинних рослин. У спектрі родів чітко виділяється рід *Сагex* – 43 види. Біофлору утворюють близько 160 видів. Із лишайників відомо приблизно 100 видів. Водорості й гриби не вивчені, наявні лише окремі відомості про найпоширеніші та деякі рідкісні види. Рослинність Черемського ПЗ і прилеглих ділянок характеризується ценотаксономічним

багатством та різноманіттям. Зустрічається чимало рідкісних (65) і занесених до Червоної книги України (33) видів, таких як булатка червона, коральковець тричінадрізаний, пальчатокорінник плямистий, вовчі ягоди пахучі, росичка англійська, хамарбія болотна та ін. На території Черемського природного заповідника зростає смілка литовська, вид занесений до Європейського Червоного списку рослин, що знаходяться під загрозою зникнення у світовому масштабі. У Черемському природному заповіднику забезпечена охорона деяких видів (альдрованда пухирчаста, зозулині черевички справжні, жировик Лезеля, сон широколистий), які занесені до Додатку №1 Бернської конвенції. У вільхових лісах зростає мутин собачий – гриб, що охороняється в Україні. Водорость хара витончена та мох меезія тригранна, які трапляються в межах Черемського ПЗ, занесені до Червоної книги України [56].

У Черемському природному заповіднику спостерігаються різні типи рослинності: водна, болота, ліси, чагарники, луки, пустища. Проте найпоширеніша тут лісова рослинність, серед якої переважають суходільні ліси – 1205,8 га, або 40,5 % площі Черемського природного заповідника. Частина заболочених деревостанів теж досить значна – 589,2 га, або 19,8 % загальної площі. Ялинники, що зростають тут на південній межі ареалу, різновікові, трапляються фрагментарно. Дубові, дубово-соснові, грабово-дубові ліси становлять невеликі площі. Поруч із сосновими борами розташовуються березові ліси. Значні площі у Черемському природному заповіднику знаходяться під водно-болотною рослинністю. На досліджуваній території домінують мезотрофні дуже обводнені болотні комплекси. В їхніх межах у добре зволжених і протічних умовах сформувалися евтрофні ділянки, тоді як оліготрофні болота охоплюють менші площі й трапляються невеликими острівцями по периферії. «Ядро» Черемського природного заповідника – еумезотрофне, осоково-сфагнове, відкрите та дуже обводнене болото Черемське. Болотну рослинність утворюють очерето-, осоково-, пухівково-шейхцерієво-сфагнова формації. На лучну рослинність припадають незначні площі. Заплавні луки в межах Черемського природного заповідника відсутні.

Сухі луки трапляються спорадично й невеликими ділянками на узліссях та галявинах. Невелику площу становить також рослинність пустищ і чагарників. Чагарникова рослинність з домінуванням верб різних видів із різнотравним покривом зустрічається зрідка невеликими площами. Водна рослинність розвивається у озерах Черемське та Редичі, каналах і від'ємних формах рельєфу, які постійно затоплюються, характеризується незначною різноманітністю [151].

Одні з найперших даних про загальні фізико-географічні умови території сучасного Черемського природного заповідника у складі Пінських боліт наводяться у звітах Західної експедиції з осушення Полісся (1874-1902 рр.). Пізніше Черемське болото стало об'єктом вивчення Польського бюро з меліорації (1929-1933 рр.). У 1970-80-х роках на території, яка на сьогодні входить у Черемський природний заповідник, були проведені дослідження Українською лісотипологічною та Рівненською геологорозвідувальною експедиціями.

Вагомий внесок у вивчення рослинності Черемського болота здійснили співробітники Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАНУ, зокрема Т. Л. Андрієнко, О. І. Прядко. У 2001 році в зарезервовану територію було організовано експедицію відділу екології фітосистем того ж інституту, в якій взяли участь Я. П. Дідух, В. В. Коніщук, Н. А. Пашкевич, Т. В. Фіцайло [34, 55].

Науковим відділом Черемського ПЗ проводяться дослідження з оцінки різноманітності екосистем. Спільно із В. К. Коновальчуком (Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ) вивчається проективне покриття та продуктивність журавлини болотної в умовах заповідного режиму. У Черемському природному заповіднику виконуються постійні спостереження за рівнем води у Черемському озері. Науковий відділ веде літопис природи Черемського природного заповідника. Відзначаються нові місцезростання рідкісних видів флори і рослин, які зникають, вивчається стан їх популяцій. Проводяться фенологічні спостереження. Черемський природний заповідник тісно співпрацює з органами місцевого й обласного

самоврядування, управлінням екобезпеки, музеями, науково-дослідними та освітніми установами.

Пан-Європейська екологічна мережа передбачає цілісне збереження природно-територіальних комплексів та їх біорізноманіття. У дослідженнях – це Поліська зона широколистяних і хвойних лісів. Черемський ПЗ може стати своєрідним центром ядра екологічної мережі в межах Полісся, куди окрім Черемського ПЗ увійдуть, передусім, природоохоронні об'єкти загальнодержавного значення, а саме: Білоозерський філіал Рівненського ПЗ, гідрологічний заказник республіканського значення «Острівський», ландшафтний заказник загальнодержавного значення «Стохід», НПП «Прип'ять-Стохід». Також до загальної системи мережі буде віднесено заказники, заповідні урочища та пам'ятки природи. Проте, внесок у збереження екосистем від них мінімальний через дрібні площі та статус, який дозволяє часткове використання цих територій. Тому в перспективі доцільно детальніше вивчити північно-центральну частину Західного (Волинського) Полісся з метою створення додаткових заповідних об'єктів або підвищення статусу вже існуючих. Це також сприятиме утвердженню північно-центрального ядра Західного Полісся в межах Поліського міжнародного екологічного коридору Пан-Європейської екомережі. Черемський природний заповідник належить до Білоозерсько-Черемського загальнодержавного ядра біорізноманіття у структурі широтного Поліського коридору Пан-Європейської екомережі.

Із метою захисту природних комплексів Черемського природного заповідника від впливу господарської діяльності людини та антропогенних факторів на прилеглих до нього територіях необхідно створити однокілометрову охоронну зону.

2.2. Фізико-географічні та кліматичні умови району розташування об'єкта досліджень

Черемський природний заповідник простягається суцільним лісо-болотним масивом з півночі на південь на 7 км, із заходу на схід – на 8 км.

На півночі Черемський природний заповідник межує із Залізницьким лісництвом філії «Любешівське лісомисливське господарство», із загально-зоологічним заказником «Тоболівський» та орнітологічним заказником «Ново-Червищанський», які розташовані на території Камінь-Каширського району Волинської області; на заході та півдні – з Карасинським лісництвом філії «Маневицьке лісове господарство», на сході – з філією «Рафалівське лісове господарство» та з Озерецьким ботанічним заказником, який знаходиться на території Володимирецького району Рівненської області (рис. 2.1).

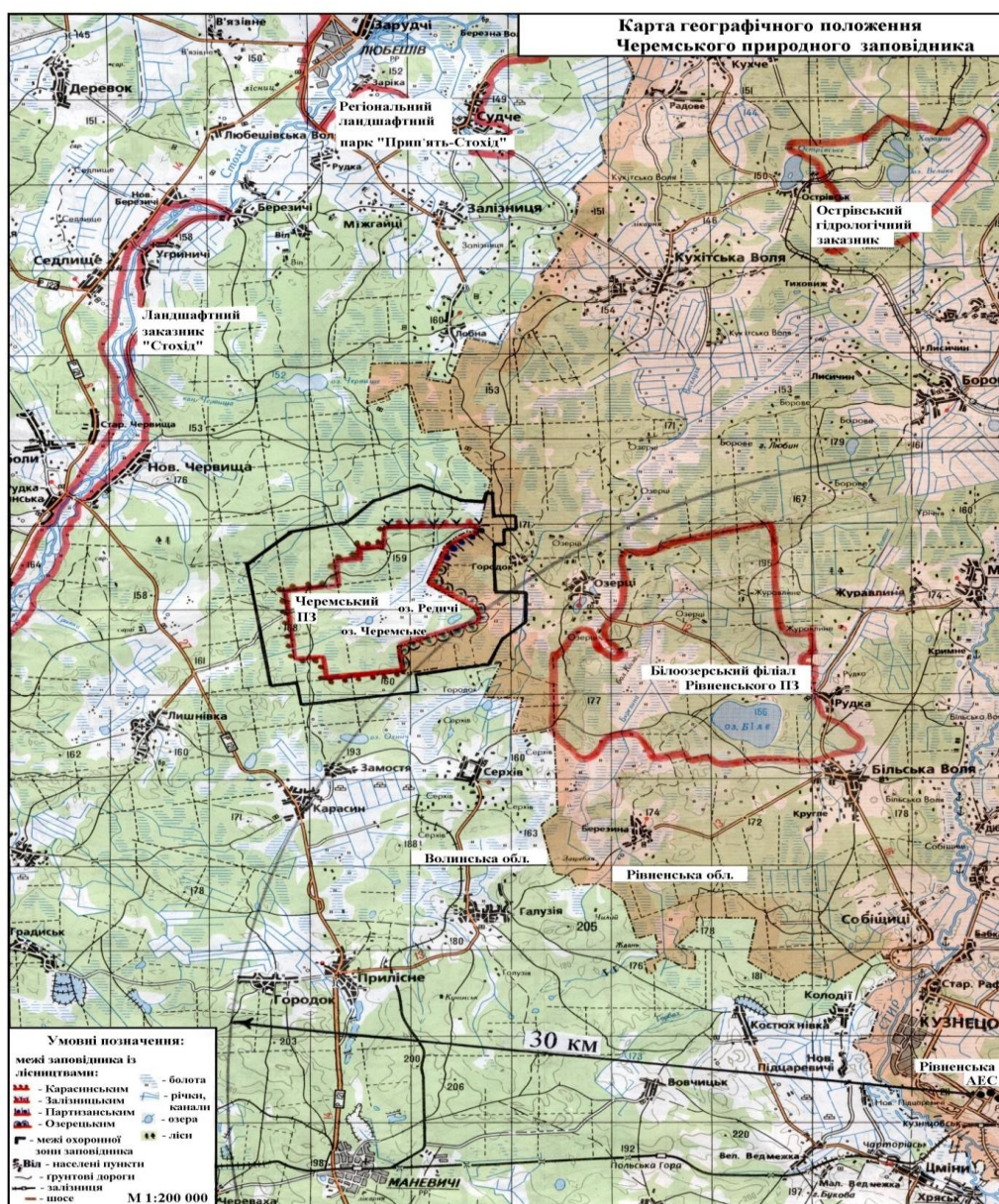


Рис. 2.1. Географічне положення Черемського ПЗ

Поряд із Черемським ПЗ знаходяться: ботанічна пам'ятка природи загальнодержавного значення «Болітце»; орнітологічний заказник «Вовча будка», який безпосередньо межує із Черемським ПЗ; орнітологічний заказник «Чорний бусел»; загально-зоологічний заказник «Локоття»; лісовий заказник «Карасинський» та ботанічна пам'ятка природи «Карасинський ялинник».

Якщо розглядати положення Черемського ПЗ у системі регіональної екосистеми, то варто відзначити, що на сході від Черемського ПЗ знаходиться Білоозерський філіал (відділення) Рівненського природного заповідника, на півночі функціонує національний природний парк «Прип'ять-Стохід», а також гідрологічний заказник «Седлищанський», гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Острівський» (Рівненська область), на заході у Камінь-Каширському районі розміщений ландшафтний заказник загальнодержавного значення «Стохід» (Рамсарське угіддя міжнародного значення).

За фізико-географічним районуванням територія Черемського природного заповідника відноситься до Новочервищанського району підобласті Верхньоприп'ятського Полісся області Волинське Полісся зони мішаних лісів Східноєвропейської рівнини і знаходиться у міжріччі річок Стохід та Веселуха, близько межі Верхньоприп'ятської низовини із Волинським моренним пасмом у зоні Пінських боліт. Особливістю географічного положення Черемського природного заповідника слід вказати проходження по Черемському болотному масиву лінії вододілу між річками Стохід і Веселуха [151].

За геоботанічним районуванням територія Черемського природного заповідника відноситься до Зарічненсько-Висоцько-Сарненського району соснових лісів чорницево-зеленомохових боліт різних типів, Ковельсько-Сарненського (Західнополіського) округу Поліської підпровінції Східноєвропейської провінції широколистяних лісів [151].

Територія Черемського ПЗ розташована в межах Волино-Подільської окраїни Східноєвропейської платформи [136]. Фундамент останньої складений інтенсивно дислокованими кристалічними породами протерозою (гранітами,

гранітодіоритами, гранітосієнітами, біотитово-амфіболітовими сланцями та ін.), розбитий системою великих розломів на окремі блоки, що опущені або підняті в різних районах на неоднакову висоту.

На інтенсивно розмитій поверхні кристалічного фундаменту залягає товща осадових утворень, у будові якої виділяють відклади верхнього протерозою, кембрію, ордовіка, силуру, крейди і палеогену, перекриті осадовими породами антропогенового періоду змінної потужності [139].

У геологічній будові території Черемського ПЗ та суміжних ділянок, в межах глибин до першого регіонального водоупору, складовими виступають верхньокрейдіві, середньочетвертинні, льодовикові, озерно-льодовикові, водно-льодовикові відклади, а також сучасні озерно-болотні та болотні утворення. Антропогенні відклади залягають на розмитій поверхні верхньокрейдівих, потужність яких досить різна. Озерно-льодовикові відклади поширені на значній площі, яким властива наявність озерних фацій і добре виражених горизонтів. Складені вони супісками і пілуватими суглинками, рідше – дрібними пісками, уламками кремнію та частково рослинними залишками. Середньочетвертинні відклади представлені пасмами і окремими пагорбами. Після відступання дніпровського льодовика (≈ 10 тис. років тому), в межах моренно-зандрової рівнини сформувалися водно-льодовикові (флювіогляціальні) відклади, що представлені пісками, супісками і суглинками з великою кількістю уламкового матеріалу. Зниження в рельєфі заповнюються сучасними болотними та озерно-болотними відкладами. Через домінування серед корінних (материнських) порід крейди і мергелю верхньокрейдівого віку, добрий дренаж ґрунтового покриву, в умовах достатнього зволоження та інтенсивних атмосферних опадів, проявляється карстовий процес. На території Черемського природного заповідника карст відзначено у північній його частині (урочище Кухів Груд) [139].

Одну із сучасних небезпек становлять родовища таких корисних копалин, як торф, мідні болотні руди, алмази, бурштин поруч із територією Черемського природного заповідника [139].

У геоморфологічному відношенні територія Черемського ПЗ належить до Волинської акумулятивної водно-льодовикової рівнини з флювіогляціальною полого-хвилястою поверхнею дніпровського зледеніння. Це – Поворсько-Маневицький кінцево-моренний геоморфологічний район Волинського (Західного) Полісся (на денудаційній крейдовій і палеогеновій основі). Особливістю в геоморфологічному положенні Черемського ПЗ виділяється те, що його територія знаходиться на межі Верхньоприп'ятської низовини і Волинського моренного пасма (Волинська моренна гряда) Поліської низовини та являє собою слабогорбисту малорозчленовану вододільну рівнину, яка ускладнена незначними замкнутими безстічними зниженнями та улоговинами стоку. Ця рівнина сформована кінцево-моренними відкладами максимальної стадії дніпровського зледеніння і характеризується своєрідним горбисто-грядовим рельєфом (горбисто-хвиляста моренно-зандрова рівнина). Особливості форм, які утворюють моренні поверхні, зумовлені динамікою льодовика при його відступанні. Абсолютні відмітки поверхні території Черемського ПЗ та рекомендованої охоронної зони коливаються від 155 до 191 м, у межах Черемського природного заповідника максимальна висота становить близько 164 м.н.р.м. [139].

Серед форм рельєфу найпоширеніші еолові дюни і вали, льодовикові моренні горби, водно-льодовикові утворення (ками, ози), карстово-суфозійні воронки, водно-льодовикові пониження й заглиблення (озерні улоговини, болотні пониження та кріогенні блюдця) [139].

Також варто зауважити, що Черемський болотний масив, витягнутий з південного-заходу на північний-схід із східним відрогом до річки Веселухи, являє собою реліктову флювіогляціальну прадолину, яка слабо обвалована з обох боків. На місці сучасного Черемського болота з озерами Черемське і Редичі існувало досить велике озеро з незначними глибинами (до 10 м), цілком ймовірно проточне. Під час заростання водойма тривалий час знаходилася в очеретовій стадії, що підтверджують залишки рослинних угруповань донних відкладів на болоті. Зміна деяких геоморфологічних форм пояснюється

дефляційними процесами, ерозією ґрунтів, оліготрофізацією водно-болотних угідь через різке коливання і пониження рівня ґрунтових вод [139].

Гідросітку поверхневих вод Черемського ПЗ і прилеглих до нього територій утворюють болота, озера, канали та струмки, річка Веселуха (протікає за 1,5-2 км на схід від Черемського природного заповідника). У східній частині Черемського болотного масиву проходить погано виражена лінія вододілу басейнів річок Стохід і Веселуха басейну ріки Дніпро [139].

Осоково-сфагнове еумезотрофне болото Черемське по суті виступає ядром Черемського природного заповідника. Воно досить неоднорідне, із різними рослинними угрупованнями, з відмінним режимом зволоження в різних його частинах.

Болото має периферійно-оліготрофний хід розвитку. Тип живлення ґрунтово-атмосферний. Болотний масив відіграє важливу роль у збалансованому функціонуванні місцевих екосистем. Болотний ландшафт регулює місцевий мікроклімат, виділяє кисень, зв'язує вуглекислоту (яка разом із радоном виділяється при осушенні). Виконуючи роль механічного бар'єра, затримує дрібнозем, що змивається, створюючи умови для його седиментогенезу та подальшого епігенезу. Через велику адсорбційну здатність і від'ємний заряд торфу у катіонній формі затримуються мігруючі хімічні елементи (мідь, залізо та ін.) [139].

Болото нівелює мезо- і мікрорельєф місцевості, підвищує рівень ґрунтових вод, збільшує зволоження мінеральних ґрунтів, що за певних умов сприяє затуханню процесів водної та вітрової ерозії. Черемське болото становить великий науковий інтерес, зважаючи на поширення тут рідкісних та занесених до Червоної книги України видів флори і фауни [139].

У систему поверхневих вод також входять канали (створені здебільшого за Польської доби), струмки, заболочені ділянки тощо. В окремі дуже посушливі роки ці водойми частково пересихають за незначної глибини й переважно атмосферного типу живлення. Виключенням є лише окремі

заболочені масиви урочища Кухів Груд, де вода стоїть на поверхні в найсухіші сезони через ґрунтово-напірний тип живлення [139].

Статистичні дані про клімат і погоду для території Черемського ПЗ бралися у Маневицькій метеостанції (гідрометеорологічні спостереження проводяться із 1946 року), яка найближча до Черемського природного заповідника й відповідає загальним фізико-географічним умовам [139].

Кліматичні умови Черемського ПЗ, як і всієї Волинської області, характеризуються помірною континентальністю, м'якою зимою з нестійкими морозами, частими відлигами, нежарким літом, значними опадами, затяжними весною та восени. Взимку і літом територія піддається західному та південно-західному переносу повітря, що значно пом'якшує температурний режим і створює умови достатнього зволоження. Сумарна сонячна радіація становить приблизно 90 ккал·см⁻², альbedo – 29 %. Радіаційний баланс за рік додатний (приблизно 34 ккал·см⁻²). Основна кількість тепла, яку отримує поверхня, витрачається на випаровування, а турбулентний теплообмін і теплообмін у ґрунті порівняно невеликі. Тому тут формується помірний вологий клімат із незначними коливаннями температури. Кількість опадів перевищує випаровування. Сердньорічна температура повітря становить +7,2°C, середньорічна кількість опадів 634,4 мм (табл. 2.1, 2.2) [139].

Таблиця 2.1

Середньомісячна і середньорічна температура повітря по метеостанції Маневичі (спостереження з 1946-го по 2016 р.)

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t °C	-4,4	-3,6	0,1	7,7	13,6	16,9	18,3	17,4	12,7	7,3	1,9	-2,2	7,2

Найбільшу річну кількість опадів відзначено в 1998 р. – 996,2 мм, місячну в липні 1955 р. – 220,1 мм. Найменшу річну кількість опадів спостерігали в 1961 р. – 299,3 мм, місячну в березні 1974 р. – 1,5 мм.

**Середньомісячна і середньорічна кількість опадів по метеостанції
Маневичі (спостереження з 1946-го по 2016 р.)**

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
мм	37,5	36,5	34,1	41,8	57,5	78,3	85,8	61,4	63,0	43,2	49,0	46,4	634,4

Найвищою середньорічна температура повітря виявилася у 1989 і 2000 роках – по $+8,8^{\circ}\text{C}$, найвищою середньомісячна температура повітря була в липні 1959 р. $+21,9^{\circ}\text{C}$. Найнижчу середньорічну температуру повітря зафіксовано у 1987 р. – $+5,4^{\circ}\text{C}$, найнижчу середньомісячну температуру в січні 1987 р. – $-14,5^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум температури повітря становить $+39^{\circ}\text{C}$, абсолютний мінімум: – -37°C . Вітер зумовлюється з одного боку характером поверхні, з іншого – розподілом над нею атмосферної циркуляції. Для Черемського природного заповідника характерна невелика середньорічна швидкість вітру – $3,8-4,0\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Взимку переважають західні й південно-західні вітри, влітку – західні та північно-західні [139].

Глибина промерзання ґрунту незначна (в середньому 20-25 см), у найсуворіші зими не більше 110 см, а в окремі роки сніг випадає на мокрий ґрунт. Абсолютна вологість повітря перебуває в прямій залежності від температури повітря (мінімум у січні, максимум у липні). Перший сніговий покрив з'являється в кінці другої декади листопада – на початку грудня. При цьому дуже рідко зберігається цілу зиму, найчастіше він тане і з'являється новий. Висота снігового покриву протягом усієї зими невелика. Середня з максимальних декадних висот за зиму становить 11-13 см. Характерною рисою волинської весни є повернення після плюсових температур холодної погоди, а в квітні навіть бувають снігопади [139].

Характеризуючи природні пори року, слід зупинитися на їх специфічних особливостях. Зима м'яка, похмура, з частими відлигами і невеликими

опадами. Сніговий покрив іноді сходить повністю, розмерзається поверхня ґрунту. У другій половині лютого стійкі морози припиняються [139].

Весна розпочинається приблизно 8-13 березня. В цей період швидко зростає сонячна радіація і температура повітря, середньодобові температури стають вищими від 0° С, але ще можливі приморозки, які визначаються важливою особливістю весняного температурного режиму. Для весни характерна велика мінливість погоди, довготривалість [139].

Літо – пора року, якій властиві найбільші сонячна радіація, тривалість дня (понад 16 годин), опади і найвища температура. Влітку переважають західні вітри. Погода спостерігається тепла, зрідка гаряча, особливо в останні роки. Інтенсивні грози трапляються в червні-липні [139].

Осінь розпочинається на початку вересня. В цю пору року зменшуються кількість сонячної радіації, температура повітря. У природі спостерігаються специфічні фенологічні явища: змінюється забарвлення листя рослин, пізніше розпочинається листопад, відбувається міграція птахів тощо. На вегетацію рослин негативно впливають приморозки (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Дати першого та останнього приморозків і тривалість безморозного періоду

Пункт спостереження гідрометеостанція	Дати приморозку						Середня тривалість без морозного періоду, дні
	останнього			першого			
	середня	найраніша	найпізніша	середня	найраніша	найпізніша	
Маневичі	28.04	09.04	30.05	30.09	16.09	14.10	158

Аналіз середньорічних показників атмосферних опадів та температури повітря із 1946 р. по Маневицькій метеостанції вказує на тенденцію потепління клімату з епізодичним збільшенням кількості атмосферних опадів (рис. 2.2).

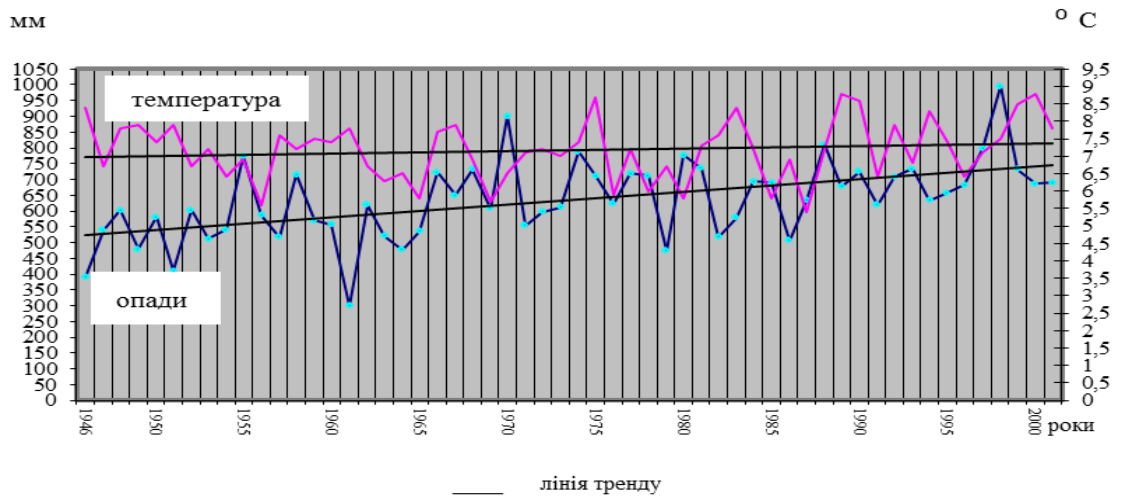


Рис. 2.2. Графіки середньорічних показників кількості атмосферних опадів та температури повітря по метеостанції Маневичі за 1946-2001 рр. [139].

Все менше відчувається континентальність і зростає вплив Атлантичних повітряних мас. Але в окремих регіонах Полісся досить відчутна ксерофітизація, що є наслідком непрофесійного меліоративного осушення та масового вирубування лісів [139].

Грунтовий покрив. Дерново-підзолисті ґрунти одні з найпоширеніших, що утворилися в результаті поєднання підзолистого і дернового процесів ґрунтоутворення. Сформувалися вони переважно на водно-льодовикових та давньоелювіальних відкладах, на морені, місцями підстилаються карбонатними породами. Дерново-підзолисті включають дерново-приховано і слабопідзолисті, дерново-слабопідзолисті, дерново-середньопідзолисті, дерново-сильнопідзолисті [139].

Дерново-приховано-підзолистим і слабопідзолистим неоглеєним глинисто-піщаним ґрунтам на водно-льодовикових і давньоелювіальних піщаних відкладах відповідають сосново-кладонієві ліси на сухих підвищених слабохвилястих ділянках дюн, оз, моренних горбів. Такі ґрунти ще називають боровими пісками. Ґрунтово-елювіальний горизонт має незначну глибину, слабкозабарвлений гумусом у ясно-сірий колір, розсипчастий. Елювіальний горизонт може бути різної глибини, має ясно-жовтий колір із білястими плямами у верхній частині. Ілювіальний горизонт несучільний, на тлі жовтого

піску існують псевдофібри, глибше залягає материнська порода [136]. Легкий гранулометричний склад зумовлює надто високу водопроникність і малу вологоємність. Досить висока аерація при малій здатності затримувати воду викликає швидкий розклад органічної речовини. Таким едафічним умовам відповідає переважно псамофітна рослинність. Ці ґрунти найбідніші в регіоні, містять мало гумусу, слабо забезпечені рухомими формами поживних речовин.

Дерново-слабопідзолисті глеюваті й глеєві глинисто-піщані та легкосупіщані слабооструктурені ґрунти сформувалися на водно-льодовикових і давньоалювіальних піщаних та глинисто-піщаних відкладах, Вони близькі до попереднього типу, проте знаходяться на більш знижених ділянках, схилах горбів, терасах. Стосовно них відзначають кращу забезпеченість вологою і вищий показник гумусу. На таких ґрунтах орзють переважно сосново-зеленомохові, сосново-кладонієво-зеленомохові та дубово-соснові ліси.

Дерново-середньопідзолисті глеєві глинисто-піщані й легкосупіщані ґрунти утворилися на водно-льодовикових і давньоалювіальних піщаних відкладах та розвинулися на малопотужних четвертинних відкладах і представлені супісками, покривними суглинками, шаруватими напластуваннями різного механічного складу [136]. Однією з відмінностей цього ґрунту від дерново-сильнопідзолистого виділяється менш потужний (приблизно до 20 см) чіткий білястий елювіальний горизонт, що містить значну кількість крем'янки. Цьому досить поширеному типу ґрунту відповідають різні типи лісу: вологий дубово-сосновий субір, волога грабово-соснова судіброва та ін.

Дерново-сильнопідзолисті глеєві глинисто-піщані й легкосупіщані ґрунти сформовані на водно-льодовикових і давньоалювіальних глинисто-піщаних відкладах, глинисто-піщаних відкладах із супіщаними перешарками. Цей тип на території Черемського природного заповідника трапляється значно рідше. Відрізняється від попередніх потужнішим підзолистим горизонтом і чіткою диференціацією на генетичні горизонти вимивання і вмивання [136].

Болотно-підзолистий тип включає в себе торфово-підзолисті глинисто-піщані й супіщані ґрунти на водно-льодовикових та давньоалювіальних глинисто-піщаних відкладах, глинисто-піщаних відкладах із супіщаними прошарками та на водно-льодовикових давньоалювіальних озерних супіщаних відкладах. Вони утворилися в замкнутих западинах та блюдцях серед дернових і на окраїнах болотних ґрунтів у результаті поєднання болотного та підзолистого процесів. Зазвичай вони приурочені до майже зневоднених, у верхній частині, невеликих за площею оліготрофних боліт.

Дернові опідзолені ґрунти представлені дерновими опідзоленими глеуватими і глеєвими легкосупіщаними легкосуглинистими ґрунтами на водно-льодовикових і давньоалювіальних глинисто-піщаних відкладах, глинисто-піщаних відкладах із супіщаними прошарками. Цей тип зустрічається по периферії боліт у понижених зандрових рівнинних ділянках. Дерновий процес ґрунтоутворення відбувається в гідроморфних умовах під трав'янистою та чагарниковою рослинністю. Для верхнього гумусового горизонту характерне інтенсивніше гумусове забарвлення та виразна грудкувато-зерниста структура. Від інших дернових ґрунтів згаданий тип відрізняється наявністю присипки SiO_2 , у глейових відмінах спостерігається перехідний горизонт із сизуватим відтінком, великої в'язкості та липкості, з твердими прошарками легкого суглинку і супіску. У таких ґрунтах відзначається несприятливий водно-повітряний режим, проте містяться значні запаси гумусу [136]. Формуванню гумусу сприяє високий темп розкладання лісової підстилки. До вказаних едафічних умов найкраще пристосовані й відповідають їм грабово-дубові та дубові ліси із найбагатшою флорою у регіоні.

Болотні ґрунти сформувалися у найбільш знижених елементах рельєфу, в анаеробних умовах болотних азональних екосистем із сильним перезволоженням. У болотах детритний ланцюг вкорочується, в завершальній стадії утворюється не гумус, а торф, що містить чимало поживних елементів для сприятливого режиму росту рослин. Проте через низьку температуру торфової маси та насиченість гуміновими кислотами при загальній високій

вологості проявляється так звана фізіологічна сухість, коли корені рослин ледь отримують воду, а з нею і поживні речовини. Болотні ґрунти Черемського ПЗ представлені трьома типами: верховим, перехідним, низинним.

Верховий тип болотних ґрунтів (торфово-болотні, торфовища верхові) відповідає оліготрофним болотним утворенням по периферії Черемського болота. Для верхового типу характерні яскраво виражений мікрорельєф (купини, блюдця), бідний трав'яний ярус та добре розвинута рослинність болотних чагарничків. Стабільність ботанічного складу торфоутворювачів по всьому ґрунтовому профілю і поганий розклад торфу зумовлюють наступні фізико-хімічні властивості: низьку зольність, незначну об'ємну масу і дуже високу вологоємність, кислу реакцію рН та високу гідролітичну кислотність, низький ступінь насичення основами. Низький вміст азоту пояснюється переважанням вуглецевих сполук органічної речовини, тоді як незначні запаси фосфору і калію зумовлені малозольністю сфагнового торфу [94].

Перехідний тип болотних ґрунтів (торфово і торфувато-болотні, торфовища перехідні) один з найпоширеніших в Черемському природному заповіднику. Він відповідає мезотрофним болотам, зокрема Черемському. Ці ґрунти містять більше зольних елементів живлення, ніж верховий тип, а кількість азоту більша через гуміфікацію торфу, також низька об'ємна маса і висока вологоємність. Взагалі надати зведену фізико-хімічну характеристику цих ґрунтів надто складно через неоднорідність ботанічного складу. Сфагновий торф слаборозкладений, нижня частина профілю утворена осоковим та очеретовим торфом, де збільшена зольність та підвищена величина рН. Порівняно з попередніми типами ґрунтів тут спостерігається значне біорізноманіття.

Низинний тип болотних ґрунтів (торфово-болотні, торфувато-болотні, торфовища низинні) відповідає евтрофним болотам. Профіль складений деревинно-осоковим та деревинним низинним торфом. Для екосистем з таким типом ґрунту характерне постійне затоплення водою, а також добре розвинута гідрофільна рослинність. В органічній речовині низинного типу значно більше

азоту ніж у двох попередніх, через інтенсивну гуміфікацію торфоутворювачів. Також відзначається збагачення кальцієм внаслідок транспортування його проточними водами [136].

2.3. Економічні, екологічні та соціальні умови об'єкта досліджень

На території Черемського природного заповідника до його утворення велася інтенсивна господарська діяльність: здійснювалися рубки головного користування, санітарні рубки і рубки догляду, а також лісовідновлювальні заходи. З часу організації Черемського природного заповідника рубки головного користування на його території були припинені, інші види заходів також не проводилися (за винятком таких, що пов'язані з протипожежним облаштуванням території та вибіркового санітарних рубок).

На території Черемського природного заповідника забороняється будь-яка господарська та інша діяльність, що суперечить його цільовому призначенню, порушує природний розвиток процесів та явищ або створює загрозу шкідливого впливу на природні комплекси та об'єкти, а саме [139]:

- будівництво споруд, шляхів, лінійних та інших об'єктів транспорту і зв'язку, не пов'язаних з діяльністю Черемського природного заповідника;
- розведення вогнищ, влаштування місць відпочинку населення, стоянка транспорту, а також проїзд і прохід сторонніх осіб, прогін свійських тварин, пересування механічних транспортних засобів, за винятком шляхів загального користування, лісосплав, проліт літаків та вертольотів нижче 2000 м над землею, подолання літаками звукового бар'єра над територією Черемського природного заповідника та інші види штучного шумового впливу, що перевищують установлені нормативи;
- геологорозвідувальні роботи, розробка корисних копалин, порушення ґрунтового покриву та гідрологічного й гідрохімічного режимів, руйнування геологічних відшарувань;

- застосування хімічних засобів;
- усі види лісокористування, а також заготівля кормових трав, лікарських та інших рослин, квітів, насіння, очерету, випасання худоби, вилов і знищення диких тварин, порушення умов їх оселення, гніздування, інші види користування рослинним і тваринним світом, що призводять до порушення природних комплексів;
- мисливство, рибальство, туризм, інтродукція нових рослин і тварин;
- проведення заходів з метою збільшення чисельності окремих видів тварин понад допустиму науково обґрунтовану ємність угідь, збирання колекційних та інших матеріалів, за винятком матеріалів, необхідних для виконання наукових досліджень.

Для збереження й відтворення корінних природних комплексів, проведення науково-дослідних робіт та виконання інших завдань у Черемському природному заповіднику відповідно до Проєкту організації його території у встановленому порядку допускається [139]:

- виконання відновлювальних робіт на землях з порушеними корінними природними комплексами, а також здійснення заходів щодо запобігання змінам природних комплексів Черемського природного заповідника внаслідок антропогенного впливу – відновлення гідрологічного режиму, збереження та відновлення рослинних угруповань, що історично склалися, видів рослин і тварин, які зникають, тощо;
- здійснення протипожежних і санітарних заходів, що не порушують режиму Черемського природного заповідника;
- спорудження у встановленому порядку будівель та інших об'єктів, необхідних для виконання поставлених перед Черемським природним заповідником завдань;
- збір колекційних та інших матеріалів, виконання робіт, передбачених планами довгострокових стаціонарних наукових досліджень;
- проведення екологічної освітньо-виховної роботи.

Проектом організації території Черемського природного заповідника та охорони його природних комплексів передбачено також виділення земельних ділянок для задоволення господарських потреб Черемського природного заповідника та його працівників у сінокосах, випасах, городах та паливі відповідно до встановлених нормативів [137]. На території Черемського природного заповідника сіножатей і ріллі не виявлено. Випасання худоби не проводиться. Потреба в сіножатях та ріллі задовольняється за рахунок присадибних ділянок працівників за місцем їх проживання.

Із розрахунку головного користування виключені усі насадження згідно з Правилами рубок головного користування, Лісового кодексу України та Закону України «Про природно-заповідний фонд України».

Основний негативний вплив на лісові екосистеми створює господарська діяльність людини. Регіон розташування Черемського природного заповідника здавна був густо населеним. Велика потреба у діловій та дров'яній деревині призвела до суттєвого зменшення площі корінних соснових та вільхових насаджень без належного відновлення останніх. Значна їх частина замінювалася природним шляхом похідними березовими насадженнями або штучними сосновими насадженнями [139].

Стан і динаміка лісового фонду дають можливість в цілому оцінити екологічний стан лісів Черемського природного заповідника на рік лісовпорядкування як задовільний. Усі види господарської діяльності ведуться з дотриманням діючих нормативних актів і спрямовані на збереження в природному стані типових та унікальних для даної ландшафтної зони природних комплексів, підвищення їх захисних властивостей, ефективного використання природних ресурсів і негативно не впливають на навколишнє природне середовище.

Територія Черемського природного заповідника відноситься до третьої зони радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, а також межує із 30-кілометровою зоною Рівненської АЕС (м. Вараш). Спеціалістами Маневицької радіологічної лабораторії ДЛГО «Волиньліс» було

проведено обстеження Черемського ПЗ. Згідно з матеріалами досліджень спостерігається наступне: ґрунти Черемського ПЗ не надто відрізняються щільністю забруднення радіоактивним цезієм по всій території (в межах $0,10-0,51 \text{ КІ} \cdot \text{км}^{-2}$) [139].

Ресурсний потенціал району представлений головним чином лісопродукцією. Площа лісів становить 160 тис. га або 66% усієї території. Наявність власної лісосировинної бази дає можливість активно працювати як на внутрішньому, так і зовнішньому ринках. Основні види продукції: меблі, паркет, консервні вироби, пиломатеріали і т. д. [139].

Об'ємні запаси торфу забезпечують стабільну роботу Маневицького торфозаводу та державного підприємства «Волиньторф» [139].

Розширення Черемського природного заповідника сприятиме регулюванню гідробалансу території, поліпшенню економічного розвитку прилеглих населених пунктів, створенню нових робочих місць, активному екотуризму. Екскурсійна діяльність може бути впроваджена біля оз. Шині, по частині русла р. Стохід, в історико-меморіальних урочищах Сузанка та Кухів Груд. Крім того, до екотуристичних маршрутів можна залучити визначні місця: Оконські джерела із форелевим господарством (с. Оконськ), піщаний кар'єр флювіогляціальних відкладів та льодовикових форм рельєфу (с. Замостя), Свято-Михайлівську церкву (пам'ятка архітектури, 1691 р.), дерев'яний млин-вітряк (початок ХХ століття), облаштовані кемпінги оз. Тросне (с. Карасин), музей партизан (с. Лобна), пам'ятний знак репресованим на місці знищеного сталінським режимом села Грива (с. Нові Червища). Соціально-економічні фактори місцевого рівня повинні враховуватись у формуванні екомережі [139].

Територія Черемського ПЗ використовується в екологічних, освітньо-виховних та наукових цілях згідно із Законом України «Про природно-заповідний фонд України», Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», Положенням про наукову діяльність заповідників і національних природних парків України», Положення про еколого-освітню діяльність заповідників, національних природних парків України тощо.

Еколого-освітня діяльність Черемського природного заповідника здійснюється з метою забезпечення підтримки природно-заповідної справи. Тобто, звідси, ведеться цілеспрямована робота з групами населення регіону, зокрема з відвідувачами природно-заповідної установи [139].

Із цією метою у 2007 році на території Черемського ПЗ створено маршрут для відвідувачів: екологічна стежка «Черемський природний заповідник». За період функціонування стежки Черемський природний заповідник відвідало 2189 екскурсантів з пізнавальною та науково-дослідною метою. Разом із тим, із розширенням виховної, краєзнавчої та просвітницької роботи передбачається незначне зростання навантаження на маршрут екологічної стежки. Зважаючи на це, виникає потреба популяризації стежки протяжністю 8 км, адже у нинішньої, що функціонує, протяжність становить 4500 м [139].

Останніми роками спостерігаються різкі кліматичні зміни, що негативно впливають на довкілля, це: стихійні явища (буревії, сніговали); збільшення кількості синьо-зелених водоростей (цвітіння води), і як наслідок, замор риби; поширення деяких видів комах, зокрема паразитів і шкідників дерев; частішають весняні й осінні заморозки, що негативно відбивається на продуктивності ягідників (чорниця, журавлина) та флорі в цілому. Вже кілька років у фауні Черемського ПЗ виявляють рідкісні комахи ряду Перетинчастокрилі: *Scolia hirta* Schrank (сколія степова), яка раніше фіксувалася лише на південь від р. Десни у лісостепу і степу та *Larra anathema* Rossi (ляра анафемська), що наводилась для території Азово-Причорномор'я й рідше в середньому Придніпров'ї. Це також вказує на зміну кліматичних умов Західного Полісся. Хоча не виключені й інші причини: проблема із недостатнім вивченням біорізноманіття й особливо його раритетної компоненти; можливість живих організмів адаптовуватися до умов екотопів під час міграції на нові території [139].

На Західному Поліссі в окремих випадках відзначається повторне заболочення, але здебільшого посилюється дефляція і деструкція осушених земель. В умовах глобального потепління роль болотних екосистем важлива

для забезпечення і регулювання оптимальних мікрокліматичних умов біоти. Болота виступають своєрідним біофільтром, поглинаючи іони важких металів, нагромаджуючи різні хімічні елементи, в тому числі радіоактивні. У болотах акумулюється вуглець, зв'язуючись при цьому у вуглекислоту, а болотні фітоценози продукують кисень. Тому за природним відновленням кисню болотні екосистеми прирівнюються до лісів. Натомість, під час осушення боліт вуглекислота вивільняється разом із газом радоном, небезпечним для живих організмів [139].

Внаслідок масштабних меліоративно-осушувальних робіт Західного Полісся у другій половині ХХ століття відбулась суттєва ксерофітизація, негативні наслідки якої посилюються тепер через глобальне потепління та зволоження із проведенням рекультиваційних заходів використаних родовищ торфу [139].

Доцільно розширити природно-заповідні території Західного Полісся за рахунок боліт, що не створить проблеми, адже болота здебільшого майже не використовуються у господарстві (зрідка як сіножаті).

Ефект глобального потепління яскраво простежується на локальній моделі – Черемському болотному комплексі та прилеглих територіях. У Черемському озері проявляється тенденція зростання рівня води за останні 5 років. Лінії тренду графіків середньорічних показників атмосферних опадів і температури повітря по Маневицькій метеостанції за 55 років (до 2001-го) вказують на їх поступове підвищення та потепління клімату (рис. 2.2) [139].

Рекультивувати відпрацьовані торфовища варто не під поля і рілля (за масової дефляції утворюються пилові бурі, пожежі), а доцільніше створювати зволожені луки (якщо не порушена технологія відбору торфу і залишено понад 50 см його шару), або стави для риборозведення, бо більшість озер взято в довгострокову оренду, що спричиняє порушення їх екостану.

На сучасному етапі існує загроза збереження біорізноманіття трилатерального регіону Західне Полісся через вплив глобального потепління та осушувальної меліорації. На жаль, немає цілісного підходу в еколого-

біологічних дослідженнях. Окремо розглядається Західноукраїнське (інколи його неправильно називають Волинське), Люблінське та Західнобілоруське (Брестське, Верхньоприп'ятське, Прибузьке) Полісся, відсутня координація (за винятком створення транскордонного біорезервату) з організації Пан-Європейської екомережі та головне – її функціонування. Для оптимізації вивчення болотних екосистем необхідно провести їхній кадастр і картування, виконати екоозологічну оцінку.

2.4. Лісівничо-таксаційна характеристика лісів Черемського природного заповідника

На сьогодні загальна площа Черемського природного заповідника становить 2975,7 га, без поділу на лісництва (табл. 2.4) [139].

Таблиця 2.4

Розподіл площ Черемського природного заповідника за категоріями земель

Категорія земель	Площа	
	га	%
Лісові ділянки	1698,9	57,1
Вкриті лісовою рослинністю: <i>всього</i>	1664,0	55,9
<i>У тому числі:</i>		
лісові культури	243,2	14,6
Не вкриті лісовою рослинністю: <i>всього</i>	34,9	2,1
<i>У тому числі:</i>		
незімкнуті лісові культури	-	-
лісові розсадники	-	-
рідколісся	-	-
згарища, загиблі насадження	-	-
зруби	-	-
галявини, пустирі	0,7	0,04
лісові шляхи, просіки, тощо	34,2	2,01
Нелісові ділянки	1276,8	42,9
Болота	1258,1	42,3
Озера	18,7	0,6
Разом	2975,7	100,0

Важливим для Черемського природного заповідника стає з'ясування особливостей змін лісових екосистем внаслідок осушення, зокрема структури, породного складу та продуктивності лісів зі зміною рівня ґрунтових вод,

виявлення особливостей режимів функціонування таких, динаміки накопичення фітомаси та її трансформації, з'ясування можливості пасивного та активного збереження цінних лісових угруповань.

Переважає площа лісового фонду Черемського ПЗ на 97,9 %, вкрита лісовою рослинністю, в тому числі на лісові культури припадає 14,6 % площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок. Не вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки становлять лише 34,9 га, або 2,1 % території Черемського природного заповідника [139].

Серед вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок домінують хвойні деревостани із часткою у загальному запасі 75,4 % (табл. 2.5). Представлені вони в основному сосною звичайною (98,5 %). На ялину звичайну припадає лише 1,5 % у запасі хвойних видів.

Таблиця 2.5

Розподіл вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок та запасів за групами лісотвірних порід у Черемському природному заповіднику

Лісистість, %	Площа, га/Запас, тис.м ³ /Запас, %			
	усього	у т.ч. за групами лісотвірних порід		
		хвойні	твердолистяні	м'яколистяні
55,9	1664,0	1099,9	29,4	534,7
	289,6	218,42	4,65	66,53
	100,0	75,4	1,6	23,0

М'яколистяні види в загальному запасі становлять 23,0 % і представлені вільхою клейкою (65,6 %) та березою повислою (34,4 %). Зовсім мізерна участь твердолистяних видів (1,6 %), серед яких домінує дуб звичайний (92,5 %); - за частки граба звичайного лише 7,5 % (табл. 2.5, 2.6).

Таблиця 2.6

Запаси головних лісотвірних порід у Черемському природному заповіднику в межах групи порід, %

Хвойні		Твердолистяні		М'яколистяні	
сосна	ялина	дуб	граб	береза	вільха
98,5	1,5	92,5	7,5	34,4	65,6

Із них під лісовими ділянками знаходиться 1698,9 га (57,1 %), у тому числі під вкритими лісовою рослинністю лісовими ділянками – 1664,0 га (55,9 %), болотами – 1258,1 га (42,3%) та озерами (Редичі та Черемське) – 18,7 га (0,6%). При цьому ліси в Черемському ПЗ досить різноманітні: соснові, ялинові, грабово-дубові, вільхові, березові, дубово-соснові.

У загальній структурі лісового фонду Черемського природного заповідника панівне місце належить сосні звичайній, із часткою 65,2 % за площею і 74,3 % за запасом (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

Розподіл площ і запасів насаджень Черемського ПЗ за лісотвірними видами

№ з.п.	Лісотвірний вид	Площа, га	За площею, %	Запас, тис. м ³	За запасом, %
1.	Сосна звичайна	1085,7	65,2	215,09	74,3
2.	Вільха клейка	304,2	18,3	43,64	15,1
3.	Береза повисла	230,5	13,9	22,89	7,9
4.	Дуб звичайний	27,3	1,6	4,30	1,5
5.	Ялина європейська	14,2	0,9	3,33	1,1
6.	Граб звичайний	2,1	0,1	0,35	0,1
Разом:		1664,0	100,0	289,60	100,0

Значно менша, однак вагома, участь вільхи клейкої (18,3 % за площею і 15,1 % за запасом) та берези повислої (13,9 % і 7,9 % відповідно). Інші лісотвірні види, а саме: дуб звичайний, ялина європейська та граб звичайний зростають на незначній площі (2,6 %) і їхня участь у загальному запасі зовсім мізерна (2,7 %). Актуальним стає дослідження післямеліоративних змін в екосистемах соснових вільхових та березових деревостанів.

Як відомо, ріст і продуктивність деревостанів залежить від якості лісорослинних умов. У бідніших умовах місцезростання дерева одного виду і віку ростуть повільніше та із меншою продуктивністю порівнянно з деревами, які зростають у сприятливих лісорослинних умовах [32]. Площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Черемського природного заповідника за

основними типами лісорослинних умов розподіляються наступним чином (рис. 2.3).

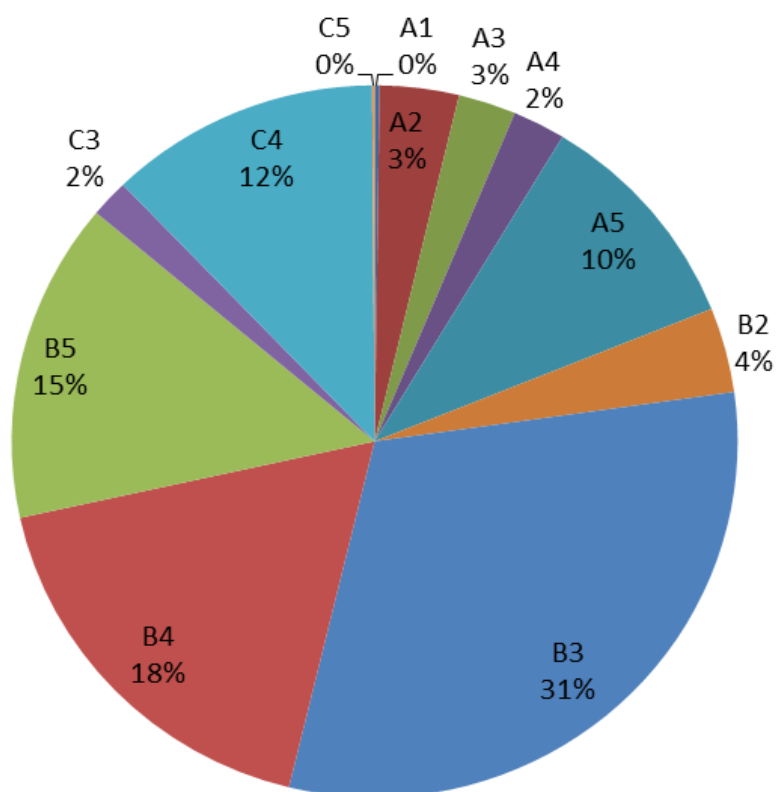


Рис. 2.3. Розподіл площ вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Черемського ПЗ за основними типами лісорослинних умов

За наведеними даними, більшу половину площ тут становлять субори (68 %), серед яких третина припадає на вологі субори. Ці умови опимальні для росту сосни звичайної. Друга третина - це сирі (18 %) і мокрі (15 %) субори, в яких щодо сосни звичайної відзначають значно меншу продуктивність, тоді як для вільхи клейкої такі умови надзвичайно прийнятні. Також у Черемському природному заповіднику трапляються сирі сугруди (12 %), які досить родючі та сприятливі для росту вільхи клейкої високої продуктивності. Похідні типи лісів, які зростають у цих лісорослинних умовах, можуть бути соснові, березові, вільхові, ялинові деревостани [134].

Продуктивність деревостанів Черемського природного заповідника досягає високих показників, тобто хвойні деревостани, які виступають тут домінуючими, зростають за II і III класами бонітету (табл. 2.8), (рис. 2.4).

**Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок
Черемського ПЗ за лісотвірними видами та класами бонітету, га**

№ з.п.	Лісотвірний вид	Класи бонітету						Разом
		I ^a	I	II	III	IV	V	
1.	Сосна звичайна	14,3	89,1	358,1	287,2	184,7	152,3	1085,7
2.	Ялина європейська	0,3	2,4	11,2	0,3	-	-	14,2
3.	Дуб звичайний	-	-	21,4	5,9	-	-	27,3
4.	Граб звичайний	-	-	-	1,0	1,1	-	2,1
5.	Береза повисла	3,3	25,8	18,0	51,6	116,5	15,3	230,5
6.	Вільха клейка	-	71,8	105,0	96,9	30,5	-	304,2
Разом		17,9	189,1	513,7	442,9	332,8	167,6	1664,0
Частка, %		1,1	11,4	30,9	26,6	20,0	10,0	100,00

У загальному в Черемському природному заповіднику переважають насадження II (30,9 %) та III (26,6 %) класів бонітету (рис. 2.4). Середній клас бонітету насаджень у цілому становить II,8.

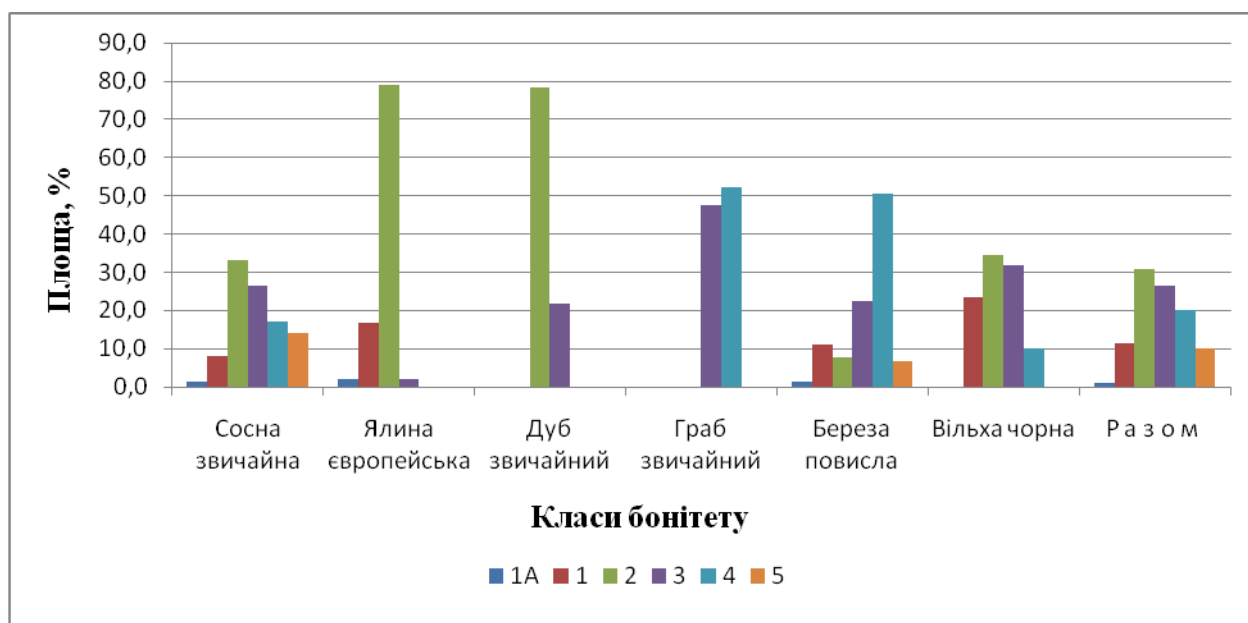


Рис. 2.4. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за класами бонітету

Стосовно вікової структури лісів Черемського природного заповідника, то серед усіх лісотвірних порід домінують середньовікові насадження, участь яких досягає 72,9 % площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок із

запасом 78,5 % загального запасу лісів Черемського природного заповідника (табл. 2.9) [27].

Таблиця 2.9

Поділ площі та запасів вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Черемського ПЗ за групами віку та лісотвірними видами

Лісотвірний вид	Од. виміру	Групи віку					Усього
		молодняки	середньовікові	пристигли	стигли	перестиглі	
Сосна звичайна	<u>га</u> тис.м ³	<u>110,7</u> 7,86	<u>880,1</u> 188,29	<u>94,9</u> 18,94	-	-	<u>1085,7</u> 215,09
Ялина європейська	<u>га</u> тис.м ³	-	<u>0,3</u> 0,05	<u>13,2</u> 3,10	<u>0,7</u> 0,18	-	<u>14,2</u> 3,33
Дуб звичайний	<u>га</u> тис.м ³	<u>5,0</u> 0,45	<u>22,3</u> 3,85	-	-	-	<u>27,3</u> 4,30
Граб звичайний	<u>га</u> тис.м ³	-	<u>1,0</u> 0,14	-	<u>1,1</u> 0,21	-	<u>2,1</u> 0,35
Береза повисла	<u>га</u> тис.м ³	<u>15,2</u> 0,53	<u>116,6</u> 9,08	<u>66,2</u> 8,30	<u>32,5</u> 4,98	-	<u>230,5</u> 22,89
Вільха клейка	<u>га</u> тис.м ³	<u>3,7</u> 0,19	<u>191,6</u> 25,86	<u>49,2</u> 7,66	<u>59,7</u> 9,93	-	<u>304,2</u> 43,64
Усього:	<u>га</u> тис.м ³	<u>134,6</u> 9,03	<u>1211,9</u> 227,27	<u>223,5</u> 38,00	<u>94,0</u> 15,30	-	<u>1664,0</u> 289,60
Частка, %	<u>га</u> тис.м ³	<u>8,1</u> 3,1	<u>72,9</u> 78,5	<u>13,4</u> 13,1	<u>5,6</u> 5,3	-	<u>100,0</u> 100,0

Молодняки становлять незначну частину (8,1 % за площею і 3,1 % за запасом). На стиглі насадження припадає 5,6 % за площею та 5,3 % за запасом. Повністю відсутні перестиглі та пристиглі деревостани твердолистяних порід (дуба звичайного і граба звичайного).

Важливим лісотаксаційним показником визнана повнота, яка характеризує ступінь щільності стояння дерев у насадженні та загальний стан деревостану за ступенем використання ним простору, який він займає [152], а отже, і продуктивність лісів. Повнота деревостану використовується для визначення запасу насадження, а також для проектування лісогосподарських заходів. За наведеним розподілом площ вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Черемського природного заповідника за лісотвірними видами та

відносною повнотою (табл. 2.10), для більшої частини деревостанів (73,9 %) повнота становить 0,6-0,8. Низько- та високоповнотні насадження трапляються рідко - лише 6,8 % від площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Черемського природного заповідника.

Таблиця 2.10

Розподіл площ вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за лісотвірними видами та відносною повнотою, га

Лісотвірний вид	Повнота								Разом
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
Сосна звичайна	1,3	82,7	156,3	199,5	279,3	285,2	81,4	-	1085,7
Ялина європейська	-	-	0,7	-	0,8	10,0	2,7	-	14,2
Дуб звичайний	-	-	2,0	9,8	11,0	4,5	-	-	27,3
Граб звичайний	-	-	-	1,0	-	1,1	-	-	2,1
Береза повисла	-	10,0	23,3	54,7	96,3	21,1	19,5	5,6	230,5
Вільха клейка	-	18,0	26,0	102,5	109,3	43,1	5,3	-	304,2
Разом	1,3	110,7	208,3	367,5	496,7	365,0	108,9	5,6	1664,0
Частка, %	0,1	6,7	12,5	22,1	29,9	21,9	6,5	0,3	100,0

Загалом на території Черемського природного заповідника виявлено 243,2 га насаджень штучного походження (лісових культур), що становить 14,6 % від загальної площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок. Із них під лісовими культурами сосни звичайної знаходиться 19,0 %, берези повислої – 0,6 %. Окрім того, виокремлено 290,1 га насаджень берези повислої природного походження, що сформувались на ділянках з типами лісу, притаманних для соснових та вільхових насаджень [139].

У Черемському природному заповіднику значною мірою збереглися природні ліси 85,4 % від площі ділянок, вкритих лісом. Із лісів природного походження значну частку становлять соснові насадження (62,9 %), дещо менші площі спостерігаються під насадженнями вільхи клейкої (20,5 %), тоді як у дуба звичайного в наявності лише 0,3 %.

Згідно із Законом України «Про природно-заповідний фонд України», для природних заповідників проведення функціонального зонування не передбачено [138]. Разом із тим, відповідно до статті 16 Закону, земельні ділянки можуть виділятися для задоволення господарських потреб заповідника та його працівників у сінокосах, випасах, городах та паливі згідно із встановленими нормативами. У Черемському природному заповіднику таких господарських ділянок виділено на площі 174,6 га [139]. При цьому незначні розміри таких ділянок й складають у цілому лише 5,9 % від всієї площі території.

Висновки

1. Черемський природний заповідник створений з метою збереження типових та унікальних природних комплексів Українського Полісся. Це – природно-територіальні комплекси, де збереглися малопорушені антропогенною діяльністю суцільні лісові масиви з унікальним еумезотрофним осоково-сфагновим болотом Черемське, в межах якого знаходяться озера Черемське та Редичі. Зокрема ліси в Черемському ПЗ досить різноманітні: соснові, ялинники, грабово-дубові, вільхові, березові, дубово-соснові. Черемський лісоболотний масив у межах Черемського ПЗ є важливим, оскільки він може вважатись фоновою територією у подальших дослідженнях як центр біорізноманіття та ядро екомережі.

2. На території Черемського природного заповідника проведено ряд наукових досліджень з оцінки різноманітності екосистем. Однак, у даному регіоні дослідження біопродуктивності лісів поки що не проводились і на даний час для Черемського природного заповідника відсутнє достатнє інформаційне забезпечення для одержання оцінки потоків вуглецю в різних компонентах лісових насаджень. Розробка нормативів динаміки для комплексної оцінки компонентів фітомаси деревостанів залишається актуальною лісотаксаційною проблемою, вирішення якої сприятиме екологічно збалансованому управлінню лісами регіону дослідження.

3. На сьогодні загальна площа Черемського природного заповідника становить 2975,7 га без поділу на лісництва. З них лісові ділянки займають площу 1849,2 га (62,1 %), у тому числі вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки – 1809,3 га (60,8 %), болота – 1108,1 га (37,2 %) та озера (Редичі та Черемське) – 18,7 га (0,6 %).

4. Переважна площа лісового фонду Черемського ПЗ вкрита лісовою рослинністю і становить 97,8 %, в тому числі лісові культури займають 13,2 % від цієї площі. Домінують хвойні деревостани, частка яких у загальному запасі становить 75,4 % і представлені вони в основному сосною звичайною (98,5 %). М'яколистяні породи в загальному запасі займають 23,0 % і представлені вільхою клейкою (65,6 %) та березою повислою (34,4 %). Зовсім мізерна участь твердолистяних порід (1,6 %), серед яких домінує дуб звичайний (92,5 %).

5. У Черемському природному заповіднику переважають насадження II (30,9 %) та III (26,6 %) класів бонітету. Середній клас бонітету насаджень становить II,8.

6. У віковій структурі домінують середньовікові насадження, участь яких становить 72,9 % від площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок і запас яких складає 78,5 % загального запасу лісів Черемського природного заповідника. Молодняки становлять незначну частину (8,1 % за площею і 3,1 % за запасом). Стиглі насадження займають 5,6% за площею та 5,3% за запасом. Повністю відсутні перестиглі та пристиглі деревостани твердолистяних порід.

7. Більшість площі деревостанів (73,9 %) мають повноту 0,6-0,8. Частка низько- та високоповнотних насаджень становить лише по 6,8 % від площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Черемського природного заповідника.

8. Отримані в процесі виконання досліджень дані дозволять визначити перспективи збереження лісових угруповань Черемського природного заповідника, а також оцінити їх основні екологічні функції та змоделювати екологічні послуги, які може надавати цей природо-заповідний об'єкт.

Основні положення розділу висвітлені у публікаціях:

1. Гоцик О. С. Черемський природний заповідник як ланка в ланцюгу самовідновлення біосфери. Науковий вісник Національного університету біоресурсів в природокористування України. – 2018. – Вип. 288. С. 34-41. <https://forestscience.com.ua/uk/journals/288-2018/chyeryemskiy-prirodniy-zapovidnik-yak-lanka-v-lantsyugu-samovidnovlyennya-biosfyeri> [23].

2. Лакида П. І., Гоцик О. С. Структура, породний склад та продуктивність лісів Черемського природного заповідника. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2019, т. 29, № 3. С. 9-12. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2019/29_3/3.pdf *(Аспіранткою опрацьовано літературні джерела, проаналізовано дані та узагальнено висновки)* [81].

3. Гоцик О. С., Сахарук Г. А. Вікова структура лісів Черемського природного заповідника. Стале управління лісовим комплексом та збалансований розвиток урболандшафтів: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Національний університет біоресурсів і природокористування України; ННІ лісового і садово-паркового господарства; НДІ лісівництва та декоративного садівництва (м. Київ, 27 березня 2018 р.). Київ : НУБіП України, ННІ ЛіСПГ, 2018. С. 28-29 [27].

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДНИХ ДАНИХ

3.1. Методика збору та обробки дослідних даних

Кожне наукове дослідження – це процес вивчення конкретного об'єкта (предмета або явища) з метою розкриття закономірностей його виникнення, розвитку і перетворення в інтересах суспільства [30]. Багато як вітчизняних так і зарубіжних вчених приділяли увагу розробкам нових і вдосконаленню вже існуючих методик збору та первинної обробки дослідних даних для вивчення біопродуктивності лісів [4, 5, 40, 72, 75, 79, 115, 126, 127, 132, 149, 165, 192, 197, 200]. В Україні вже понад 25 років у цьому напрямі досліджень працює наукова школа на чолі з Лакидою П. І. [65, 73, 79, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 201]. Тому для дослідження фітомаси та продукції дерев і деревостанів було використано методи лісової таксації: суцільного переліку та вибіркової. При проведенні польових робіт та при лабораторно-камеральному опрацюванні дослідних даних за основу використана методика Лакиди П. І. [71, 72]. Вона відрізняється від розроблених раніше тим, що увесь комплекс нормативів як для окремого дерева, так і для деревостану побудований на базі моделей фітомаси дерев і закономірностях будови деревостанів за діаметром [72] і, разом з тим, модифікована відповідно до об'єкта досліджень.

В ході роботи використано дані 64 шт. тимчасових пробних площ, закладених здобувачем (2 шт.) безпосередньо в насадженнях досліджуваного об'єкту та науковцями кафедр лісового менеджменту, лісової таксації та лісовпорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України у кількості 62 шт. Оскільки у Черемському природному заповіднику зростають різні за походженням деревостани, то у насадженнях природного походження закладено 44 ТПП, штучного – 20 ТПП.

У натурі ТПП оформлялись відповідно до вимог лісовпорядкування. Вони мали прямокутну форму зі співвідношенням сторін не більше 1:2. Довша

сторона ТПП паралельна довшій стороні ділянки. Їх розмір визначався залежно від кількості дерев головної породи, що підлягають переліку: у молодняках їх мало бути не менше 300 шт., у середньовікових – 250 шт., у пристиглих і стиглих деревостанах – 200 шт.

На кожній пробній площі було проведено перелік дерев за ярусами, породами і категоріями технічної придатності стовбурів. Одночасно, на основі лісівничих вимог, у деревостані виділялася вирубувана частина для здійснення рубок догляду слабкої та середньої інтенсивності. У змішаних насадженнях її облік виконувався окремо в межах кожної деревної породи. Окремо враховували сухостій. При переліку дерев дотримувалися таких ступенів товщини: при середньому діаметрі деревостану до 5,9 см – 1 см; від 6,0 см до 16,9 см – 2 см і 4 см – для середнього діаметра деревостану понад 17 см. Вимірювали діаметри та висоти 3-12 ростучих дерев кожної деревної породи ярусу, де не планувалася рубка модельних дерев, для побудови кривої висот.

Залежно від віку та складу насаджень на кожній пробній площі підбирали 3-15 модельних дерев (МД) за принципом пропорційно-ступінчатого представництва. Саме цей метод рекомендується низкою вчених [5, 20, 137], як оптимальний для оцінки компонентів фітомаси насаджень. Варто зауважити, що рубка більше 10 шт. модельних дерев на кожній тимчасовій пробній площі призведе до надмірних витрат часу та коштів, які не компенсуються точністю досліджень [72]. Для кожного модельного дерева обов'язково вказували його приналежність до певної частини деревостану (залишається чи вибирається при проведенні рубок догляду).

Перед рубкою для кожного модельного дерева вимірювали проєкцію двох взаємно перпендикулярних поперечників крони в напрямках Пн-Пд, Зх-Сх та робили позначку на висоті 1,3 м від поверхні ґрунту.

Зрубували модельні дерева в період з кінця червня по кінець вересня, оскільки маса листя, наприклад, у берези із середини травня до перших чисел червня збільшується від нуля до 70-80% від максимальної [101, 102]. На зрубаному модельному дереві після відокремлення деревної зелені, живих

та мертвих гілок (фракції фітомаси та мортмаси крони) вимірювали довжину стовбура від пня до вершини, висоту пня, протяжність безсучкової частини стовбура, висоту до першої живої гілки на стовбурі.

Вік дерева визначали підрахунком кількості річних кілець на пні (з урахуванням поправки). Для чіткішого прояву річних кілець у деяких випадках використовували спеціальні хімічні реактиви [157, 185].

Також визначали приріст дерев у висоту за останні 5-10 років, діаметр стовбура у корі, товщину кори та приріст діаметра за останні 5-10 років на рівні пня, на висоті грудей та на серединах секцій. Довжину секцій приймали залежно від висоти модельних дерев:

0,5 м – при середній висоті модельних дерев на пробі до 6 м;

1 м – при висоті дерев від 6 до 12 м;

2 м – у дерев заввишки понад 12 м.

Для кожного модельного дерева визначали:

масу деревної зелені, живих і мертвих гілок довжиною до 3 м ваговим методом;

у гілок довжиною від 3 до 8 м вимірювали довжину, діаметр у корі та товщину кори у верхньому, нижньому торці та на середині довжини;

двійчатки, пасинки і гілки довжиною понад 8 м умовно розділяли на 2-метрові секції, де вимірювали їхню загальну довжину, діаметр у корі та товщину кори в нижньому торці та на серединах секцій.

Для розрахунку показників щільності деревини та кори стовбурів на модельних деревах різних ступенів товщини випилювали дослідні зрізи деревини в корі товщиною 2–3 см на пні, на висоті грудей (1,3 м) та на відносних висотах стовбура – $0,1h$, $0,25h$, $0,50h$ і $0,75h$. Для визначення щільності деревини та кори гілок використали середні частини живих гілок різної довжини з нижнього, середнього і верхнього шарів крони, які відібрали випадковим методом у кількості не менше 3 штук з кожного шару. З них випилювали дослідні зрізи деревини в корі товщиною 2-3 см. Зразки підписували, складали у поліетиленові мішки для запобігання їх висиханню, та

використовували для подальших досліджень у лабораторії з метою визначення показників природної та базисної щільності відповідних фракцій деревини і кори для подальшої оцінки маси та об'єму цих фракцій.

Об'єм фракцій визначали за методикою, розробленою професором Лакидою П. І. [69], згідно з якою об'єм дослідного зрізу розглядається як сума об'ємів секторів. Зрізи умовно поділялися на 18 секторів за допомогою спеціальної палетки, на яких вимірюється довжина радіуса зрізу в корі та без кори. Товщина зрізу вимірюється у чотирьох фіксованих точках периметра зрізу: на лініях секторів 1, 5, 9 і 14. Для інших секторів ця величина інтерполюється. За необхідності заміри проводяться на кожній лінії 18 секторів. Якщо дослідний зріз, заготовлений з вершинної частини стовбура або з гілок крони, за формою близький до циліндра та має діаметр до 3 см, на ньому вимірюється один або два взаємно перпендикулярні діаметри в корі та без кори, а також товщина зрізу. Масу деревини та кори зрізу визначали в лабораторії з точністю до 0,1 г у свіжозрубаному стані. Потім зразки висушували у сушильній шафі при температурі +105° С до абсолютно сухого стану. Повторним зважуванням визначали масу деревини та кори зрізу в абсолютно сухому стані з тією ж точністю.

Для оцінки вагових параметрів листяної фракції фітомаси на кожному модельному дереві випадковим способом відбирали дрібні модельні гілки (фракція деревної зелені) з нижньої, середньої і верхньої частин крони по три та більше зразків. Їх разом із листям зважували у свіжозрубаному стані. Потім листя відокремлювали та повторно зважування безлисті пагони і визначали в частку листя (%) у фракції деревної зелені. Для визначення вмісту сухої речовини в листі з відокремленого на модельних гілках свіжого листя відбирали 3-5 наважок масою по 10 г кожна, які висушували до абсолютно сухого стану в сушильній шафі при температурі +105° С. Потім повторно кожену наважку зважували і результати записували у підготовлені бланки та обробляли на ПК за спеціальними програмами.

На ПК з використанням табличного процесора Ms Excel, програми

спеціального статистичного пакета SPSS [159] здійснили статистичну обробку дослідних даних та пошук багатомірних регресійних моделей.

Таксаційну характеристику досліджуваних насаджень одержали за спеціальною програмою PERTA, розробленою науковцями кафедри лісової таксації та лісовпорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України А. З. Швиденком і Я. А. Юдицьким у 1984 році.

Для отримання характеристики кількісних і якісних параметрів фітомаси дерев сосни звичайної провели біометричну обробку дослідних даних за наступними прикладними програмами [72, 75, 160]:

1. PLOT (розраховували середню природну і базисну щільність деревини та кори деревного стовбура на основі дослідних даних, відібраних безпосередньо на ТПП).

2. ZRIZ, ZRIZ-K (знаходили об'ємні параметри дослідних зрізів стовбурів і гілок крон дерев (діаметр, товщину та площу поверхні зрізу, об'єм зрізу в корі та без кори, об'єм та частку кори (%))).

3. KRON (обчислювали бічну поверхню та об'єм простору, який займає крона дерева залежно від величини поперечників, протяжності та габітусу крони).

4. GIL (розраховували об'єм гілок крон довжиною від 3 до 8 м у корі та без кори за простою формулою Симпсона (Ньютона-Рикке) [32]).

5. PAS (обчислювали об'єм пасинків, двійчаток та гілок у корі та без кори, довжина яких перевищує 8 м за складною формулою Симпсона [32]).

6. FITO (розраховували масу компонентів фітомаси живої крони (деревна зелень та живі гілки) на 1 га насадження за результатами вимірів цих показників на модельних деревах і преліком дерев за ступенями товщини на ТПП).

7. RATIO (за даними таксаційної оцінки деревостанів на ТПП і біометричної характеристики модельних дерев визначали коефіцієнти відношення основних компонентів надземної фітомаси насаджень в абсолютно сухому стані до запасів стовбурової деревини).

3.2. Загальна характеристика дослідних даних

Для інформаційного забезпечення оцінки біотичної продуктивності та екологічного потенціалу деревостанів Черемського природного заповідника використано 64 тимчасові пробні площі (ТПП), з яких 44 закладені в деревостанах природного походження і 20 – у штучних насадженнях. Переважна більшість ТПП (62 шт.) взято з наукового фонду кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України [169]. Тимчасові пробні площі закладені у типових умовах місцезростання і повністю описують деревостани головних лісотвірних порід Черемського природного заповідника та прилеглих до нього лісових масивів (табл. 3.1.)

Таблиця 3.1

Розподіл кількості ТПП за деревними породами та походженням

Порода	Кількість пробних площ у деревостанах, шт.		
	природних	штучних	усього
Сосна	20	19	39
Вільха	13	1	14
Береза	11	–	11
Разом	44	20	64

Доведено, що ріст і продуктивність деревостанів залежить від якості лісорослинних умов. Так, у гірших умовах місцезростання дерева одного деревного виду ростуть повільніше і з меншою продуктивністю порівняно з деревами однакового віку, які зростають у сприятливих лісорослинних умовах [116]. Домінуючу частку площ у Черемському природному заповіднику становлять субори (68 %), серед яких найпоширеніші вологі субори. Понад третина це сирі (18 %) та мокрі (15 %) субори. Також тут трапляються сирі сугруди (12 %), які досить родючі та сприятливі для росту вільхи клейкої високої продуктивності, і, безумовно, притаманні для Полісся бори (A_1 - A_5 – 18 %) [81]. Тому ТПП було підібрано і закладено саме в таких умовах (табл. 3.2).

Розподіл кількості ТПП за породами, походженням та типами лісорослинних умов (перше число – природні деревостани, друге – штучні)

Порода	ТЛУ, природні/штучні, шт.										Усього
	A ₂	A ₃	A ₄	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	C ₃	C ₄	C ₅	
Сосна	2/8	3/–	2/–	4/10	8/1		1/–				20/19
Вільха								1/–	8/1	4/–	13/1
Береза				5/–	3/–	1/–		1/–	1/–		11/–
Разом	2/8	3/–	2/–	9/10	11/1	1/–	1/–	2/–	9/1	4/–	44/20

Як відомо, від лісорослинних умов прямо залежить і продуктивність лісів, показником якої слугує бонітет лісу (лат. *bonitas* – добротність). Визначається за середньою висотою дерев домінуючої породи насаджень у певному віці. Розрізняють 5 основних класів бонітету. До I класу належать найпродуктивніші насадження, які, порівняно з іншими того самого віку, забезпечують найбільший приріст деревини; до V – найменш продуктивні. Для насаджень, продуктивність яких вища за I-й клас чи нижча за V клас, застосовують індексні позначення: Ia, Ib, Ic, Id, Ie, If та Va, Vb. Бонітет лісу залежить від ґрунту, клімату та інших умов, які необхідно враховувати при плануванні заходів підвищення продуктивності деревостану.

У Черемському природному заповіднику трапляються різноманітні типи лісорослинних умов (A, B, C), звідси й деревостани тут ростуть за різним класами бонітету. В загальному переважають насадження II (30,9 %) та III (26,6 %) класів бонітету [81]. Тому більшість ТПП (33 шт.) закладено в деревостанах такої продуктивності (табл. 3.3).

Однією з таксаційних ознак деревостану, що характеризує їх продуктивність, є повнота, тобто показник щільності стояння стовбурів на одиниці площі. Розрізняють абсолютну і відносну повноту. За відотною повнотою насадження поділяють на: високоповнотні (0,8–1,0), середньоповнотні (0,7–0,5), низькоповнотні (0,4–0,3), рідколісся (0,2–0,1) і поодинокі дерева (до 0,1).

Таблиця 3.3

**Розподіл кількості ТПП за породами, походженням та класами
бонітету**

Порода	Клас бонітету, природні/штучні, шт.						Усього
	I ^a	I	II	III	IV	V	
Сосна	4/1	5/6	7/7	2/4	2/1	-/-	20/19
Вільха	2/-	3/-	5/1	3/-	-/-	-/-	13/1
Береза	1/-	5/-	5/-	-/-	-/-	-/-	11/-
Разом	7/1	13/6	17/8	5/4	2/1	-/-	44/20

Черемський природний заповідник формують різні за повнотою деревостани. У більшості з них (73,9 %) повнота становить 0,6–0,8. Низько- та високоповнотні насадження зустрічаються рідко [81]. Для дещо об'єктивнішої характеристики лісів об'єкта досліджень ТПП підбрано в деревостанах із максимальним діапазоном повнот: від 0,3 до 1,0 (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Розподіл кількості ТПП за породами, походженням та відносними
повнотами**

Порода	Відносна повнота, природні/штучні, шт.								Усього
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0 і >	
Сосна	-/1	-/3	2/1	2/2	5/3	4/2	3/3	4/4	20/19
Вільха	-/-	1/-	-/-	1/-	3/-	1/1	4/-	3/-	13/1
Береза	2/-	3/-	1/-	3/-	1/-	-/-	-/-	1/-	11/-
Разом	2/1	4/3	3/1	6/2	9/3	5/3	7/3	8/4	44/20

Важливою ознакою, яка впливає на біопродукційні процеси у лісовому фітоценозі виділяється його вік. Для дослідження проведено розподіл кількості тимчасових пробних площ за групами віку (табл. 3.5).

У Черемському ПЗ серед серед усіх лісотвірних видів домінують середньовікові насадження з участю 72,9 % площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок із запасом 78,5 % загального запасу лісів. На молодняки і стиглі насадження припадає незначна частка. Повністю відсутні перестиглі насадження [81].

Тому ТПП закладені в насадженнях усіх вікових груп, крім перестійних, і

переважно в середньовікових деревостанах.

Таблиця 3.5

Розподіл кількості ТПІ за деревними видами, походженням та групами віку

Деревний вид	Групи віку, природні/штучні, шт.				Усього
	Молодняки	Середньовікові	Пристигли	Стигли	
Сосна звичайна	4/16	9/1	3/1	4/1	20/19
Вільха клейка	2/–	5/1	6/–	–/–	13/1
Береза повисла	1/–	5/–	4/–	1/–	11/–
Разом	7/16	19/2	13/1	5/1	44/20

Загальна площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Черемського природного заповідника становить 1664,0 га, загальний запас насаджень – 289,6 тис. м³. Під лісовою рослинністю знаходиться 55,9 % сучасної території резервату, причому переважну роль у формуванні лісового намету відіграють хвойні деревостани (75,4 % від загального запасу лісового фонду). На м'яколистяні насадження у структурі лісового фонду за запасом припадає лише 23,0 %, твердолистяні практично відсутні (1,6 %). Варто відзначити панівне місце сосни звичайної, що зростає на площі 1085,7 га, або на 65,2 % вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок. Відповідно і запас її найбільший – 215,09 тис. м³, або 74,3 % від загального запасу деревостанів Черемського природного заповідника [81].

При моделюванні біопродуктивності лісів важливо, щоб таксаційні показники набували ознак нормального розподілу (розподілу Гауса або «дзвоноподібного» (bell-shaped curve)) або дуже близьких до нього [84]. Цей розподіл найчастіше застосовують для аналізу даних при дослідженні природних явищ. Не менш важливо встановити випадваючі спостереження («викиди») або екстремальні значення у експериментальній вибірці, які здатні суттєво впливати на результати моделювання.

Для цієї мети використовується діаграма розмаху (коробковий графік або графік «ящик з вусами» (англ. box-and-whisker plot, box plot)), яка дозволяє візуалізувати статистичні характеристики вибірки через їх кватилі [190].

У дослідженнях проведено розподіл спостережень основних таксаційних показників ТПП (середніх віку, діаметра та висоти) у межах деревних видів (рис. 3.1-3.3).

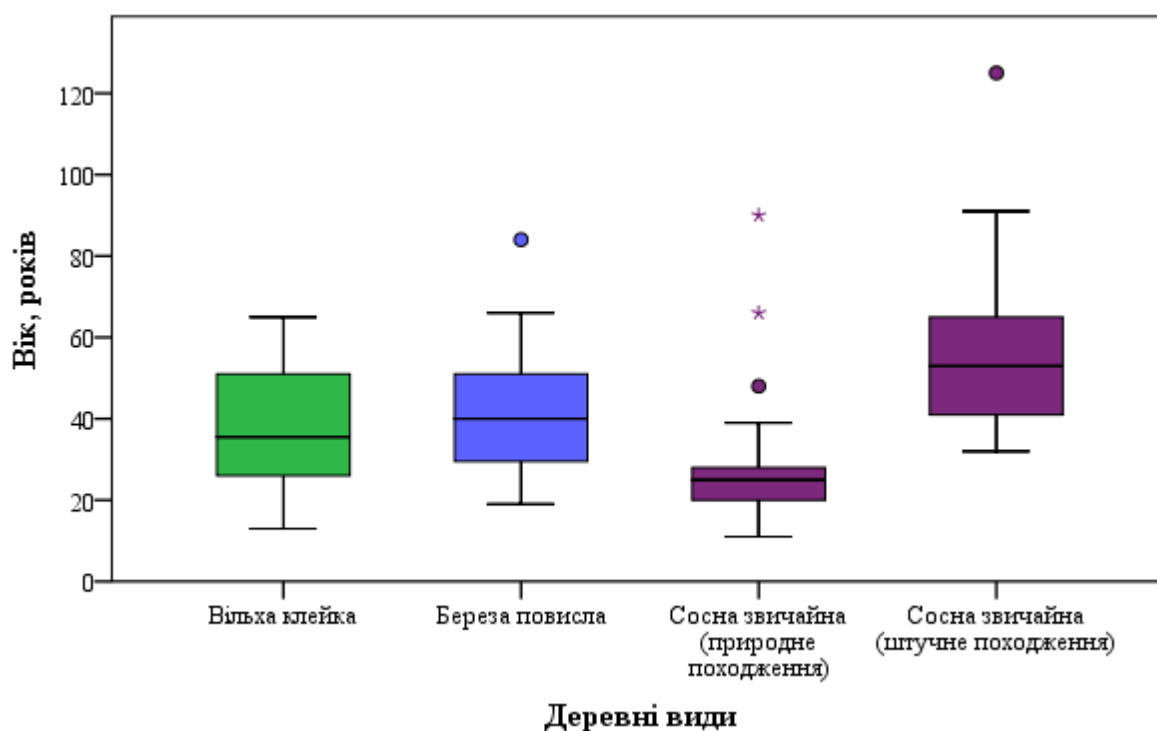


Рис. 3.1. Діаграма розмаху середнього віку насаджень, у яких закладені ТПП, за деревними видами та за походженням

Діаграми розмаху основних таксаційних показників вільхи клейкої показують, що у зібраних дослідних даних відсутні випадкові значення, а вибірка охоплює широкий діапазон спостережень у кожному із аналізованих показників.

Верхню і нижню сторони «коробки» на діаграмах розмаху визначають третій ($Q3$) та перший ($Q1$) квантилі, лінія всередині «коробки» – це медіана (другий квантиль ($Q2$)), а лінії поза межами третього й першого квантилів дорівнюють максимальному та мінімальному значенням вибірки. Випадкові значення (outliers) розподілу позначені суцільно зафарбованими точками (●), екстремальні значення – зірочками (*) [182].

Квантилі – це значення, які ділять ряд розподілу даних на чотири рівні частини. Вони виступають корисним інструментом виміру розкиду, оскільки менш залежні від екстремальних значень чи перекосу в даних порівняно із

стандартним відхиленням. Водночас медіана ділить певний набір дослідних даних навпіл [84].

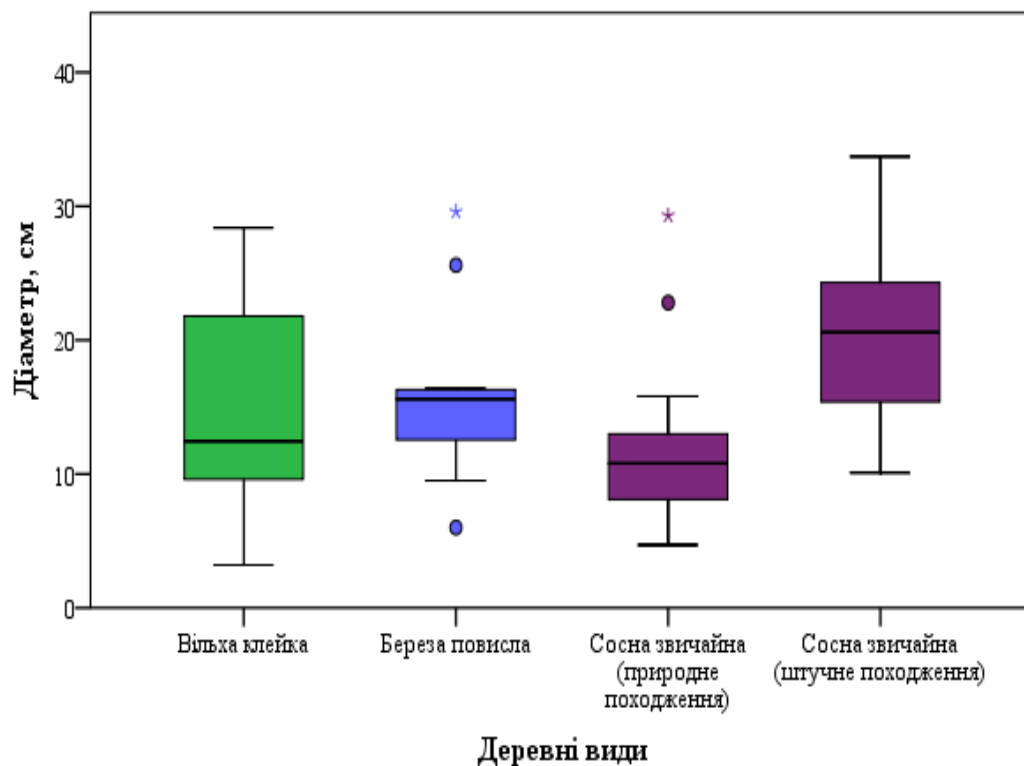


Рис. 3.2. Діаграма розмаху середнього діаметра насаджень, у яких закладені ТПП, за деревними видами та за походженням

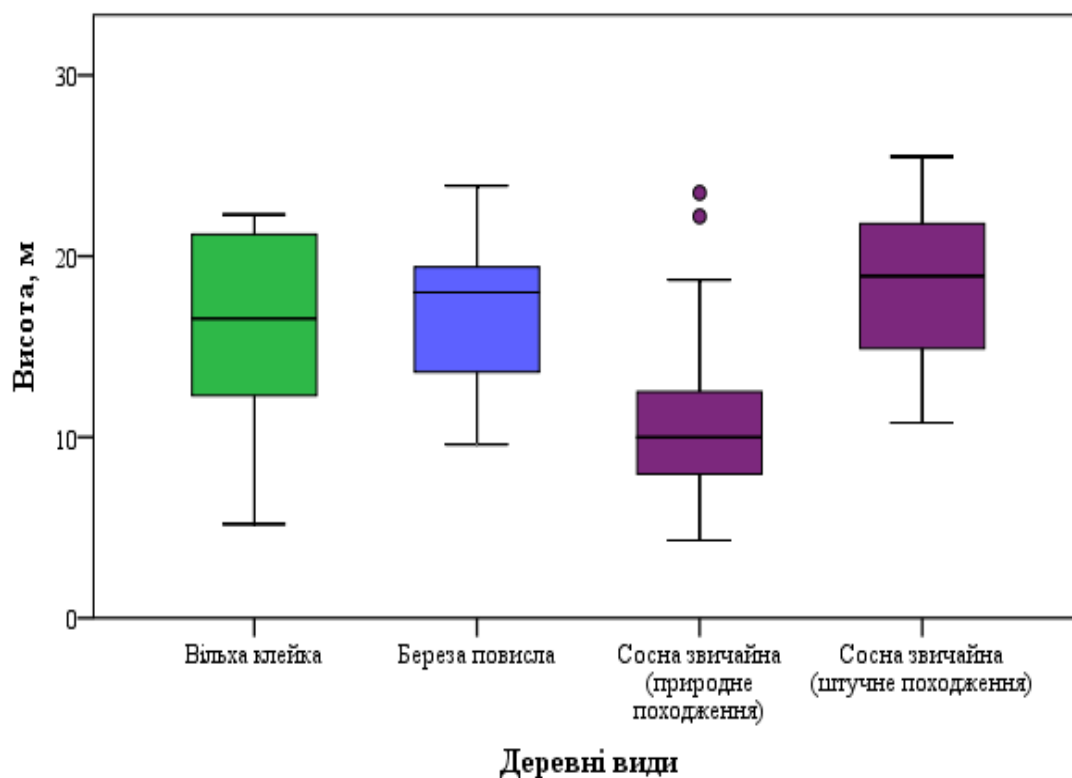


Рис. 3.3. Діаграма розмаху середньої висоти насаджень, у яких закладені ТПП, за деревними видами та за походженням

Усі зазначені показники дозволяють ґрунтовно проаналізувати певний розподіл даних. Перевага такого підходу полягає у відсутності серед них однієї найважливішої статистики, тоді як однаково інформативні і дозволяють встановити центральну тенденцію (медіана), розмах (квартилі), величину мінливості (мінімальне та максимальне значення) і нетипові чи екстремальні значення.

В масиві даних березових насаджень спостерігається висока дисперсія. Діаграми розмаху середніх таксаційних показників деревостанів сосни звичайної побудовані окремо для природного і штучного походження. За визначенням, зібрані дослідні дані відмінні за всіма показниками: насадження природного походження характеризуються нижчими значеннями (див. 3.1-3.2). Стосовно вибірки соснових насаджень природного походження спостерігається значно менший розмах і більше. Тому експериментальні дані цієї деревної породи потребують подальшого аналізу на доцільність їх поділу за походженням через порівняння основних таксаційних показників на значущість різниці їх середніх чи дисперсій за певними статистичними критеріями [29].

Важливою таксаційною ознакою вирізняється запас, який слугує основою для розрахунку конверсійних коефіцієнтів – показників що конвертують запас у живу біомасу і її складові [178]. У дослідженнях виконано розподіл запасу вільхових, березових і соснових насаджень, у яких закладені ТПП, з віком (рис. 3.4).

Графічне представлення розподілу запасу за віком підтверджує попередні висновки про обмеженість дослідних даних для моделювання біопродуктивності соснових насаджень окремо за їх походженням (відсутні ТПП, закладені у штучних насадженнях до 30-річного віку і природних – після 50-річного, не враховуючи екстремальних значень) [29].

Аналізуючи наведені дані, можна впевнено стверджувати, що закладені та підібрані тимчасові пробні площі досить детально описують наявний стан лісів Черемського природного заповідника. Зібраний експериментальний матеріал дає можливість розробити адекватні математичні моделі оцінки

компонентів фітомаси модальних деревостанів та їх динаміки і на основі розроблених моделей оцінити загальні обсяги фітомаси (за фракціями) та кількість депонованого в ній вуглецю в насадженнях досліджуваного об'єкта.

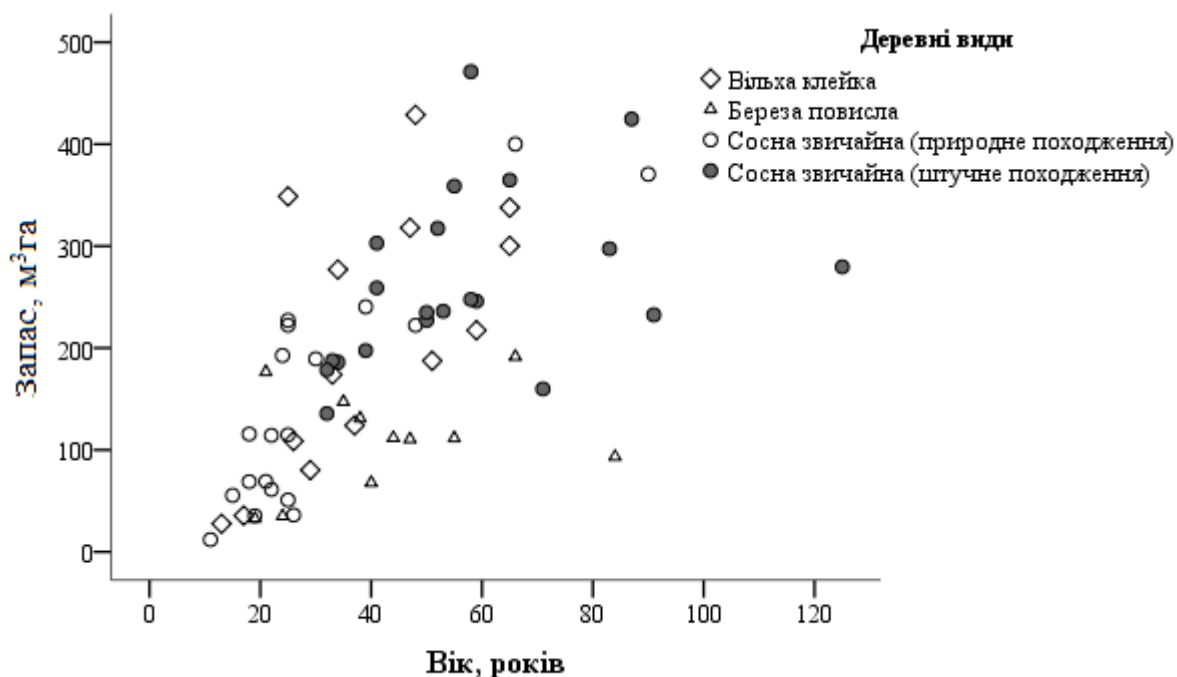


Рис. 3.4. Розподіл запасу насаджень, у яких закладені ТПП, за віком і деревними видами та за походженням

Для встановлення показників щільності деревини та кори на пробних площах, закладених у насадженнях Черемського природного заповідника, були відібрані дослідні зрізи в кількості 12 шт. з двох модельних дерев. Опрацьовано таксаційні показники насаджень, в яких були зрубані модельні дерева, та надана характеристика самих модельних дерев (дод. Б; табл. Б.1 та Б.2). Результати таксаційної обробки зрізів стовбурів модельних дерев і показники природної та базисної щільності виявилися наступними (дод. В) [28].

Для цих же модельних дерев розрахована середня щільність деревини, кори та стовбура в корі у свіжозрубаному та абсолютно сухому стані. Варто відзначити рівень середньої щільності фракцій стовбура і таксаційних показників модельних дерев, з яких вони були відібрані (дод. Д).

Також для визначення щільності деревини і кори гілок на модельних

деревах відібрано 6 зрізів (по 3 зрізи з кожного МД) із середньої частини живих гілок крони різної довжини та товщини. Одержано щільність у свіжозрубаному та абсолютно сухому стані, таксаційні показники модельних дерев, з яких взято зрізи, та параметри зрізів (дод. Е).

Для визначення частки листя у загальній фітомасі дерев проаналізовано 20 модельних гілок, 6 наважок свіжого листя та 6 наважок висушеного листя, отриманих із модельних дерев, зрубаних на пробних площах. Одержано таксаційні показники модельних дерев, частка листя в деревній зелені та вміст абсолютно сухої речовини в листі (дод. Ж) [28].

Розглянуто таксаційні параметри модельних дерев, з яких відбиралися зразки на щільність (табл. 3.6) [28].

Таблиця 3.6

Параметри модельних дерев сосни звичайної, з яких відбирались зразки на щільність та зразки листя

Шифр ТПП	Номер МД	Параметри МД		
		a , років	$d_{1,3}$, см	h , м
201801 (сосна)	2	65	16,0	18,8
201802 (вільха)	2	65	19,7	24,1

У біологічних об'єктах досить часто проявляється закон нормального розподілу, який відображає функціональний зв'язок між імовірністю і нормованим відхиленням та який є одним із найпоширеніших теоретичних розподілів генеральної сукупності [21]. Тому застосування методів математичної статистики для обробки вихідних дослідних даних цілком можливо.

Із метою з'ясування однорідності зібраного дослідного матеріалу, виявлення закономірностей розподілу досліджуваних показників, забезпечення адекватності та надійності математичних моделей зв'язку, побудованих для оцінки параметрів фракцій фітомаси, проведено статистичний аналіз експериментальних даних за наступними ознаками для насадження: A – вік, років; $D_{ср}$ – середній діаметр; см; $H_{ср}$ – середня висота, м; N – кількість дерев,

шт-га-1; G – абсолютна повнота, $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$; P – відносна повнота; M_k – запас у корі, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$; M_{bk} – запас без кори, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$; Z – поточний приріст, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$; B – бонітет.

Аналізувалися такі статистики вихідних даних [16, 21, 93, 141]:

1. Середнє арифметичне значення (\bar{X}) – одна з найважливіших характеристик певного показника і є центром, довкола якого групуються усі його значення.

2. Основне (стандартне) відхилення (σ) – це величина, на яку в середньому відрізняється кожне значення показника від середнього арифметичного; характеризує ступінь розсіювання варіант навколо середнього значення, описує криву нормального розподілу і дає уявлення про найімовірнішу середню помилку окремого спостереження сукупності.

3. Коефіцієнт варіації V – це відносний показник, який вказує на ступінь мінливості ознаки ряду розподілу. Його знаходять за формулою:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100 \%$$

Варіація вважається незначною, якщо $V < 10 \%$, середньою при $10 < V < 20 \%$ і значною, якщо $V > 20 \%$.

4. Асиметрія (A) – показник форми кривої розподілу (косості), який вказує на ступінь відхилення від осі симетрії фактичної кривої. Якщо $A > 0$, то крива має правосторонню асиметрію, при $A < 0$ – лівосторонню. Визначальний вплив на асиметрію має положення середнього значення, так як від нього залежить зміщення осі симетрії кривої розподілу вліво або вправо.

5. Ексцес (E) – показник крутості, вказує на гостровершинність або туповершинність кривої розподілу і також залежить від знаку: крива гостровершинна при $E > 0$ і туповершинна при $E < 0$. Визначальним для ексцесу є величина стандартного відхилення: чим більше його значення. Тим більш розтягнутою вздовж осі абцис є крива розподілу і навпаки.

За абсолютними величинами асиметрії та ексцесу роблять висновок про інтенсивність зміщення кривої розподілу стосовно осі симетрії та розтягнутість її вздовж осі абцис за відповідною шкалою (табл. 3.7).

Необхідною та достатньою умовою нормальності розподілу є той випадок, коли показники косості та крутості дорівнюють нулю. Разом із тим форму та положення функції нормального розподілу у системі координат визначають середнє арифметичне значення (\bar{X}) та середнє квадратичне відхилення (σ). Найважливіша властивість закону нормального розподілу відома під назвою правила «трьох сигм». Суть його полягає в тому, що в межах інтервалу $\pm 1\sigma$ міститься 68,3% усіх спостережень, у межах $\pm 2\sigma$ – 95,4%, а в межах $\pm 3\sigma$ – 99,7%. Отже, в межах трьох сигм практично вміщуються усі значення ознак і ймовірність будь-якої варіанти вийти за межі останнього інтервалу надзвичайно мала. Тому ряд розподілу вважається нормальним при $\approx 3\sigma$ та $A=E=0$.

Таблиця 3.7

Критерії оцінки кривої розподілу за асиметрією та ексцесом

Ступінь косості або крутості кривої розподілу	Асиметрія (A)	Ексцес (E)
Незначна	< 0,25	<0,50
Помірна	0,25-0,50	0,50-1,00
Сильна	>0,50	>1,00

Як засвідчили основні статистики розподілу показників масиву даних насаджень Черемського природного заповідника, жодний з рядів розподілу досліджуваних ознак деревостану повністю не задовольняє умови закону нормального розподілу (дод. 3). Для того, щоб зменшити ступінь косості та крутості, доцільно розділити генеральну сукупність на однорідні класи (класи віку, класи бонітету, типи лісорослинних умов тощо). Також помітно зменшують мінливість абсолютних значень усіх досліджуваних величин їх логарифми [3, 86]. Виходячи з цього, можна розробити моделі залежності маси деревної зелені та маси гілок від основних таксаційних показників дерева на логарифмічній основі.

Характерною особливістю біологічних об'єктів слід вказати наявність взаємозв'язків між окремими їх ознаками, залежності між якими підпорядковуються певному закону. Тому важливо знати його кількісне

вираження [21]. Відомі два типи зв'язків між випадковими величинами:

1. Функціональний – це такий зв'язок між випадковими величинами, коли одному значенню аргументу відповідає лише одне значення функції. Така залежність описується рівнянням $y=f(x)$, яке фіксує строго визначену залежність між аргументом і значенням функції.

2. Кореляційний – це такий зв'язок між випадковими величинами, коли одному значенню аргументу відповідає декілька значень функції. В цьому випадку результат залежить не тільки від врахованих контрольованих факторів, а й від великої кількості неконтрольованих. Такий тип зв'язку записується рівнянням $y=fy=f(x)+\varepsilon(x)$, де у правій частині додатково враховується випадковість досліджуваних факторів впливу.

У біологічних об'єктах найчастіше залежність між випадковою ознакою і факторами впливу описується кореляційним типом зв'язку, суть якого полягає в оцінюванні значущості, тісноти та форми зв'язку між цими величинами.

Кореляційний аналіз дозволяє за результатами статистичного спостереження виявити й описати існуючі стохастичні взаємозв'язки між випадковими величинами. Його основним завданням є встановлення форми, напрямку і тісноти зв'язку, а також оцінка показників кореляції. Форма зв'язку може бути прямолінійною (коли однаковим змінам однієї величини відповідають однакові зміни іншої) або криволінійною (коли однаковим змінам однієї величини відповідають неоднакові зміни іншої). Напрямок зв'язку може бути прямий (при збільшенні однієї ознаки інша також систематично зростає) або зворотній (зі збільшенням однієї ознаки інша зменшується). За ступенем тісноти кореляційна залежність може бути слабкою, помірною, значною, високою і дуже високою.

Напрямок і тісноту зв'язку між досліджуваними величинами описує *коефіцієнт кореляції*. Це – числовий показник простої лінійної кореляції, що являє собою відношення факторів, спільних для обох випадкових величин, до загальної кількості факторів.

Чим більшою мірою коефіцієнт кореляції наближається до 1, тим тісніше

групується дані навколо прямої. При значенні коефіцієнта кореляції ± 1 точки чітко лягли б на пряму лінію, а це означає, що між даними наявна точна лінійна залежність. Якщо коефіцієнт кореляції дорівнює 0, то зв'язок повністю відсутній, точки розміщуються хаотично навколо прямої лінії. Проте варто зазначити, що близьке до нуля значення коефіцієнта кореляції свідчить лише про відсутність прямолінійності, тому цілком можлива наявність криволінійного зв'язку. Важливо, що коефіцієнт кореляції – безмірна величина і не залежить від масштабу вимірів [21, 45]. Напрямок зв'язку встановлюють за знаком коефіцієнта кореляції: $+R$ – зв'язок прямий, $-R$ – зв'язок зворотній. За абсолютним значенням коефіцієнта кореляції можна встановити тісноту зв'язку за спеціальною шкалою (табл. 3.8) [21].

Таблиця 3.8

Шкала для визначення характеру зв'язку за тісністю

Характер зв'язку	Слабкий	Помірний	Значний	Високий	Дуже високий
Значення коефіцієнта кореляції, R	0,11-0,30	0,31-0,50	0,51-0,70	0,71-0,90	0,91-1,00

За допомогою програми *Microsoft Excel* було побудовано кореляційну матрицю де простежуються такі основні таксаційні показники, як вік (A), середній діаметр (D) та середня висота (H), крім деревостанів сосни природного походження, виявляють високу або дуже високу кореляцію між собою (табл. 3.9). Виключення становить відносна повнота, яка знаходиться у слабкій, а іноді й у дуже слабкій кореляційній залежності від інших таксаційних показників. Між середньою висотою та середнім діаметром природних деревостанів сосни звичайної виникає тісний зв'язок з віком. Від'ємний коефіцієнт кореляції між відносною повнотою та всіма іншими таксаційними показниками у природних соснових насадженнях та між відносною повнотою і віком у деревостанах берези повислої свідчить про обернену залежність між ними.

**Коефіцієнти кореляції між таксаційними показниками деревостанів
Черемського природного заповідника**

Таксаційні показники	Вік (<i>A</i>), років	Діаметр (<i>D</i>), см	Висота (<i>H</i>), м	Відносна повнота (<i>P</i>)
Сосна разом				
Вік (<i>A</i>), років	1,00			
Діаметр (<i>D</i>), см	0,87	1,00		
Висота (<i>H</i>), м	0,83	0,96	1,00	
Повнота відносна (<i>P</i>)	0,06	-0,01	0,04	1,00
Сосна природна				
Вік (<i>A</i>), років	1,00			
Діаметр (<i>D</i>), см	0,70	1,00		
Висота (<i>H</i>), м	0,60	0,93	1,00	
Повнота відносна (<i>P</i>)	-0,18	-0,49	-0,53	1,00
Сосна штучна				
Вік (<i>A</i>), років	1,00			
Діаметр (<i>D</i>), см	0,97	1,00		
Висота (<i>H</i>), м	0,94	0,96	1,00	
Повнота відносна (<i>P</i>)	0,11	0,18	0,24	1,00
Вільха				
Вік (<i>A</i>), років	1,00			
Діаметр (<i>D</i>), см	0,91	1,00		
Висота (<i>H</i>), м	0,90	0,92	1,00	
Повнота відносна (<i>P</i>)	0,05	0,27	0,26	1,00
Береза				
Вік (<i>A</i>), років	1,00			
Діаметр (<i>D</i>), см	0,94	1,00		
Висота (<i>H</i>), м	0,88	0,91	1,00	
Повнота відносна (<i>P</i>)	-0,21	0,01	0,07	1,00

Отримані коефіцієнти кореляції допоможуть правильно підібрати аргументи під час побудови математичних моделей.

3.3. Динаміка запасів та площ головних лісотвірних порід Черемського природного заповідника

Для аналізу характеру змін продуктивності насаджень Черемського природного заповідника взято період з 2005 до 2018 року. Вивчено

характеристики окремих параметрів лісового фонду, а саме:

- розподіл площ Черемського природного заповідника за категоріями земель (табл. 3.10);
- розподіл вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок та запасів груп головних лісотвірних порід (табл. 3.11);
- відсотки запасів головних лісотвірних порід (сосна, ялина, дуб, граб, береза, вільха) в межах груп порід (хвойні, твердолистяні, м'яколистяні);
- розподіл запасів деревостанів за групами віку (молодняки, середньовікові, пристиглі, стиглі та перестиглі) у межах групи порід;
- середні бонітети насаджень (за Орловим М. М.) у межах групи порід.

Таблиця 3.10.

Розподіл площ Черемського природного заповідника за категоріями земель

Категорія земель	Площа, га		
	2005 р.	2011 р.	2018 р.
Лісові ділянки	1849,2	1849,2	1849,2
Вкриті лісовою рослинністю: <i>всього</i>	1809,3	1809,3	1809,3
<i>У тому числі:</i>			
лісові культури	241,4	241,4	243,2
Не вкриті лісовою рослинністю: <i>всього</i>	39,9	39,9	39,9
<i>У тому числі:</i>			
незімкнуті лісові культури	-	-	3,5
лісові розсадники	-	-	-
рідколісся	-	-	0,6
згарища, загиблі насадження	1,8	1,8	-
зруби	-	-	-
канави	0,9	0,9	0,9
галявини, пустирі	3,0	3,0	0,7
лісові шляхи, просіки тощо	34,2	34,2	34,2
Нелісові ділянки	1126,8	1126,8	1126,8
Болота	1108,1	1108,1	1108,1
Озера	18,7	18,7	18,7
Разом	2976,0	2976,0	2976,0

У результаті встановлено, що площа вкритих лісовою рослинністю

лісових ділянок не змінювалася протягом 2005-2018 рр. (див. табл. 3.10-3.11). Разом із тим запас насаджень в усіх групах деревних видів поступово збільшувався від 244,9 тис. ·м³ у 2005-му році до 281,6 тис. ·м³ у 2011-му р. і в 2018-му році становив 336,2 тис. ·м³ (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Розподіл вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок та запасів за групами лісотвірних порід у Черемському природному заповіднику за періодами обліку

Рік	Лісистість,%	Площа, га/Запас, тис.м ³ / Запас, %			
		Всього	у т.ч. за групами лісотвірних порід		
			хвойні	твердолистяні	м'яколистяні
2005	60,8	1809,3	1254,8	24,4	530,1
		244,9	186,13	2,89	55,88
		100,0	76,0	1,2	22,8
2011	60,8	1809,3	1254,8	24,4	530,1
		281,64	213,68	3,33	64,63
		100,0	75,9	1,2	22,9
2018	60,8	1809,3	1254,8	24,4	530,1
		336,2	254,29	4,04	77,87
		100	75,6	1,2	23,2

На рисунку 3.5 показано розподіл площ і запасів насаджень Черемського ПЗ за деревними видами

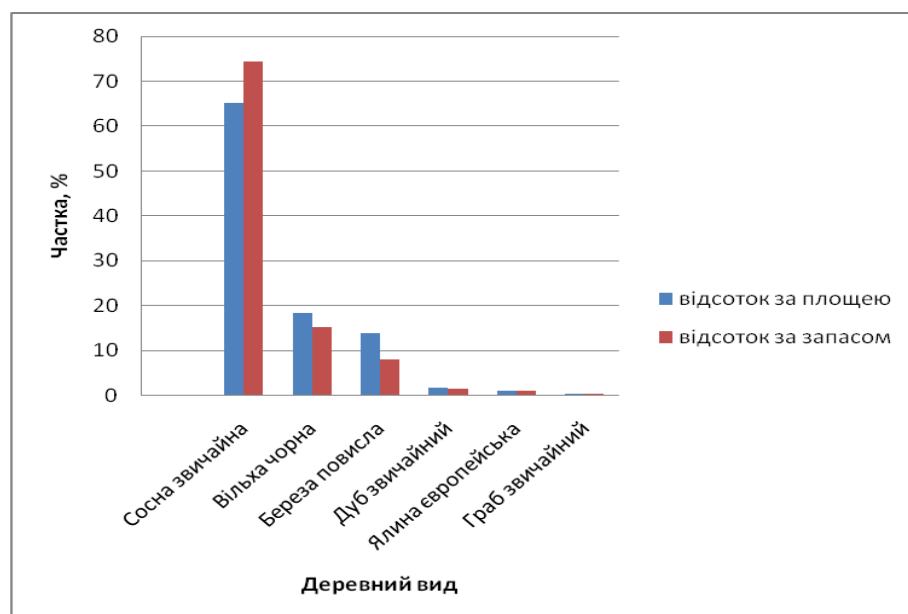


Рис. 3.5. Розподіл площ і запасів насаджень Черемського ПЗ за деревними видами.

Головну роль у формуванні лісового покриву Черемського природного заповідника відіграють хвойні деревостани, зокрема сосна звичайна, частка якої становить 65,2 % за площею і 74,3 % за запасом. Значно менша, однак вагома, участь вільхи клейкої (18,3 % за площею і 15,1 % за запасом) та берези повислої (13,9 % і 7,9 % відповідно). Інші лісотвірні види, а саме: дуб звичайний, ялина європейська та граб звичайний зростають на незначній площі (2,6 %) і участь їх у загальному запасі зовсім мізерна (2,7 %) [81].

Панівне місце у групі м'яколистяних порід посідають вільха клейка та береза повисла (рис. 3.6). Причому, за наведеними даними, частка вільхи клейкої протягом 2005-2018 рр. зменшилася на 5,0 % у межах групи м'яколистяних деревних видів і за результатами останнього обліку 2018 року становить 69,3 %. Частка берези повислої у групі м'яколистяних порід за цей же період станом на 2018 р. збільшилася на 1,3 % – до 30,7 % [24].

У межах групи порід участь сосни звичайної у хвойній госпсекції практично не змінюється протягом 13 років і становить від 98,9 % у 2005 р., 98,8 % у 2011р. і 98,7 % у 2018 р. (рис. 3.6).

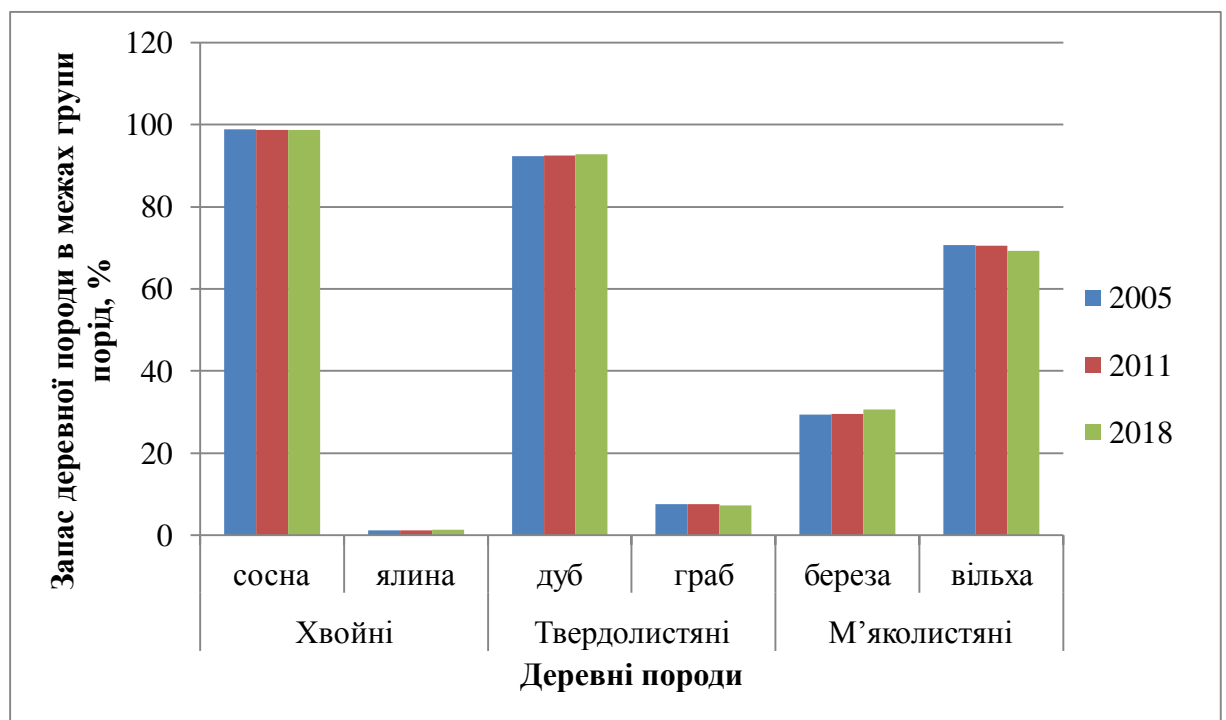


Рис. 3.6. Запаси лісотвірних деревних порід за періодами обліку: 2005, 2011 та 2018 років

Група твердолистяних порід представлена дубом звичайним та грабом звичайним. Причому, частка дуба дещо збільшилася протягом досліджуваного періоду (від 92,4 % до 92,8 %), тоді як частка граба навпаки – зменшилася (від 7,6 % до 7,2 %). Однак участь цих порід у загальному запасі деревостанів Черемського природного заповідника досить мізерна.

Стосовно вікової структури, то протягом усього досліджуваного періоду тут переважають середньовікові насадження (рис. 3.7). У групі хвойних порід практично відсутні стиглі деревостани. Пристигли твердолистяні насадження повністю відсутні. Незначною є частка молодняків серед усіх деревних видів.

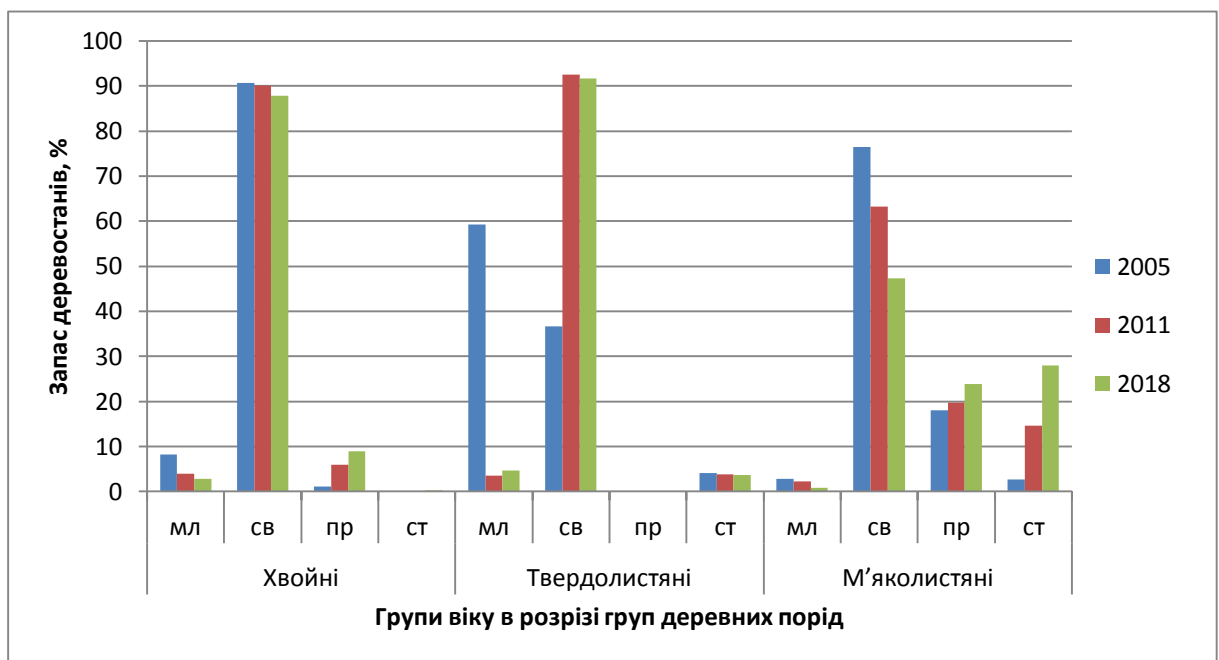


Рис. 3.7. Динаміка запасів деревостанів за групами віку за періодами обліку

Незначною залишається частка молодняків серед усіх деревних видів, причому з кожним періодом вона зменшується у хвойних і м'яколистяних порід. У групі твердолистяних порід у 2011 р. майже всі молодняки перейшли в середньовікові насадження, проте станом на 2018 рік їхня частка трохи збільшилася (від 3,6 % до 4,7%) у результаті створення лісових культур [24].

Іншою спостерігається ситуація в групі м'яколистяних порід. Тут також переважають середньовікові насадження. Частка пристиглих і стиглих деревостанів відзначається як невелика, але порівняно з деревостанами хвойних

та твердолистяних порід тих же вікових груп вона значно більша.

Варто зауважити, що хоча середньовікові деревостани тут домінують, все ж їхня частка з кожним періодом незначною мірою зменшується серед усіх груп деревних видів, тоді як частка пристиглих і стиглих насаджень потрохи збільшується [24].

Важливим таксаційним показником слугує запас, оскільки він характеризує сумарний об'єм стовбурової деревини дерев, які становлять ту частину насадження, що росте [32].

У дослідженнях здійснено розподіл середніх запасів насаджень на 1 га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок у Черемському природному заповіднику за групами деревних порід (хвойні, твердолистяні, м'яколистяні) за періоди 2005-2011-2018 рр (рис. 3.8).

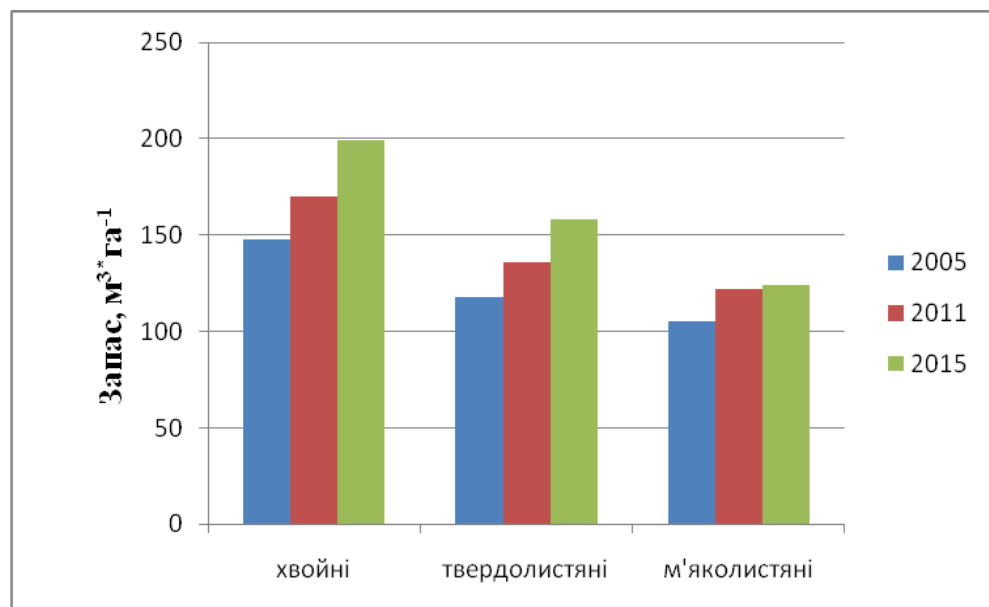


Рис. 3.8. Середні запаси деревостанів на 1 га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за групами деревних порід за періодами обліку

Так, найбільшим середнім запасом на 1 га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за всі періоди лісовпорядкування виділяються хвойні деревостани (від $148 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ у 2005-му до $203 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ у 2018-му), дещо меншим – твердолистяні деревостани (від $118 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ у 2005-му до $166 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ у 2018-му), і найменшим – м'яколистяні деревостани (від $105 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ у 2005-му до $147 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$

у 2018-му). Отже, з кожним періодом середній запас збільшувався у деревостанах усіх груп деревних видів [24].

У середньому запас на 1 га у Черемському ПЗ із кожним періодом зростав і становив у 2005-му – $135 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, у 2011-му – $156 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ та у 2018-році – $186 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Такі досить низькі показники запасу на 1 га швидше за все стали наслідком переважання у структурі лісового фонду середньовікових насаджень та досить бідних лісорослинних умов, у яких вони зростають [24].

Найстабільнішим із таксаційних показників у Черемському ПЗ виявився середній бонітет (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

**Середні бонітети насаджень у Черемському природному заповіднику
в межах групи порід за періодами обліку**

Рік обліку	Середній бонітет за М.М.Орловим		
	хвойні	твердолистяні	м'яколистяні
2005	III,2	II,3	II,7
2011	III,1	II,3	II,6
2018	III,2	II,5	II,7

За період 2005-2018 рр. продуктивність насаджень практично не змінилася. Спостерігається лише незначне коливання значень класу бонітету. Так, у хвойних і м'яколистяних порід він залишився незмінним, у твердолистяних піднявся на 0,2. Станом на 2018 рік клас бонітету становить для хвойних III,2, твердолистяних – II,5 і для м'яколистяних – II,7. Таким чином, за найвищим класом бонітету зростають у Черемському природному заповіднику м'яколистяні деревостани, за найнижчим – хвойні [24].

Висновки

1. Для збору експериментальних даних використана методика збору дослідного матеріалу Лакиди П. І., яка передбачає у своєму проведенні два види науково-дослідних робіт: польові лісотаксаційні та лабораторні.

2. У процесі досліджень використано експериментальні дані 64 тимчасових пробних площ регіону (частина з яких закладена на території

об'єкта ПЗФ) з банку науково-дослідних даних кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України. У насадженнях природного походження закладено 44 ТПП, штучного – 20 ТПП.

Дослідні дані деревостанів сосни звичайної природного і штучного походження відмінні за всіма таксаційними показниками. При цьому насадження природного походження характеризуються нижчими значеннями і їх вибірка має значно менший розмах і більше «викидів». Тому експериментальні дані цієї деревної породи потребують подальшого аналізу перед їх використанням для процесу моделювання.

Діаграми розмаху основних таксаційних показників вільхи клейкої засвідчують їхню відсутність у зібраних дослідних даних, тоді як вибірка охоплює широкий діапазон спостережень. У масиві даних березових насаджень спостерігається висока дисперсія у розподілі за середніми віком і діаметром.

3. Значення біометричних показників деревостанів, в яких закладені тимчасові пробні площі, близькі до модальних насаджень Черемського природного заповідника. Звідси зібраний експериментальний матеріал дає підстави зробити висновок про приналежність деревостанів, в яких опрацьовувалися ТПП, до статистично близьких рядів, що дозволяє використовувати його для дослідження взаємозв'язків між таксаційними параметрами і величини їх впливу на процеси накопичення фітомаси деревостанами Черемського природного заповідника за компонентами.

4. Аналіз динаміки основних таксаційних показників, які характеризують продуктивність деревостанів Черемського природного заповідника свідчить про їх стійке зростання. Ліси Черемського ПЗ відносяться до середньопродуктивних, проте їхній середній запас поступово зростає. Це дає можливість нарощувати органічну масу і, тим самим, підвищувати екологічну стійкість лісів та забезпечувати їхню основну функцію регулятора природного середовища.

Основні положення розділу висвітлені у публікаціях:

1. Гоцик О. С., Сахарук Г. А., Блищик В. І., Лакида П. І., Інформаційне забезпечення процесу моделювання біопродуктивності лісів Черемського природного заповідника. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2020. Т. 30, № 4. С. 31-36. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2020/30_4/7.pdf *(Аспірантка долучалася до збору польового експериментального матеріалу, опрацювала літературні джерела [29]).*

2. Гоцик О. С., Сахарук Г. А. Експериментальні дослідження біопродуктивності лісів Черемського природного заповідника. Проблеми розвитку лісової таксації, лісовпорядкування та інвентаризації лісів : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції Національний університет біоресурсів і природокористування України, ННІ лісового і садово-паркового господарства, НДІ лісівництва та декоративного садівництва (м. Київ, 6-8 грудня 2018 р.). м. Київ : НУБіП України ННІ ЛіСПГ, 2018. С. 54-55 [28].

3. Гоцик О. С., Лакида П. І., Сахарук Г. А. Динаміка площ та запасів головних лісотвірних порід Черемського природного заповідника. Аспекти сталого розвитку лісового, сільського, водного та енергетичного господарств зони Полісся України : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Житомир, 08 квітня 2021 р.). Житомир : ЖАТК, 2021. С. 175-177 [24].

РОЗДІЛ 4

БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВОСТАНІВ ЧЕРЕМСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ

4.1. Моделі конверсійних коефіцієнтів компонентів фітомаси деревостанів

Основною характеристикою насаджень, яка визначає хід процесів у лісових екосистемах, слугує їх фітомаса. Цей показник використовується також з метою екологічного моніторингу сталого ведення лісового господарства, моделювання продуктивності лісів та оцінки їхньої вуглецеводепонуючої ємності [72, 75, 82].

Методи оцінки фітомаси деревостану на сьогодні поєднують в собі дані Державного обліку лісового фонду за запасами стовбурової деревини та нормативи з даними про фітомасу лісів на основі багатofакторних регресійних моделей, які передбачають оцінку фітомаси або її перевідних коефіцієнтів за основними показниками, які входять до складу ДОЛФ та ТХР [5, 54, 66, 75, 92, 132, 181, 194].

Метод конверсійного коефіцієнта вперше був запропонований Ф. Флурі [170] для оцінки об'єму гілок за об'ємом ліквідної деревини. Він дозволяє оцінювати запаси фітомаси для окремого насадження та для лісових масивів цілого регіону [72]. Проте з часом з'ясувалося, що перевідний коефіцієнт фітомаси відносно стабільний лише при оцінці фітомаси деревини та кори стовбурів за відомим їх запасом [72, 79]. При оцінці фракцій фітомаси хвої, гілок, коренів, яка слабо корелюється зі стовбуровим запасом, він дуже мінливий [67, 106].

Фітомаса деревостанів та її перевідні коефіцієнти, отримані дослідним шляхом на пробних площах, при оцінці ролі лісів у глобальних біосферних циклах описуються аналітично на основі даних ДОЛФ регресійними моделями

за трьома варіантами (рівнями наближення) залежно від наступних масоутворюючих показників [70, 72, 179, 197]:

- а) тільки віку;
- б) віку та класу бонітету;
- в) віку, класу бонітету та повноти деревостану.

У процесі досліджень виявлено, що зі збільшенням кількості основних показників, що застосовуються як статистично значущих незалежних змінних у згаданих рівняннях, тим точніша оцінка фітомаси для досліджуваного регіону [12, 66]. В результаті для перевідних коефіцієнтів фітомаси запропоновано наступну структурну форму регресійної моделі:

$$P_i/M = f(A, H, D, P, M),$$

де P_i – фітомаса в абсолютно сухому стані стовбурів у корі, кори стовбурів, гілок, хвої, коренів та піднаметової рослинності, т·га⁻¹;

M – запас стовбурової деревини, м³·га⁻¹;

A – вік деревостану, років;

H – середня висота дерев, м;

D – середній діаметр дерев, см;

P – відносна повнота.

Моделювання компонентів фітомаси деревостанів основних лісотвірних деревних видів Черемського природного заповідника виконувалося шляхом встановлення одно- та багатofакторних залежностей компонентів фітомаси від таксаційних ознак насаджень, які вказуються в даних лісового кадастру. Вихідним матеріалом для проведення моделювання були використані агреговані дослідні дані тимчасових пробних площ, які повністю описують наявний стан лісів досліджуваного об'єкта. Всього було застосовано 64 тимчасові пробні площі (ТПП), з яких 44 закладені в деревостанах природного походження і 20 – у штучних насадженнях. Кількість ТПП за головними деревними видами та походженням розподілено так: сосна звичайна – 39 ТПП (20 у природних деревостанах і 19 у штучних), вільха клейка – 14 ТПП і береза повисла – 11 ТПП тільки у природних насадженнях. Для вирішення завдань

роботи використана методика Лакиди П. І. [75]. Зібраний експериментальний матеріал дає можливість розробити адекватні математичні моделі оцінки компонентів фітомаси модальних деревостанів та їх динаміки і на основі розроблених моделей оцінити загальні обсяги фітомаси (за фракціями) та кількість депонованого в ній вуглецю в насадженнях досліджуваного об'єкта.

При моделюванні залежності фітомаси деревостанів від таксаційних показників використовували конверсійні коефіцієнти [19]:

$$R_v = M_f / M,$$

де R_v – конверсійний коефіцієнт таксаційного показника;

M_f – маса фракції фітомаси, тис. т;

M – стовбуровий запас в корі, тис. м³.

Визначення математичних залежностей зміни коефіцієнтів R_v у межах кожного деревного виду проводився методом множинної регресії з допомогою пакета статистичних програм *STATISTICA* (дод. К). Було підготовлено загальний робочий масив експериментальних даних тимчасових пробних площ, в який входять такі таксаційні показники:

- Середній вік (A , років);
- середній діаметр (D , см);
- середня висота (H , м);
- клас бонітету (B);
- відносна повнота (P);
- стовбуровий запас (M , м³·га⁻¹).

Розрахунок коефіцієнтів відношень R_v здійснювали для таких компонентів фітомаси насадження:

- деревина стовбура ($R_{v(st)}$);
- кора стовбура ($R_{v(k)}$);
- гілки (деревина і кора гілок крони) ($R_{v(g)}$);
- листя (хвоя) ($R_{v(l)}$).

Аргументами регресійних рівнянь розглядалися такі таксаційні показники насаджень: діаметр (D), висота (H) і відносна повнота (P) [25].

Пошук математичних моделей взаємозв'язку конверсійних коефіцієнтів насаджень Черемського природного заповідника із загальною фітомасою деревостанів здійснювався з використанням залежності з таким загальним виглядом:

$$R_V = f(D, H, P),$$

де R_V – відповідні конверсійні коефіцієнти (деревина, кора, листя (хвоя) тощо);

$f(D, H, P)$ – функції таксаційних ознак деревостану (діаметр, висота, відносна повнота).

Для моделювання зміни коефіцієнтів R_V використовувався такий вид аллометричної залежності [180]:

$$R_V = a_0 \cdot D^{a_1} \cdot H^{a_2} \cdot P^{a_3}, \quad (4.1)$$

де D – середній діаметр деревостану, см;

H – середня висота деревостану, м;

P – відносна повнота деревостану;

a_0, a_1, a_2, a_3 – коефіцієнти регресії.

Надана детальна характеристика параметрів рівнянь коефіцієнтів відношень R_V фракцій фітомаси в насадженнях головних лісотвірних порід Черемського ПЗ (табл. 4.1) [25].

Значущість впливу факторів на досліджувані компоненти фітомаси оцінювали за довірчими інтервалами коефіцієнтів регресії на 5%-му рівні. В результаті встановлено, що всі надземні компоненти фітомаси сосни звичайної природного та штучного походження описуються регресійними рівняннями. Незначущими виявилися коефіцієнти детермінації та інші статистичні показники для стовбурової деревини і кори стовбура берези повислої та вільхи клейкої. Це пояснюється тим, що конверсійні коефіцієнти фітомасидеревних стовбурів являють собою умовну щільність стовбурової деревини і по суті модель описує параметричну та географічну мінливість умовної щільності. У зв'язку з деякими біологічними особливостями деревних видів ця мінливість не може бути високою [3]. Тому в подальших розрахунках

використовували їх середні значення.

Таблиця 4.1

Множинні регресійні рівняння конверсійних коефіцієнтів R_v оцінки компонентів фітомаси

Номер моделі	Модель регресії	R^2
<i>Сосна звичайна штучна</i>		
4.2	$R_{v(st)} = 0,349 \cdot D^{0,028} \cdot H^{0,064} \cdot \Pi^{0,028}$	0,70
4.3	$R_{v(k)} = 0,296 \cdot D^{-0,445} \cdot H^{-0,095} \cdot \Pi^{-0,132}$	0,72
4.4	$R_{v(g)} = 1,353 \cdot D^{-0,395} \cdot H^{-0,511} \cdot \Pi^{-0,787}$	0,61
4.5	$R_{v(l)} = 2,271 \cdot D^{-0,295} \cdot H^{-1,550} \cdot \Pi^{-0,203}$	0,78
<i>Сосна звичайна природна</i>		
4.6	$R_{v(st)} = 0,336 \cdot D^{-0,003} \cdot H^{0,101} \cdot \Pi^{-0,038}$	0,79
4.7	$R_{v(k)} = 0,535 \cdot D^{0,091} \cdot H^{-0,802} \cdot \Pi^{0,296}$	0,78
4.8	$R_{v(g)} =$ Залежність не встановлена (середнє знач. – 0,058)	–
4.9	$R_{v(l)} =$ Залежність не встановлена (середнє знач. – 0,012)	–
<i>Береза повисла</i>		
4.10	$R_{v(st)} =$ Залежність не встановлена (середнє знач. – 0,437)	–
4.11	$R_{v(k)} =$ Залежність не встановлена (середнє знач. – 0,082)	–
4.12	$R_{v(g)} = 0,976 \cdot D^{-0,153} \cdot H^{-0,430} \cdot \Pi^{-0,810}$	0,85
4.13	$R_{v(l)} = 20,498 \cdot D^{0,117} \cdot H^{-2,591} \cdot \Pi^{0,167}$	0,96
<i>Вільха клейка</i>		
4.14	$R_{v(st)} =$ Залежність не встановлена (середнє знач. – 0,419)	–
4.15	$R_{v(k)} =$ Залежність не встановлена (середнє знач. – 0,101)	–
4.16	$R_{v(g)} = 8,428 \cdot D^{0,017} \cdot H^{-1,591} \cdot \Pi^{-1,241}$	0,98
4.17	$R_{v(l)} = 0,185 \cdot D^{-1,081} \cdot H^{0,070} \cdot \Pi^{-0,708}$	0,86

* *st* – стовбурна деревина, *k* – кора стовбура, *g* – гілки, *l* – листя (хвоя).

При проведенні досліджень біотичної продуктивності лісів Черемського природного заповідника не досліджувалася фітомаса піднаметової рослинності ($R_{v(pr)}$) та підземна фітомаса деревостанів ($R_{v(kor)}$) головних лісотвірних деревних видів. Зважаючи на це використано множинні регресійні рівняння конверсійних коефіцієнтів, отримані Лакидою П. І. [179] (табл. 4.2).

Коефіцієнт загальної фітомаси деревостану $R_{v(tot)}$ розраховується як сума зазначених компонентів.

Таблиця 4.2

Множинні регресійні рівняння конверсійних коефіцієнтів R , оцінки фітомаси коренів та піднаметової рослинності

Номер моделі	Модель регресії	R^2
<i>Сосна звичайна</i>		
4.20	$R_{v(pr)} = 217,7 A^{1,726} \cdot B^{-0,999} \cdot \exp(0,023 \cdot A)$	0,68
4.21	$R_{v(kor)} = 4,96 \cdot A^{-0,218} \cdot B^{1,080} \cdot \exp(0,0088 \cdot A)$	0,57
<i>Вільха клейка</i>		
4.22	$R_{v(pr)} = 0,705 A^{1,131}$	0,74
4.23	$R_{v(kor)} = 0,482 \cdot A^{-0,02} \cdot B^{0,393}$	0,45
<i>Береза повисла</i>		
4.24	$R_{v(pr)} = 6,030 A^{0,116} \cdot B^{2,610} \cdot \exp(-0,025 \cdot A)$	0,78
4.25	$R_{v(kor)} = 0,187 \cdot A^{-0,330} \cdot B^{-0,272}$	0,98

* $R_{v(kor)}$ – підземна фітомаса деревостану; $R_{v(pr)}$ – фітомаса піднаметової частини (підріст, підлісок, живе надрунтове вкриття та їхні кореневі системи).

Отримані регресійні рівняння зв'язують фітомасу насадження за фракціями з його таксаційними показниками. Пошук багатомірних залежностей дав змогу отримати максимум інформації з дослідних даних, які в слугуватимуть основою для розрахунків загальних обсягів фітомаси та депонованого в ній вуглецю у насадженнях Черемського природного заповідника, а також деякою мірою врахувати регіональні особливості екосистем, у тому числі й для загальних моделей біопродуктивності [25].

4.2. Алгоритм розрахунку компонентів біопродуктивності деревостанів

Моделювання нормативного забезпечення оцінки компонентів фітомаси дерев і деревостанів – один з найменш опрацьованих напрямів у системі біометричних досліджень [72]. Наукові роботи цього напрямку завершувалися

встановленням величини накопиченої фітомаси окремим деревом або деревостаном [36, 47, 62, 72, 85, 103, 135]. Кількість наукових робіт, в яких була б розроблена система нормативів для оцінки всіх складових компонентів фітомаси дерев, досить обмежена [5, 66, 82, 123].

Враховуючи концептуальні положення цієї роботи та провівши аналіз різних методик, дослідження біологічної продуктивності насаджень основних лісотвірних порід Черемського природного заповідника за компонентами фітомаси виконувалися за схемою, яку запропонувала Домашовець Г. С. [37] (рис. 4.1).

Із метою отримання інтегрованих характеристик таксаційної структури насаджень Черемського ПЗ було здійснено відбір, агрегацію та обробку даних трьох періодів лісовпорядкувань 2005, 2011 та 2018 років, проведених ВО «Укрдержліспроєкт». Для аналізу характеру змін продуктивності насаджень використано дані, які складаються з характеристики окремих параметрів лісового фонду:

1. Розподілу площ і запасів вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за групами основних лісотвірних порід.

2. Розподілу запасів деревостанів за групами віку (молодняки, середньовікові, пристиглі, стиглі та перестиглі) в межах групи порід.

3. Середніх бонітетів насаджень (за Орловим М. М.) у межах групи порід.

Дослідження про вміст вуглецю у різних фракціях фітомаси деревних видів було проведено G. Matthews [189]. Оцінка загальних обсягів вуглецю, що депонується у фітомасі, здійснюється за перевідними коефіцієнтами (0,5 – для деревних фракцій і 0,45 – для листя та нижніх ярусів) [15, 189]. Оскільки ці показники усереднені, виникає деяка невизначеність в оцінці вуглецедепонуючої здатності насаджень. Адже до складу деревини входять у різних співвідношеннях целюлоза, геміцелюлоза, протеїн, лігнін, зольні елементи, кожен з яких містить різну кількість вуглецю (від 0,2 до 85%). Тому цей коефіцієнт варіює навіть у однієї і тієї ж породи в межах 10% [15, 189].

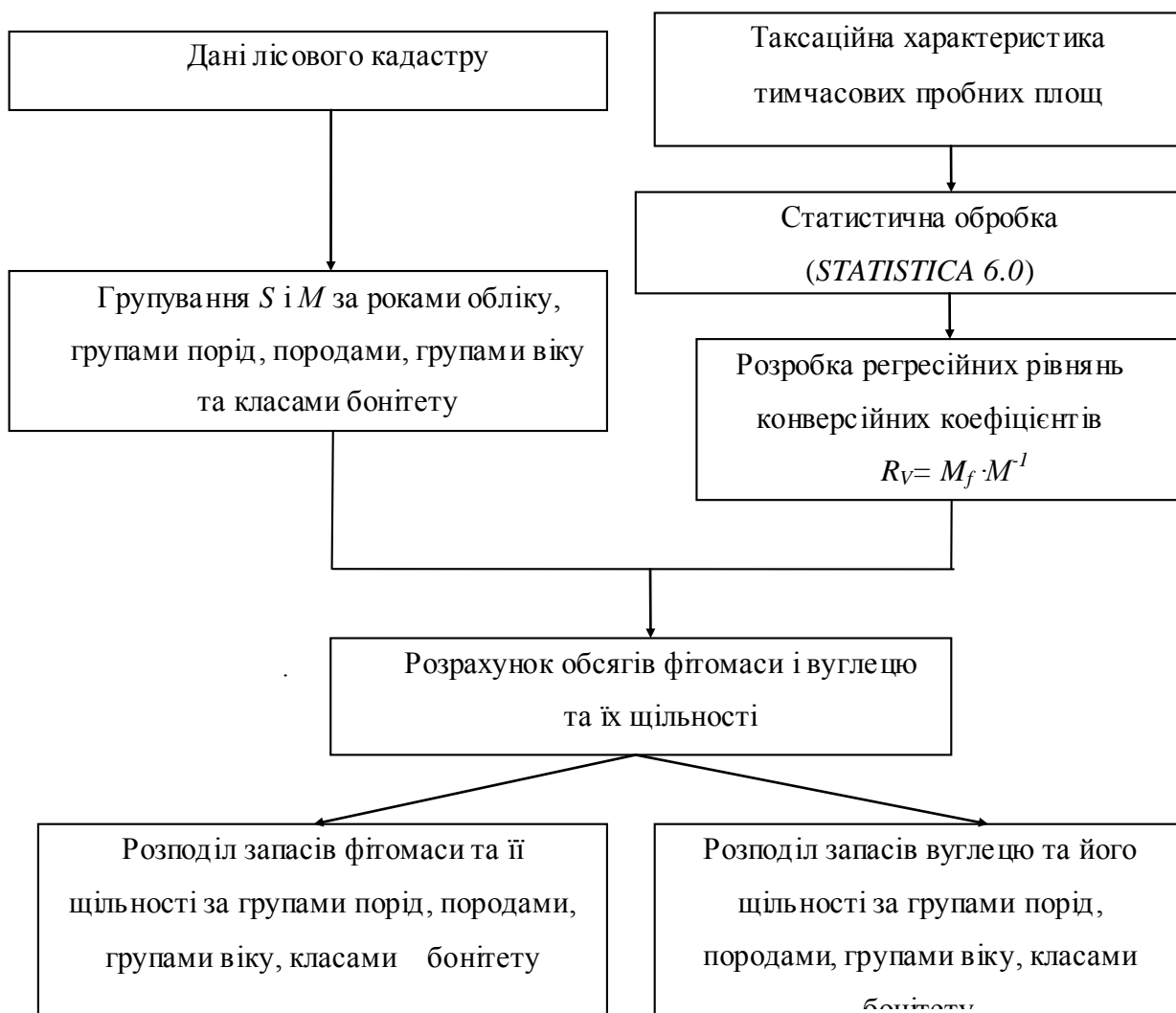


Рис. 4.1. Схема алгоритму розрахунку фітомаси деревостанів головних лісотвірних порід та депонованого у ній вуглецю Черемського природного заповідника [37].

У межах виконаної дисертаційної роботи, враховуючи рівень агрегації даних для перерахунку абсолютно сухої фітомаси в депонований вуглець та за результатами аналізу літературних джерел [15, 189] було прийнято середні перевідні коефіцієнти 0,50 для деревинита кори і 0,45 для листя та нижнього ярусу.

Характеристику загальних обсягів фітомаси і бюджету вуглецю в лісових насадженнях Черемського природного заповідника отримано при розрахунку на ПК за використанням калькуляційної програми *CARBON* (дод. М) [71].

4.3. Динаміка фітомаси та депонованого вуглецю в деревостанах Черемського природного заповідника

На основі розроблених моделей (див. табл. 4.1, табл. 4.2) і даних лісового кадастру отримано загальні обсяги фітомаси та вуглецю у лісових насадженнях Черемського природного заповідника (табл. 4.3) [176].

Таблиця 4.3

Загальна фітомаса та вуглець у лісових насадженнях Черемського ПЗ

Рік обліку	Площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, га	Запас стовбурової деревини, тис. м ³	Фітомаса		Вуглець	
			тис. т	щільність, кг·(м ²) ⁻¹	тис. т	щільність, кг·(м ²) ⁻¹
2005	1809,3	244,90	156,6	8,7	77,8	4,3
2011	1809,3	281,64	179,5	9,9	89,2	4,9
2018	1809,3	336,2	213,8	11,8	106,2	5,9

За наведеними показниками, протягом 2005-2018 рр. площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок залишалася незмінною. При цьому запас стовбурової деревини збільшувався від 244,9 тис. м³ у 2005-му до 336,2 тис. м³ у 2018 році (на 91,3 тис. м³, або на 37,3 %). Відповідно збільшився обсяг загальної фітомаси насаджень на 57,2 тис. т (36,5 %) та акумульованого в ній вуглецю на 28,4 тис. т (36,5 %).

Досить показова динаміка зміни середньої щільності фітомаси та вуглецю в лісах Черемського ПЗ (рис. 4.2). Так, протягом 13 років ці показники поступово набували все більших значень (від 8,7 кг·(м²)⁻¹ до 11,8 кг·(м²)⁻¹ для фітомаси та від 4,3 кг·(м²)⁻¹ до 5,9 кг·(м²)⁻¹ для вуглецю) [176].



Рис. 4.2. Динаміка середньої щільності фітомаси та вуглецю в лісах Черемського ПЗ

Середня щільність вуглецю для вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок у Черемському природному заповіднику станом на 2018 рік досягає $5,9 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$. При цьому щільність вуглецю у хвойних насадженнях ($6,1 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$) найближча до середньої щільності вуглецю для вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Черемського ПЗ (див. дод. М). Найменшим цей показник виявився у м'яколистяних насадженнях ($5,2 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$), тоді як у твердолистяних був найвищим ($7,6 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$). Причому щільність вуглецю найінтенсивніше зростає у твердолистяних деревних видів (від $5,1 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ у 2005-му до $7,6 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ у 2018 році), менш інтенсивно – у хвойних (від $4,5 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ у 2005-му до $6,1 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ у 2018 р та м'яколистяних деревних видів (від $3,8 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ у 2005-му до $5,2 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ у 2018 році) [176].

На рис. 4.3 показано динаміку щільності фітомаси за групами лісотвірних деревних порід у лісах Черемського природного заповідника.

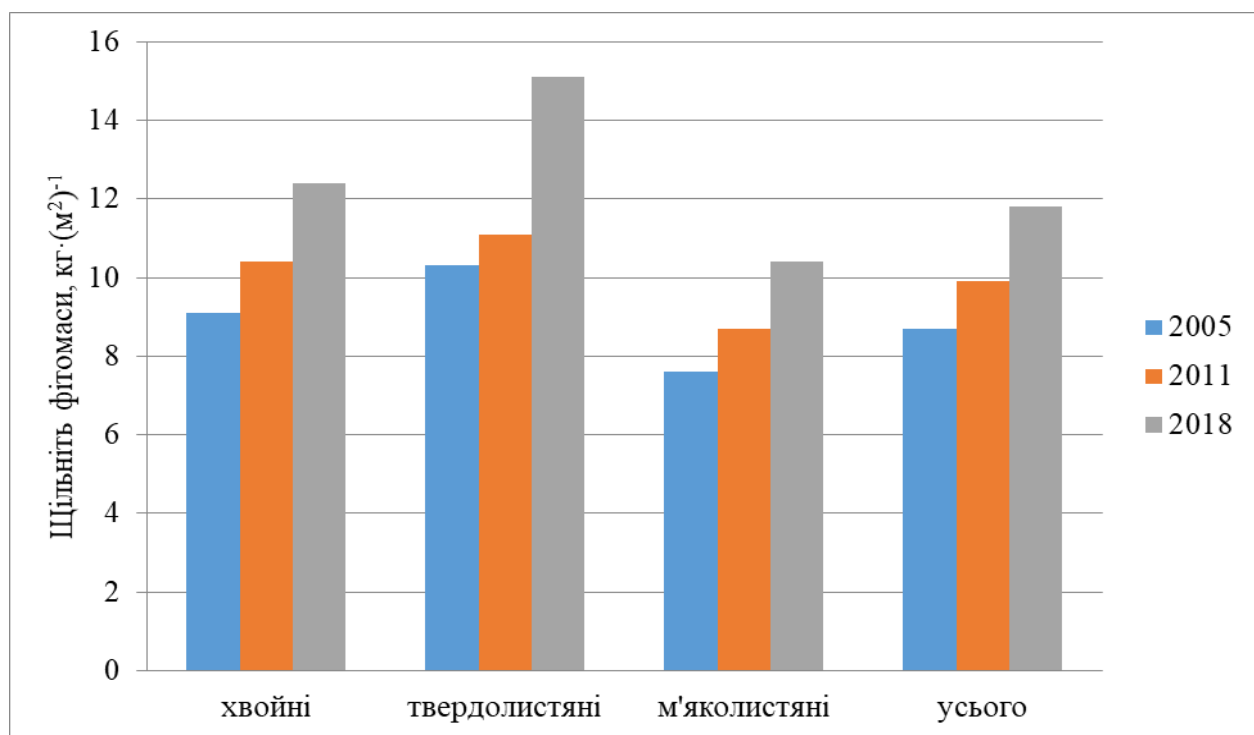


Рис. 4.3. Динаміка щільності фітомаси за групами лісотвірних деревних порід у лісах Черемського ПЗ

Так було визначено, що протягом 13 досліджуваних років щільність фітомаси в насадженнях усіх груп лісотвірних деревних порід поступово зростала (в середньому від $8,7 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ до $11,8 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$). Найбільше зростання цього показника спостерігається у твердолистяних насадженнях – від $10,3 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ до $15,1 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ (в 1,5 рази). Дещо менший він – у хвойних (від $9,1 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ до $12,4 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$) і в м'яколистяних насадженнях (від $7,6 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ до $10,4 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$). У цілому, в насадженнях Черемського природного заповідника за період від 2005-го до 2018 року щільність фітомаси та депонованого в ній вуглецю зросли в 1,4 рази. Це відбулося за рахунок збільшення середнього запасу на 1 га та перерозподілу у віковій структурі лісових насаджень [176].

Визначено, що найбільшу частку в загальній фітомасі лісів Черемського ПЗ становить деревина та кора стовбурів дерев. Значно менша, але водночас вагома частка припадає на корені і найменша – на деревину і кору гілок, піднаметову рослинність та листя (хвою) (рис. 4.4) [176].

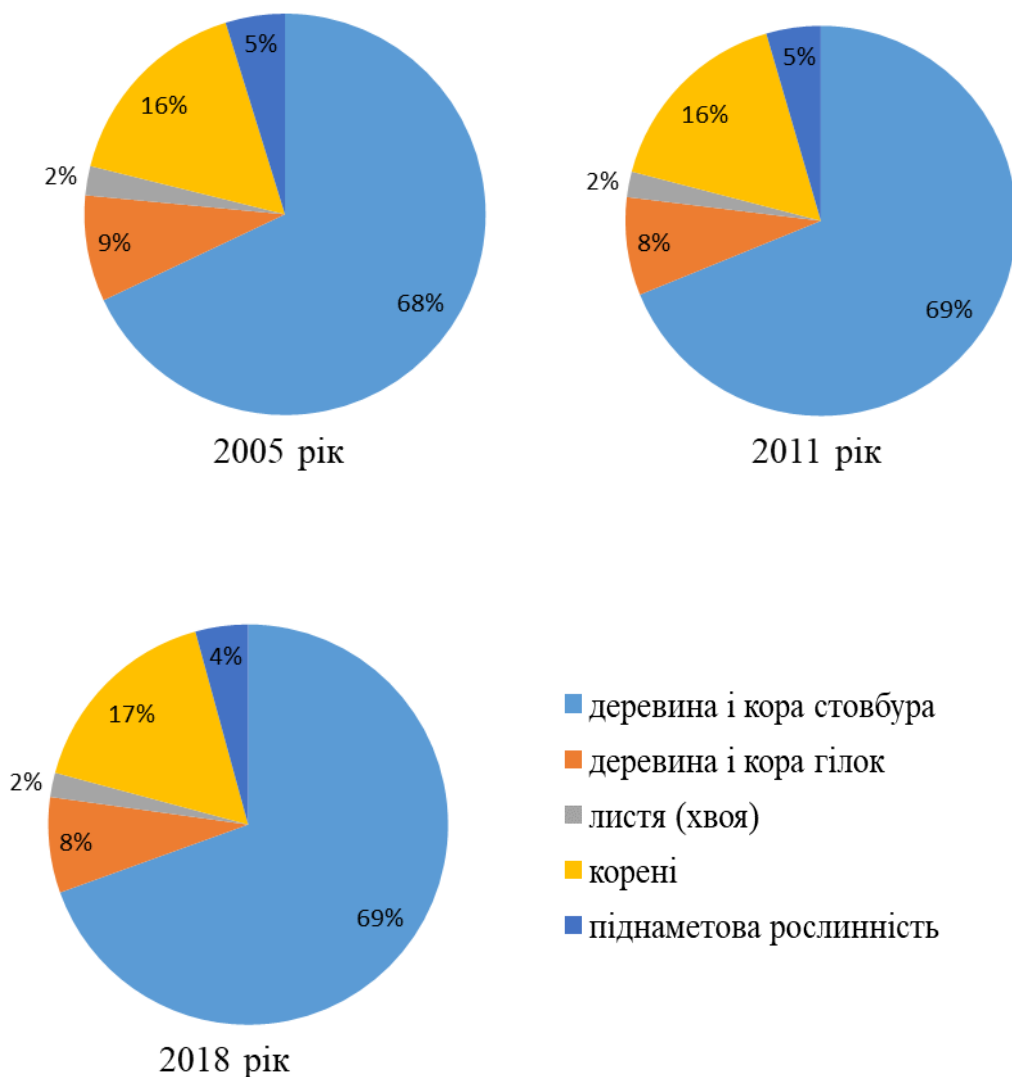


Рис. 4.4. Динаміка структури компонентів фітомаси насаджень Черемського ПЗ

Разом зі збільшенням загального запасу стовбурової деревини протягом досліджуваного періоду частка фітомаси стовбура за період 2005-2018 рр. зросла у загальній структурі насаджень лише на 1,0 % (від 68,0 % у 2005 р. до 69,0 % у 2018 році (див. табл. 4.4)). Ці показники є дещо вищими порівняно із середніми в Україні (в лісах України фітомаса стовбурів становить 66,0 % від загальної фітомаси лісів [124]). Це цілком закономірно, оскільки в лісах Черемського ПЗ переважають середньовікові насадження, які інтенсивно ростуть і швидко накопичують стовбуровий запас. Разом із тим тут присутні

стигли та пристиглі деревостани, запас стовбурової деревини яких найбільший. При цьому, значно меншу частку у структурі компонентів фітомаси лісів Черемського ПЗ становлять кореневі системи, деревина та кора гілок, піднаметова рослинність і зовсім незначну – листя (хвоя) (рис. 4.4).

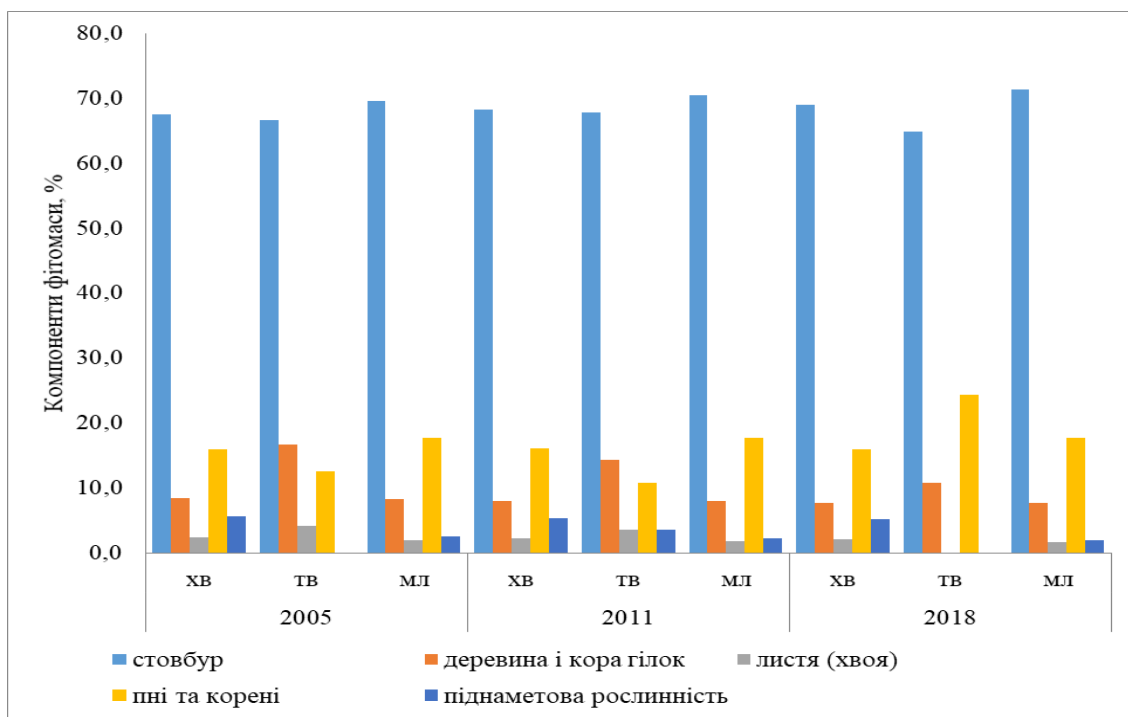


Рис 4.5. Структура компонентів фітомаси за групами головних лісотвірних порід Черемського ПЗ

Варто зауважити, що в загальній структурі компонентів фітомаси насаджень Черемського ПЗ частка деревини і кори гілок удвічі менша від частки корневих систем (8% і 16 % відповідно) (рис. 4.4). За аналізом структури компонентів фітомаси за групами головних лісотвірних порід об'єкта досліджень (рис. 4.5), бачимо, що у твердолистяних порід частка деревини і кори гілок більша від частки корневих систем [176].

4.4. Киснепродуктивність лісів Черемського природного заповідника

Ліс – це найпродуктивніша рослинна формація планети з інтенсивним біологічним кругообігом речовин, надзвичайно складний живий організм, носій

колосальної енергії [10]. Він виступає могутнім природнім чинником, який позитивно впливає на клімат, ґрунти, умови формування поверхневого стоку, піклується про чистоту води, фільтруючи її до джерельної чистоти. Деревна рослинність акумулює сонячну енергію, споживає вуглекислий газ і синтезує органічні речовини, виділяючи при цьому життєдайний кисень; впливає на склад атмосфери, очищаючи її від пилу, кіптяви, сажі, диму та хімічних сполук – відходів виробництва та викидних газів. Ліс – надійний захисник землі, який надає велику користь людині як найбільший виробник чистого, лікувального повітря, як найліпший санітар атмосфери.

Процес утворення органічних сполук з неорганічних (вуглекислого газу та води) за участі світлової енергії, поглинутої хлорофілом, називається фотосинтезом [152]. У процесі фотосинтезу за рахунок розщеплення води в атмосферу виділяється кисень (щорічно близько 200 млрд т) і закріплюється $18,84 \cdot 10^{20}$ Дж енергії [152]. Це надзвичайно складний процес, що передбачає довгу послідовність узгоджених біохімічних реакцій і відіграє важливу роль для кругообігу вуглецю у природі. Фотосинтез – єдиний процес у біосфері, який призводить до засвоєння енергії Сонця і забезпечує існування як рослин, так і всіх гетеротрофних організмів. Він відбувається у вищих рослинах, водоростях, багатьох бактеріях і найпростіших – організмах, відомих разом як фототрофи. Однак понад 60 % кисню виробляє рослинність та її головний компонент – ліс [17]. Лісова рослинність виділяє кисню в 10-15 разів більше, ніж будь-які інші наземні фітоценози. Майже 175 млрд т вуглекислого газу, який витрачається в основному на фотосинтез, щорічно використовують рослини земної кулі [150]. За даними Кучерявого В. П. [61], понад 1 тис. т кисню за 1 рік виробляє 1 км² лісу, тоді як 1 км² степу – близько 0,5 тис. т.

Кількість поглинання лісовими насадженнями вуглекислого газу та виділення кисню в атмосферу прямо пропорційно залежить від кількості їх фітомаси [104]. У разі знищення лісу чи його загибелі на кожний 1 м³ втраченої деревини недоотримується 6 м³ кисню за рік [8].

Середня щільність вуглецю в лісах України – $6,5 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$. Станом на

1996 рік фітомаса становила 1237,2 млн т, в якій було акумульовано \approx 615 млн т вуглецю. Разом із тим, уже у 2002 році загальна фітомаса деревостанів зроста до 1293,6 млн т, а кількість депонованого в ній вуглецю до 640,8 млн т [68, 78].

Ліс це найскладніше і найпотужніше рослинне угруповання. Він впливає на гідрологічний та кліматичний режими місцевості, ґрунтоутворення, флору і фауну. Ліс – дуже важлива складова частина біосфери, акумулятор живої речовини на планеті, утримує в біосфері ряд хімічних елементів і воду, активно взаємодіє з тропосферою й визначає рівень кисневого та вуглецевого балансу [153]. Для Черемського природного заповідника важливе з'ясування особливостей змін лісових екосистем внаслідок осушення, зокрема структури, породного складу та продуктивності лісів зі зміною рівня ґрунтових вод, виявлення особливостей режимів їх функціонування, динаміки накопичення фітомаси та її трансформації, з'ясування можливості пасивного та активного збереження цінних лісових угруповань, продукування кисню лісовими насадженнями та поглинання ними вуглекислоти [81].

Площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок у Черемському природному заповіднику протягом 2005-2018 рр. залишалася незмінною, тоді як запас стовбурової деревини збільшувався від 244,9 тис. м³ у 2005-му році до 336,2 тис. м³ у 2018 році (на 91,3 тис. м³, або на 37,3 %). Відповідно збільшився обсяг загальної фітомаси насаджень на 57,2 тис. т (36,5 %) та акумульованого в ній вуглецю на 28,4 тис. т (36,5 %) і станом на 01.01.2018 р. ці показники становили відповідно 213,8 та 106,2 тис. т [176].

Розрахунки інтенсивності продукування кисню насадженнями Черемського природного заповідника виконано за методикою І. Я. Лієпи [95], яка полягає у визначенні на основі даних про склад загальної фітомаси деревостанів досліджуваного об'єкта за всіма компонентами в абсолютно сухому стані, яка утворюється за певний проміжок часу, кількості кисню, що виділяється в результаті фотосинтезу. Звичайно, точно визначити кількість продукованого кисню не можливо, адже частина його витрачається на розкладання опаду. Проте вона незначна, тому нею нехтуємо.

Встановлено, що киснепродуктивність однієї тонни абсолютно сухої речовини різних порід приблизно однакова і становить: для сосни – 1,393 т, ялини – 1,413 т, берези – 1,393 т, осики – 1,423 т [18, 46, 88, 89]. Тому цей показник у середньому прийняли 1,4. За результатами розрахунків загальної фітомаси насаджень Черемського природного заповідника, показаними (див. дод. М), визначили річну зміну загальної фітомаси на 1 га окремо за періоди 2005-2011 рр. та 2011-2018 рр. Перемноживши річну зміну фітомаси на 1 га на прийнятий коефіцієнт киснепродуктивності однієї тонни абсолютно сухої речовини (1,4), отримали масу виділеного кисню з кожного гектара за один рік. Далі отриманий показник перемножили на площу вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок досліджуваного об'єкта та в результаті одержали загальний обсяг кисню, який продукують насадження Черемського природного заповідника за один рік (табл. 4.6) [26].

Таблиця 4.6

Об'єм кисню, який виділяють насадження Черемського ПЗ

Період лісовпорядку-вання	Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок, га	Запас стовбурної деревини, тис. м ³	Фітомаса		Річна зміна фітомаси, т·га ⁻¹	Обсяг кисню, який виділяє за рік 1 га лісу, т·га ⁻¹	Загальний обсяг кисню, який продукує ліс за 1 рік, т
			усього, тис.т	на 1 га, т·га ⁻¹			
2005	1809,3	244,90	156,6	86,55	2,11	2,95	5345
2011	1809,3	281,64	179,5	99,21			
2018	1809,3	336,20	213,7	118,17	2,71	3,79	6860

Як свідчать наведені дані, разом із підвищенням продуктивності лісів забезпечуються більші обсяги виділення кисню в атмосферу.

Згідно з проведеними розрахунками лісові біоценози Черемського природного заповідника щороку продукують 6860 т кисню (в середньому – $3,79 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$). За розподілом продукування кисню деревостанами Черемського ПЗ у межах груп деревних видів станом на 01.01.2018 р. основний об'єм кисню продукують хвойні насадження (69,8 %), у 2,6 раза менше – м'яколистяні деревостани (27,2 %) (рис. 4.7). Твердолистяні ж деревостани, хоча і вирізняються найвищими показниками щільності фітомаси та вуглецю продукують кисню в Черемському природному заповіднику мізерну кількість (3,0 %), адже під ними знаходяться незначні площі (24,4 га) порівняно з іншими групами деревних видів. Це пояснюється зростанням хвойних лісів на найбільшій території (1254,8 га) із найвищим деревним запасом (254,29 тис. м^3). Частка м'яколистяних та твердолистяних деревостанів у загальному запасі лісових масивів Черемського природного заповідника незначна (77,87 і 4,04 тис. м^3). Тому і кисню вони продукують значно менше (27,2 % і 3,0 % відповідно) [26].

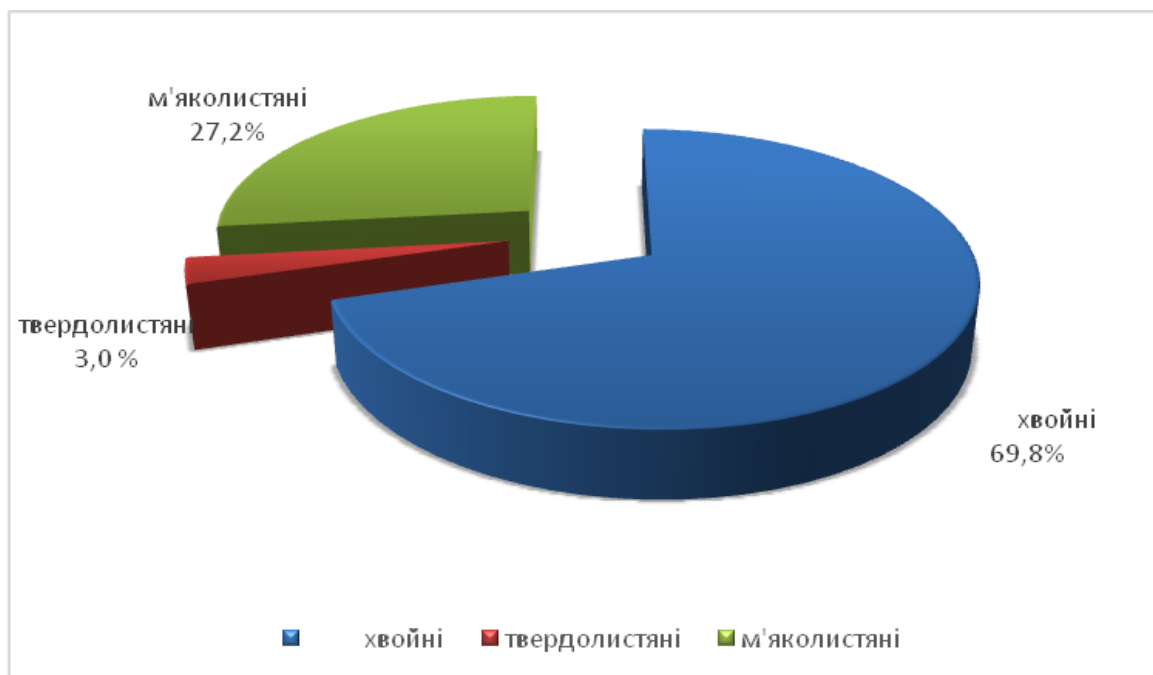


Рис. 4.6. Киснепродуктивність деревостанів Черемського природного заповідника в межах груп лісотвірних видів станом на 01.01.2018 р., %

За наявними даними, більше кисню на одиницю площі виділяють твердолистяні деревостани ($8,20 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$), значно менше – хвойні та м'яколистяні насадження ($3,84 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ і $3,47 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ відповідно) (дод. Н). Оскільки площа та, відповідно, запас хвойних насаджень є найбільшим, то вони є найціннішими з точки зору киснепродуквання в Черемському природному заповіднику, так як щороку виділяють в атмосферу 4821 т кисню, тоді як м'яколистяні деревостани виробляють 1839 т і твердолистяні – лише 200 т кисню.

Варто зауважити, що значний вплив на киснепродукуючу здатність деревостанів виявляє також їх вікова структура. У домінуючій хвойній госпсекції переважають середньовікові насадження, які характеризуються активним ростом і, відповідно, швидко накопичують фітомасу, а отже, й інтенсивніше продукують кисень. Більшість площі деревостанів ($52,3 \%$) мають повноту $0,7-0,8$, зростають за II-III класом бонітету. Хоча в обох групах листяних видів переважають також середньовікові деревостани, із дещо меншою повнотою ($0,6-0,7$) і зростають твердолистяні в основному за II класом бонітету, проте у м'яколистяній групі для вільхи клейкої переважають деревостани I і II класів бонітету, для берези повислої – IV [26].

Незважаючи на те, що отримані дані досить наближені, оскільки киснепродуктивність Черемського природного заповідника обчислена лише за запасом живої біомаси, наведена оцінка киснепродуктивної, а, отже, й екологічної функції лісів Черемського ПЗ тільки підтверджує надзвичайно важливе значення лісових масивів досліджуваного об'єкта у поліпшенні стану повітряного басейну цього регіону [26].

На сьогодні киснепродукуючу функцію лісів вивчають і в інших регіонах України. Так, Сахарук Г. А. встановила, що киснепродуктивність лісів Шацького національного природного парку становить $3,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ за рік [89], Лакида І. П. досліджував міські ліси Києва [62], а Миклуш Ю. С. – ліси зеленої зони м. Львова [114]. За їхніми даними в цих містах показники киснепродуктивності становлять $4,6$ і $4,8 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ відповідно. Ліси

Лісостепової Придніпровської височини щороку продукують 1,2 т кисню з кожного гектара [47]. Найпродуктивнішими виявилися ліси Українських Карпат, які кожен рік виділяють у повітря $7,5 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ кисню [11, 46].

Результати киснепродукувальної функції лісів Черемського природного заповідника ($3,78 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$) порівняно з аналогічними показниками інших регіонів середні для лісорослинної зони Полісся й можуть бути використані також для оцінки лісових ресурсів поряд з іншими показниками екологічного та економічного характеру.

Дані, отримані в результаті розрахунків, дозволяють порівняти цінність деревостанів за їх киснепродуктивною здатністю [18, 46]. Оскільки одночасно з виділенням кисню ліс поглинає вуглекислий газ, оцінка киснепродуктивної функції лісів Черемського природного заповідника слугує чітким підтвердженням їхньої важливості у поліпшенні стану повітряного басейну досліджуваного регіону.

Висновки

1. Під час моделювання залежності компонентів фітомаси дерев і насаджень Черемського природного заповідника від їх основних морфометричних показників, базуючись на основних принципах системного підходу, використано метод множинного регресійного аналізу.

2. Моделювання компонентів фітомаси деревостанів основних лісотвірних деревних видів Черемського природного заповідника виконувалося шляхом встановлення одно- та багатofакторних залежностей компонентів фітомаси від таксаційних ознак насаджень, які представлені в даних лісового кадастру.

3. Значущість впливу факторів на досліджувані компоненти фітомаси оцінювали за довірчими інтервалами коефіцієнтів регресії на 5%-му рівні. В результаті досліджень встановлено, що всі надземні компоненти фітомаси сосни звичайної природного та штучного походження описуються регресійними рівняннями. Незначущими виявилися коефіцієнти детермінації та

інші статистичні показники для стовбурової деревини і кори стовбура берези повислої та вільхи клейкої.

Протягом 2005-2018 рр. площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок залишалася незмінною. Проте запас стовбурової деревини збільшувався від 244,9 тис. м³ у 2005-му до 336,2 тис. м³ у 2018 році (на 91,3 тис. м³, або на 37,3 %). Відповідно збільшився обсяг загальної фітомаси насаджень на 57,2 тис. т (36,5 %) та акумульованого в ній вуглецю на 28,4 тис. т (36,5 %).

4. Найбільша частка у структурі фітомаси насаджень Черемського природного заповідника припадає на хвойні деревостани – 72,5 %, значно менша – на м'яколистяні (25,8 %) і найменша – на твердолистяні насадження (1,7 %).

5. Середня щільність фітомаси та вуглецю в лісах Черемського ПЗ протягом 13 років поступово набували все більших значень (від 8,7 кг·(м²)⁻¹ до 11,8 кг·(м²)⁻¹ для фітомаси та від 4,3 кг·(м²)⁻¹ до 5,9 кг·(м²)⁻¹ для вуглецю).

Щільність вуглецю в лісах Черемського природного заповідника для вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок станом на 2018 рік у середньому досягала 5,9 кг·(м²)⁻¹. Найближчим до середнього значення цей показник виявився у хвойних деревостанах (6,1 кг·(м²)⁻¹), найнижшим – у м'яколистяних (5,2 кг·(м²)⁻¹) і найвищим (7,6 кг·(м²)⁻¹) – у твердолистяних насадженнях.

Щільність вуглецю інтенсивніше зростає у твердолистяних деревних видів (від 5,1 кг·(м²)⁻¹ у 2005-му до 7,6 кг·(м²)⁻¹ у 2018 році), менш інтенсивно – у хвойних (від 4,5 кг·(м²)⁻¹ у 2005-му до 6,1 кг·(м²)⁻¹ у 2018 році) та м'яколистяних (від 3,8 кг·(м²)⁻¹ у 2005-му до 5,2 кг·(м²)⁻¹ у 2018 році) деревних видів.

За досліджуваний період у лісах Черемського природного заповідника щільність фітомаси деревостанів та депонованого в ній вуглецю зросли в 1,4 раза за рахунок перерозподілу у віковій структурі лісових насаджень та, як результат, збільшення середнього запасу на 1 га.

7. Лісові біоценози Черемського природного заповідника щороку

продукують 6860 т кисню (в середньому – $3,78 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$). Основний об'єм кисню продукують хвойні насадження (69,8 %). Це пояснюється зростанням хвойних лісів на найбільшій території (1254,8 га) із найвищим деревним запасом (254,29 тис. м^3). Частка м'яколистяних і твердолистяних деревостанів у загальному запасі лісових масивів Черемського природного заповідника незначна (77,87 і 4,04 тис. м^3). Тому і кисню вони продукують значно менше (27,2 % і 3,0 % відповідно). Більше кисню на одиницю площі виділяють твердолистяні деревостани ($8,20 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$), значно менше – хвойні ($3,84 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$) та м'яколистяні ($3,47 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$) насадження.

Основні положення розділу висітлені у публікаціях:

1. Гоцик О. С., Лакида П. І., Сахарук Г. А. Моделі конверсійних коефіцієнтів компонентів фітомаси деревостанів Черемського природного заповідника. Екосистемні послуги лісів та урболандшафтів : матеріали міжнародної науково-практичної конференції Національний університет біоресурсів і природокористування України, ННІ лісового і садово-паркового господарства, 2021. С. 32-33 [25].

2. Гоцик О. С., Матушевич Л. М., Сахарук Г. А. Киснепродуктивність деревостанів Черемського природного заповідника. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Наближене до природи лісівництво: проблеми та перспективи» (25-26 квітня 2024 р.). Київ : НУБіП України, 2024. С. 47-48. Програма конференції. Тези доповідей. URL : https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/tezy_april_25_kyiv_nubip_2.pdf [26].

3. Hotsyk O. Bioproductivity of the forests of the Cheremsky Nature Reserve. Ukrainian Journal of Forest and Wood Science. Vol. 13, No. 3, 2022. URL : [https://doi.org/10.31548/forest.13\(3\).2022.32-40](https://doi.org/10.31548/forest.13(3).2022.32-40) [176].

ВИСНОВКИ

1. Протягом 2005-2018 рр. запас стовбурової деревини збільшувався з 244,9 тис. ·м³ у 2005 році до 336,2 тис. ·м³ у 2018 році (на 91,3 тис. м³, або на 37,3 %). Відповідним чином збільшився й об'єм загальної фітомаси деревостанів на 57,2 тис. т (36,5 %) та накопиченого в ній вуглецю на 28,4 тис. т (36,5 %).

2. Найвагоміша частка в структурі фітомаси лісостанів заповідника приходить на хвойні лісостани – 72,0 %, значно менша – на м'яколистяні (26,0 %) і найменша – на твердолистяні насадження (2,0 %).

3. Середня щільність фітомаси та вуглецю в лісах Черемського ПЗ протягом 13 досліджуваних років поступово зростали: від 8,7 кг·(м²)⁻¹ до 11,1 кг·(м²)⁻¹ для фітомаси та від 4,3 кг·(м²)⁻¹ до 5,5 кг·(м²)⁻¹ для вуглецю.

4. Щільність вуглецю в лісах Черемського природного заповідника для вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок станом на 2018 рік у середньому досягає 5,5 кг·(м²)⁻¹. Найближчим до середнього значення цей показник виявився у хвойних деревостанах (6,0 кг·(м²)⁻¹), найнижшим – у м'яколистяних (4,4 кг·(м²)⁻¹) і найвищим (6,3 кг·(м²)⁻¹) – у твердолистяних насадженнях.

5. Щільність вуглецю більш інтенсивно зростає у хвойних (від 4,5 кг·(м²)⁻¹ у 2005 р. до 6,0 кг·(м²)⁻¹ у 2018 р.) та твердолистяних деревних видів (від 5,1 кг·(м²)⁻¹ у 2005 р. до 6,3 кг·(м²)⁻¹ у 2018 р.), а в м'яколистяних – менш інтенсивно (лише на 0,6 кг·(м²)⁻¹).

6. За досліджуваний період у лісах заповідника щільність фітомаси деревостанів та депонованого в ній вуглецю зросли в 1,4 рази за рахунок перерозподілу у віковій структурі лісових насаджень та, як результат, збільшення середнього запасу на 1 га.

7. Лісові біоценози Черемського природного заповідника щороку продукують 6989 т кисню (в середньому – 4,2 т·га⁻¹). Основний об'єм кисню продукують хвойні насадження (91,8 %), так як вони зростають тут на найбільшій території (1099,9 га) і мають найвищий деревний запас

(218,42 тис. м³). Частка ж м'яколистяних та твердолистяних деревостанів у загальному запасі лісових масивів заповідника незначна (66,53 і 4,65 тис. м³), тому і кисню вони продукують значно менше (6,1 % і 2,1 % відповідно). На одиницю площі більше кисню виділяють також хвойні деревостани (6,2 т·га⁻¹), трошки менше твердолистяні – 5,3 т·га⁻¹, в той час, як м'яколистяні насадження продукують кисню лише 0,8 т·га⁻¹.

8. Виконані дослідження лісових масивів Черемського природного заповідника демонструють позитивну динаміку накопичення об'ємів фітомаси та депонованого в ній вуглецю (36,5 % упродовж 13 досліджуваних років). У перспективі дослідження будуть направлені на прогнозування підвищення біопродуктивності насаджень даного об'єкта з метою покращення виконання ними екологічних функцій та встановлення можливостей їх впливу на навколишнє середовище.

РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ

Для використання на виробництві запропоновано комплекс нормативів для оцінки фітомаси, депонованого вуглецю та генерованого кисню у деревостанах Черемського природного заповідника, а саме:

- математичні моделі динаміки та довідкові таблиці обсягів компонентів фітомаси деревостанів головних лісотвірних порід Черемського природного заповідника (абсолютно сухий стан);
- конверсійні коефіцієнти відношення компонентів фітомаси насаджень до їх запасу в корі;
- нормативи вмісту вуглецю у фітомасі деревостанів головних лісотвірних порід Черемського природного заповідника та його динаміки;
- нормативи киснепродуктивності деревостанів головних лісотвірних порід Черемського природного заповідника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абдулоєва О. С., Соломаха В. А. Фітоценологія. Київ : Фітосоціоцентр, 2011. 450 с.
2. Асоціація природоохоронних територій України. Черемський природний заповідник. URL: http://www.zapovidnyk.org/p/blog-page_9424.html
3. Бала О. П. Система моделювання оцінки та прогнозу росту штучних мішаних дубових деревостанів Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.02 / Бала Олександр Петрович. Київ, 2004. 184 с.
4. Бала О. П., Лакида П. І. Моделювання динаміки таксаційних показників штучних модальних дубових деревостанів Лісостепу України. Науковий вісник НАУ. Зб. наук. праць. Київ : Національний аграрний університет, 2004. №71. С. 158-165.
5. Биченко В. Б., Миронюк В. В., Лакида П. І., Бурянчук М. М. Моделювання якісної структури стовбурів сосни звичайної за допомогою випадкового процесу. Ukrainian Journal of Forest and Wood Science. Том 12, № 3, 2021. С. 6-20.
6. Білоус А. М. Якісні параметри компонентів фітомаси крон дерев осики у деревостанах східного Полісся України. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2009, вип. 19.4. С. 29-34.
7. Бокоч В. В., Лакида П. І., Василишин Р. Д., Терентьев А. Ю. Моделювання показників компонентів фітомаси деревостанів Карпатського НПП. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Лісівництво та декоративне садівництво. 2012. Вип. 171(2). С. 18-25.
8. Букша І. Ф. Внесок лісового господарства України у зменшення ризику зміни клімату. Деякі аспекти глобальної зміни клімату в Україні. Київ : [б. в.], 2002. С. 132–148.
9. Бумблаускіс Т. Функціонування органічного речовини рослинності в екосистемах Литви. Клайпеда : Клайпедський

університет, 1996. 212 с.

10. Вакулюк П. Г. Нариси з історії лісів України. Фастів : Поліфаст, 2000. 624 с.

11. Васишин Р. Д. Продуктивність та еколого-енергетичний потенціал лісів Українських Карпат : дис. ... д-ра с.-г. наук : спец. 06.03.02. «Лісовпорядкування та лісова таксація». Київ, 2014. 350 с.

12. Вдосконалення структури науково-дослідної бази даних для оцінки фітомаси / Лакида П. І., Петренко М. М., Колосок О. М. та ін. Науковий вісник НАУ. Збірник наукових праць. Київ : Національний аграрний університет, 2005. №83. С. 147-151.

13. Використання недеревних ресурсів лісу як складова сталого ведення лісового господарства: Огляд міжнародних угод та національного законодавства України / Н. С. Стрямець, Маріне Елбакідзе, В. П. Рябчук [та ін.]. Наук. вісник Національного лісотехн. ун-ту України: зб. наук.-техн. праць. 2010. Вип. 20.16. С. 201-207.

14. Вступ до планування оптимального експерименту : Навч. посібн. для студ. спец. 092502 – Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва. Укл.: Статюха Г. О., Складанний Д. М., Бонаренко О. С. Київ : ІВЦ «Політехніка», 2011. 117 с.

15. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор: монографія / Швиденко А. З., Лакида П. І., Щепашенко Д. Г. та ін. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М. 2014. 283 с.

16. Гаркавий В. К. Статистика. Київ : Вища шк., 1995. 415 с.

17. Генсірук С. А. Ліси України. Наукове товариство ім. Шевченка, Український державний лісотехнічний університет. Львів : [б. в.], 2002. 496 с.

18. Гірс О. А. Киснепродуктивне значення модальних соснових деревостанів рекреаційних лісів Києва. Екологія і довкілля. Збірник науково-технічних праць. Науковий вісник НЛТУ України, 2012. Вип. 22.10. С. 57-63.

19. Гірс О. А. Стиглість деревостанів та використання деревних ресурсів у лісах різного функціонального призначення. Монографія. Корсунь-

Шевченківський : Вид-во Майдаченко І. С. 2011. 316 с.

20. Гірс О. А., Гайчук С. І. Особливості таксації перестійних букових дерев та деревостанів Українських Карпат. Монографія. Київ : ЦП «Компринт», 2020. 182 с.

21. Горошко М. П, Миклуш С. І., Хомюк П. Г. Біометрія: навчальний посібник. Львів : Камула, 2004. 236 с.

22. Гоцик О. С. Проблеми збереження біорізноманіття Черемського природного заповідника в умовах кліматичних змін. Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садовопаркового господарства, урбоекнології та фітомеліорації : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 4-5 квітня 2019 р.). Львів, НЛТУ України, 2019. С. 102-104.

23. Гоцик О. С. Черемський природний заповідник як ланка в ланцюгу самовідновлення біосфери. Науковий вісник Національного університету біоресурсів в природокористування України. 2018. Вип. 288. С. 34-41. URL : <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lisivnytstvo/article/view/12725>.

24. Гоцик О. С., Лакида П. І., Сахарук Г. А. Динаміка площ та запасів головних лісотвірних порід Черемського природного заповідника. Аспекти сталого розвитку лісового, сільського, водного та енергетичного господарств зони Полісся України : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (08 квітня 2021 р.). Житомир : ЖАТК, 2021. С. 175-177.

25. Гоцик О. С., Лакида П. І., Сахарук Г. А. Моделі конверсійних коефіцієнтів компонентів фітомаси деревостанів Черемського природного заповідника. Екосистемні послуги лісів та урболандшафтів : міжнародна науково-практична конференція. Національний університет біоресурсів і природокористування України, ННІ лісового і садово-паркового господарства, 2021. С. 32-33.

26. Гоцик О. С., Матушевич Л. М., Сахарук Г. А. Киснепродуктивність деревостанів Черемського природного заповідника. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Наближене до природи

лісівництво: проблеми та перспективи» (25-26 квітня 2024 р.). Київ : НУБіП України, 2024. С. 47-48. Програма конференції. Тези доповідей. URL : https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/tezy_april_25_kyiv_nubip_2.pdf

27. Гоцик О. С., Сахарук Г. А. Вікова структура лісів Черемського природного заповідника. «Стале управління лісовим комплексом та збалансований розвиток урболандшафтів» : матеріали міжнародної науково-практичної конференції Національний університет біоресурсів і природокористування України, ННІ лісового і садово-паркового господарства, НДІ лісівництва та декоративного садівництва (27 березня 2018 р.). Київ: НУБіП України ННІ ЛіСПГ, 2018. – С. 28-29.

28. Гоцик О. С., Сахарук Г. А. Експериментальні дослідження біопродуктивності лісів Черемського природного заповідника. Проблеми розвитку лісової таксації, лісовпорядкування та інвентаризації лісів : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції Національний університет біоресурсів і природокористування України, ННІ лісового і садово-паркового господарства, НДІ лісівництва та декоративного садівництва (м. Київ, 6-8 грудня 2018 р.). м. Київ : НУБіП України ННІ ЛіСПГ, 2018. С. 54-55.

29. Гоцик О. С., Сахарук Г. А., Блищик В. І., Лакида П. І. Інформаційне забезпечення процесу моделювання біопродуктивності лісів Черемського природного заповідника. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2020, т. 30, № 4. С. 31-36. URL : https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2020/30_4/7.pdf

30. Грищенко І. М., Григоренко О. М., Борисейко В. О. Основи наукових досліджень : навч. посібн. Київ : Нац. торг.-екон.ун-т, 2001. 186 с.

31. Грищук Ю. С. Основи наукових досліджень: Навч. посібник. Харків : НТУ «ХП», 2008. 232 с.

32. Гром М. М. Лісова таксація : підручник [3-тє вид.]. Львів : РВВ НЛТУ України, 2010. 416 с.

33. Дзедзасхвили Г. С., Апциаури Ш. А. Оценка фитомассы крон хвойных пород горных лесов Закавказья и ее использование в народном

хозяйстве. Лесная таксация и лесоустройство : межвуз. научн. тр. Каунас : ЛитСХА, 1988. С. 60–69.

34. Дідух Я. П., Альошкіна У. М. Оцінка енергетичного балансу екосистем м. Києва та його зеленої зони. Український фітоценологічний збірник, 25, 2007. С. 48-56.

35. Дідух Я. П., Коніщук В. В. Чи буде створено Черемський природний заповідник? Жива Україна. 2001. №5-6. С. 12.

36. Домашовець Г. С., Терентьєв А. Ю. Вплив лісорослинних умов на накопичення живої органічної речовини в лісах Львівщини. 2011.

37. Домашовець Г. С. Моделювання показників загальної фітомаси головних лісотвірних порід Львівщини. Науковий вісник національного аграрного університету. 2008. № 122. С. 137-145.

38. Дубровець Б. В. Експериментальна база дослідних даних для оцінки біопродуктивності лісів НПП «Голосіївський». Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво. 2016. № 255. С. 46-53.

39. Заверуха Н. М., Серебряков В. В., Скиба Ю. А. Основи екології: Навч. посібн. URL: http://dkrkm.org.ua/NMK/Zarbalieva/Studmed.ru_zaveruhannmserebryakov-vv-skiba-yua-osnovi-ekologiyi_bb38b820ffc.pdf

40. Задорожний А. І. Структура надземної фітомаси букових і ялинових деревостанів Полонинського хребта Українських Карпат : автореф. дис. ... канд. с.-г. : 06.03.02. Львів, 2021. 24 с.

41. Зелень деревна. Технічні умови : ДСТУ 8162:2015. Дата початку дії 01.01.2017. Дата прийняття 22.06.2015.

42. Иевинь И. К., Гейне В. Е. Промышленная заготовка древесной зелени. Рига : Зинатне, 1966. 83 с.

43. Інформаційний лист. Структура та методи використання наукової бази даних «Фітомаса лісів України» / Петренко М. М., Лакида П. І., Колосок О. М. та ін. Київ : Логос, 2005. 19 с.

44. Калинин М. И. Моделирование лесных насаждений. Львов :

Высшая шк., 1978. 207 с. (Биометрия и стереометрия).

45. Кашпор С. М., Строчинський А. А., Березівський Л. М. Біометрія. Робоча програма : [методичні вказівки до лабораторних занять і самостійної роботи студентів]. Київ : НАУ, 2002. 58 с.

46. Киснепродуктивність дібров Українського Полісся // Лакида І. П., Бала О. П., Матушевич Л. М. та ін. Тез. Доп. Міжнародної наук.-практ. конф. «Стале управління лісовим комплексом та збалансований розвиток урболандшафтів» (Київ, 27 березня 2018 р., НУБіП України). Київ : ЦП «Компринт», 2018. С. 33-34.

47. Ковалевський С. С. Біопродуктивність лісів Лісостепової Придніпровської височини в умовах техногенного навантаження на довкілля : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.03.02. «Лісовпорядкування та лісова таксація». Київ, 2016. – 23 с.

48. Ковалевський С. С. Вплив лісів на стабілізацію та поліпшення стану навколишнього середовища міста Біла Церква. Науковий вісник національного лісотехнічного університету України. Львів, 2015. Том 25, № 4. С. 40-44.

49. Ковальська С. С. Експериментальна база даних дослідження рослинної біомаси штучних соснових деревостанів південного придніпровського Полісся. Науковий вісник національного лісотехнічного університету України. Львів, 2016. Том 26, № 1. С. 93-97.

50. Козаченко Н. П. Що таке модель і яка від неї користь філософу? Актуальні проблеми духовності : зб. наук. праць / Ред. : Шрамко Я. В. / Кривий Ріг, 2018. Вип. 19. с. 113–131.

51. Козьяков С. Н. Научные основы учета недревесного растительного сырья в процессе лесоустройства : автореф. дис. ... д ра с.-х. наук : спец. 06.03.02 «Лесоустройство и лесная таксація». Киев, 1984. 50 с.

52. Козьяков С. Н., Горобчук Н. Ф., Мамушкин Г. С. К вопросу заготовки хвойной лапки в Полесье УССР. Биология лесных насаждений. Киев : [б. и.], 1980. С. 100-102.

53. Козьяков С. Н., Рафальская Л. П., Щербина А. Г. Нормативные

таблицы выхода технической зелени в равнинных лесах УССР : информ. письмо. Киев : Украинская сельскохозяйственная академия, 1984. 9 с.

54. Колодницький М. М. Основи теорії математичного моделювання систем : [навч.-довід. посіб. для студ. вищих навч. закладів]. Житомир : ЖІТІ, 2001. 718 с.

55. Коніщук В. В. Раритетна компонента біорізноманіття Черемського природного заповідника. Науковий вісник Волинського державного університету ім. Лесі Українки, 2007. № 11 (Ч. II). С. 125-132.

56. Коніщук В. В., Пащук С. І. Перлина Волинського Полісся. Луцьк, 2003. 28 с.

57. Краснов В. П., Бузун В. О. Лісова дослідна справа на Поліссі України. Житомир : « Полісся », 2005. 200 с.

58. Крилова Т. В. Початки математичного моделювання : [наукові основи навчання]. Киев : [б. в.], 1997. 278 с.

59. Крона дерева: промышленное и рекреационное использование / авт. текста А. В. Грищенко и др. Львов : Выща шк., 1985. 167 с.

60. Крушельницька О. В. Методологія та організація наукових досліджень : навч. посіб. Київ : Кондор, 2006. 206 с.

61. Кучерявий В. П. Фітомеліорація: навч. посібн. Львів : Світ, 2003. 540 с.

62. Лакида І. П. Біопродуктивність штучних соснових деревостанів міських лісів Києва та її динаміка: [монографія]. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М., 2014. 187 с.

63. Лакида П. И. Зависимость между биометрическими параметрами ствола и кроны деревьев сосны. Лесоводство и агролесомелиорация. Киев : Урожай, 1986. Вып. 73. С. 30-33.

64. Лакида П. И. Моделирование динамики древесной зелени в искусственных сосняках Полесья УССР. Совершенствование ведения лесного хозяйства и защитного лесоразведения : сб. науч. трудов. Киев : Украинская сельскохозяйственная академия, 1988. С. 90-92.

65. Лакида П. И., Матейко И. М., Оборская А. Э., Василишин Р. Д. Нормативы оценки компонентов надземной фитомассы деревьев ясеня обыкновенного правобережной лесостепи Украины. Наукові праці Лісівничої академії наук України, 2012. Випуск 10. С. 115-119.

66. Лакида П. И. Моделирование динамики компонентов фитомассы древостоев. Совершенствование ведения хозяйства в лесах Украины и Молдавии. Тез. докл. уч. респ. научно-техн. конф. Киев : Изд. УСХА, 1990. С. 132-134.

67. Лакида П. І, Магушевич Л. М. До методики оцінки індексу листової поверхні насаджень. Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання» (23-24 квітня 2015 року). Київ : «ЦП «Компринт», 2015. С. 49-50.

68. Лакида П. І. Динаміка депонованого вуглецю в лісостанах України. Науковий вісник. Зб. наук.-техн. праць. Львів : УкрДЛТУ, 2004. Вип. 14.4. С. 140-142.

69. Лакида П. І. До таксації дослідних відрізків деревних стовбурів. Лісовий журнал, 1993. № 3. С. 22-23.

70. Лакида П. І. Методичні аспекти оцінки річного стоку вуглецю в лісових насадженнях. Науковий вісник НАУ: зб. наук. праць. Сер. : Лісівництво. Київ : Вид-во НАУ, 1998. Вип. 8. С. 221-227.

71. Лакида П. І. Продуктивність лісових насаджень України за компонентами надземної фітомаси : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування та лісова таксація». Київ, 1997. 48 с.

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

73. Лакида П. І., Білоус А. М., Василишин Р. Д. Осичники Східного Полісся України – надземна фітомаса та депонований вуглець : монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І. С., 2010. 255 с.

74. Лакида П. І., Блищик В. І., Блищик І. В. Первинна продукція

клеюковільхових лісів Українського Полісся : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М., 2017. 245 с.

75. Лакида П. І., Блищик І. В. Фітомаса вільшняків Західного Полісся України : монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І. С., 2010. 237 с.

76. Лакида П. І., Бокоч В. В., Васишин Р. Д., Терентьєв А. Ю. Біопродуктивність лісових фітоценозів Карпатського національного природного парку : монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М., 2015. 154 с.

77. Лакида П. І., Букша І. Ф., Пастернак В. П. Зменшення ризику глобальної зміни клімату шляхом депонування вуглецю при лісорозведенні та лісовідновленні в Україні. Науковий вісник НАУ, 2004. № 79. С. 212-217.

78. Лакида П. І., Васишин Р. Д. Перспективи використання біомаси лісів України для біоенергії. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість: міжвід. наук.-техн. зб. Львів : РВВ НЛТУ України, 2006. Вип. 30. С. 225-228.

79. Лакида П. І., Васишин Р. Д., Васишин О. М. Надземна фітомаса та вуглецево-енергетичний потенціал ялицевих деревостанів Українських Карпат : монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М., 2010. 240 с.

80. Лакида П. І., Васишин Р. Д., Мельник О. М. Вуглецедепонувальна функція лісів у межах національних природних парків Українського Полісся. Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VII Міжнародний конгрес, 12-14 жовтня 2022, Україна Львів : Збірник матеріалів. Київ : Яроченко Я. В., 2022. с. 46.

81. Лакида П. І., Гоцик О. С. Структура, породний склад та продуктивність лісів Черемського природного заповідника. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України, 2019. Т. 29, № 3. С. 9-12.

82. Лакида П. І., Домашовець Г. С. Біопродуктивність лісів Львівщини

та їх динаміка: [монографія]. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І. С., 2009. 235 с.

83. Лакида П. І., Дубровець Б. В. Ліси Національного природного парку «Голосіївський»: біопродуктивність та екологічні функції : монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І. С., 2020. 151 с.

84. Лакида П. І., Кравець П. В., Володимиренко В. М., Маурер В. В. Основи інформатики. Робоча програма, методичні поради та контрольні завдання для студентів лісогосподарського факультету, факультету садово-паркового господарства та ландшафтної архітектури. Київ, НАУУ, 2003. 16 с.

85. Лакида П. І., Лашенко А. Г., Лашенко М. М. Біологічна продуктивність дубових деревостанів Поділля: [монографія]. Київ : ННЦ ІАЕ, 2006. 196 с.

86. Лакида П. І., Матушевич Л. М. Фітомаса березових лісостанів Українського Полісся : монографія. Київ : ННЦІАЕ, 2006. 228 с.

87. Лакида П. І., Матушевич Л. М. Фітомаса крони дерев берези повислої в різних умовах місцезростання. Аграрна наука і освіта. Київ : НАУ, 2002. Т. 3. № 3-4. С. 55-59.

88. Лакида П. І., Мельник О. М., Васишин Р. Д. Біопродуктивність лісових фітоценозів Національного природного парку «Прип'ять-Стохід». Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП І. С. Майдаченко, 2019. 182 с.

89. Лакида П. І., Сахарук Г. А. Біопродуктивність лісів Шацького національного природного парку. Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП В. М. Гаврищенко, 2013. 151 с.

90. Лакида П. І., Сензюк Р. В., Морозюк О. В. Ліси Полтавщини: біопродуктивність і динаміка : [монографія]. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І. С., 2011. 219 с.

91. Лакида П. І., Смолін В. О. Ресурсний потенціал та структура клейковільхових деревостанів Українського Полісся. Наукові праці Лісівничої академії наук України, 2023. Вип. 25. С. 128-137.

92. Лакида П. І., Смолін В. О., Тищенко О. М., Ярощук М. О. Стан та

продуктивність м'яколистяних деревостанів Українського Полісся в умовах змін клімату. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми лісового господарства та екології: шляхи вирішення» (Факультету лісового господарства та екології – 20 років) (7-8 жовтня 2021 року). Житомир, 2021. С. 108-109.

93. Лакида П. І., Юдицький Я. А. Оцінка середньої щільності фракцій деревного стовбура. Лісовий журнал, 1993. № 6. С. 25-26.

94. Левченко В. Б., Куркуленко О. М., Соботович А. Л., Зозуля Є. В. Екологічне та лісівниче значення боліт Житомирського Полісся. Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Лісова типологія як основа наближеного до природи лісівництва» (9-12 жовтня 2019 року). Київ, 2019. С. 53-54.

95. Лиєпа И. Я. Динамика древесных запасов. Прогнозирование и экология. Рига : Зинатне, 1980. 172 с.

96. Листяні деревостани України: фітомаса та експериментальні дані: монографія / П. І. Лакида та ін. Корсунь-Шевченківський : ФОП В. М. Гаврищенко, 2017. 483 с.

97. Лісівництво. Підручник / Яворовський П. П., Сендонін С. Є., Левченко В. В. та ін. Київ : НУБіП України, 2021. 654 с.

98. Лісівничо-екологічний потенціал дібров Полісся України. Монографія / Лакида П. І., Бала О. П., Матушевич Л. М. та ін. Корсунь-Шевченківський : ФОП І. С. Майдаченко, 2018. 206 с.

99. Лотиш І. Математичні та програмні аспекти моделювання вікової структури розвитку двовидового лісу. Електронний науковий архів Науково-технічної бібліотеки Національного університету «Львівська політехніка», 2014. С. 193199. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/25941/1/27-193-199.pdf>

100. Матушевич Л. М. Лакида П. І. Киснепродукувальне та вуглецеводепонувальне значення березняків. Матер. міжн. наук.-практ. конф. присвяч. 150-річчю витоків каф. лісівництва НЛТУ України «Лісівництво

України в контексті світових тенденцій розвитку лісового господарства». Львів : НЛТУ України, 2006. С. 136-138.

101. Матушевич Л. М. Нормативи оцінки компонентів фітомаси крони дерев берези повислої. Науковий вісник НЛТУ України, 2002. С.118–123.

102. Матушевич Л. М. Оцінка деяких показників листяної фракції фітомаси дерев берези. Науковий вісник Національного аграрного університету: Зб. наукових праць. Вип. 17. Київ, 1999. С. 284-289.

103. Матушевич Л. М. Первинна продукція деревостанів Східного Полісся України : монографія. Київ : «ЦП «КОМПРИНТ», 2023. 581 с.

104. Матушевич Л. М., Лакида П. І. Біометричні моделі деяких складників фотосинтезувального апарату дерев берези повислої. Науковий вісник НАУ. Зб. наук. праць. Київ : НАУ, 2006. № 96. С. 146-153.

105. Матушевич Л. М., Лакида П. І. Індекс площі листкової поверхні дубових насаджень Східного Полісся України. Наукові праці лісівничої академії наук України: збірник наукових праць. Львів, ТзОВ «Фірма «Камула», 2014. Вип. 12. С. 148-153.

106. Матушевич Л. М., Лакида П. І. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси лісостанів берези повислої. Науковий вісник. Зб.наук.-техн. праць. Львів : УкрДЛТУ, 2004. Вип. 14.6. С. 197-201.

107. Матушевич Л. М., Лакида П. І. Оцінювання первинної продукції деревини гілок сосни звичайної, берези повислої та дуба звичайного в Східному Поліссі України. Тези доп. уч. Міжнародної наук.-практ. конф. «Ліси та урбоекосистеми України в умовах війни: стан, збереження та відновлення», 18 листопада 2022 року, Київ : НУБіП України. С. 59-60.

108. Матушевич Л. М., Лакида П. І. Параметрична структура листя окремих видів мяколистяних порід. НЛТУ України, 2014. Вип. 24.07. С. 61-67.

109. Маценко В. Г. Основи математичного моделювання : [навчальний посібник]. Чернівці : Рута, 2004. 60 с.

110. Медведєва О., Кропівний В., Мірзак Т., Немировський Я. Системний аналіз якості навколишнього середовища : навч. посіб. М-во освіти

та науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2021. 86 с.

111. Мельник О. М. Експериментальна база даних дослідження лісів Національного природного парку «Прип'ять-Стохід». *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. Київ, 2015. Вип. 216. Ч. 1. С. 30-36.

112. Мигаль А. В., Бокоч В. В. Недревні ресурси: навч. посіб. Ужгород : Вид-во УжНУ «Говерла», 2017. 128 с.

113. Миклуш С. І. Моделювання росту насаджень за матеріалами по видільної бази даних. *Науковий вісник національного аграрного університету*. Київ, 2007. № 106. С. 191-200.

114. Миклуш Ю. С. Лісівничо-рекреаційні особливості лісів зеленої зони м. Львова та організація сталого господарства в них: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.03.02. «Лісовпорядкування та лісова таксація», 2013. 20 с.

115. Миронюк В. В. Інвентаризація рівнинних лісів України за даними супутникової зйомки. Монографія. Харків : АТ «Харківська книжкова фабрика «ГЛОБУС», 2020. 240 с.

116. Миронюк В. В., Свинчук В. А., Біолоус А. М., Васишин Р. Д. Лісова таксація : навч. посіб. Київ : національний університет біоресурсів і природокористування України, 2019. С. 220.

117. Миронюк В., Поліщук В. Порівняльний аналіз різних підходів до моделювання твірної стовбурів берези повислої. *Електронний наук. журнал «Лісове і садово-паркове господарство»*. 2016. № 9. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgos_2016_9_9.

118. Моделирование продуктивности древостоев Словацких и Украинских Карпат / Пастернак В. П., Букша И. Ф., Букша М. И. и др. Український ордена «Знак Пошани» НДІ лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького Держкомлісгоспу та НАН України. *Науково-виробниче видання «Лісовий журнал»*, 2011. № 2. С. 58-62.

119. Морзе Н. В., Барна О. В., Вембер В. П. Інформатика : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закладів. Київ : УОВЦ «Оріон», 2017. 208 с.

120. Мусієнко С. І. Лісова кліматологія: конспект лекцій для студентів денної форми навчання освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 206 – Садово-паркове господарство. Харків : Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 2019. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/187144143.pdf>

121. Нагимов З. Я. Фитомасса крон, хвои и древесной зелени в сосняках среднего Урала. Лесная таксация и лесоустройство : межвуз. научн. тр. Каунас : ЛитСХА, 1988. С. 101-108.

122. Наукове моделювання URL : [https://uk.wikipedia.org/wiki/ Наукове_моделювання](https://uk.wikipedia.org/wiki/Наукове_моделювання).

123. Науково-практичні рекомендації щодо оцінки ефективності використання лісових ресурсів на основі комплексного визначення їх потенціалу в розрізі регіонів / Торосов А. С., Жежжун І. М., Калашніков А. О. та ін. Харків : УкрНДЦЛГА, 2019. 52 с.

124. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 1996 році. Мін-во охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України. Київ : Вид-во Раєвського, 1996. С. 25-28.

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

126. Ніжаловський Ю. В., Кондратюк Н. В., Колісник М. А. Оцінка продуктивності вікових насаджень сосни звичайної в суборевих типах лісу ДП «Березнівське ЛГ». Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої пам'яті професора А. І. Гузія. (Житомир, 25 вересня 2020 р.). Житомир, 2020. С. 54-55.

127. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України : довідник (нормативно-виробниче видання) / Під редакцією Лакиди П. І. Київ : Видавничий дім «ЕКО-інформ», 2011. 192 с.

128. Орлова Л. Д., Власенко Є. М., Коваль О. В. Основні аспекти

вивчення кругообігу речовин за участю різних типів фітоценозів. Біологія та екологія : наук. журн. Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка. Полтава, 2019. Т. 5, № 1. С. 55-63. URL : <http://dspace.pnpu.edu.ua/handle/123456789/13651>

129. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: www.menr.gov.ua.

130. Пастернак В. П., Назаренко В. В. Лісова таксація : навч.-метод. посіб. Харків : ХНАУ, 2019. 111 с.

131. Патлай І. М., Ткач В. П., Усцький І. М., Букша І. Ф. Лісові екосистеми України в контексті її сталого розвитку. Проблеми сталого розвитку України. Київ : БМТ, 1998. С. 268-280.

132. Петренко М. М. Динаміка фітомаси та депонованого вуглецю в штучних насадженнях сосни Полісся України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування та лісова таксація». Київ, 2002. 17 с.

133. Петрик М., Боб'юк М. Основи математичного моделювання та застосування математичних методів в наукових дослідженнях : [наук.-метод. посіб.]. Тернопіль : [б. в.], 1998. 160 с.

134. Погребняк П. С. Основы лесной типологии. Киев : АН УССР, 1955. 456 с.

135. Половников Л. І. Вікова динаміка складників біологічної продуктивності фітомаси ялинових ценозів Чорногори. Укр. ботан. журн. 1970. Т. 27, № 5. С. 619-624.

136. Природа Волинської області / за ред. Геренчука К. І. Львів : ВО «Вища школа»; видавництво при Львівському університеті, 1975, 147 с.

137. Про внесення змін до Положення про Черемський природний заповідник. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0425737-12>

138. Про природно-заповідний фонд України : Закон України від 16 червня 1992 р. Відомості Верховної ради України. 1992. № 34. 33 с.

139. Проект організації території Черемського природного заповідника та охорони його природних комплексів. Львів : Львівська лісовпорядна експедиція, 2018. 315 с.

140. Рослинна біомаса лісів Карпатського національного природного парку / Васишин Р. Д., Бокоч В. В., Терентьев А. Ю. та ін. Тези доповідей учасників Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи розвитку екосистемного менеджменту у лісовому комплексі та садово-парковому господарстві» (18-19 квітня 2019 року). Київ : НУБіП України, 2019. С. 18-19. URL : <https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/8979>

141. Руденко В. М. Математична статистика: навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2012. 304 с.

142. Системний підхід і математичне моделювання біологічних та природних об'єктів і процесів / Власов А., Демічковський А., Іващенко О. та ін. Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології, 2016. Вип. 23. С. 17-28. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000566277>

143. Смолін В. О., Лакида П. І. Структура та продуктивність клейковільхових деревостанів Українського Полісся : збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми дослідження лісових та урбоекосистем України в умовах воєнного стану». Київ : НУБіП України, 2023. С. 94-95.

144. Стратій Н. В. Експериментальна база даних досліджень лісів національного природного парку «Вижницький». *Науковий вісник національного лісотехнічного університету України*. Львів, 2016. Том 26, № 7. С. 157-162. URL : <https://doi.org/10.15421/40260725>

145. Строчинский А. А., Швиденко А. З., Юдицкий Я. А., Лакида П. И. Вычислительная техника. Рабочая программа, методические указания и контрольные задания для студентов-заочников лесохозяйственного факультета. Киев: Украинская сельскохозяйственная академия, 1986. 38 с.

146. Структура природно-заповідного фонду Волинської області. 2013. URL: <http://yourgeography.volyn.ua/struktura-prirodno-zapovidnogo-fondu-volynskoyi-oblasti/>

147. Сучасний стан і майбутні перспективи природно-заповідного фонду України. URL:

http://pidruchniki.com/15341220/ekologiya/suchasniy_stan_maybutni_perspektivi_pr_irodno-zapovidnogo_fondu_ukrayini

148. Телишевский Д. А. Сокровища леса. Комплексное использование недревесной продукции леса. Львов : Вища шк., 1974. 488 с.

149. Тереля І. П., Кендзьора Н. З., Заїка В. К. Структура фітомаси дерев хвойних порід та фізіолого-біохімічні особливості її формування. Наукові праці Лісівничої академії наук України, 2014. Вип. 12. С. 44-51. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nplanu_2014_12_7.

150. Ткач В. П., Кучма М. Д. Системний підхід до питання оптимізації вирощування дубово-букових біоценозів Карпат. Система ведення лісового господарства в гірських умовах Карпат : тези доп. респ. наук.-тех. конф. Івано-Франківськ, 1990. Ч. 1. С. 126-127.

151. Україна інкогніта. Черемський природний заповідник. URL: <http://ukrainaincognita.com/pryroda/zapovidnyky/cheremskiyi-pryrodnyi-zapovidnyk>.

152. Українська енциклопедія лісівництва / за ред. С. А. Генсірука. Львів : НАН України, 1999. Т. 1. 463 с.

153. Українська енциклопедія лісівництва / за ред. С.А. Генсірука. Львів : НВФ «Українські технології», 2007. Т. 2. 421 с.

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

155. Усольцев В. А. Продуктивность и структура фитомассы древостоев : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.03.02 «Лесоустройство и лесная таксация». Киев, 1985. 46 с.

156. Фельбаба-Клушина Л. М., Комендар В. І. Фітоценологія з основами синфітосозології: навчальний посібник. Ужгород : Ужгород. ун-т, 2001. 212 с.

157. Хрик В. М., Левандовська С. М., Кімейчук І. В. Деревинознавство з основами лісового товарознавства і стандартизації лісової продукції : навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 205 «Лісове господарство». Біла Церква : Середняк Т. К., 2023. 234 с.

158. Чепур С. С. Біометрія: Методичний посібник. Ужгород : Видавництво УжНУ «Говерла», 2015. 40 с.

159. Швиденко А. З., Юдицкий А. Я. Многомерное распределение Шарлье как модель для исследования в сельском и лесном хозяйстве. Экономико-математические методы в управлении сельскохозяйственного производства: научн. труды. Киев : Украинская сельскохозяйственная академия, 1979. Вып. 227. С. 102-105.

160. Швиденко А.З., Лакида П.И., Строчинский А.А., Швец М.И. Системный анализ текущего прироста насаждений основных лесообразующих пород Украины. Закономерности роста и производительности древостоев. Тез. докл. научн. конф. Каунас, 1985. С. 97-99.

161. Щербина А. Г., Ткач В. П. Лесоводственно-таксационные параметры оптимальных древостоев (Критерий оптимальности – максимальная продуктивность. Буково-дубовые древостои Карпат). Модели роста и продуктивность оптимальных древостоев. Киев : Украинская сельскохозяйственная академия, 1992. С. 126-143.

162. Albers A., Collet P., Benoist A., Helias A. Data and non-linear models for the estimation of biomass growth and carbon fixation in managed forests. Data in Brief. 2019. Vol. 23. Article number 103841. doi: 10.1016/j.dib.2019.103841.

163. Allometric relations of deciduons (*Larix occidentalis*) and evergreen conifers (*Pinus contorta* and *Pseudotsuga menziesii*) of the Cascade Mountains in central Washington / S. T., Gower et al. Can. J. For. Res. 1987. V. 17, № 7. P. 630-634.

164. An X., Wen Y., Zhang Y., Xu S. Evaluation of the forestry and environmental conservation policies in Western China with multi-output regression method: Original papers. Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 157. P. 239-246. doi: 10.1016/j.compag.2018.12.035.

165. Comparison of Scots pine growth dynamics in Polissya and Steppe zone of Ukraine / V. Lovynska et al. Journal of Forest Science, 67, 2021 (11): 533–543. <https://doi.org/10.17221/93/2021-JFS>

166. Crown biomass of scots pine and black locust in Northern Steppe of Ukraine / P. Lakyda et al. *Forestry Ideas*, 2020, 26(2), pp. 471-484. URL : <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/4491>

167. Eklundh L., Harri L., Kuusk A. Investigating relationships between Landsat ETM+ sensor data and leaf area index in a boreal conifer forest. *Remote Sensing of Environment*, 2001. V. 78, № 3. P. 239-251.

168. Equations for estimating aboveground components of young Douglas-fir and red alder in a coastal Oregon plantation / O. Helgerson et al. *Can. J. For. Res.* 1988. V. 18, № 8. P. 1082-1085.

169. Experimental data on live biomass of Ukrainian coniferous forests / P. Lakyda et al. Kyiv : «PC Komprynt» LLC, 2018.

170. Flure Ph. Untersuchungen über das Verhältniss der Reisigmasse zur Derbholzmasse. *Mitt. Schweiz. Centralanstalt Forstl. Versuchswesen*, 1982. Bd. 2. P. 25-32.

171. Forest aboveground biomass estimation using machine learning regression algorithm in Yok Don National Park, Vietnam / A.T.N. Dang et al. *Ecological Informatics*. 2019. Vol. 50. P. 24-32.

172. Gadow R., Huj G. Modelling forest development. *Forestry Sciences*. Dordrecht : Kluwer Akademik Publiscer, 1999.

173. Generalized biomass and leaf area allometric equations for European tree species incorporating stand structure, tree age and climate / D. Forrester et al. *Forest Ecological Management*. 2017. Vol. 396. P. 160-175.

174. Gillespie A. J. R., Cunia T. Linear regression models for biomass table construction using cluster samples. *Can. J. For. Res.* 1989. V. 19, № 5. P. 664-673.

175. Hase H., Foelster H., Lindheim M. On the accuracy of estimating aboveground tree biomass in an evergreen forest near Manaus, Brazil. A simulation study. *Biotropica*. 1985. V. 17, № 3. P. 191-195.

176. Hotsyk O. Bioproductivity of the forests of the Cheremsky Nature Reserve. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. Vol. 13, No. 3, 2022. URL : [https://doi.org/10.31548/forest.13\(3\).2022.32-40](https://doi.org/10.31548/forest.13(3).2022.32-40)

177. Impact of disturbances on the carbon cycle of forest ecosystems in Ukrainian Polissya / P. Lakyda et al. *Forests*. 2019. Vol. 10. Article number 337.

178. Improved estimates of biomass expansion factors for Russian forests / D. Schepaschenko et al. *Forests*, 9 (6), 2018. e312. URL : <https://doi.org/10.3390/f9060312>.

179. Lakida P. Forest Phytomass estimation for Ukraine. WP 96–96. Laxenburg: IIASA, 1996. 75 p.

180. Lakida P., Nilsson S., Shvidenko A. Estimation of Forest Phytomass for Selected Countries of the Former European USSR. Laxenburg : IIASA, 1995. 33 p.

181. Lakida P., Nilsson S., Shvidenko A. Forest phytomass and carbon in European Russia. *Biomass and Bioenergy*, 1997. V. 12, № 2. P. 91-99.

182. Landau S., Everitt B. S. A handbook of statistical analyses using SPSS. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC/, 2004.

183. Lee C. J. Comparison of two correction methods for the bias due to the logarithmic transformation in the estimation biomass. *Can. J. For. Res.* 1982. V. 12, № 2. P. 326-331.

184. Lemke J. Tabele do szacowania ciezaru igliwia i uiglonych galazek sosny zwyczajnej. *Sylwan*. 1983. B. 127, № 2. S. 21-30.

185. Lesnik O., Blyshchyk V., Odruzhenko A., Behal M. Growth and physiological stability of pine stands of the Ukrainian Polissia. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 2022. 13(1), 18-24.

186. Lu D., Mausel P., Brondzio E., Moran E. Relationships between stand parameters and Landsat TM Spectral responses in the Brazilian Amazon Basin. *Forest Ecology and Management*, 2004. V. 198, № 1-3. P. 149-167.

187. Luts D. A., Washington-Allen R. A., Shugart H. H. Remote sensing of boreal forest biophysical and inventory parameters: review. *Can. J. Remote Sensing*, 2008. V. 34, № 2. P. 286-313.

188. Madgwick H.A.I. Above-ground weight of forest plots-comparison of seven methods of estimation. *N. Z. J. Forestry Sci.* 1983. V. 13, № 1. P. 100-107.

189. Matthews G. The carbon contents of trees. Edinburgh : Forestry

Commission, 1993. 21 p.

190. McGill R., Tukey J. W., Larsen W. A. Variations of Box Plots. *The American Statistician* 32 (1), 1978. S. 12-16. URL : <https://doi:10.2307/2683468>.

191. Munro D. D. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass : Discussion. *Can. J. For. Res.* 1974. V. 4, № 2. P. 149.

192. Newbould P. J. Methods for estimating the primary productions of forest. – 2nd print (IBR Handb. № 2). Oxford- Edinburg : Blackwell Sci. Publs, 1970. IX. 62 p.

193. Objekt-based forest biomass estimation using Landsat ETM+ in Kampong Thom Province, Cambodia / Kajisa T., Murakami T., Mizoue N. et al. *Journal of forest Research*, 2009. V. 14. P. 203-211.

194. Phua M., Satio H. Estimation of biomass of a mountainous tropical forest using Landsat TM data. *Can. J. Remote Sensing*, 2003. V. 29, № 4. P. 429-440.

195. Propastin P. Relationships between Landsat ETM+ imageri and forest structure parameters tropical rainforests: a case study from lore-lindu national park in Sulawesi, Indonesia. *EARSeL eProceedings*, 2009. V. 8, № 2. P. 96-106.

196. Satto T., Madgwick H. A. I. Forest biomass. *The Hugel etc.* : M. Nijhoff [Dr. W. Junk Publ.]. 1982. 152 p.

197. Shepashenko D., Shvidenko A., Nilsson S. Phytomass (live biomass) and carbon of Siberian forests. *Biomass and Bioenergy*. 1998. Vol. 14, № 1. P. 21-31.

198. State of Europe's Forests : Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Oslo : UNECE and FAO, 2011. 344 p.

199. State of Europe's forests 2007. The MCPFE report on sustainable forest management in Europe. Warsaw: United Nations and FAO, 2007. 263 p.

200. The Forest Observation System, building a global reference dataset for remote sensing of forest biomass / D. Schepaschenko et al. *Scientific Data*, 6(1), article number 198. 2019.

201. War-induced degradation of forest ecosystems and losses of their services in Ukraine / P. Lakyda et al. *Forests in a Volatile World – Global*

Collaboration to Sustain Forests and Their Societal Benefits. ALL-IUFRO Conference, Vienna, Austria, 21-23 September 2022: Book of abstracts. Vienna, 2022. P. 36.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таксаційна характеристика тимчасових пробних площ

№ з.п.	Пробна площа, га	Склад	ТУМ	Бонітет	Вік, років	$D_{ср}$ см	$H_{ср}$ м	К-сть дерев, шт.·га ⁻¹	G , м ² ·га ⁻¹	Відносна повнога	Запас у корі, м ³ ·га ⁻¹
<i>Сосна звичайна штучного походження</i>											
1.	0,14	8Сз2Бп	B ₂	III	11	4,7	4,3	3007	5,18	0,4	12
2.	0,42	10Сз+Бп	B ₂	III	25	10,8	9,2	1014	9,21	0,35	50,9
3.	0,16	10Сз	B ₂	III	21	7,9	7	3200	15,78	0,7	69,1
4.	0,13	10Сз	B ₃	II	25	11,4	10,7	3338	33,95	1,2	222,4
5.	0,18	10Сз	A ₂	I	25	13,2	12,3	2217	30,13	0,95	227,1
6.	0,35	10Сз	A ₃	IV	26	8,7	7,5	1317	7,79	0,34	36,1
7.	0,22	10Сз	B ₃	II	30	12,8	12,5	2014	25,91	0,81	189,3
8.	0,20	10Сз	A ₂	II	19	8,2	8,2	1760	9,38	0,39	35,4
9.	0,20	10Сз	A ₃	II	39	13,6	14,4	2055	29,96	0,86	240,4
10.	0,10	10Сз	B ₂	Ia	24	11,2	12,5	2860	28,31	0,88	192,7
11.	1,10	10Сз	B ₃	I	18	8,3	8,6	4550	24,34	0,97	115,6
12.	0,08	10Сз	A ₂	II	25	8	10	4663	23,54	0,85	114,9
13.	0,25	9Сз1Бп	A ₂	I	48	15,8	18,7	1295	25,26	0,64	222,3
14.	0,50	10Сз	B ₂	II	90	29,3	23,5	488	32,97	0,76	370,5
15.	0,09	9Сз1Дз	B ₃	I	15	7,1	7,7	4111	16,12	0,7	55,4
16.	0,31	10Сз	B ₂	I	22	11,8	10,9	1606	17,59	0,6	114,3
17.	0,35	10Сз	B ₂	II	22	9,9	9,4	1543	11,88	0,45	61,2
18.	0,10	10Сз	A ₂	III	18	7,7	7,2	4520	21,16	0,96	68,9
19.	0,20	9Сз1Бп	A ₃	I	66	22	22,1	985	35,93	0,77	413,7
<i>Сосна звичайна природного походження</i>											
20.	0,24	10Сз	B ₂	I	50	17,5	17,1	1025	24,67	0,71	227
21.	0,50	10Сз	B ₃	II	59	23,2	18,9	638	26,96	0,72	245,9
22.	0,70	10Сз	A ₄	IV	125	24,3	20,7	594	27,59	0,84	279,6
23.	0,20	9Сз1Дз	B ₃	II	34	11,7	12,9	2520	27,2	0,94	186
24.	0,30	10Сз+Бп	A ₄	I	55	20	19,7	1157	36,2	0,89	358,9
25.	0,30	10Сз+Дз	B ₃	I	41	16,1	14,9	1683	34,33	0,95	258,9
26.	0,7	10Сз	B ₂	I	65	30,7	24,8	425	32,23	0,6	364,8
27.	0,6	10Сз	B ₃	II	91	33,7	24,1	232	20,6	0,5	232,5
28.	1,00	9Сз1Бп	B ₄	III	83	25,6	20,1	655	33,74	0,96	297,3
29.	0,36	10Сз+Бп	A ₃	I	32	12,6	12,2	1603	20,04	0,66	135,7
30.	0,50	10Сз	A ₃	II	53	19,2	16,5	986	28,05	0,81	236,1
31.	0,54	10Сз+Дз	B ₃	II	58	22,1	18,3	746	28,7	0,77	247,6
32.	0,25	10Сз+Бп	B ₃	Ia	33	15,4	15,7	1168	21,8	0,63	187,5

Продовження додатка А

№ з.п.	Пробна площа, га	Склад	ТУМ	Бонітет	Вік, років	D_{cp} , см	H_{cp} , м	К-сть дерев, шт.·га ⁻¹	G , м ² ·га ⁻¹	Відносна повнота	Запас у корі, м ³ ·га ⁻¹
33.	0,40	10Сз+Бп	B ₂	Ia	52	23,3	22,8	705	30,02	0,68	317,4
34.	0,50	10Сз+Бп	B ₃	Ia	50	21,1	21,8	606	21,09	0,48	234,8
35.	0,35	10Сз	B ₅	IV	71	14,2	14,7	1303	20,54	0,71	159,8
36.	0,14	10Сз	A ₂	II	32	10,1	10,8	3736	29,9	1,13	178,5
37.	0,10	10Сз	A ₃	III	39	13	12,1	2370	31,35	1,17	197,5
38.	0,40	10Сз	B ₃	I	87	29	25,5	530	34,97	0,75	424,6
39.	0,25	10Сз	A ₂	Ia	58	24,6	23,9	876	41,5	0,88	471,1
Вільха чорна штучного походження											
40.	0,08	10Влч	C ₄	II	33	12,4	16	1700	20,58	0,8	173,9
Вільха чорна природного походження											
41.	0,02	10Влч+Бп	C ₅	III	13	3,2	5,2	9150	7,32	0,89	27,6
42.	0,04	7Влч2Бп1Ял	C ₄	III	29	8,5	12,3	1950	11,18	0,56	80,2
43.	0,04	7Влч3Бп	C ₅	III	51	16,3	17,3	950	19,94	0,74	187,5
44.	0,04	10Влч+Бп	C ₄	II	26	9,6	11,7	2400	17,22	0,86	108,7
45.	0,25	10Влч	C ₄	II	48	23,5	19,4	968	41,81	1,35	428,8
46.	0,10	10Влч	C ₅	Ia	25	12,4	16,9	3350	40,23	1,49	348,8
47.	0,10	10Влч	C ₄	I	34	12,5	16,2	2780	33,93	1,32	277
48.	0,30	10Влч+БпДз	C ₄	I ^a	47	23,8	21,5	673	30,43	0,91	318
49.	0,50	9Влч1Бп	C ₃	II	65	28,4	21,2	464	29,29	0,9	300,2
50.	0,07	5Влч5Бп	C ₄	I	17	5,7	10,1	2371	6,14	0,35	35,6
51.	0,16	10Влч	C ₅	II	37	12,3	15,7	1431	17,05	0,68	124,1
52.	0,60	10Влч	C ₄	II	59	19,5	21,6	663	19,76	0,66	217,4
53.	0,20	8Влч2Бп+Ос	C ₅	II	65	21,8	22,3	805	29,97	0,75	337,8
Береза повисла											
54.	0,61	3Сз2Дз4Бп1Тп	C ₃	I ^a	44	16,4	18	593	12,52	0,46	111,9
55.	0,25	3Сз7Бп	B ₃	II	40	12,7	12,9	664	8,4	0,38	67,9
56.	0,20	2Сз8Бп	B ₃	I	24	9,5	10,1	810	5,76	0,3	35
57.	0,15	10Бп	B ₄	I ^c	21	12,4	14,3	2060	25,06	1,08	176,5
58.	0,51	7Бп2Сз1Дз+Ос	B ₃	I	66	25,6	21,1	408	20,97	0,71	191,6
59.	0,24	6Влч3Бп1Сз+Дз	B ₂	II	84	29,6	23,9	142	9,75	0,31	93,5
60.	0,24	7Бп3Сз	B ₂	II	47	16,2	20,2	571	11,71	0,41	110,6
61.	0,25	9Бп1Сз	B ₂	I	35	15,6	18,2	864	16,46	0,6	147,2
62.	0,27	10Бп	B ₂	I	38	15,1	16	819	14,66	0,57	131
63.	0,36	10Бп	B ₂	II	55	15,9	18,6	622	12,35	0,57	111,7
64.	0,07	5Влч5Бп	C ₄	I	19	6	9,6	2343	6,73	0,37	32,6

Додаток Б
Характеристика модельних дерев і таксаційні показники насаджень, в яких були зрубані МД

Таблиця Б.1

Характеристика модельних дерев

Шифр	Номер МД	Вік, років	Стовбур				Крона			
			d , см	h , м	$V_{ук}$ м ³	$P_{к}$ %	діаметр, м	довжина, м	маса, кг	
									ДЗ	гілок
201801	1	65	12,0	17,8	0,084	13,1	2,4	3,2	4,8	1,0
	2	65	16,0	18,8	0,190	9,5	2,9	6,0	12,4	5,8
	3	67	26,8	23,5	0,652	10,3	4,1	10,1	41,5	57,2
201802	1	63	14,7	16,4	0,134	23,1	2,3	10,8	9,5	4,3
	2	65	19,7	24,1	0,356	19,7	1,8	8,1	9,0	1,1
	3	65	28,6	23,9	0,794	19,9	5,1		36,4	71

Таблиця Б.2

Таксаційна характеристика насаджень та модельних дерев

Шифр	Номер МД	Деревостан						Модельне дерево												
		<i>A</i> , років	<i>D</i> , см	<i>H</i> , м	<i>G</i> , м ² ·га ⁻¹	<i>P</i>	клас бонітету	<i>a</i> , років	<i>d</i> , см	<i>h</i> , м	<i>V</i> _{ук} , м ³	<i>V</i> _к , м ³	<i>P</i> _к , %	<i>Z</i> _v	<i>P</i> _v	<i>Z</i> _r	<i>q</i> _{гил.} , кг	<i>q</i> _{оз.} , кг	<i>d</i> _{кр.} , м	<i>l</i> _{кр.} , м
201801	1	66	22,8	22,2	35,93	0,77	I	65	12,0	17,8	0,084	0,011	13,1	0,0011	1,54	0,15	1,0	4,8	2,4	3,2
	2							65	16,0	18,8	0,190	0,018	9,5	0,0026	1,54	0,3	5,8	12,4	2,9	6,0
	3							67	26,8	23,5	0,652	0,067	10,3	0,0087	1,49	0,6	57,2	41,5	4,1	10,1
201802	1	65	21,8	22,3	29,97	0,87	II	63	14,7	16,4	0,134	0,031	23,1	0,0016	1,59	0,3	4,3	9,5	2,3	10,8
	2							65	19,7	24,1	0,356	0,070	19,7	0,0044	1,54	0,6	1,1	9,0	1,8	8,1
	3							65	28,6	23,9	0,794	0,158	19,9	0,0098	1,54	1,1	71	36,4	5,1	

Додаток В

Результати таксаційної обробки зрізів стовбурів модельних дерев і показники природної та базисної щільності

Параметри МД					Деревина стовбура, кг·(м ³) ⁻¹									
					Свіжозрубана					Абсолютно суха				
					відносна висота стовбура					відносна висота стовбура				
шифр ТПП	номер МД	а, років	d _{1,3} , см	h, м	0	0,10h	0,25h	0,50h	0,75h	0	0,10h	0,25h	0,50h	0,75h
201801 (сосна)	2	65	16,0	18,8	Щільність деревини стовбурів без кори									
					1075	967	904	949	1095	610	604	513	518	501
					Щільність кори									
					511	576	629	964	1121	383	403	274	398	466
					Щільність деревини стовбурів у корі									
					921	913	887	950	1097	548	577	499	511	499
201802 (вільха)	2	65	19,7	24,1	Щільність деревини стовбурів без кори									
					913	968	981	462	1039	501	526	530	540	540
					Щільність кори									
					641	513	738	623	892	423	344	481	340	562
					Щільність деревини стовбурів у корі									
					873	897	952	960	993	489	497	524	540	545

Додаток Д

Середня щільність фракцій фітомаси стовбурів МД

Параметри МД						Щільність, кг·(м ³) ⁻¹					
						свіжозрубаний стан			абсолютно сухий стан		
шифр ТІП	номер МД	<i>a</i> , років	<i>d</i> _{1,3} , см	<i>h</i> , м	<i>P</i>	деревина	кора	деревина+кора	деревина	кора	деревина+кора
201801 (сосна)	2	65	16,0	18,8	0,77	970	551	931	531	379	512
201802 (вільха)	2	65	19,7	24,1	0,87	979	759	942	526	477	517

Додаток Е

Середня щільність фракцій фітомаси гілок крони модельних дерев

Шифр ТПП	Номер МД	а, років	d _{1,3} , см	h, м	Номер МГ	Щільність, кг·(м ³) ⁻¹					
						природна			базисна		
						деревина	кора	деревина+ кора	деревина	кора	деревина+ кора
201801	2	65	16,0	18,8	1	910	1231	951	438	538	451
					2	983	1146	1014	447	512	459
					3	1125	1179	1131	487	538	494
201802	2	65	19,7	24,1	1	882	1079	933	432	590	433
					2	960	933	951	506	529	514
					3	948	846	916	500	511	503

Додаток Ж
Вміст листя у деревній зелені та вміст абсолютно сухої речовини в листі

Шифр ТІП	Номер МД	Параметри МД				
		<i>a</i> , років	<i>d</i> _{1,3} , см	<i>h</i> , м	PL, %	SL
201801	1	65	12,0	17,8	66,1	0,42
	2	65	16,0	18,8	55,8	0,45
	3	67	26,8	23,5	62,1	0,46
201802	1	63	14,7	16,4	64,6	0,35
	2	65	19,7	24,1	66,1	0,41
	3	65	28,6	23,9	67,0	0,45

Додаток 3

Основні статистики розподілу таксаційних показників насаджень у межах пробних площ

Показник	Значення		Статистики			
	min	max	\bar{X}	σ	A	E
Сосна, природні насадження						
Вік (A), років	32	125	58,4	23,7	1,3	1,9
Діаметр (D), см	10,1	33,7	20,3	6,6	0,3	-0,6
Висота (H), м	10,8	25,5	18,4	4,6	-0,04	-1,2
Абсолютна повнота (G), $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$	20,0	41,5	28,6	5,9	0,2	-0,4
Відносна повнота (P)	0,48	1,17	0,79	0,18	0,4	-0,1
Запас (M), $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	136,0	471	262,1	88,1	0,9	0,4
Запас без кори (Mbk), $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	117,3	430,2	233,5	83,5	0,9	0,4
Сосна, штучні насадження						
Вік (A), років	11	90	30,0	19,2	2,2	5,0
Діаметр (D), см	4,7	29,3	11,7	5,81	1,9	4,2
Висота (H), м	4,3	23,5	11,411	5,1343	1,253	1,085
Абсолютна повнота (G), $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$	5,2	35,9	21,3	9,6	-0,2	-1,2
Відносна повнота (P)	0,34	1,20	0,71	0,24	-0,07	-0,7
Запас (M), $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	12,0	400	147,3	112,4	0,9	0,2
Запас без кори (Mbk), $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	9,2	359,3	128,1	101,61	0,9	0,2
Статистики без сосни для природних насаджень						
Насіннєві						
Вік (A), років	24	55	38,5	10,6	-0,1	-0,6
Діаметр (D), см	9,5	23,8	15,2	4,2	1,1	2,6
Висота (H), м	10,1	21,5	16,5	3,6	-0,7	0,5
Абсолютна повнота (G), $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$	5,76	40,23	17,6	11,73	1,3	0,8
Відносна повнота (P)	0,30	1,49	0,7	0,4	1,7	3,2
Запас (M), $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	35	349	158,9	113,6	1,0	-0,3
Запас без кори (Mbk), $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	31,0	283,5	135,3	90,7	0,9	-0,4
Порослеві						
Вік (A), років	71	13	84	21,3	0,3	-0,9
Діаметр (D), см	26,4	3,2	29,6	8,3	0,3	-1,1
Висота (H), м	18,7	5,2	23,9	5,4	-0,5	-0,7
Абсолютна повнота (G), $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$	35,67	6,14	41,8	10,6	0,6	-0,3
Відносна повнота (P)	1,04	0,31	1,4	0,3	0,4	-0,4
Запас (M), $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	401	28	429	117,5	0,7	-0,1
Запас без кори (Mbk), $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	337,6	22,6	360,2	96,9	0,8	0,1

Показник	Значення		Статистики			
	min	max	\bar{X}	σ	A	E
Сосна						
Вік (A), років	11	125	44,5	25,8	1,1	1,1
Діаметр (D), см	4,7	33,7	16,2	7,5	0,6	-0,6
Висота (H), м	4,3	25,5	15,0	6,0	0,2	-1,1
Абсолютна повнота (G), м ² ·га ⁻¹	5,18	41,50	25,0	8,7	-0,6	-0,2
Відносна повнота (P)	0,34	1,20	0,8	0,2	-0,1	-0,3
Запас (M), м ³ ·га ⁻¹	12	471	206,2	115,1	0,3	-0,4
Запас без кори (Mbk), м ³ ·га ⁻¹	9,2	430,2	182,1	106,0	0,4	-0,3
Береза						
Вік (A), років	19	84	43,0	19,7	0,8	0,5
Діаметр (D), см	6,0	29,6	15,9	6,7	0,9	1,0
Висота (H), м	9,6	23,9	16,6	4,5	-0,2	-0,8
Абсолютна повнота (G), м ² ·га ⁻¹	5,76	25,06	13,1	5,9	0,8	0,3
Відносна повнота (P)	0,3	1,08	0,5	0,2	1,6	3,0
Запас (M), м ³ ·га ⁻¹	33	192	110,0	51,5	-0,1	-0,60
Запас без кори (Mbk), м ³ ·га ⁻¹	27,0	155,1	94,0	42,0	-0,3	-0,8
Вільха						
Вік (A), років	13	65	39,7	17,57	0,1	-1,21
Діаметр (D), см	3,2	28,4	15,2	7,7	0,2	-1,0
Висота (H), м	5,2	22,3	16,3	5,2	-0,8	-0,05
Абсолютна повнота (G), м ² ·га ⁻¹	6,14	41,81	23,4	11,8	0,1	-1,11
Відносна повнота (P)	0,35	1,49	0,9	0,3	0,5	-0,2
Запас (M), м ³ ·га ⁻¹	28	429	214,8	131,1	-0,03	-1,30
Запас без кори (Mbk), м ³ ·га ⁻¹	22,6	360,2	177,1	108,01	-,002	-1,2

Додаток К

Характеристика пробних площ та коефіцієнтів відношень R_V

Вік, років	Середнє		Клас бонітету	Відносна повнота	Деревина стовбура		Коефіцієнт відношення R_V			
	D , см	H , м			запас, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	маса, $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$	листя (хвої)	гілок	деревини стовбура	кори стовбура
<i>Сосна звичайна штучного походження</i>										
11	4,7	4,3	21,4	0,4	9,2	4,67	0,187	1,395	0,389	0,135
25	10,8	9,2	21,4	0,35	41,7	21,18	0,046	0,392	0,416	0,105
21	7,9	7	21,4	0,7	56,7	28,80	0,074	0,399	0,417	0,104
25	11,4	10,7	21,4	1,2	194,3	98,70	0,030	0,175	0,444	0,073
25	13,2	12,3	28,8	0,95	201,1	102,16	0,039	0,282	0,450	0,066
26	8,7	7,5	17,4	0,34	29,7	15,09	0,046	0,446	0,418	0,103
30	12,8	12,5	25,1	0,81	166,9	84,79	0,058	0,118	0,448	0,069
19	8,2	8,2	25,1	0,39	27,5	13,97	0,031	0,417	0,395	0,129
39	13,6	14,4	25,1	0,86	214	108,71	0,005	0,140	0,452	0,064
24	11,2	12,5	32,5	0,88	158,7	80,62	0,016	0,150	0,418	0,102
18	8,3	8,6	25,1	0,97	96	48,77	0,022	0,212	0,422	0,098
25	8	10	25,1	0,85	99	50,29	0,021	0,121	0,438	0,080
48	15,8	18,7	28,8	0,64	200,8	102,01	0,022	0,175	0,459	0,056
90	29,3	23,5	25,1	0,76	328,8	167,03	0,024	0,160	0,451	0,065
15	7,1	7,7	28,8	0,7	42,4	21,54	0,094	0,421	0,389	0,136
22	11,8	10,9	28,8	0,6	98,8	50,19	0,044	0,064	0,439	0,079
22	9,9	9,4	25,1	0,45	52,8	26,82	0,055	0,390	0,438	0,079
18	7,7	7,2	21,4	0,96	56,6	28,75	0,028	0,040	0,417	0,103
66	22	22,1	25,1	0,77	371,5	188,72	0,010	0,046	0,456	0,059

Продовження додатка К

Вік, років	Середнє		Клас бонітету	Відносна повнота	Деревина стовбура		Коефіцієнт відношення R_v			
	D , см	H , м			запас, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	маса, $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$	листя (хвої)	гілок	деревини стовбура	кори стовбура
<i>Сосна звичайна природного походження</i>										
50	17,5	17,1	25,1	0,71	196,8	99,97	0,018	0,102	0,440	0,077
59	23,2	18,9	25,1	0,72	213,7	108,56	0,012	0,077	0,441	0,076
125	24,3	20,7	17,4	0,84	252,3	128,17	0,007	0,010	0,458	0,057
34	11,7	12,9	25,1	0,94	158,5	80,52	0,022	0,098	0,433	0,086
55	20	19,7	28,8	0,89	315,4	160,22	0,015	0,071	0,446	0,070
41	16,1	14,9	28,8	0,95	217,7	110,59	0,019	0,088	0,427	0,092
65	30,7	24,8	28,8	0,6	333,1	169,21	0,013	0,092	0,464	0,050
91	33,7	24,1	25,1	0,5	216,6	110,03	0,007	0,056	0,473	0,040
83	25,6	20,1	21,4	0,96	273,9	139,14	0,013	0,093	0,468	0,046
32	12,6	12,2	28,8	0,66	117,3	59,59	0,018	0,087	0,439	0,079
53	19,2	16,5	25,1	0,81	206,1	104,70	0,014	0,112	0,443	0,074
58	22,1	18,3	25,1	0,77	219,2	111,35	0,012	0,070	0,450	0,066
33	15,4	15,7	32,5	0,63	169,5	86,11	0,010	0,014	0,459	0,056
52	23,3	22,8	32,5	0,68	286,7	145,64	0,005	0,007	0,459	0,056
50	21,1	21,8	32,5	0,48	215,3	109,37	0,012	0,017	0,466	0,048
71	14,2	14,7	17,4	0,71	142	72,14	0,007	0,010	0,451	0,064
32	10,1	10,8	25,1	1,13	149,5	75,95	0,013	0,019	0,425	0,094
39	13	12,1	21,4	1,17	163,9	83,26	0,010	0,014	0,422	0,099
87	29	25,5	28,8	0,75	392,7	199,49	0,012	0,077	0,470	0,044
58	24,6	23,9	32,5	0,88	430,2	218,54	0,008	0,038	0,464	0,050
<i>Вільха чорна штучного походження</i>										
33	12,4	16	25,1	0,8	142,9	72,59	0,012	0,109	0,417	0,103
<i>Вільха чорна природного походження</i>										
13	3,2	5,2	21,9	0,89	22,6	11,48	0,065	0,724	0,416	0,105
29	8,5	12,3	21,9	0,56	68,8	34,95	0,010	0,262	0,436	0,082
51	16,3	17,3	21,9	0,74	163,8	83,21	0,012	0,117	0,444	0,073
26	9,6	11,7	25,6	0,86	91,4	46,43	0,022	0,212	0,427	0,092

Продовження додатка К

Вік, років	Середнє		Клас бонітету	Відносна повнота	Деревина стовбура		Коефіцієнт відношення R_v				
	D , см	H , м			запас, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	маса, $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$	листя (хвої)	гілок	деревини стовбура	кори стовбура	
48	23,5	19,4	25,6	1,35	360,2	182,98	0,015	0,056	0,427	0,093	
25	12,4	16,9	33,0	1,49	283,5	144,02	0,013	0,072	0,413	0,108	
34	12,5	16,2	29,3	1,32	228,9	116,28	0,017	0,094	0,420	0,101	
47	23,8	21,5	29,3	0,91	262,5	133,35	0,007	0,085	0,419	0,101	
65	28,4	21,2	32,5	0,9	249,6	126,80	0,008	0,094	0,422	0,098	
17	5,7	10,1	28,8	0,35	28,8	14,63	0,075	0,818	0,411	0,111	
37	12,3	15,7	29,3	0,68	98,8	50,19	0,028	0,243	0,404	0,118	
59	19,5	21,6	29,3	0,66	172,9	87,83	0,021	0,143	0,404	0,119	
65	21,8	22,3	25,6	0,75	270	137,16	0,010	0,067	0,406	0,116	
<i>Береза повисла</i>											
44	16,4	18	32,5	0,46	94,6	48,06	0,016	0,287	0,429	0,090	
40	12,7	12,9	25,1	0,38	60	30,48	0,025	0,489	0,449	0,067	
24	9,5	10,1	28,8	0,3	31	15,75	0,056	0,977	0,450	0,066	
21	12,4	14,3	25,6	1,08	141,3	71,78	0,029	0,199	0,407	0,115	
66	25,6	21,1	25,6	0,71	155,1	78,79	0,014	0,189	0,411	0,110	
84	29,6	23,9	25,6	0,31	78,7	39,98	0,014	0,398	0,428	0,092	
47	16,2	20,2	25,6	0,41	95,9	48,72	0,008	0,346	0,440	0,077	
35	15,6	18,2	28,8	0,6	125,8	63,91	0,015	0,267	0,434	0,084	
38	15,1	16	28,8	0,57	120	60,96	0,019	0,307	0,465	0,049	
55	15,9	18,6	25,1	0,57	104,9	53,29	0,010	0,370	0,477	0,035	
19	6	9,6	29,3	0,37	27	13,72	0,062	1,298	0,421	0,099	

Додаток М
Загальна фітомаса та депонований в ній вуглець у лісах Черемського ПЗ

Рік обліку	Група лісотвірних порід	Вкриті лісовою рослинністю ділянки, га	Запас стовбурної деревини, тис. м ³	Компоненти фітомаси, тис. т						Щільність фітомаси, кг/м ²	Вуглець	
				листя (хвоя)	деревина і кора гілок	деревина і кора стовбура	Корені	Піднаметова рослинність	разом		всього, тис. т	щільність, кг/м ²
2005	Усього	1809,3	244,90	3,7	13,4	106,5	25,6	7,5	156,6	8,7	77,8	4,3
	У т.ч.:											
	Хвойні			2,8	9,6	77,0	18,2	6,4	114,0	9,1	56,6	4,5
	Твердолистяні			0,1	0,4	1,6	0,3	0,1	2,5	10,3	1,3	5,1
	М'яколистяні			0,8	3,3	27,9	7,1	1,0	40,1	7,6	20,0	3,8
2011	Усього	1809,3	281,64	3,8	14,6	123,6	29,5	8,1	179,5	9,9	89,2	4,9
	У т.ч.:											
	Хвойні			2,9	10,5	89,4	21,1	7,0	130,9	10,4	64,9	5,2
	Твердолистяні			0,1	0,4	1,9	0,3	0,1	2,7	11,1	1,4	5,5
	М'яколистяні			0,8	3,7	32,3	8,1	1,0	45,9	8,7	22,9	4,3
2018	Усього	1809,3	336,20	4,2	16,5	148,5	35,4	9,1	213,8	11,8	106,2	5,9
	У т.ч.:											
	Хвойні			3,3	12,0	106,9	24,8	8,0	155,0	12,4	77,0	6,1
	Твердолистяні			0	0,4	2,4	0,9	0	3,7	15,1	1,8	7,6
	М'яколистяні			0,9	4,2	39,2	9,7	1,1	55,1	10,4	27,4	5,2

Додаток Н
Розрахунок киснепродуктивності лісів Черемського ПЗ

Підприємство, рік лісовпорядкування	Група лісотвірних порід, порода	Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок, га	Запас стовбурової деревини, тис. м ³	Фітомаса		Річна зміна фітомаси, т·га ⁻¹	Об'єм кисню, який виділяє за рік 1 га лісу, т·га ⁻¹	Загальний об'єм кисню, який продукує ліс за один рік, т
				усього, тис. т	на 1 га, т·га ⁻¹			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2005	Усього	1809,3	244,9	156,6	86,55			
	У т. ч.: хвойні	1254,8	186,13	114,0	90,85			
	твердолистяні	24,4	2,89	2,5	102,46			
	м'яколистяні	530,1	55,88	40,1	75,65			
2011	Усього	1809,3	281,64	179,5	99,21	2,11	2,95	5345
	У т. ч.: хвойні	1254,8	213,68	130,9	104,32	2,25	3,14	3945
	твердолистяні	24,4	3,33	2,7	110,66	1,37	1,91	47
	м'яколистяні	530,1	64,63	45,9	86,59	1,82	2,55	1353
2018	Усього	1809,3	336,2	213,8	118,17	2,71	3,79	6860
	У т. ч.: хвойні	1254,8	254,29	155,0	123,53	2,74	3,84	4821
	твердолистяні	24,4	4,04	3,7	151,64	5,85	8,20	200
	м'яколистяні	530,1	77,87	55,1	103,94	2,48	3,47	1839

