

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ДІДЕНКО ПАВЛО ВОЛОДИМИРОВИЧ**

УДК: 504:630\*41:633.877

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ЕКОЛОГО-КЛІМАТИЧНІ ЧИННИКИ МАСОВОГО ВСИХАННЯ  
СОСНОВИХ ЛІСІВ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ**

Спеціальність 101 – «Екологія»

Галузь знань 10 – «Природничі науки»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використані ідеї,  
результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_  
П. В. Діденко

Науковий керівник:

Романчук Людмила Донатівна,

доктор сільськогосподарських наук, професор

Житомир – 2023

## АНОТАЦІЯ

*Діденко П. В.* Еколого-кліматичні чинники масового всихання соснових лісів Житомирського Полісся. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки». Поліський національний університет, Житомир, 2023.

Дисертацію присвячено обґрунтуванню впливу еколого-кліматичних чинників на масове всихання соснових лісів Житомирського Полісся й розробці теоретичних і науково-практичних рекомендацій для вдосконалення методів вирощування стійких соснових насаджень.

Дослідження лісового фонду Житомирської області, який складає 1089500 га показали, що майже 989000 га вкрито лісовою рослинністю, що відповідає фактичній лісистості 33,0 %. Проте територія області вкрита лісом нерівномірно: на півночі більш ніж на 40 %, а на півдні близько 5 %. Встановлено, що головними причинами такої нерівномірності є інтенсивне і довготривале господарське освоєння родючих ґрунтів в південній частині регіону, а також їх збіднілість та заболоченість на півночі. Доведено, що оптимальна лісистість для Житомирського регіону складає 36-37 %.

У досліджуваному регіоні основні лісоутворювальні породи складаються з сосни звичайної, дуба звичайного, берези повислої. Хвойні насадження займають 60 % площі лісового фонду, твердолистяні – 19 %, а м'яколистяні – 21 %. Розподіл земель лісового фонду за ключовими породами вказує на те, що сосна звичайна займає 59 % площі, дуб звичайний – 17 %, береза повисла – 16 %. Решта території, що становить 8 %, вкрита іншими породами, такими як вільха чорна, ялина європейська, модрина європейська, осика, дуб червоний, граб звичайний, клен гостролистий, робінія псевдоакація та ясен звичайний.

Аналіз структури соснових деревостанів дозволив встановити особливості їх розподілу за основними лісівничо-таксаційними показниками

та визначити методи покращення. Згідно з лісовпорядкуванням соснові ліси поділяються на чисті та змішані деревостани. Чисті соснові деревостани охоплюють 71,0 % площ та мають загальний запас 79,0 % від загального лісового фонду. Змішані деревостани з домінуванням сосни звичайної та домішкою берези повислої й дуба звичайного займають 29,0 % площ з сумарним запасом 21,0 % від загального фонду. Середній запас чистих деревостанів становить  $295 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ , а середній запас змішаних –  $194 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ . Такий розподіл є наслідком лісокультурних підходів до залісення ділянок, які використовувалися починаючи з 50 років минулого століття.

Встановлено, що на території Житомирського Полісся лісові насадження піддаються впливу різноманітних біотичних та абіотичних чинників, що позначається на їх санітарному стані. В процесі дослідження проведено оцінку санітарного стану соснових насаджень Житомирського Полісся, індекс якого становив від 2,21 до 3,34. На пробних площах у суборах та сугрудах дерева розподіляються за категоріями стану наступним чином: I категорія – 6,0-32,2 %, II категорія – 14,3-37,4%, III категорія – 19,5-38,8 %, IV категорія – 10,3-31,5 %, V категорія – 1,8-23,6 %, VI категорія – 0,7-6,5 %. На контрольних площах у суборах та сугрудах розподіл дерев за категоріями стану виглядав наступним чином: I категорія стану – 58,0-73,1 %, II – 19,2-37,4%, III – 2,8-13,6 %, IV – 0,9-3,5 %, V – 0,3-1,1 %, та VI – 0,3-0,7 %. Індекси санітарного стану здорових насаджень становили 1,38-1,5.

Доведено, що раціональне використання родючості лісових ґрунтів є визначальним фактором для ефективного догляду та відновлення соснових насаджень. Ґрунт є важливим екологічним компонентом, який визначає склад і продуктивність лісових насаджень. Тому при створенні високопродуктивних та здорових насаджень необхідно враховувати показники родючості ґрунту.

В ході дослідження встановлено, що у Березівському лісництві на висихання соснового насадження вплинуло більш кисле ( $\text{pH}_{\text{сол.}}=4,22 \pm 0,06$ ) в порівнянні з контрольною ділянкою ( $\text{pH}_{\text{сол.}}=5,35 \pm 0,10$ ) середовище ґрунту і значно менший вміст рухомого фосфору ( $71,93 \pm 1,41 \text{ мг/кг}$ ) порівняно з

контролем ( $163,00 \pm 3,18$  мг/кг). Це пояснюється підвищеною рухомістю алюмінію і фітотоксичністю гумусового шару, зменшенням доступності фосфору у сильнокислому середовищі.

Дослідження проведені в Івницькому лісництві довели, що причиною всихання соснових насаджень стало надто кисле середовище ґрунту ( $pH_{\text{сол.}} = 3,76 \pm 0,07$ ), що негативно позначилося на його фітотоксичності та забезпеченості рухомим фосфором, який становив  $56,77 \pm 3,68$  мг/кг. У Меленівському лісництві середовище ґрунту на контрольних ділянках було слабокислим ( $pH_{\text{сол.}} = 5,06 \pm 0,07$ ), а рівень фосфору становив  $73,33 \pm 3,94$  мг/кг. На ділянках, де були ознаки всихання сосняків, реакція середовища становила  $pH_{\text{сол.}} = 3,73 \pm 0,05$ , а рівень фосфору  $50,17 \pm 0,66$  мг/кг.

Акцентовано увагу на актуальності вирощування стійких соснових насаджень, як ефективного заходу з їх відновлення на територіях, де спостерігався вплив певних негативних чинників. Доведено, що застосування у лісокультурному виробництві біоорганічних композицій для сіянців сосни звичайної може мати позитивний вплив на формування здорових насаджень. Такий підхід є прикладом застосування інтенсивних технологій при вирощуванні садивного матеріалу деревних рослин з метою підвищення їх стійкості до шкідливих організмів та патогенів.

Встановлено, що із застосуванням препарату Біоєкофунге-1 морфологічні показники сіянців сосни звичайної показували позитивні темпи вегетативного росту, значно прискорювалося формування біологічно стійких лісових культур та їх приживлюваність, підвищувалася схожість насіння. Підживлення біоорганічними композиціями мало позитивний вплив на збільшення висоти сіянців сосни звичайної у середньому на 31,2 %, довжини коріння – на 34,9 %. Водночас, при застосуванні наночастинок діоксиду церію, збільшення висоти сіянців сосни звичайної становило 11,04 %, довжини коріння – 8,5 %, приживлюваність лісових культур складала 92-98 %.

Результати проведеного дослідження показали, що агрохімічні показники ґрунту за певних характеристик мають вплив на індекс санітарного

стану насаджень. Застосування методів моделювання сприяло встановленню взаємозв'язку між показником індексу санітарного стану (Isc) та агрохімічними показниками ґрунту із значенням коефіцієнту детермінації (Multiple R-squared) 0,8074.

Доведено, що висока кислотність ґрунту може призвести до погіршення стану насаджень, що в свою чергу може мати вплив на виникнення осередків хвороб і шкідників. Встановлено, що рівень гумусу в ґрунті має вагомe значення для стану насаджень, а концентрація азоту та фосфору в ґрунті значний вплив на їх ріст і розвиток. При виборі схеми змішування посадки лісу варто враховувати агрохімічні показники ґрунту, оскільки вони можуть мати вплив на стан насаджень у майбутньому.

Склад деревостану та типи лісорослинних умов є факторами, які можуть впливати на санітарний стан лісу. Деревостани, які складаються з більш ніж трьох одиниць листяних порід, є стійкішими до впливу шкідників та хвороб, у порівнянні з чистими деревостанами сосни. Модель, яка враховує залежність індексу санітарного стану лісу від складу деревостану (Multiple R-squared = 0,4386) доводить, що склад деревостану є вагомим чинником, який впливає на стан та стійкість лісових екосистем. В свою чергу санітарний стан соснових насаджень залежить від комплексу різноманітних факторів (абіотичних, біотичних, антропогенних), які взаємодіють між собою. Кратний R-квадрат, що дорівнює 0,9186, свідчить про те, що модель, яка описує вплив цих факторів, є точною та ефективною.

Регресійний аналіз дозволив виявити, що верхівковий короїд має значний вплив на санітарний стан сосни звичайної. Значення Multiple R-squared для цього фактору дорівнює 0,9182, що свідчить про високу ступінь кореляції ним та станом соснових насаджень. Отримані результати підкреслюють важливість врахування комплексного впливу різних факторів на стан лісових екосистем для їх збереження та стійкості у майбутньому.

Згідно з результатами проведеного регресійного аналізу, було встановлено вплив різних параметрів на індекс санітарного стану лісових

насаджень. Зокрема, було виявлено, що вік лісових насаджень має значний вплив на їхню стійкість до захворювань та шкідників, що підтверджується середнім значенням ( $R$ -квадрат = 0,4357). Повнота насаджень, висота та діаметр дерев також впливають на індекс санітарного стану лісів. Низька повнота насаджень може вказувати на збільшену вразливість до захворювань та шкідників. Запас деревини також є важливим параметром, який впливає на стійкість лісових насаджень до захворювань та шкідників. Оптимальний вік, повнота, висота, діаметр та запас деревини лісових насаджень можуть залежати від регіональних кліматичних та географічних умов. Статистичний аналіз показав що показник  $p$ -value становить  $< 2,2e-16$ , що в свою чергу означає, що модель є значимою.

В результаті проведеного дослідження було встановлено, що вплив верхівкового короїда у комплексі з вітровалом на індекс санітарного стану має значення коефіцієнта детермінації (Multiple R-squared) рівне 0,6118 з  $p$ -значенням менше  $2,2e-16$ , що свідчить про статистичну значущість цього впливу. Ці результати підтверджують, що наявність верхівкового короїда та вітровалу в лісових насадженнях має значний вплив на їхній стан. Отримані дані мають суттєве значення для врахування цих факторів у процесі оцінки та керування лісовими екосистемами з метою забезпечення їхньої екологічної стійкості.

Дослідження показало, що модель впливу комплексу факторів на виникнення лісових пожеж у насадженнях сосни звичайної має високий коефіцієнт детермінації (Multiple R-squared = 0,9906), що свідчить про високу точність та значущість цієї моделі. Зокрема, результати дослідження вказують на те, що комплекс факторів: склад насадження, тип лісорослинних умов, вік, запас впливає на виникнення лісових пожеж у насадженнях сосни звичайної. Однак, моделі впливу географічного положення лісництв (множинний  $R$ -квадрат = 0,01965) свідчить про те, що розташування не має статистично значущого впливу на розповсюдження шкідників та хвороб в насадженнях

сосни звичайної. Це означає, що наявність чи відсутність шкідників та хвороб не залежить від місцезнаходження насаджень.

Ключові слова: ґрунт, індекс санітарного стану, клімат, сіянци сосни звичайної, сосна звичайна, шкідники, хвороба.

## ANNOTATION

Didenko P. V. Ecological and climatic factors of mass drying of pine forests of Zhytomyr Polissya. Qualifying scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in the speciality 101 – Ecology. Polissia National University Zhytomyr, 2023.

Due to the influence of abiotic and biotic factors, pine plantations have dried up in large areas of Polissia, causing great environmental damage.

As a result of climate change, more than 200,000 hectares of pine forests are affected by pests and diseases. Today, the impact of various factors on the drying out of pine plantations in Polissia has increased significantly, so the question of improving methods of growing sustainable pine plantations has arisen.

According to the research, the forest fund of Zhytomyr region is 1089500 hectares, of which almost 989000 hectares are covered with forest vegetation, which corresponds to an actual forest cover of 33,0 %. However, the forested area of the region is uneven and decreases from the north (over 40 %) to the south (5 %). The main reasons for this unevenness are the intensive and long-term economic development of fertile soils in the southern part of the region, as well as their depletion and swamping in the north. According to various estimates, the optimal forest cover for the Zhytomyr region is 36-37 %.

In the study area, the main forest-forming species include Scots pine, pedunculate oak, and silver birch. Coniferous plantations occupy 60 % of the forest area, hardwoods – 19 %, and softwoods – 21 %. In terms of the distribution of forest land by main species, Scots pine occupies 59 % of the area, pedunculate oak – 17 %, and silver birch – 16 %. The remaining 8 % of the area is covered by other species

such as black alder, European spruce, European larch, aspen, red oak, hornbeam, sharp-leaved maple, robinia pseudoacacia and ash.

The analysis of the structure of pine stands allows us to assess the distribution of such stands by the main forestry and taxation indicators and determine methods for their improvement. According to forest management, pine forests are divided into pure and mixed stands. Pure pine stands cover 71,0 % of the area and have a total stock of 79,0 % of the total forest stock. Mixed stands dominated by Scots pine with an admixture of silver birch and pedunculate oak cover 29,0 % of the area with a total stock of 21,0% of the total stock. The average stock of pure stands is 295 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, and the average stock of mixed stands is 194 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. This distribution is the result of silvicultural approaches that have been used since the 50 s of the last century.

It has been established that on the territory of Zhytomyr Polissya, plantations are exposed to various biotic and abiotic factors that affect the sanitary condition. We assessed and analyzed the sanitary condition of pine plantations in Zhytomyr Polissya. The sanitary condition index of plantations affected by these factors ranged from 2,21 to 3,34. On the trial plots in sub-regions and subgroups, the trees are distributed by condition categories as follows: category I – 6,0-32,2 %, category II – 14,3-37,4 %, category III – 19,5-38,8 %, category IV – 10,3-31,5 %, category V – 1,8-23,6 %, category VI – 0,7-6,5 %. On the control plots in the sub-regions and sub-groups, the distribution of trees by condition categories was as follows: category I – 58,0-73,1 %, category II – 19,2-37,4 %, category III – 2,8-13,6 %, category IV – 0,9-3,5 %, category V – 0,3-1,1 %, and category VI – 0,3-0,7 %. The indices of the sanitary condition of healthy plantations were 1,38-1,5.

It is worth noting that the rational use of forest soil fertility is a crucial factor for the effective use and restoration of pine plantations. Soil is an important environmental component that determines the composition and productivity of forest stands. Therefore, soil fertility indicators must be taken into account when creating highly productive and healthy plantations. In Berezivske forestry, when the pine plantation dried out, a very acidic soil environment was found (pH sol.=4.22±0.06)



compared to the control plot ( $\text{pH sol.} = 5.35 \pm 0.10$ ). Mobile phosphorus also had a significantly lower content in the soils of the studied plots ( $71.93 \pm 1.41 \text{ mg/kg}$ ) compared to the control ( $163.00 \pm 3.18 \text{ mg/kg}$ ). This is due to increased aluminium mobility, increased phytotoxicity of the humus layer and reduced phosphorus availability in a highly acidic environment. In Ivnytsia forestry, the reason for the drying of pine plantations was a very acidic soil environment ( $\text{pH sol.} = 3.76 \pm 0.07$ ), which negatively affected phytotoxicity and availability of mobile phosphorus, which was  $56,77 \pm 3.68 \text{ mg/kg}$ . In the Melenivske forestry, the soil reaction in the control plots was slightly acidic ( $\text{pH sol.} = 5,06 \pm 0.07$ ), and the phosphorus level was  $73,33 \pm 3.94 \text{ mg/kg}$ . In the experimental plots, where there were signs of drying out of pine trees, the reaction of the soil reaction was  $\text{pH sol.} = 3,73 \pm 0.05$ , and the level of phosphorus was  $50,17 \pm 0.66 \text{ mg/kg}$ .

In recent years, the cultivation of sustainable pine plantations has become an important measure to restore plantations in areas that have been negatively affected by various factors. Polissia has all the conditions for growing sustainable pine plantations using improved methods and approaches. It has been proven that the use of bioorganic compositions for scots pine seedlings in silvicultural production can to some extent solve the problem of healthy plantations. This approach should become one of the main elements of intensive technologies in the cultivation of planting material of woody plants in order to increase their resistance to pests and pathogens.

It has been established that with the use of Bioecofung-1, the morphological parameters of scots pine seedlings showed positive dynamics of vegetative growth, significantly accelerated the formation of biologically sustainable forest crops and their survival rate, and increased seed germination. During the cultivation of scots pine seedlings, fertilisation with bioorganic compositions had a positive effect on increasing the height of seedlings by an average of 31,2 % and the length of roots by 34,9 %. At the same time, with cerium dioxin nanoparticles, the increase in the height of Scots pine seedlings was 11,04 %, root length – 8,5 %, and the survival rate of forest crops was 92-98 %.

The results of the statistical analysis showed that soil agrochemical parameters have a significant impact on the plantation health index. The models reflect the relationship between the sanitary condition index (SIC) and soil agrochemical parameters, which is characterised by a determination coefficient (Multiple R-squared) of 0,8074.

It has been proven that high soil acidity can lead to a deterioration in the condition of plantations, which can lead to the emergence of disease and pest foci. The level of humus in the soil is of great importance for the condition of plantations. The concentration of nitrogen and phosphorus in the soil also has a significant impact on the growth and development of plantations. When choosing a planting mixing scheme, soil agrochemical parameters should be taken into account, as they can affect the condition of the plantations in the future.

The composition of the stand and the type of forest vegetation conditions in the forest plantations are important factors that affect the condition of the forest. Stands consisting of more than three hardwood species are more resistant to pests and diseases than pure pine stands. The model that takes into account the dependence of the forest health index on the composition of the stand (Multiple R-squared = 0,4386) shows that the composition of the stand is an important factor that affects the condition and sustainability of forest ecosystems.

Studies have shown that the sanitary condition of pine plantations depends on a complex of various factors (abiotic, biotic, anthropogenic) that interact with each other. The multiple R-squared of 0,9186 indicates that the model describing the impact of these factors is accurate and effective. Additionally, the stepwise regression analysis revealed that the apex bark beetle has a statistically significant impact on the sanitary condition of Scots pine. The Multiple R-squared value for this factor is 0,9182, which indicates a high degree of correlation between this factor and the condition of pine plantations. These results emphasise the importance of considering the complex impact of various factors on the state of forest ecosystems to ensure conservation and sustainability in the future.

According to the results of the regression analysis, the impact of various parameters on the forest health index was determined. In particular, it was found that

the age of forest plantations has a significant impact on their resistance to diseases and pests, which is confirmed by the high value (R-square = 0,4357). Plantation completeness, tree height and diameter also affect the forest health index, and low plantation completeness may indicate increased vulnerability to diseases and pests. Timber stock is also an important parameter that affects the resistance of forest stands to diseases and pests. The optimal age, fullness, height, diameter and wood stock of forest stands may depend on regional climatic and geographical conditions. The statistical analysis showed that the p-value is  $< 2,2e-16$ , which means that the model is significant.

As a result of the study, it was found that the impact of the top bark beetle in combination with windbreak on the sanitary condition index has a determination coefficient (Multiple R-squared) value of 0,6118 with a p-value of less than  $2,2e-16$ , which indicates the statistical significance of this impact. These results confirm that the presence of the treetop bark beetle and windthrow in forest plantations has a significant impact on their condition. The data obtained are essential for taking these factors into account in the process of assessing and managing forest ecosystems to ensure their environmental sustainability.

The study has shown that the model of the impact of a complex of factors on the occurrence of forest fires in loblolly pine plantations has a high coefficient of determination (Multiple R-squared = 0,9906), which indicates the high accuracy and significance of this model. In particular, the results of the study indicate that a set of factors: stand composition, type of forest conditions, age, and stock affects the occurrence of forest fires in Scots pine stands. However, the models of the influence of geographical location (multiple R-squared = 0,01965) indicate that location does not have a statistically significant impact on the spread of pests and diseases in Scotch pine stands. This means that the presence or absence of pests and diseases does not depend on the location of the plantations.

Key words: scots pine, sanitary condition index, soil, scots pine seedlings, climate, pests, disease.

## Список публікацій здобувача

### 1. Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

#### 1.1. У наукових фахових виданнях України:

1. Романчук Л. Д., Діденко П. В. Еколого-біологічні властивості збудника хвороби Шютте на сосні звичайній (*Pinus sylvestris* L.) в умовах лісів Полісся Житомирщини. *Наукові горизонти*. 2019. № 07(80). С. 37. doi: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-3-7 (1,03/0,61 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: проведено дослідження хвороб сосни звичайної, сформульовано висновки та рекомендації).

2. Діденко П. В., Романчук Л. Д., Бойко О. А., Сус Н. П., Демченко О. А., Орловський А. В., Бойко А. Л. Ріст і розвиток садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) за впливу біоорганічних композицій з базидіоміцетів та наночастинок діоксиду церію. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. Вип. 30. С. 6166. doi: 10.35868/1997-3004.30.61-66 (0,92/0,51 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: проведено комплексне дослідження впливу препаратів, здійснено заміри біометричних показників сосни звичайної).

3. Швець М. В., Марков Ф. Ф., Фітисов А. М., Діденко П. В. Аналіз фінансово-господарської діяльності лісогосподарських підприємств в умовах економічної та екологічної нестабільності. *Наукові горизонти*. 2020. № 06(91). С. 92100. doi: 10.33249/2663-2144-2020-91-6-92-100 (1,09/0,31 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: проведено комплексний аналіз діяльності лісогосподарських підприємств, сформульовано висновки та рекомендації).

4. Діденко П. В., Устименко В. І., Бакай Б. Я. Лісові пожежі на Поліссі та їх вплив на довкілля. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість* : наук.-техн. зб. Львів : НЛТУ України, 2019. Вип. 45. С. 138–145. (0,90/0,59 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: збір даних щодо динаміки пожеж на території Полісся, формулювання висновків).

5. Романчук Л. Д., Діденко П. В. Вплив препарату Біоекофунге-С на ріст та розвиток садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 198–204. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-198-204> (0,87/0,49 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: здійснено

збір даних, заміри біометричних показників сіянці сосни звичайної, сформульовано висновки).

6. Романчук Л. Д., Діденко П. В. Санітарний стан соснових насаджень Полісся Житомирщини. *Агробіологія*. 2022. № 2. С. 120–127. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-174-2-130-136> (1,11/0,71 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: оцінено санітарний стан соснових насаджень).

### 1.2. В іноземному науковому періодичному виданні:

7. Romanchuk L., **Didenko P.**, Sus N., Ustyomenko V., Orlovskyi A. Scots Pine Seedlings Growth Under Different Ca/Mn Soil Ratios. *International Journal of Ecotoxicology and Ecobiology*. 2021. № 6(2). P. 34–40. doi: 10.11648/j.ijee.20210602.12 (0,72/0,39 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: відбір зразків, аналіз отриманих хімічних показників ґрунту).

### 2. Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. **Didenko P.** Observation of climate change impact on the forest ecosystems of Ukrainian Polissia. *Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали V Міжнар. наук.-прак. конф., 5-7 квіт. 2021 р. Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г. М., 2021. P. 1011. (0,25 ум. друк. арк.)*.

9. **Didenko P.**, Bakay V. Influence of climatic indicators on the stability of pine plantations in Polissia. *6th International Youth Congress «Sustainable Development: Environmental Protection. Energy Saving. Sustainable Environmental Management» : proceedings 09-10 February 2021. Lviv: Western Ukrainian Consulting Center (ZUKC), 2021. P. 151. (0,1 ум. друк. арк.)*.

10. Діденко П. В. Оцінювання впливу зміни клімату на лісові екосистеми Українського Полісся. *Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. студ., маг., аспір., молодих вчених і викладачів, 26 берез. 2020 р. Малин : Вид-во МЛТК, 2020. С. 81–86. (0,7 ум. друк. арк.)*.

11. Bakay V. Ya., Horzov S. V., **Didenko P. V.** Interferometric synthetic aperture radar as a monitoring tool for a forest stand. *Applied Scientific and Technical Research : proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, 1-3 Apr. 2020. Ivano-Frankivsk : Vasyl Stefanyk Precarpathian National*

University, 2020. Vol. 2. P. 1213. (0,19/0,1 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора: аналітичний огляд*).

12. Бакау В. Ya., Horzov S. V., **Didenko P. V.** Practice method of neural network processing. *Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн* : зб. тез доп. XX Міжнар. конф. наук.-педаг. прац., наук. співроб. та аспірантів, 19-20 берез. 2020 р. Київ, 2020. С. 94–96. (0,25/0,09 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора: аналіз методу нейромережевої обробки*).

13. **Діденко П. В.**, Сус Н. П., Орловський А. В., Демченко О. А., Бойко О. А., Романчук Л. Д. Поширення та профілактика хвороби Шютте на сосні звичайній в умовах Полісся. *Екологічна наукова діяльність: в концепції сталого розвитку* : зб. статей наук.-практ. конф. з міжнар. участю, 4 груд. 2018 р. Житомир : Вид-во ЕЦ «Укрекобіокон», 2018. С. 79–80. (0,12/0,04 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора: опрацювання та узагальнення поширеності хвороби*).

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ</b> .....	16
<b>ВСТУП</b> .....	17
<b>РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГО-ЛІСІВНИЧА ХАРАКТЕРИСТИКА СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ</b> .....	22
1.1. Характерні лісівничо-екологічні особливості сосни звичайної.	22
1.2. Структура соснових лісів Полісся.....	25
1.3. Чинники погіршення санітарного стану сосни звичайної.....	27
1.4. Особливості вирощування стійких деревостанів.....	39
Висновки до Розділу 1.....	50
Список використаних літературних джерел до Розділу 1.....	51
<b>РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	63
2.1. Природні умови регіону дослідження.....	63
2.2. Характеристика об'єктів дослідження.....	71
2.3. Програма та методика дослідження.....	82
Висновки до Розділу 2.....	85
Список використаних літературних джерел до Розділу 2.....	86
<b>РОЗДІЛ 3. САНІТАРНИЙ СТАН СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ</b> .....	90
3.1. Розподіл площ всихання сосни звичайної за причинами.....	90
3.2. Порівняння значень індексу санітарного стану соснових насаджень в різних умовах.....	100
3.3. Вплив едафічних умов на стан соснових насаджень.....	110
Висновки до Розділу 3.....	118
Список використаних літературних джерел до Розділу 3.....	120
<b>РОЗДІЛ 4. ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДЕРЕВОСТАНІВ</b> .....	122
4.1. Ефективність застосування біопрепаратів під час вирощування садивного матеріалу сосни звичайної.....	122
4.2. Кліматичні показники та їх вплив на соснові насадження.....	127
Висновки до Розділу 4.....	136
Список використаних літературних джерел до Розділу 4.....	137
<b>РОЗДІЛ 5. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ ВСИХАННЯ СОСНОВИХ ЛІСІВ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ</b> .....	140
5.1. Моделювання впливу чинників на всихання соснових лісів.....	140
5.2. Комплексна модель індексу санітарного стану соснових насаджень.....	150
Висновки до Розділу 5.....	160
Список використаних літературних джерел до Розділу 5.....	161
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	163
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ</b> .....	166
<b>ДОДАТКИ</b> .....	167

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВО – виробниче об'єднання

вид. – виділ

кв. – квартал

КЕКФ – комплекс еколого-кліматичних факторів

ККФ – комплекс кліматичних факторів

л-во – лісництво

л/к – лісові культури

ПП – пробна площа

СРС – суцільна санітарна рубка

СРВ – санітарна рубка вибіркова

Сз – сосна звичайна

ТЛУ – тип лісорослих умов

ПП ЛК – пробна площа лісових культур

АПК – агропромисловий комплекс

Ісс – індекс санітарного стану

Бп – береза повисла

Ос – осика

Дз – дуб звичайний

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

ДСТУ – Державний стандарт України



## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Сосна звичайна є одним з найпоширеніших видів дерев у зоні Житомирського Полісся, яке охоплює значну частину території України. Лісові екосистеми Житомирського Полісся є важливим джерелом екологічних послуг та природних ресурсів, таких як очищення повітря, збереження ґрунтового водного запасу, виробництво деревини, дикоросів, лікарських рослин та інших корисних продуктів. Проте внаслідок постійного масового всихання соснових насаджень, питання екологічного стану соснових лісів набуває особливої актуальності. Адже динаміка їх всихання на території Житомирського Полісся має прогресуючий характер і є частиною патологічних процесів всеукраїнського масштабу.

Соснові насадження у Житомирському Поліссі є важливим джерелом деревини та інших корисних продуктів, а також вони виконують важливу роль у збереженні біорізноманіття та екологічної стійкості регіону. Вивчення та впровадження ефективних заходів з протидії всиханню соснових насаджень є надзвичайно важливим завданням для збереження цінних лісових екосистем Житомирського Полісся та забезпечення сталого розвитку регіону, що вказує на актуальність та своєчасність проведеного дослідження.

Проблема масового всихання соснових лісів не є новою у вітчизняній науці. Гетьманчук А. І., Кичилюк О. В., Войтюк В. П. та Бородавка В. О. [46] досліджували різного роду патології соснового лісу. В. Л. Мешкова [37], А. Рідел [32], Дж. Рів [35], П. А. Гайченя [40], М. Аєрс [38] у своїх працях велику увагу приділяли вивченню особливостей пошкоджень шкідниками хвойних порід, динаміки їх чисельності та поширенню видів. Проблеми виникнення лісових пожеж та їх вплив на лісові насадження відображені у працях В. І. Товаряньського [77] В. П. Ворона, О. М. Ткача, С. Г. Сидоренка [48-50] та ін. Попри наявність численних наукових досліджень з проблем масового всихання соснових лісів, вплив еколого-кліматичних чинників на це

явище в лісах Житомирського Полісся є недостатньо вивченим та висвітленим в літературних джерелах.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота відображає результати наукових досліджень, проведених відповідно до плану науково-дослідних робіт Поліського національного університету за темою: «Еколого-кліматичні чинники масового всихання соснових лісів Полісся» (№ держреєстрації 0118U004394 від 24.04.2018). Робота виконувалася впродовж 2017-2023 рр.

**Мета і завдання дослідження.** Мета дослідження полягає в обґрунтуванні причин і наслідків масового всихання соснових насаджень у лісових екосистемах Житомирського Полісся й розробці практичних рекомендацій щодо впровадження ефективних заходів з протидії цьому явищу.

Мета дослідження обумовила постановку та розв'язання наступних завдань:

- надати комплексну екологічну оцінку сосновим насадженням, що всихають у лісових екосистемах Житомирського Полісся та встановити чинники, які впливають на їх стійкість;
- продемонструвати вплив агрохімічних параметрів ґрунтів на стан соснових насаджень;
- виявити особливості дії біоорганічної композиції та діоксиду церію на ріст і розвиток сіянців сосни звичайної;
- оцінити вплив абіотичних та біотичних факторів на стан насаджень за допомогою статистичного аналізу та моделювання;
- розробити рекомендації та практичні заходи щодо створення стійких соснових насаджень.

Об'єктом дослідження є соснові ліси в лісорослинних умовах Житомирського Полісся.

Предметом дослідження – оцінювання впливу чинників на всихання соснових лісів Житомирського Полісся.

**Методи досліджень.** Під час виконання дисертаційної роботи були використані як загальнонаукові методи досліджень, такі як: абстракції – для висунення гіпотези дослідження, аналогії – для порівняння стану соснових насаджень на різних ділянках, узагальнення – для формулювання висновків і пропозицій, кореляційно-регресійного аналізу – для виявлення ступеню впливу різного роду чинників на стан соснових насаджень, так і спеціальні: польовий – для визначення окремих характеристик соснових насаджень і лабораторний – для визначення індексу стану соснових насаджень Житомирського Полісся.

**Наукова новизна отриманих результатів.** На основі проведених комплексних наукових досліджень було отримано такі наукові результати:

***вперше:***

- доведено позитивний вплив біоорганічної композиції та наночастинок діоксину церію на сіянця сосни звичайної;
- встановлено закономірність, що кислотність ґрунтів всихаючих соснових деревостанів обумовлює зменшення вмісту рухомих форм фосфору, які, поряд з іншими факторами, мають негативний вплив на деревні рослини;
- встановлено, що ступінь насичення основами ґрунту окремо не може викликати ослаблення соснових насаджень, проте спроможний доповнювати шкідливу дію інших екологічних факторів.

***Поглиблено та доповнено:***

- наявні уявлення щодо сучасного стану соснових насаджень та особливостей їх вирощування під впливом біотичних й абіотичних чинників;
- теоретичні положення та практичні підходи щодо формування екологічно стійких соснових деревостанів;
- оцінку лісопатологічного стану соснових деревостанів та основних процесів, які в них відбуваються.

**Практичне значення отриманих результатів.** Запропоновано науково-методичні підходи для отримання високоякісного садивного матеріалу, які включають передпосівний обробіток насіння біопрепаратами та наночастками церію. Основні положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи впроваджено у виробничу діяльність філії «Київське лісове господарство», філії «Коростишівське ЛГ», ЖОКАП Житомиробагроліс ДП «Коростенський ЛГ АПК». Отримані закономірності можуть бути використані для вирощування стійких лісових культур та оцінювання стану лісових насаджень за допомогою індексів санітарного стану насаджень.

Основні результати дослідження враховано під час реалізації освітнього процесу Поліського національного університету, зокрема при викладанні дисциплін «Моделювання та прогнозування стану довкілля», «Екологічна безпека», «Збалансоване природокористування», «Моніторинг довкілля», «Оцінка впливу на довкілля».

**Особистий внесок здобувача.** Дисертація є завершеною науковою працею у якій викладено положення, висновки й пропозиції, які базуються на власних дослідженнях здобувача. Автором особисто проведені польові роботи, здійснено статистичну обробку та аналіз зібраного матеріалу, узагальнено отримані результати, сформульовано висновки, за результатами яких опубліковано наукові праці. Окремі результати були отримані у співпраці з іншими науковцями, про що свідчать спільні наукові публікації, на які є відповідні посилання в тексті дисертації.

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні положення роботи опубліковано та обговорено на науково-практичних конференціях різного рівня: «Екологічна наукова діяльність: в концепції сталого розвитку (Житомир, 2018)», «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (Київ, 2020), «Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи

розвитку» (Малин, 2020), «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» (Херсон, 2021), «Прикладні науково-технічні дослідження» (Івано-Франківськ, 2020, 2021), «Sustainable Development: Environmental Protection. Energy Saving. Sustainable Environmental Management» (Lviv, 2021).

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, з них: 7 – наукові статті в періодичних виданнях, зокрема, 6 – у фахових виданнях, 1 стаття у періодичному науковому виданні іншої держави; 6 тез доповідей.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація викладена на 215 сторінках комп'ютерного тексту, містить 17 таблиць та 26 рисунків. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел, який налічує 196 найменування, у тому числі латиницею, та додатків.

# РОЗДІЛ 1

## ЕКОЛОГО-ЛІСІВНИЧА ХАРАКТЕРИСТИКА СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

### 1.1. Характерні лісівничо-екологічні особливості сосни звичайної

Сучасний ареал сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), яка найширше представлена у лісовому світі Центрального Полісся, характеризується досить широкою межею поширення від 70° до 37° Пн. ш. та від 7° до 126° Зх. д. Деревостани сосни розповсюджені від Шотландії до Норвегії і Охотського моря, зустрічаються у Піренеях, Балканах, Альпах, Кавказі, Уралі і Малій Азії, формують лісові екосистеми у лісовій, степовій та лісостеповій природних зонах [1-5].

На території України за лісогосподарським районуванням С. А. Генсірука виділено декілька рівнинних областей: Полісся, Лісостеп, Північний Байрачний Степ, Південний сухий (безлісий) Степ. У межах Полісся України головними видами у лісонасадженнях є сосна звичайна та дуб звичайний. Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є однією з найбільш невибагливих до умов навколишнього середовища порід, але у той же час і найбільш цінним деревним видом [12]. Це ксерофітна, оліготрофна рослина, яка відрізняється досить швидким ростом [6]. За умови правильної агротехніки насадження лісових культур, вчасних і помірних рубок, вона проявляє високу біологічну стійкість, досить інтенсивний ріст та формує високопродуктивні насадження. Найкращі механічні та фізичні властивості сосни проявляються у насадженнях, які створені у свіжих суборах.

Даний вид належить до дерев, невибагливих до умов навколишнього середовища та до місця зростання, з точки зору лісівництва, та є породію-піонером. Завдяки своїй невибагливості, сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), порівняно із іншими видами, має більший ареал поширення і є відомим деревним видом в Азії та Європі, починаючи від Ірландії, Шотландії, та

Португалії на заході, та до Східного Сибіру – на сході, до гір Кавказу на півдні, та на північ – до Скандинавії. Цей вид генетично молодий, який сформувався в пізньому міоцені, в основному в гірських районах Північної Монголії і західній частині Маньчжурії [7].

У межах України розташована південна межа поширення сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) вздовж лінії від Карпат (по північному схилу Подільської височини) до течії Південного Бугу вздовж 48° 40' Пн. ш. південніше м. Дніпра до кордону [8-10]. Проте поширення аналізованої деревної породи розповсюджується далеко за визначені межі.

Дослідження багатьох вчених на території Полісся довели, що сосна звичайна залишається основною лісотворною деревною породою з часів раннього голоцену [2, 3, 5, 12]. Найбільш суттєві зміни лісових площ в межах Полісся були зумовлені господарською діяльністю людини. Особливо негативний вплив зазнали лісові насадження в період активного розвитку скотарства та землеробства.

Надмірне вирубування соснових насаджень призвело до істотного погіршення екологічного стану довкілля. Знищення лісів, надмірне розорювання сільськогосподарських угідь, водна меліорація, зумовили збіднення видового різноманіття рослинного і тваринного світу, сприяли розвитку інтенсивних ерозійних процесів та призвело до утворення рухомих пісків на піщаних землях. Цьому також активно сприяли розбудова залізниць, розвиток цукрової промисловості в Україні. Лісистість Полісся України за період з кінця XVIII до початку XX століття зменшилась у Київській – з 24,5 % до 15,1 %, у Волинській з 43,7 % до 25,4 %, і у Чернігівській області з 24,7 % до 14,9 % [11, 12].

Масштабні вирубування лісів у минулому та сьогодні, призводять до суттєвого зменшення природних запасів вуглецю. Це зумовлюється також зменшенням розміру автотрофного блоку, який є планетарним акумулятором енергії Сонця і поглинає вуглець. Лісова екосистема у процесі фотосинтезу не тільки впливає на склад атмосфери та продуктивність ґрунтів, але й сприяє

стабілізації клімату, що відіграє надзвичайно визначальну роль у глобальних процесах [13-17].

Сосну звичайну відносять до категорії помірно довговічних рослин (300-500 р.), генеративний розвиток яких настає приблизно на 20-му році життя. Спорофіли зібрані у шишках двох видів дуже різняться між собою, але утворюються на одній рослині: чоловічі розташовані групами, тоді як жіночі – поодинокі. В умовах України на деревах сосни звичайної перші шишки можуть з'являються у віці 5-8 років [11, 12]. У проміжку від 20-ти до 40-ка років відмічається початок насінневої продуктивності зімкнутих соснових насаджень. Формування насіння рослин відбувається щорічно й відрізняючись лише за інтенсивністю. Вік початку насінневої продуктивності також пов'язаний зі спадковими властивостями рослини, кліматичними та ґрунтовими умовами вирощування. Чим сприятливіший для деревної рослини тип лісу, тим раніше настає поновлювана стиглість насаджень. Максимальну масу мають шишки і насіння дерев у середньовікових деревостанах (III-IV клас віку) [13, 18].

У стиглих і перестійних дерев (понад 100 років) зменшується маса шишок і насіння. Сходи з насіння молодих дерев інтенсивніше розвиваються ніж сходи з насіння, зібраного зі старих дерев. Сосна звичайна, порівняно з іншими хвойними видами деревних рослин, відзначається дуже широким спектром забарвлення насіння. Ця ознака залежить як від географічного походження насаджень, так і від едафічних умов. Сосна звичайна має яйцеподібне насіння, довжина якого складає 3-4 мм, має притуплений кінчик на одному, зазвичай блискучому боці, а на іншому – матове забарвлення. Колір насіння варіює від темно-сірого або чорного до світло-бурого, бурого та білого, розлітається на відстань 120-150 м. Дозріває насіння у жовтні наступного за запиленням року. Водночас протягом зими насіння залишається в шишках, які починають розкриватися лише у квітні наступного року з досягненням температурних показів понад +10 °С. Однак на розкриття шишок діє не стільки температура повітря, скільки рівень вологості. Тому в окремих



регіонах, за однакової температури навколишнього повітря, шишки можуть почати розкриватися раніше [12, 14].

Забарвлення насіння в межах одного дерева, зазвичай повторюється з року в рік і не змінюється зі збільшенням віку. Проте в межах однієї популяції може спостерігатися різне забарвлення насіння. В Україні маса насіння має значну мінливість (1000 шт. – від 4 до 9 г) і залежить від багатьох умов: місцезростання, типу лісу, віку, повноти деревостану, погодних умов та умов насінноношення, дозрівання [13, 14, 16-18]. Схожість насіння залежить від терміну його збирання. Ранній збір зумовлює зниження польової схожості та подовження насінневого спокою. У насадженнях Полісся і Лісостепу України сосна звичайна розпочинає насінноношення із 14-22 років [19]. У стиглих лісостанах в середньому одне дерево утворює 14-18 г насіння, а зібрати можна 3,8-4,2 кг на гектар, при цьому схожість насіння становить 91-93 %. У насадженнях свіжих суборів він менший, у свіжих судібровах – більший. Таким чином, на гектар випадає 630-700 тис. насінин, які здатні сформувати більше 550 тис. самосіву сосни звичайної [107-110, 113].

## **1.2. Структура соснових лісів Полісся**

Попри значну кількість наукових досліджень, присвячених аналізу лісового фонду і лісової типології, донині відсутні достовірні відомості про розподіл лісів в окремих регіонах України в цілому за лісорослинними умовами, породною структурою окремих типів лісорослинних умов, а також відповідність тих чи інших лісоутворювальних порід лісорослинним умовам. Причиною цього є те, що більшість робіт з цих питань не базуються на таксаційних (грунтово-типологічних) даних, а спираються на матеріали державного обліку лісів, які не дають змогу повною мірою провести аналіз лісового фонду, особливо в регіональному аспекті [20, 21]. Водночас така інформація необхідна для розробки довгострокових програм ведення лісового

господарства й підвищення продуктивності лісів. Для типологічного аналізу лісів використовують методичні положення української лісотипологічної школи [22, 24]. Лісовий фонд розподілено на регіони згідно з комплексним лісогосподарським районуванням [23]. Такий вибір обумовлено тим, що межі лісогосподарських регіонів переважно збігаються з адміністративними.

Аналізуючи дані по загальній площі вкритих лісом ділянок Полісся, можна стверджувати, що найбільші їх площі розташовані у Житомирській області і сягають 662,06 тис. га, що становить 28,23 % від загального обсягу насаджень Полісся. У Рівненській області площа насаджень становить 582,86 тис. га, що складає 24,85 %, у Волинській області – 411,48 тис. га або 17,54 %, від загальної площі. Найменша площа лісових ділянок знаходиться у Київській області – 340,15 тис. га та Чернігівській – 348,95 тис. га, що становить 14,50 % та 14,86 % відповідно [25-28].

Найбільший запас деревостанів сосни звичайної на Поліссі виявлений у Житомирській області 26,95 % (95,89 млн м<sup>3</sup>) від загального запасу соснових насаджень. Рівненська область має 22,41 %, що становить 79,75 млн. м<sup>3</sup>. На території Волинської області запас деревостанів породи сосни звичайної складає 15,37 % (54,68 млн. м<sup>3</sup>), Київської області – 16,84 % (59,94 млн. м<sup>3</sup>), Чернігівської – 18,43 % (65,60 млн. м<sup>3</sup>) [25, 27, 28]. Одним із головних таксаційних показників є повнота деревостану. У межах Полісся середня повнота сосни звичайної коливається від 0,74-0,77 залежно від умов та регіону зростання. За віковими групами – мішані молодняки сосни звичайної зростають на площі 261095,5 га, що становить 55,97 %, чисті займають решту 205358,0 га – 44,03 % від зальної площі всіх молодняків. Чисті деревостани на території Полісся України представлені високими класами бонітету (II і вище), їх частка складає 90,94 %, низькопродуктивних (III і менше) – 9,06 % [21, 23, 28]. Серед мішаних насаджень частка високопродуктивних складає 88,82 %, низькопродуктивних – 11,18 %.

### 1.3. Чинники погіршення санітарного стану насаджень сосни звичайної

Впродовж останніх років в європейських країнах, зокрема і в Україні, проблема всихання лісових насаджень почала набирати широких масштабів. Якщо в країнах ЄС для розв'язання цього питання вживаються різноманітні заходи, то в Україні з їх впровадженням є суттєві затримки, тому процес всихання лісових насаджень на цій території розвивається з великою швидкістю і є справжньою катастрофою у сфері охорони лісових насаджень [36, 47, 84, 86].

Площі всихання основних лісоутворювальних порід протягом 2018-2020 рр. на території лісових господарств зони Полісся представлені у табл.1.1

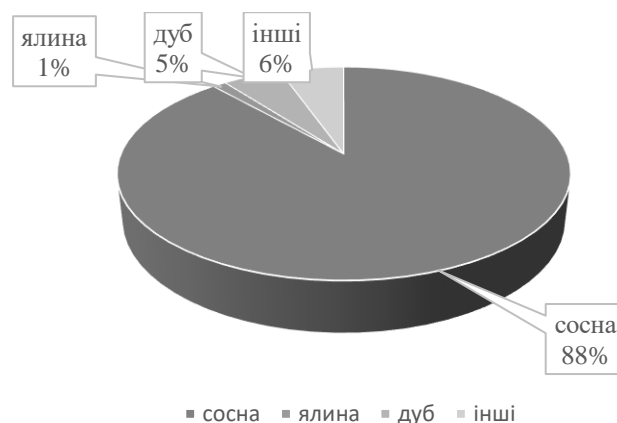
Таблиця 1.1

#### Площа всихання основних лісоутворювальних порід зони Полісся

ОУЛМГ	Загальна площа всихання, га	в т.ч. по породах, га			
		сосна	Ялина	дуб	інші
Волинське	52626	44775	555	2476	4820
Житомирське	26202	23429	703	1576	494
Рівненське	18253	17803	7	304	139
Чернігівське	16011	14374	52	1073	512
Київське	7516	5998	61	865	592
Всього:	120608	106379	1378	6020	6557

Аналіз статистичних даних довів, що найбільші площі всихання лісових насаджень зафіксовані у Волинській та Житомирській областях. Решта регіонів України характеризується помірними площами всихання лісових насаджень.

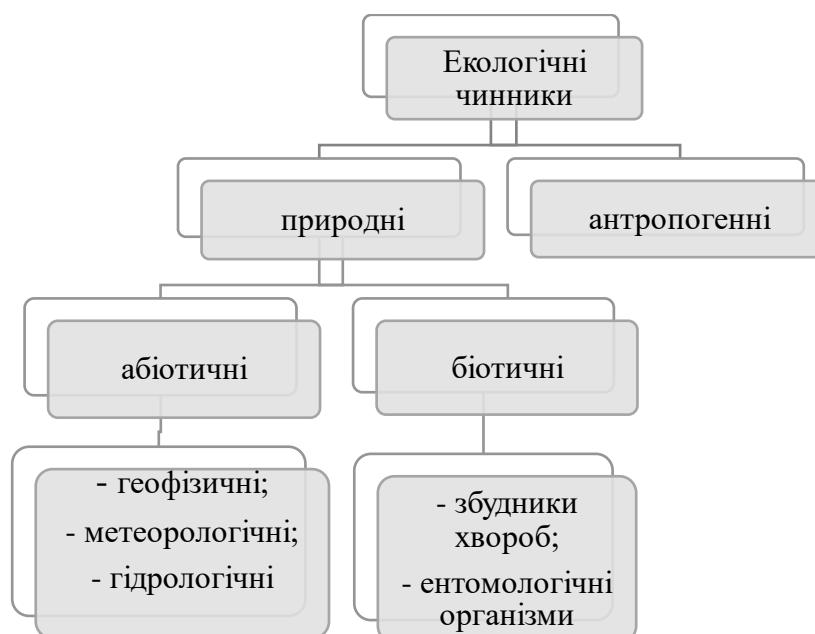
Частка всихання сосни серед інших лісоутворювальних порід Полісся найбільша і становить 88 % (рис. 1.1).



**Рис. 1.1. Структура всихання основних лісоутворювальних порід зони Полісся**

Процес всихання соснових насаджень у зоні Полісся зумовлений дією різноманітних факторів, які можна згрупувати за певними ознаками (рис. 1.2). Варто зазначити, що дія вищенаведених чинників досить взаємопов'язана, один чинник може бути першопричиною іншого.

Останні десятиріччя характеризуються невеликими темпами кліматичних змін [41]. Науковці очікують, що середня температура протягом XXI ст. буде підвищуватися на 0,3°C за 10 років, що може призвести до збільшення її на 1°C вище за теперішній рівень до 2025 р. [68, 102, 112].



**Рис. 1.2 Екологічні чинники всихання соснових насаджень**

Фахівці стверджують [53], що при збільшенні температури повітря на 1°C широтні межі кліматичних зон в Україні перемістяться на 160 км. Отже, на територіях, де очікується збільшення кількості опадів продуктивність лісових насаджень зросте і навпаки, у регіонах з водним дефіцитом, буде зменшуватися. М'якші зими призведуть до зменшення зимового здерев'яніння пагонів, в результаті чого вони стануть більш вразливими до морозів [68, 96, 107, 111].

Попри прийняття низки міжнародних природоохоронних документів, а саме Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (1992 р.), Кіотського протоколу до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (1997 р.), «Конвенції Ріо» (1997 р.) та Паризької угоди (2015 р.), стан довкілля продовжує невпинно погіршуватися. Збереження стабільності кліматичної системи є однією з найбільш важливих глобальних проблем [77, 79, 81, 87].

В Україні спостерігається зміна клімату з помірно-континентального на континентальний, в результаті чого підвищується температура повітря та знижується рівень ґрунтових вод [55]. На території Полісся протягом 100-річного періоду зміни річної температури атмосфери порівняно зі змінами глобальної температури становлять 0,6-0,9°C.

Ічені-кліматологи вважають, що процес потепління незворотній [80]. Основними його причинами є посилення дії парникового ефекту в атмосфері, під час якого спостерігається поглинання теплового випромінювання земної поверхні вуглекислим газом, окисом азоту та іншими парниковими газами, в результаті чого підвищується температура атмосфери, прилеглої до земної поверхні. Посилення парникового ефекту зумовлюють незбалансовані викиди в атмосферу в результаті господарської діяльності людини [68, 101].

Питання зміни клімату, як основного фактору впливу на стан лісових насаджень, були висвітлені у низці наукових публікацій: А. І. Гетьманчука [51], С. О. Логінова [58], Я. П. Дідуха [53], А. З. Швиденка [41], І. Ф. Букши [76], І. М. Лицура [73], Л. Джеймеа [71] та ін.

Зміна клімату впливає на лісові насадження як позитивно, так і негативно. Серед основних позитивних ефектів можна виділити збільшення життєвості та росту деревостанів залежно від збільшення концентрації CO<sub>2</sub>, довший вегетаційний період та збільшення ефективності використання рослинами води [41, 94, 113].

До основних негативних наслідків впливу кліматичних змін відносять:

- зсув меж ареалу лісових насаджень, зміну співвідношення типів лісу та лісових формацій, заміну зональних типів рослинності;
- зниження життєздатності лісів, їх стійкості до хвороб та шкідників, збільшення інтенсивності всихання лісів;
- спалахи масового розмноження шкідників;
- зростання кількості та масштабності пожеж [66, 71, 73, 76].

Саме зміни клімату вважають причиною одного із найбільш небезпечних факторів прогресуючої руйнації лісових покривів і дестабілізації лісового господарства: системних та гострих всихань деревостанів [73], спричинених спалахами шкідників та асоційованих з ними хвороб [51, 101].

Науковці А. І. Гетьманчук, О. В. Кичилюк, В. П. Войтюк та В. О. Бородавка [46] вважають, що в основі посушливих явищ та ініційованих ними патологій лісу лежить дефіцит атмосферних опадів. Оскільки для періоду початку вегетації сосни, коли показник волого забезпечення відіграє важливу роль у формуванні її стійкості, характерним є збільшення кількості опадів. Це свідчить про наявність іншого потужного кліматичного чинника, який не тільки нівелює ефект додаткових опадів, а й призводить до кризового вологозабезпечення, яке не властиве зоні Полісся. Дослідження свідчать, що потепління відзначається постійним стабільним підвищенням температури повітря, особливо у вегетаційний період. Доведено, що першопричини патологій лісу пов'язані з витратною, а не прибутковою частиною водного балансу [51, 96, 98, 109].

Після тривалого періоду стабільності (40 років), з 1998 р. середня температура повітря, як за вегетаційний період, так і за рік почала значно

збільшуватися. Зокрема, норма середньорічної температури підвищилась майже на  $0,4^{\circ}\text{C}$ , причиною чого могли бути лише аномально високі поточні значення температур. Так, протягом 2006-2015 рр. фіксувалося критичне перевищення норми показників середньої температури впродовж року та періоду вегетації (на  $1^{\circ}\text{C}$  і більше). У 2015 р. середньорічна температура перевищила норму на  $2,16^{\circ}\text{C}$  [51]. Гідротермічний коефіцієнт Полісся у 2015 р. наблизився до значення, стандартного для степової зони.

Впродовж 2015-2018 рр. у зоні Полісся також зафіксоване щорічне збільшення температури повітря. Так, результати досліджень [45] показують, що протягом зазначених років збільшення температури в період травень-вересень на 2 % призвело до збільшення площі всихання деревних насаджень на 19,8 %. Це свідчить про наявність залежності між площею всихання лісових насаджень та середньою температурою повітря. Осередки всихання охопили усі адміністративні області, що входять в зону Полісся [76, 97, 99].

Прямий вплив зміни клімату на життєздатність та продуктивність лісів проявляється у суттєвому водному стресі, який зазнають ліси при підвищенні температури повітря [34]. Варто зазначити, що у зоні Полісся поширені здебільшого дерново-підзолисті ґрунти (з переважно легким механічним складом), яким властиві низька вологопідйомна здатність та висока водопроникність. Під час посухи за даних умов спостерігається швидке формування кризового гідрологічного режиму.

Окрім цього, зміни клімату провокують абіотичні й біотичні порушення. Серед абіотичних виділяють: інтенсифікацію вітрової ерозії, зростання кількості вітровалів, буреломів та лісових пожеж [34], в результаті чого прискорено збільшуються площі всихання лісових насаджень й спостерігається погіршення їх санітарного стану [45, 103].

До біотичних порушень у першу чергу варто віднести масове розмноження небезпечних шкідників та хвороб [34, 69]. При збільшенні температури повітря, збільшується чисельність генерацій шкідників [71, 72, 74], оскільки створюються сприятливі погодні умови для їх розвитку. Так, під

впливом високих температур під час вегетаційного періоду та зневоднення території зростання, лісові насадження втрачають біологічну стійкість та перебувають на різних стадіях ослаблення і стають вразливими до хвороб та шкідників [51]. Особливо згубними шкідники є для дерев з поверхневою кореневою системою, зокрема соснових порід [55].

На території Полісся в останні роки спостерігаються спалахи розмноження шкідників у соснових деревостанах. Лише в лісах Держлісагентства осередками короїдів і пов'язаних з ними хвороб вже охоплено 200 тис. га соснових насаджень [55]. На гостроту цієї проблеми вказують великі площі, пройдені суцільними санітарними рубками для запобігання розповсюдженню комплексних осередків стовбурових шкідників [57]. Так, у 2018 р. були проведені винищувальні заходи боротьби в осередках шкідників лісу на площі 7,2 тис. га [81].

У своїх працях велику увагу вивченню особливостей пошкоджень шкідниками хвойних порід, динаміки їх чисельності та поширення видів, приділяли такі вчені як В. Л. Мешкова [37], А. Рідел [32], Дж. Рів [35], П. А. Гайченя [40], М. Аєрс [38]. Проте дослідження цих науковців були спрямовані перш за все на комплексне вивчення особливостей розвитку та розмноження шкідників хвойних порід, і при цьому не були враховані сучасні еколого-кліматичні особливості, що здійснили на них свій характерний вплив [57].

У результаті зміни клімату із помірно-континентального на континентальний спостерігається підвищення температури повітря та посуха у літню пору, що спричиняє зниження рівня ґрунтових вод та зміну гідрорежиму ґрунту. Нестача води в тканинах дерев призводить до одночасного нападу декількох видів шкідників (верхівкового короїда, малого соснового лубоїда тощо) по цілому вертикальному профілю стовбура та скелетних гілок крони. Сильні вітри також завдають шкоди, оскільки розхитують дерева, а це, в свою чергу, призводить до підривання коріння та їх ослаблення. Високий температурний режим викликає різке збільшення транспірації дерев, які до цього не готові. Ослаблені дією високих температур



та іншими факторами соснові насадження зазнають руйнівного впливу та стають хорошою кормовою базою для шкідників [49, 50, 57, 58, 71].

Аналіз статистичних даних [45] свідчить про значне збільшення в останні роки площ лісових насаджень, пошкоджених дією шкідливих комах, що може бути пов'язане з підвищенням середньомісячної температури. Найбільшу шкоду комахи завдають для крони. Так, спостерігається об'їдання крони рослин одними комахами, та утворення ходів у внутрішній структурі життєдіяльністю інших комах, що зумовлює поступове всихання дерев [45].

До найбільш небезпечних шкідників лісових насаджень науковці відносять соснового трача (*Diprion pini* L.) та рудого соснового трача (*Neodiprion sertifer* Geoffr). Також значної шкоди завдають верхівковий короїд (*Ips acuminatus* Gyll.); шести зубий короїд (*Ips sexdentatus* Voern.); великий та малий соснові лубоїди (*Tomicus piniperda* L. та *T. minor* Hrtg.); сосновий бражник (*Sphinx pinasti* L.); чорний сосновий вусач (*Monochamus galloprovincialis* Oliv.); сирій довговусий вусач (*Acanthocinus aedilis* L.); вусач бурий комлевий (*Arhopalus rusticus* L.); коротковусий вусач (*Spondylis buprestoides* L.); синя соснова златка (*Phaenops cyanea* Fabr.); рагій ребристий (*Rhagium inquisitor* L.) [31, 56, 57, 64, 85].

Фахівці зазначають, що масове розповсюдження осередків стовбурових шкідників є основною причиною всихання соснових насаджень Полісся. Комахи ксилофаги заселяють соснові деревостани та сприяють поширенню у провідних тканинах дерев збудників судинного мікозу (гриби родини *Ophiostomaceae*, збудник) [57], що призводить до швидкого всихання соснових насаджень [51]. На території Українського Полісся спостерігається швидке збільшення кількості стовбурових шкідників у комплексі з офтіостомовими грибами [46]. Серед шкідників перше місце за шкодочинністю посідає верхівковий короїд [43].

Верхівковий короїд (*Ips acuminatus* Gyll) заселяє верхню частину стовбура та вітки хвойних дерев. Ще в минулому столітті його вважали вторинним шкідником, який не зумовлює спалахів масового розмноження та

спричиняє незначну шкоду, порівняно з сосновим лубоїдом та шестизубчастим короїдом. Проте на початку 21 ст. верхівковий короїд був віднесений до найнебезпечніших європейських короїдів, який набув розповсюдження не лише на території України, а й Польщі та Білорусі [47].

Значного поширення сьогодні набуло явище «короїдного всихання сосни», при якому майже всі всихаючі дерева в осередках всихання заселені верхівковим короїдом, на відміну від інших випадків, де головну роль відіграють інші стовбурові шкідники. Зазвичай, верхівкові короїди заселяють верхню частину стовбура в області крони, що ускладнює можливість їх виявлення, оскільки на стоячих деревах з рижуватим відтінком хвої, ознаки заселення короїда на стовбурі майже непомітні [67].

Окрім верхівкового короїда, вже діагностують спалахи масового розмноження шестизубчатого короїда (*Ips sexdentatus*), що значно ускладнює ситуацію [55]. Велику шкоду сосновим насадженням завдає також короїд типограф (*Ips typographus* L.), який заселяється на старих та ослаблених деревах. За одне літо короїд може знищити весь деревостан, нападаючи на дерева, які ослаблені низовою пожежею або гусінню. Зростаючи в чисельності, він здійснює напади і на цілком здорові дерева [57]. Збільшення частки виловлених жуків у другій половині літа є показником зростання загрози масового розмноження типографа, оскільки саме повноцінний розвиток та високий рівень виживання покоління сприяють інтенсивному росту чисельності [36, 65, 84].

Для виявлення короїдів та слідів їх життєдіяльності варто звалювати ймовірно заселені шкідниками дерева й проводити огляд стовбура та віток в кроні, або ж при наявності опалих віток проводити їх огляд з метою виявлення жуків та слідів їх життєдіяльності. Найефективнішим методом боротьби з верхівковим короїдом є комплексний підхід, який полягає у вирубуванні свіжозаселених дерев, викладці ловчих дерев з подальшим їх знищенням та моніторингу нових осередків за допомогою феромонних пасток [67]. Варто зазначити, що при заселенні дерев стовбурові шкідники заносять під кору

різну інфекцію у вигляді як грибів, так і бактерій та нематод, які сприяють зниженню ефективності захисних реакцій рослини та забарвлюють заболонь в синювато-сірий колір [67].

Дослідження В. П. Ворона та Є. Є. Мельника показують, що на деревах, вражених мікозом, переважає верхівковий варіант зараження та подальше його поширення по стовбуру. Це свідчить про розповсюдження саме світлолюбного виду шкідників – короїда верхівкового та соснового лубоїда, які заселяють ослаблені сосни та зумовлюють подальше їх відмирання. Також спостерігається перенесення комахами одночасно спор декількох грибів, серед яких трапляються патогенні види, які найпершими заселяють живі тканини дерев, та сапротрофи, які йдуть слідом. При великих спалахах шкідників, гриби є вагомим фактором ураження, оскільки переривають водне та мінеральне живлення дерев, що призводить до їх прискореного всихання [50].

Серед суттєвих чинників, що сприяють погіршенню санітарного стану лісових насаджень Полісся варто виділити також фітохвороби. Велику шкоду надають сосновим насадженням збудник звичайного шютте (*Lophodermium seditiosum* Mint. Stal. et Mill.), який спричиняє інтенсивне опадання хвої на дорослих деревах; ценангієвий некроз (*Cenangium abietis* (Pers.) Rehm.), що призводить до відмирання верхівки та молодих пагонів сосни; збудник сірого шютте (*Hypodermella pinastri* Chev.), який спостерігається на деревах відкритої місцевості, а інколи й на самосіві сосни; бура снігова пліснява зі збудником *Herpotrichia nigra* Hart., яка вражає молоді рослини; іржастий гриб (*Melampsora pinitorgua* Br. Rostr.), який призводить до деформації гілок сосни.

Великих втрат також завдають кореневі гнилі. При ураженні коренів порушується постачання води та поживних речовин до наземних частин дерев, що призводить до ослаблення та всихання. Міцелій грибів поширюється від дерева до дерева. Зазвичай розвиток хвороб характеризується куртинним характером, що зумовлює групове вимирання дерев. Гниль з коренів поширюється на комель, що призводить до значних втрат деревини [29].

Основними збудниками корневих гнилей сосни звичайної є коренева губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), осмопор пахучий (*Osmoporus odoratus* (Wulf.: Fr.) Sing.), облямований трутовик (*Fomitopsis pinicota* (Schw.:Fr.) Karst.), коріолел рядовий (*Coriolellus serialis* (Fr.) Murrill), трутовик Швейніца (*Phaeolus schweiniittzii* (Fr.) Pat.), опеньок осінній (*Armillariella mellea* (Vant.: Fr.) Karst.) [56, 63].

Серед збудників корневих гнилей найбільш небезпечним є коренева губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), що становить понад 70% хвороб лісу [50]. Даний гриб зумовлює втрату великої кількості деревини та призводить до зниження захисних властивостей соснових лісів [31]. Дерева, ослаблені збудниками кореневої гнилі, згодом доопрацьовуються стовбуровими шкідниками [89].

Отже, запорука якісного лісорозведення полягає у своєчасному виявленні осередків масового розмноження стовбурових шкідників та призначенні санітарно-оздоровчих заходів. Науковці зазначають, що більшість деградованих насаджень – це ділянки лісової території, що межували безпосередньо з пошкодженими короїдом насадженнями [57].

На дослідженні видів нематоди, яка є найменш вивченою групою шкідливих організмів у соснових насадженнях, зосередили зусилля науковці усього світу [75]. Вперше широкомасштабне всихання соснових насаджень, спричинене нематодами *Bursaphelenchus xylophilus* було зареєстроване в 1999 р. у Португалії. Цей вид проник з Японії, куди, у свою чергу, потрапив з Північної Америки на початку ХХ ст. з деревиною, зараженою нематодою [61].

Для забезпечення життєдіяльності нематод потрібні певні кліматичні умови, оскільки від температури повітря залежить тривалість їх життєвого циклу. При низьких температурах, нематоди є малоактивними [59]. За результатами досліджень, при температурі повітря +25°C протягом одного місяця, дерева заражені нематодами гинуть до кінця літнього сезону, а при +20°C можуть загибель настає через два роки [62].

Нематоди не мають можливості потрапити на інші дерева, а їх переносниками є жуки-ксилофаги. Зазвичай вони переносяться жуками роду *Monochamus* (*Cerambycidae*) [80]. Жуки розмножуються та розвиваються на всохлих деревах. І якщо у цих деревах є личинки стовбурової нематоди, то згодом вони проникають у лялечку жука та в подальшому локалізуються у його трахеях або внутрішніх чи зовнішніх органах. Коли ж молодий жук розпочинає активний спосіб життя, личинки нематоди виходять через дихальця назовні та потрапляють на молоді гілки дерев, в які згодом проникають. Ослаблені дерева можуть заражатися стовбуровими нематодами і при відкладанні яєць жуками. Період виходу нематод із жуків триває 10-40 днів [59, 60, 70].

Нематоди живляться паренхімними клітинами смоляних каналів сосни та закупорюють її трахеїди, що спричиняє всихання дерев. Сприятливі умови у відмерлій деревині зумовлюють розвиток бактерій та нематод бактеріофагів, чисельність яких в декілька разів може перевищувати чисельність стовбурових нематод [52, 59, 65, 100]. За результатами досліджень соснових насаджень Полісся, всихаючі дерева, не пошкоджені іншими патогенами, були заселені нематодами [59]. Серед 50 відомих видів нематод на Поліссі виявили лише *Bursaphelenchus mucronatus*.

На сучасному етапі розвитку науки ще не виявлені можливі переносники нематод на території Полісся та особливості їх поширення у соснових деревостанах. Донині фіксують лише початок процесу всихання соснових насаджень від нематод, хоча в останні роки спостерігається позитивна тенденція щодо їх збільшення. Зазвичай господарями нематод виступають ослаблені, всихаючі та всохлі дерева сосни звичайної. Нематод неможливо знайти на деревах, не заселених короїдами [52, 60, 62]. Для того, щоб сповільнити та обмежити процес поширення стовбурових нематод пропонується вилучення з лісових екосистем всохлих дерев, заражених нематодою та ліквідація осередків розмноження жуків-ксилофагів [59].

Проблеми виникнення лісових пожеж та їх вплив на лісові насадження відображені у працях В. І. Товаряньського [77] В. П. Ворона, О. М. Ткача, С. Г. Сидоренка [48-50] та ін. Результати досліджень лісових насаджень Полісся, пошкоджених пожежами дають підстави стверджувати, що у деревостанах, постраждалих від пожежі розпочинається процес всихання в результаті збільшення кормової бази шкідників [48].

Лісові пожежі призводять до значних втрат деревних насаджень [45]. Збитки лісових господарств від пожеж досить часто перевищують суму збитків від хвороб та шкідників [50, 91]. Основною причиною виникнення пожеж у соснових насадженнях залишається антропогенний чинник. Низький рівень культури населення щодо поводження з вогнем у лісових насадженнях призводить до пожеж великої частоти та масштабів [49]. Так, понад 96 % лісових пожеж фіксують саме через людський фактор [45]. На частоту та масштаби пожеж також впливає клімат, рельєф, вік, вид та структура лісових насаджень [49, 50, 54].

Потепління клімату лише посилює негативну динаміку лісових пожеж. Пожежна небезпека лісів підвищується при екстремальних температурах та мінімальній кількості опадів. Згідно з дослідженнями, кількість пожеж збільшується із заходу на схід, що є результатом зменшення кількості опадів у цьому напрямку [49, 50]. Найбільша кількість лісових пожеж зафіксована в період квітень-жовтень, що свідчить про тісний зв'язок між температурою повітря та кількістю загорань. За аномальних погодних умов лісові пожежі стають стихійним лихом [45, 50, 92].

У молодих соснових насадженнях спостерігається підвищена пожежна небезпека. Це обумовлюється великою кількістю хвої, що вкриває гілки молодих дерев і може швидко займатися. Крім того, теплотворна здатність молодих хвойних підвищується через великий вміст живиці. Зазвичай молоді соснові насадження невисокі та густі, що дозволяє низовій пожежі швидко переходити у верхову.

Одноманітність лісових насаджень також є сприятливим чинником поширення лісових пожеж, оскільки у соснових деревостанах наявні легкозаймисті смоли, скипидар та каніфріль, які посилюють горючі властивості. Окрім того, соснові монокультури володіють набагато меншою стійкістю до шкідників. Як наслідок, спостерігається всихання великих площ соснових насаджень, а суха деревина сприяє підвищенню пожежної небезпеки [88].

Виділяють два типи пошкодження дерев пожежами. У першому випадку гаряче повітря конвентивного потоку при згоранні підстилки або тепловипромінювання при горінні стовбура призводить до дехромації хвої крони. В іншому випадку пошкоджується стовбур. Вважають, що пошкодження стовбура понад 70 % є летальним [48].

Під час низових пожеж трапляється пошкодження як стовбура у сосняках свіжих та сухих гігротопів, так і корневих лап у вологих гігротопах. Значну роль відіграє також вологість, від якої залежить швидкість горіння підстилки, що є небезпечним для кореневої системи деревних порід. Температура горіння підстилки становить понад 600°C, при чому спостерігається швидке згорання її верхнього шару та повільне згорання нижнього. Соснові деревостани сирих та вологих гігротопів характеризуються поверхневою кореневою системою та утворюють кореневі лапи, ураження яких призводить до гибелі дерева. Особливу небезпеку в цьому випадку становить також теплопровідність ґрунту [49, 93].

#### **1.4. Особливості вирощування стійких деревостанів**

Під час проектування лісогосподарських заходів для вирощування стійких деревостанів важливе значення має стратегія ведення лісового господарства у відповідному регіоні. Наприклад, в лісовому фонді Житомирського Полісся наразі діють дві стратегії ведення лісового

господарства. Перша стратегія спрямована на вирощування одновікових та умовно-одновікових деревостанів, а друга – на вирощування багатовікових, корінних за породним складом, лісів [82]. Враховуючи багатоцільове призначення лісів, природних та економічних особливостей територій конкретних лісових насаджень, виконуючи проектування потрібно вибрати систему господарювання, яка б забезпечувала успішне виконання поставленої мети.

Таких систем розроблено чотири (лісопаркова, лісозаповідна, лісокультурна, лісозахисна) і кожна з них має свій напрям та головну мету, яка переважно залежить від категорій лісів (ліси наукового, природоохоронного, історикокультурного призначення; захисні ліси; рекреаційно-оздоровчі ліси; експлуатаційні ліси) [30, 82]. Отже, для кожної категорії лісів розроблена система господарювання, яка забезпечує вирощування стійких деревостанів.

Сучасний етап вдосконалення лісового господарства має базуватись на застосуванні біологічних препаратів. Вони створюються з абсолютно нових та екологічно безпечних біологохімічних речовин. Ці препарати здатні впливати та регулювати процеси життєдіяльності і мікрофлори ґрунтів, мобілізуючи при цьому потенційні можливості, що закладені природою. Застосування таких препаратів – реальний шлях для відтворення лісів, отримання високоякісного садивного матеріалу. Завдяки біологічним препаратам відбувається скорочення енергетичних, грошових і матеріальних витрат. Якість посадкового, або посівного матеріалу та продуктивність його залежать від насіння, життєздатність якого необхідно зберігати та підвищувати.

Важливе значення мають екологічно та високоефективні технології передпосівного обробітку насіння стимуляторами росту, що спрямовуватимуться на формування стійкого та якісного садивного матеріалу. На даний момент продовжується створення нових технологій застосування в лісоводстві, садово-парковому господарстві, сільському господарстві.

Такі зміни відображаються на біологічній активності живих організмів, які є основним життєдайним фактором ґрунту. Так, рослини своїми



кореневими виділеннями через ризосферу збагачують ґрунт різними азотними та вуглеводними сполуками, мікроелементами, амінокислотами, вітамінами, ферментами та ростовими речовинами. Тому для посилення цих процесів та зменшення негативної дії хімічних препаратів рекомендується застосовувати біологічно активні речовини [82].

Застосування таких препаратів – реальний шлях для відтворення природної родючості ґрунтів, отримання високоякісного та екологічно чистого матеріалу та зменшення забруднення довкілля.

Сучасний етап вдосконалення лісогосподарської галузі та захисту рослин базується на застосуванні мікробіологічних та біологічних препаратів, що саме набувають поширення. Вони базуються на використанні абсолютно нових та екологічно безпечних біологічно активних речовин (регуляторів росту та розвитку рослин). Ці препарати здатні впливати та регулювати процеси життєдіяльності рослин і мікрофлори ґрунтів, мобілізуючи при цьому потенційні можливості, що закладені в геномі селекцією та природою [30, 44].

Результати випробувань технологій з використанням українських регуляторів росту рослин з метою їхньої подальшої реєстрації в Казахстані, Китаї (у 5 провінціях), Німеччині, Ізраїлі дозволяють зробити висновки про світовий рівень створеного науково – технічного потенціалу, що стає реальною статтею українського експорту [90].

Завдяки біопрепаратам інтенсифікується виробництво, зменшуються енергетичні, грошові та матеріальні витрати на застосування агрохімікатів, а продукція стає більш якісною та конкурентоспроможною. Завдяки цьому біометод стає одним із основних напрямів економічного, соціального та екологічного розвитку лісогосподарської галузі є відтворення лісових ресурсів. Але, в свою чергу, якість посадкового, або посівного матеріалу та продуктивність його вирощування залежать від насінневого матеріалу, життєздатність якого необхідно зберігати та підвищувати [90-91].

Одержання високоякісного посадкового матеріалу є однією з найважливіших складових технологій вирощування дерев і чагарників на лісогосподарських підприємствах України. Водночас, отримання стійкого до несприятливих факторів та якісного садивного матеріалу вимагає вдосконалення існуючих або розробки нових заходів і методів.

Важливе значення мають екологічно безпечні та високоефективні технології передпосівного обробітку насіння біостимуляторами росту, що спрямовуватимуться на формування стійкого та якісного садивного матеріалу, а також, на стабілізацію ростових процесів [30, 44]. На даний момент продовжується створення новітніх технологій із застосування біологічно активних речовин (далі – БАР) в лісоводстві, садово-парковому господарстві, сільському господарстві та біотехнологіях. Деякі з отриманих препаратів вже готові до масового впровадження за рахунок проходження виробничої апробації. Розпочато програму робіт із створення багатофункціональних біорегуляторів з ефектом біозахисту, що сприяє екологічному землеробству [90, 95].

Сумісна дія декількох препаратів на рослини може призвести до різних росторегуляційних ефектів. Коли регулятори росту рослин впливають на різноманітні системи функціонування рослин та слабо взаємодіють між собою, то цей вплив вважатиметься адаптивним [44]. Окрім адаптивності, в дії регуляторів росту рослин, можуть бути і явища антагонізму та синергізму, тобто: одна з форм конфлікту, що характеризується боротьбою сил; посилення ефекту дії речовини додаванням іншої відповідно. Затримати активний ріст в надземній частині та прискорити нарощування кореневої маси можна за допомогою дії на точку росту головного пагона хімічними речовинами, а в рослинництві широкого поширення отримали БАР, що регулюють ростові процеси [30, 90].

Дефініція «регулятори» (від лат. «*regulo*») з точки зору біології, це слово означає «впорядкування біологічних процесів». Росторегулюючі препарати були засновані на принципі впливу біологічно активних речовин на рослини,

що призвело до використання їх в лісовій галузі. Але, базуючись на новітніх досягненнях науки, лише протягом 50 років були виведені нові ефективніші препарати [39].

Абсолютно інші біологічно активні речовини, які дають змогу збільшити врожайність та якісний склад культур, спрямовані регулювати процеси в рослині, реалізувати можливості сортів. У результаті наукових досліджень було встановлено, що біологічно активні речовини сприяють інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, лісового та садово-паркового господарства і, у зв'язку з цим, Всесвітня організація ЮНЕСКО рекомендувала розширити використання цих речовин.

Біологічно активні речовини певною мірою дають можливість зменшити норму внесення пестицидів, оскільки ці речовини посилюють захисні механізми рослин, розкриваючи при цьому їхні здібності та сприяючи використанню запрограмованих у організмах можливостей, а також потрібних реакцій імунітету та життєвої енергії в цілому. Ці речовини зменшують вміст нітратів, іонів важких металів та радіонуклідів у продукції та в два рази зменшують мутагенні дії гербіцидів [91].

Після застосування БАР почали вважати, що кожна із них створена для покращення розвитку, покращення продуктивності та росту рослин за умови витримування відповідного дозування, строків та способів застосування. Порушення даних вимог може спровокувати зниження очікуваного економічного ефекту [90].

Відомий широкий спектр БАР, які мають різноманітне призначення. Вони отримуються або з живих організмів, або в процесі синтезу хімічних речовин. Це можуть бути ферменти, вакцини, білки, амінокислоти, полісахариди, антибіотики, глікозиди, вітаміни, алкалоїди та інші речовини. Процес отримання росторегулюючих речовин впливає також і на їх класифікацію, а саме: природні та синтетичні [79].

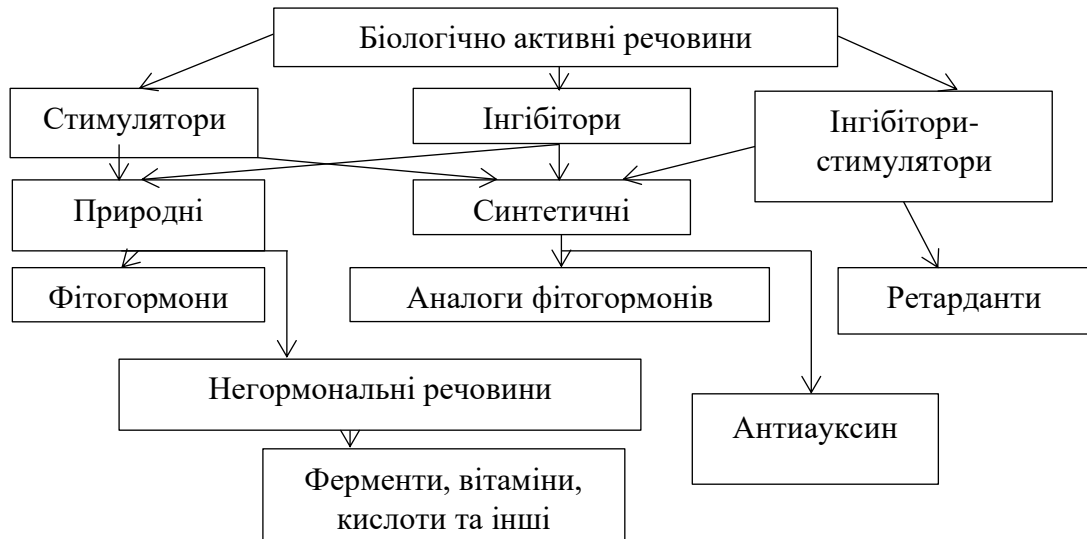
Регулятори росту рослин природного походження створюються за рахунок життєдіяльних процесів організмів. Ці речовини утворюються в

результаті обмінних процесів, виділяючись в навколишнє середовище, або накопичуючись в середині організмів. До екзогенних регуляторів росту рослин відносяться: коліни, фітонциди, антибіотики, маразміни, мікотоксини, духмяні сполуки. До ендогенних регуляторів росту рослин належать: білки, жири, вуглеводи, амінокислоти, вітаміни, ферменти, гормони, барвники [90].

Динамічні процеси росту і розвитку рослин знаходяться під контролем самих організмів, а механізми саморегуляції є важкими та багатограними. Вони реалізуються під дією внутрішніх та зовнішніх факторів за участю багатьох речовин (гормональних та негормональних, ферментів, вітамінів і тощо). Домінуюча роль в саморегуляції рослин належить гормональній системі. За походженням та ефектом дії, регулятори росту і розвитку рослин підрозділяють на три основні групи: стимулятори, інгібітори та інгібітористимулятори [30].

У наказі Міністерства АПК та УААН від 18.10.1999 р. № 330/113 «Про впровадження нових регуляторів росту» акцентовано увагу на тому, що українські препарати, які базуються на біологічно активних речовинах – це одні з найрентабельніших резервів підвищення врожайності за умов недостатнього забезпечення ґрунтів поживними речовинами. Також, спеціалістам господарств рекомендується, починаючи з 2000 р., використовувати біологічно активні речовини, як обов'язковий агрозахід, що дозволить на 15-20 % підвищити врожай та якість продукції при зниженні в ній вмісту важких металів та радіонуклідів [105].

Класифікацію основних біологічно активних речовин зображено на рис. 1.3. Під таким кутом зору ця справа має не абияке значення з огляду на загострення економічних та екологічних проблем як в нашій державі, так і в інших країнах земної кулі [44]. Механізми БАР з ростостимулюючим ефектом на рослину можна пояснити прискореним потраплянням цих речовин через стінки безпосередньо до клітин. В процесі проникнення утворюються сполуки з проміжними білковими речовинами, частково з фітогормонами [79].



**Рис. 1.3. Класифікація основних біологічно активних речовин**

Такі механізми мають неопосередкований вплив на стан хроматинів, покращуючи при цьому його доступність при синтезі РНК-полімерази. Водночас, регулятори росту пришвидшують в клітковині процес ділення клітини. В кінцевому результаті прискорюється синтез білка, відповідно відбувається пришвидшення ростового процесу в рослинах. Біостимулятори росту активізують біологічні процеси рослинних організмів та підсилюють проникну здатність міжклітинних мембран. Це продукує повніше розкриття їх біологічного потенціалу для підвищення врожайності [79].

Регулятори росту являють собою рослинні фітогормони або їх аналоги. Однієї їх молекули достатньо, щоб почати чи припинити певний процес в клітинах, бо в процесі починається активізація певних ділянок ДНК, синтезу амінокислот. Таким чином, можна з'ясувати і «зворотній» вплив окремих БАР, що може відбуватися при надмірній дозі препарату і при цьому починається пригнічення рослини [91].

Росторегулюючі препарати можуть почати активізацію основних процесів життєдіяльності рослини, а саме: мембранні процеси, поділ клітин, ферментні системи, фотосинтез, процеси дихання і живлення, сприяючи підвищенню біологічних і господарських ефектів у рослинництві, знижують вміст нітратів, іонів важких металів і радіонуклідів в рослинній продукції.

Біологічно активні речовини збільшують стійкість рослини до ураженості хворобами і шкідниками. Під час їхнього використання при передпосівній обробці насіння знижується токсичний вплив протруйників на рослини, при цьому не зменшується їх захисний ефект [95].

Завдання БАР зумовлюється безпосередньою впливом на угруповання мікробів, дією на коріння рослини, що сприяє розвитку та прискоренню його росту на 15-17 %. Під час використання біологічно активних речовин активується поява різноманітних екологічно-трофних угруповань мікроорганізмів та прискорюється процес утворення гумусових сполук.

Науковцями Уманського ДАУ (під головуванням професора З.М. Грицаєнко) було виконано низку досліджень, за допомогою яких виявлено пришвидшення прохідної здатності фенологічних фаз розвитку рослин під дією стимуляторів росту, збільшення розмірів клітини епідермісу листків та решти частин клітини листкової пластинки, що призводить до зменшення пошкодження рослини шкідливими мікроорганізмами [91]. Отримані результати закріплено змінами ендогенного фітогормонального стану рослин під впливом екзогенних регуляторів росту, що стало причиною не співпадіння фаз росту рослин і комах, несприйнятливості клітини до різних патогенів, що дає можливість підвищити стійкість рослини до несприятливих факторів.

Вченими було показано антимуtagenу дію Емістиму С, а прикладом стали кореневі меристеми пшениці та гороху. Доведено зменшення спонтанності мутагенезу майже в 2 рази і зменшення мутагенної дії гербіциду Трефлану [91]. Було проаналізовано вплив Агростимуліну, Триману та Емістиму С на функціональні процеси ферментної системи рослин озимої пшениці в процесі колосіння. Було встановлено, що препарати активують нітратредуктазну систему флагового листка колосу, що стимулює краще засвоєння рослиною азоту [91].

І.Б. Леонтюк досліджував вплив Агростимуліну на активність каталази, пероксидази і поліфенолоксидази в рослині озимої пшениці в стадії колосіння.

Цей препарат активізує каталазу до збільшення в 1,8 раза, пероксидази – в 1,1 раза, поліфенолоксидази – у 1,3 рази [82].

Дослідження молекулярних механізмів взаємодії бактерій з рослинами показують, що найперспективнішими є комплексні біопрепарати, в основі яких наявні ендofітні бактерії. На відміну від ризосферних бактерій, неспроможних до проникнення в тканини рослин, ендofіти конкурентоспроможні, бо отримали більш екологічну частину рослин. Але ендofіти впливають на рослини завдяки тіснішій та стійкішій взаємодії. Бактерійний партнер стимулює системний захист рослини від вторинних інфекцій ґрунтовими патогенними мікроорганізмами [106].

Отримано додаткові результати, які вказують на позитивний вплив регуляторів росту на деревні рослини. За допомогою них інтенсифікується процес синтезу білкової речовини та цукрів, покращується проникна здатність протоплазми та відновлюваність її тканин, зростає вміст хлорофілу, активізується фотосинтез, краще розвивається коренева система, а в особливості придаткові корінці. Але все ще залишається багато запитань, які стосуються деревних видів, які важко укорінюються. В подальшому почали приділяти увагу різноманітним біостимуляторам, які не лише б підсилювали ріст, але й поліпшували якість садивного матеріалу лісогосподарських видів [104].

Виявлено позитивний рісторегулюючий вплив параамінобензойних кислоти (ПАБК) під час позакореневої обробки сіянців сосон та ялин розчинами даної речовини. При порівнянні ПАБК та гіберелінових кислот було встановлено, що ПАБК краще стимулює ростові процеси коріння та збільшує біомасу рослини [79] Також було встановлено найоптимальніші концентрації ПАБК: для сосон =  $1 \cdot 10^{-7}$ – $1 \cdot 10^{-5}$  %.

Отримані результати показують необхідність та доцільність використання параамінобензойних кислот в малих дозуваннях для вирощування садивного матеріалу лісових порід в розсадниках. Дію параамінобензойних кислот на рослини було встановлено й іншим автором.

Під час обробки насіння сосон та ялин розчином даного препарату в різних концентраціях від 0,001 до 0,06 % в проміжку часу від 5 до 16 годин з наступним висіванням в ґрунт, було отримано стимулюючий ефект. Цей ефект спостерігався у кожному досліджуваному дозуванні, а найкраще це було видно на другому році вирощування рослин. В деяких варіантах було збільшено вихід стандартних сіянців рослин на 175 % у порівнянні з контролем [104, 106].

У Всеукраїнському НДІ з питань хімізації лісогосподарської галузі було досліджено ефективність застосування регуляторів росту при вирощуванні сіянців сосон та модрин [30]. Виявлено, що такі регулятори росту як емістим, СИЛК та Агат-25К покращують ростові процеси рослин на кожному з етапів їх вирощування в розсаднику [44]. Найкращий результат було отримано при обробітку насіння емістимом та агатом-25К, але результати, які були отримані при застосуванні СИЛК відрізнялися нестабільністю.

Під час вивчення впливу регуляторів росту на ростові процеси садивного матеріалу різних деревних порід О.Г Бойко було встановлено, що для скорочення термінів росту рослини в розсадниках на 1-му році необхідно проводити передпосівний обробіток насіння та агротехнічні догляди [95].

На даний час, важливого значення набувають біологічно активні речовини в основі яких є кремній. Вивченням цього питання першим зайнявся Лісовий коледж при університеті Бейхуа, що в Китаї. Вони досліджували вплив наноструктурованого діоксиду кремнію у різних концентраціях на розвиток сіянців модрини ольгінської *Larix jlgenis* [103]. Коріння даних рослин замочували протягом 6 год. у розчині в концентраціях 2000, 1000, 500, 250, 125 та 62 мкл. л. Потім в період з травня по жовтень кожні 15 діб рослини вимірювали. Найкращі результати було отримано при вимочуванні рослин розчином з концентрацією 500 мкл/ л. Показники сіянців після обробки даним розчином значно перевищували контроль.

В процесі вирощування сіянців ялини було апробовано декілька малотоксичних та безпечних біологічно активних речовин для



лісогосподарської галузі, де 50 найкращі результати показали фумар, амбіол та крезацин. Отримані дані в кінці 3-го року вирощування були на 19-38 % вищі ніж покази контролю, а різниця в біомасі становила 23-172 %. Також було перевірено доцільність позакореневого підживлення сіянців у 1-й, або 2-й рік препаратами фумару та крезацину у концентраціях  $1 \cdot 10^{-4}$  та  $1 \cdot 10^{-3}$ , амбіолу — від  $1 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  %. Як результат, вихідні дані стандартних сіянців підвищилися на 20-30 % [106].

Після впливу на ґрунти гербіцидів та інших хімічних засобів в ньому почала скорочуватися чисельність корисних мікроорганізмів, але до даних умов пристосувалися антагоністи корисної мікрофлори, що утворюють фітотоксичні сполуки. Як протидію даним процесам встановлено високий результат після застосування в лісових розсадниках препаратів комплексної дії, які базуються на штаммах ґрунтових мікроорганізмів (азотфіксуєчих, фосфат мобілізуючих та молочнокислих бактеріях), що пройшли селекцію та синтетичних біологічно активних речовин [91, 95].

Комплексний підхід збагачує ґрунти азотом, сприяє примноженню в ґрунті фосфору в доступній формі, а це, в свою чергу, поліпшує азотне та фосфорне живлення рослин. Також вони покращують ростові процеси в рослині та активізують корисну мікрофлору, виділяють вітаміни групи В [91]. Згідно з антагоністичними особливостями уповільнюють чи повністю припиняють розвиток патогенних мікроорганізмів і таким чином оздоровлюють ґрунтовий біоценоз. На дерново-підзолистому ґрунті одноразове застосування біопрепаратів при обробітку рослин навесні зменшує чисельність чи повністю знищує гриби родин *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, наявність яких небажана в процесі вирощування лісових рослин. Також збільшується число їхніх антагоністів, які беруть активну участь в процесі формування гумусового горизонту (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Dematium*) [95].

Біопрепарати комплексної дії, складу яких входять азотфіксатори, фосфат мобілізуючі мікроорганізми та штами бактерій, можуть продукувати

біологічно активні речовини, які мають позитивний вплив на ґрунтові мікроорганізми, рослин та покращують ґрунтоутворюючий процес. З наведеної вище інформації можна зробити висновок, що використання біологічно активних речовин в лісовій галузі є перспективним для отримання високоякісного садивного матеріалу лісових видів, але потребує доопрацювання технологічний процес їх застосування.

### **Висновки до Розділу 1**

1. У лісівничо-екологічних умовах Полісся насадження сосни звичайної є найбільш поширеними та займають 62,1 % від загальної площі вкритих лісовою рослинністю земель. Найбільша площа є у Житомирській області і становить 28,23 % від загальної площі Полісся. Це свідчить про значну роль сосни звичайної у формуванні лісового покриву даного регіону та її важливість у забезпеченні біорізноманіття.

2. Збільшення кількості поколінь окремих видів шкідників у деревостанах пов'язане з підвищенням середньомісячних температур. Стовбурові шкідники заселяють дерева, прогризають ходи під корою та в деревині, а в корі деякі з них здійснюють додаткове живлення, щоб мати змогу відкласти яйця. Занесення фітопатогенів і нематод посилює погіршення санітарного стану лісових насаджень.

3. Сучасний етап удосконалення методів ведення лісового господарства повинен ґрунтуватися на використанні біопрепаратів. Застосування таких препаратів є реальним засобом для відновлення лісів і отримання високоякісного садивного матеріалу з міцною кореневою системою.

Результати дослідження, представлені у Розділі 1, опубліковано у наукових працях автора: [39, 86-89, 106].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Андриенко Т. Л., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Растительный мир Украинского Полесья в аспекте его охраны. Киев : Наук. думка, 1983. 216 с.
2. Генсірук С. А., Бондар В. М. Лісові ресурси України, їх охорона і використання. Київ : Наукова думка, 1973. 528 с.
3. Гордієнко М. І., Шаблій І. В., Шлапак В. П. Сосна звичайна: її особливості, створення культур, продуктивність. Київ : Либідь, 1995. 224 с.
4. Жмурко І. В. Біологічні особливості екотипів сосни звичайної в географічних культурах Західного Полісся України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.01. Львів, 2008. 183 с.
5. Григора І. М., Воробйов Є. О., Соломаха В. А. Лісові болота Українського Полісся (походження, динаміка, класифікація рослинності). Київ : Фітосоціоцентр, 2005. 515 с.
6. Солдатов А. Г., Тюков С. Ю., Туркевич В. М. Ліси України. Київ : Наук. думка, 1960. 460 с.
7. Suzuki K. Pine Wilt Disease — A Threat to Pine Forests in Europe. The Pinewood Nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. BRILL, 2004. P. 25-30. [http://dx.doi.org/10.1163/9789047413097\\_008](http://dx.doi.org/10.1163/9789047413097_008)
8. Мякушко В. К. Сосновые леса равнинной части УССР. Киев : Наукова думка, 1978. 256 с.
9. Поварніцин В. О. Ліси Українського Полісся. Київ : Вид-во АН УРСР, 1959. 208 с.
10. Нариси про природу і сільське господарство Українського Полісся / під ред. П. К. Заморій. Київ : КДУ ім. Т. Г. Шевченка, 1955. 532 с.
11. Генсірук С. А., Цемко В. П., Гайдарова Л. И. Использование низкопродуктивных земель в УССР. Киев : Наукова думка, 1981. 238 с.
12. Генсірук С. А. Ліси України : монографія. Львів : Українські технології, 2002. 496 с.

13. Барнетт Р., Партыка П. Я. Интенсивное ведение лесного хозяйства в США. *Лесное хозяйство*. 1986. № 9. С. 58–60.
14. Генсірук С. А., Фурдичко О. І., Бондар В. С. Історія лісівництва в Україні. Львів : Світ, 1995. 424 с.
15. Стойко С. М. Праліси як екологічні моделі для ренатуралізації вторинних фітоценозів. *Український ботанічний журнал*. 2006. Т. 63, № 3. С. 358–368.
16. Стойко С. М. Потенційні екологічні наслідки глобального потепління клімату в лісових формаціях Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Вип. 19.15. С. 214–224.
17. Stevenson F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. New York : Wiley, 1994. 496 p.
18. Misi D., Puchalka R., Pearson C., Robertson I., Koprowski M. Differences in the Climate-Growth Relationship of Scots Pine: A Case Study from Poland and Hungary. *Forests*. 2019. Vol. 10. №3. P. 243. <http://dx.doi.org/10.3390/f10030243>
19. Міщенко З. А. Мікрокліматологія. Київ : КНТ, 2007. 336 с.
20. Антанайтис В. В. Закономерности лесной таксации. Каунас : ЛитСХА, 1976. 126 с.
21. Остапенко Б.Ф. Типи лісу рівнинної території України. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2003. Т. 13, № 3. С. 27–42.
22. Герушинський З.Ю. Типологія лісів Українських Карпат : навч. посібн. / З.Ю. Герушинський. – Львів : Вид-во "Піраміда", 1996. – 208 с.
23. Генсірук С. А. Комплексное лесохозяйственное районирование Украины и Молдавии. Киев : Наук. думка, 1981. 360 с.
24. Генсірук С. А. Лісові ресурси України, їх охорона і використання. Київ : Наукова думка, 1973. 525 с.
25. Генсірук С. А. Ліси України. Київ : Наук. думка, 1992. 408 с.
26. Skiryucz R., Bilous M. The Structure and Dynamics of Primeval Forests in Northern Ukraine. *Forestry Ideas*. 2014. Vol. 20, No. 1. P. 1-14.

27. Герушинський З.Ю. Типологія лісів Українських Карпат : навч. посібн. / З.Ю. Герушинський. – Львів : Вид-во "Піраміда", 1996. – 208 с.
28. Байтала В. Д. Регіональні особливості прояву сучасного стану лісів України / В. Д. Байтала, В. Г. Дубін // Укр. геогр. журн. – 2004. – № 3. – С. 89–98.
29. Andreieva O. Y., Korma O. M., Zhytova O. P., Martynchuk I. V., Vyshnevskiy A. V. Beetles and nematodes associated with wither Scots pines. *Central European Forestry Journal*. 2020. Vol. 66 (1). P. 49–59.
30. Калінін Л. Ф. Застосування регуляторів росту в сільському господарстві. К.: Урожай, 1989. 168 с.
31. Погрібний О. О., Заячук В. Я. Сосна звичайна в лісах Українських Карпат. Косів : Писаний Камінь, 2017. 192 с.
32. Riedel A., Williams C., Evans H. J. *Insects and Diseases of Trees in the South* / USDA Forest Service, Southern Research Station. Asheville, NC, USA, 2013. 126 p.
34. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор : монографія / А. Швиденко, П. Лакида, Д. Щепаченко та ін. Корсунь-Шевченківський : В.М. Гавриленко, 2014. 283 с.
35. Reeve J. D., Jaramillo R. A. *Forest Entomology: Ecology and Management*. Cambridge, U.K.; New York : Cambridge University Press, 2018. 552 p.
36. Effect of water availability and fertilization on water status, growth, vigour and the resistance of Scots pine to fungal mass inoculation with *Ophiostoma ips*. / A. Encina, M. L. Valbuena, J. L. Acebes et al. *Plant Biosystems*. 2012. Vol. 146, Iss. 2. P. 384–393. <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2012.656725>
37. Методичні рекомендації щодо обстеження осередків стовбурових шкідників лісу / відп. укладач В. Л. Мешкова. Харків : УкрНДІЛГА, 2010. 27 с.
38. Ayres M. P., Lombardero M. J. Forest pests and their management in the Anthropocene. *Canadian Journal of Forest Research*. 2018. Vol. 48, Iss. 3. P. 292–301.

39. Романчук Л. Д., Діденко П. В. Вплив препарату Біоекофунге-С на ріст та розвиток садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 198–204. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-198-204>
40. Гайченя П. А., Сериков А. Я., Фасулати К. К. Стволовые вредители леса (атлас определитель). Киев : Урожай, 1970. 91 с.
41. Швиденко А. З., Букша І. Ф., Краковська С. В. Уразливість лісів України до зміни клімату : монографія. Київ : Ніка-Центр, 2018. 184 с.
42. Лакида П. І., Терентьев А. Ю., Василишин Р. Д. Штучні соснові деревостани Полісся України – прогноз росту та продуктивності : монографія. Київ : Майдаченко І.С., 2012. 173 с.
43. Звіт про науково-дослідну роботу за темою: «Вивчення лісопатологічних процесі у всихаючих соснових насадженнях ДП «Червоноармійський лісгосп АПК» за 2015 р. (заключний) / О. В. Тарасевич, О. В. Зборовська, О. В. Жуковський та ін. Київ : ПФ Укр НДІЛГА, 2015. 65 с.
44. Шумік С.А., Таран Н.Ю., Драга М.В., Мусієнко М.М. Вивчення особливостей дії регуляторів росту на адаптивні властивості зернових культур
45. Топтун А. В. Інформаційно-вимірювальна система моніторингу санітарного стану деревних насаджень : дис. ... доктора філософії : 152. Черкаси, 2020. 183 с.
46. Патологічні процеси у всихаючі соснових насадженнях Волинського Полісся / В. О. Бородавка, А. І. Гетьманчук, О. В. Кичилук, В. П. Войтюк. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія. Лісівництво та декоративне садівництво*. 2016. Вип. 238. С. 102–118.
47. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) mortality is explained by the climatic suitability of both host tree and bark beetle populations / L. Jaime, E. Batllori, J. Margalef-Marrase et al. *Forest Ecology and Management*. 2019. Vol. 448. P. 119–129.

48. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є. Динаміка стану соснових молодняків після низової пожежі. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2013. Вип. 123. С. 170–177.

49. Ворон В. П., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Особливості пошкодження пожежами лісів Полісся. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2016. Вип. 14. С. 38–44.

50. Ворон В. П., Мельник Є. Є. Тенденції виникнення пожеж у лісах України. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2019. Вип. 134. С. 78–87.

51. Регіональні зміни клімату як причина гострих всихань сосняків Волинського Полісся / А. І. Гетьманчук, О. В. Кичилюк, В. П. Войтюк, В. О. Бородавка. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Вип. 27(1). С. 120–124.

52. Давиденко К. В., Скрильник Ю. Є., Мешкова В. Л. Стовбурові нематоди у всихаючих насадженнях сосни звичайної Волинського Полісся. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія. Фітопатологія та ентомологія*. 2015. № 1-2. С. 32–37.

53. Дідух Я. П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник НАН України*. 2009. № 2. С. 34–44.

54. Жежкун А. М. Соснові деревостани Східного Полісся: структура, стан, продуктивність. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2014. Вип. 124. С. 3–12.

55. Всихання сосни – причини і перспективи захисту Н. В. Заїменко, Н. Е. Еланська, Б. О. Іваницька та ін. *Доповіді Національної академії наук України*. 2019. № 8. С. 87–92.

56. Іванюк І. Д. Сучасний лісопатологічний стан лісів Житомирського Полісся – оцінка, прогнози, перспективи. *Вісник ДАУ*. 2006. № 2. С. 36–40.

57. Кавун Е. М., Логінова С. О. Динаміка та поширення основних шкідників ялини європейської та сосни звичайної в умовах Вінницької та Житомирської областей. *Сільське господарство та лісівництво / ВНАУ*. 2017. № 5. С. 174–182.

58. Кавун Е. М., Логінова С. О. Кліматичні умови виникнення осередків стовбурових шкідників ялини європейської (*Picea Abies*) та сосни звичайної

(*Pinus Silvestris*). *Інновації в сучасній агрономії* : зб. наукових праць VII Міжнар. конф. молодих учених, 26-27 травня 2016 р. Вінниця : ВНАУ, 2016. С. 12–15.

59. Козловський М. П. Стовбурова нематода *Bursaphelenchus mucronatus* як чинник всихання хвойних дерев у Карпатах і Поліссі. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2016. Вип. 14. С. 185–190.

60. Filipiak A. Pathogenicity of selected isolates of the quarantine pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* to Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Journal of Plant Protection Research*. 2015. Vol. 55, No 4. P. 378-382.

61. Ruehle J. L. Nematodes and Forest Trees-Types of Damage to Tree Roots. *Annual Review of Phytopathology*. 1973. Vol. 11. №1. P. 99-118. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.py.11.090173.000531>

62. Aikawa T., Kikuchi T. Estimation of virulence of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) based on its reproductive ability. *Nematology*. 2007. Vol. 9, Iss. 3. P. 371–377.

63. Андреева О. Ю., Гузій А. І., Вишневський А. В. Поширення осередків масового розмноження короїдів у соснових насадженнях Рівненського Полісся. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2018. Вип. 28 (3). С. 14–17.

64. Andreieva O. Y., Goychuk A. F. Spread of Scots pine stands decline in Korostyshiv forest enterprise. *Forestry and forest melioration*. 2018. Vol. 132. P. 148–154.

65. Borkowski A., Skrzecz I. Ecological segregation of bark beetle (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) infested Scots pine. *Ecological Research*. 2015. Vol. 31, Iss. 1. P. 135-144. <http://dx.doi.org/10.1007/s11284-015-1322-y>

66. Goychuk A., Kulbanska I., Vyshnevskyi A., Shvets M., Andreieva O. Spread and harmfulness of infectious diseases of the main forest-forming species in Zhytomyr Polissia of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25 (9). P. 64–74.



67. Climate Change Effects on Trophic Interactions of Bark Beetles in Inner Alpine Scots Pine Forests / B. Wermelinger, A. Rigling, D. M. Schneider et al. *Forests*. 2021. Vol. 12, Iss. 2. P. 136. <http://dx.doi.org/10.3390/f12020136>
68. Яворовський П. П. Вплив змін клімату на лісові екосистеми. *Лісове і садово-паркове господарство: електронний журн.* 2015. № 6. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgos\\_2015\\_6\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgos_2015_6_14) (дата звернення: 04.02.22).
69. Andreieva O. Y. Climatic factors influencing the vulnerability of Scots Pine to bark beetles attacks in the Central Polissya. *Forestry and forest melioration*. 2018. Iss. 133. P. 119–127.
70. Braasch H. Bursaphelenchus species in conifers in Europe: distribution and morphological relationships. *EPPO Bulletin*. 2001. Vol. 31. P. 127–142.
71. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) mortality is explained by the climatic suitability of both host tree and bark beetle populations / Luciana Jaimea, Enric Batlloria, Jordi Margalef-Marrasea et al. *Forest Ecology and Management*. 2019. Vol. 448. P. 119–129.
72. Kirkendall L. R., Faccoli M. Bark beetles and pinhole borers (Curculionidae, Scolytinae, Platypodinae) alien to Europe. *ZooKeys*. 2010. Iss. 56. P. 227.
73. Lycur I. M. Influence of the forests is on changing of climate. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2009. Vol. 19(14). P. 262–270.
74. Skrzecz I., Perlińska A. Current problems and tasks of forest protection in Poland. *Folia Forestalia Polonica. Series A – Forestry*. 2018. Vol. 60(3). P. 161–172.
75. Enhancement of oxidative stress contributes to increased pathogenicity of the invasive pine wood nematode / W. Zhang, L. Zhao, J. Zhou et al. *Philosophical Transactions of the Royal Society. B: Biological Sciences*. 2019. Vol. 374. P. 3–10.
76. Букша І. Стале управління лісами і моніторинг: огляд сучасних тенденцій. Вісник НАУ: Лісівництво. К.: НАУ. 2000. С. 123-129

77. Товарянський В.І. Підвищення ефективності забезпечення пожежної безпеки в молодих соснових лісах України : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 21.06.02 / Товарянський Володимир Ігорович.– Львів, 2017. -180 с.

78. Селінний М. М., Корма О. М., Лісове господарство України: сучасний стан та перспективи розвитку. *Modern Economics*. 2019. № 17. С. 211-217. [https://doi.org/10.31521/modecon.V17\(2019\)-34](https://doi.org/10.31521/modecon.V17(2019)-34). URL: [http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art\\_id=118935&](http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=118935&)

79. Jardin, P. "Plant biostimulants: a new paradigm for the sustainable intensification of crops." *biostimulants for sustainable crop production*. Burleigh Dodds Science Publishing, 2020. 3-30.

80. Ginbo T., Di Corato L., Hoffmann R. Investing in climate change adaptation and mitigation: A methodological review of real-options studies. *Ambio*. 2020. Vol. 50. №1. P. 229-241. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-020-01342-8>

81. Публічний звіт Державного агентства лісових ресурсів України за 2019 рік. URL: [https://mepr.gov.ua/files/images/news\\_2020/26022020/ПУБЛІЧНИЙ%20ЗВІТ%20ДАЛРУ%20ЗА%202019%20РІК.pdf](https://mepr.gov.ua/files/images/news_2020/26022020/ПУБЛІЧНИЙ%20ЗВІТ%20ДАЛРУ%20ЗА%202019%20РІК.pdf) (дата звернення: 24.01.2022).

82. Леонтюк І.Б. Біологічні процеси в рослинах озимої пшениці залежно від застосування біостимуляторів росту і Дікопуру. *Біологічні науки і проблеми рослинництва/ Зб. наук. пр. УДАУ*. 2003. 159 с.

83. Порядок поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок : Постанова Кабінету Міністрів України від 16.05.2007 р. № 733. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF#Text> (дата звернення: 23.05.19).

84. Foit J. Distribution of early-arriving saproxylic beetles on standing dead Scots pine trees. *Agricultural and Forest Entomology*. 2010. Vol. 12, Iss. 2. P. 133-141. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-9563.2009.00461.x>

85. Chen H., Tang M. Spatial and Temporal Dynamics of Bark Beetles in Chinese White Pine in Qinling Mountains of Shaanxi Province, China.

*Environmental Entomology*. 2007. Vol. 36, Iss. 5. P. 1124–1130.  
<http://dx.doi.org/10.1093/ee/36.5.1124>

86. Романчук Л. Д., Діденко П. В. Еколого-біологічні властивості збудника хвороби Шютте на сосні звичайній (*Pinus sylvestris* L.) в умовах лісів Полісся Житомирщини. *Наукові горизонти*. 2019. № 7(80). С. 3–7.

87. Швець М. В., Марков Ф. Ф., Фітісов А. М., Діденко П. В. Аналіз фінансово-господарської діяльності лісогосподарських підприємств в умовах економічної та екологічної нестабільності. *Наукові горизонти*. 2020. № 6(91). С. 92–100.

88. Діденко П. В., Устименко В. І., Бакай Б. Я. Лісові пожежі на Поліссі та їх вплив на довкілля. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*. 2019. Вип. 45. С. 138–145.

89. Романчук Л. Д., Діденко П. В. Санітарний стан соснових насаджень Полісся Житомирщини. *Агробіологія*. 2022. № 2. С. 120–127.

90. Меркушина А.С. Фіторегулятори та мікроелементи в захисті рослин: *Вісник аграрної науки*. Спец. випуск, 1999. 57 с.

91. З. М. Грицаєнко, В. С. Кравченко Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах і ґрунті за різних умов застосування гербіцидів і біологічно активних препаратів Умань : ВПЦ Візаві, 2016 352 с.

92. Rowe J., Scotter G. Fire in the Boreal Forest. *Quaternary Research*. 1973. Vol. 3, Iss. 3. P. 444–464. [http://dx.doi.org/10.1016/0033-5894\(73\)90008-2](http://dx.doi.org/10.1016/0033-5894(73)90008-2)

93. Recovery of boreal forest soil and tree stand characteristics a century after intensive slash-and-burn cultivation / M. Čugunovs, E.-S. Tuittila, I. Sara-Aho et al. *Silva Fennica*. 2017. Vol. 51, No. 5. Article 7723. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.7723>

94. Impact of Stand Density and Tree Social Status on Aboveground Biomass Allocation of Scots Pine *Pinus sylvestris* L. / B. Wertz, M. Bembenek, Z. Karaszewski et al. *Forests*. 2020. Vol. 11, No. 7. P. 765. <http://dx.doi.org/10.3390/f11070765>

95. Бойко Г. О., Пузріна Н. В. Схожість та енергія проростання насіння

сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) різного кольору. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. Вип. 219. С. 113–117.

96. Available and missing data to model impact of climate change on European forests / Paloma Ruiz-Benito, Giorgio Vacchiano, Emily R. Lines et al. *Ecological Modelling*. 2020. Vol. 416. Article 108870. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108870>

97. Bontemps J.-D., Bouriaud O. Predictive approaches to forest site productivity: recent trends, challenges and future perspectives. *Forestry*. 2013. Vol. 87, No. 1. P. 109–128. <http://dx.doi.org/10.1093/forestry/cpt034>

98. Net ecosystem productivity and its environmental controls in a mature Scots pine stand in north-western Poland / K. Ziemblińska, M. Urbaniak, B. Chojnicki et al. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2016. Vol. 228. P. 60–72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.05.022>

99. Boczoń A., Wróbel M. The influence of drought on the water uptake by Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) at different positions in the tree stand. *Forest Research Papers*. 2015. Vol. 76, Iss. 4. P. 370–376. <http://dx.doi.org/10.1515/frp-2015-0036>

100. Jankowiak R. Mycobiota associated with *Hylurgops palliatus* (Gyll.) on *Pinus sylvestris* L. in Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2011. Vol. 75, Iss. 4. P. 333–338. <http://dx.doi.org/10.5586/asbp.2006.040>

101. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests / Craig D. Allen, Alison K. Macalady, Haroun Chenchouni et al. *Forest Ecology and Management*. 2010. Vol. 259, Iss. 4. P. 660–684. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>

102. Climate-growth analysis using long-term daily-resolved station records with focus on the effect of heavy precipitation events / A. Land, S. Remmele, J. Schönbein et al. *Dendrochronologia*. 2017. Vol. 45. P. 156–164. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2017.08.005>

103. Jevšenak J., Levanič T. dendroTools: R package for studying linear and nonlinear responses between tree-rings and daily environmental data. *Dendrochronologia*. 2018. Vol. 48. P. 32–39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2018.01.005>

104. Ящук І. В., Шлончак Г. А. Досвід вирощування сіянців сосни звичайної із застосуванням регуляторів росту рослин у ДП «Клавдієвське ЛГ». *Лісове господарство*. 2019. Вип. 134. С. 43–46. <http://dx.doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.43>

105. Jacob J. M., Karthik C., Saratale R. G., Kumar S. S., Prabakar D., Kadirvelu K., Pugazhendhi A. Biological approaches to tackle heavy metal pollution: A survey of literature. *Journal of Environmental Management*. 2018. Vol. 217. P. 56–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.077>

106. Маурер В. М., Співак М. Я., Пінчук А. П., Романчук Л. Д., Ліханов А. Ф., Іванюк І. В., Демченко О. А., Кривцова М. В., Щербаков О. Б., Шумейко М. А., Діденко П. В. Рекомендації з використання біологічно активних речовин в процесі вирощування сіянців шпилькових видів *Національний університет біоресурсів і природокористування України*. 2020. 33 с.

107. Highly variable chemical signatures over short spatial distances among Scots pine (*Pinus sylvestris*) populations / A. Kannaste, L. Copolovici, L. Pazouki et al. *Tree Physiology*. 2013. Vol. 33, Iss. 4. P. 374–387. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/tpt013>

108. Variation in needle terpenoids among *Pinus sylvestris* L. (Pinaceae) provenances from Turkey / G. Semiz, J. Heijari, K. Isik, J. K. Holopainen. *Biochemical Systematics and Ecology*. 2007. Vol. 35, Iss. 10. P. 652–661. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2007.05.013>

109. Rositska N. Influence of drought on allelopathic properties of *Pinus sylvestris* L. *Plant Introduction*. 2020. Vol. 1, no. 85/86. P. 41–49. <http://dx.doi.org/10.46341/pi2019001>

110. Cytogenetic variability in *Pinus sylvestris* L. populations experiencing anthropogenic influence / A. Oudalova, S. Geras'kin, D. Vasiliev, V. Dikarev.

*Radioprotection*. 2005. Vol. 40. P. S223–S228.  
<http://dx.doi.org/10.1051/radiopro:2005s1-035>

111. Impact of climate factors on height growth of *Pinus sylvestris* var. *Mongolica* / Y. Zhou, Z. Lei, F. Zhou et al. *PLOS ONE*. 2019. Vol. 14, no. 3. P. e0213509. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0213509>

112. Annual climate variation modifies nitrogen induced carbon accumulation of *Pinus sylvestris* forests / H. Lim, R. Oren, S. Linder et al. *Ecological Applications*. 2017. Vol. 27, no. 6. P. 1838-1851. <http://dx.doi.org/10.1002/eap.1571>

113. Screening methods for the evaluation of crop allelopathic potential / H. Wu, J. Pratley, D. Lemerle et al. *The Botanical Review*. 2001. Vol. 67, no. 3. P. 403–415. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02858100>

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Природні умови регіону дослідження

Полісся – це фізико-географічна область, розташована в південно-західній частині Східно-Європейської рівнини з площею 300 тис. км<sup>2</sup>, близько третини якої становлять ліси. Найперші згадки про цей край відображені в «Повісті минулих літ», у Галицько-Волинському та Київському літописах [1, 20]. Дослідники вважають, що слово «Полісся» означає територію по лісу, що межує з лісом [2, 5, 13]. На думку К.А. Артюшок, Поліссям називали територію, на якій лісові ділянки чергувалися з відкритими болотними масивами [12].

Українське Полісся знаходиться у південній частині Поліської низовини та простягається на 750 км з заходу на схід та 120-150 км з півночі на південь. Площа Українського Полісся становить близько 113 тис. км<sup>2</sup> [11]. На півдні Полісся межує з Слобожанщиною, Київщиною, Черкащиною, Поділлям та Карпатським регіоном, а на півночі проходить державний кордон. Вигідне розміщення цієї території зумовило наявність транспортних та зв'язкових мереж, які проходять через регіон та з'єднують Україну частково з Західною Європою [4].

Залежно від розташування відносно Дніпра, Полісся поділяють на Правобережне та Лівобережне [9]. За ландшафтними особливостями виділяють Житомирське, Волинське, Київське, Чернігівське та Новгород-Сіверське Полісся [20]. Волинське Полісся розташоване на захід від Українського кристалічного щита, який тут досить швидко заглиблюється. Для області характерні поширення карбонатних порід та наявність процесів карстоутворення. Житомирське Полісся є частиною Полісся в межах Українського кристалічного щита. Київське Полісся розташоване у східній частині схилу щита, західніше р. Дніпро. Чернігівське Полісся знаходиться у

лівобережній частині Полісся в межах Донецько-Придніпровської западини. Новгород-Сіверське Полісся розташоване на західному схилі Воронежського кристалічного масиву, на схід від Чернігівського Полісся. Для Новгород-Сіверського Полісся, як і для Волинського, характерне поширення карбонатних порід, які розташовані вище базису ерозії та відслонюються. Рельєф погорбований [11, 15].

Геологічна будова Українського Полісся є неоднорідною, оскільки регіон розташований в межах різних геоструктур Східноєвропейської платформи: на заході – в межах Галицько-Волинської западини; в центрі – Українського щита і його схилів; на сході – схилу Воронежського кристалічного масиву та Дніпровсько-Донецької западини. Таке геоструктурне положення регіону спричинило неабиякий вплив на природні умови, тому в межах даних геоструктур ландшафти Полісся характеризуються типовими відмінностями [3].

Максимальна висота на сході регіону, в межах Словечансько-Овруцького кряжу досягає 316 м [8]. У південно-західній частині Полісся в межах Мізоцького кряжу максимальна висота становить 342 м. Ця частина Полісся знаходиться на території Рівненської та Волинської областей. Південні райони Київської та Житомирської областей розташовані у північній частині Придніпровської височини. Частково південь Чернігівської, Сумської та Київської областей займає Придніпровська низовина з переважними висотами 100-150 м [14, 18].

Основними характеристиками зони Полісся є низинний рельєф, широкі заболочені річкові долини, позитивний баланс вологи, панування дерново-підзолистих та болотних ґрунтів, які сформувалися переважно на піщаному субстраті, високий рівень ґрунтових вод, значне поширення соснових лісів змішаних з невеликою кількістю широколистяних порід [3].

Таким чином, переважно рівнинний характер місцевості Полісся сприяє розвитку будівництва, транспортної мережі, зв'язку та різних галузей сільського господарства промисловості [14]. Використання території в



сільськогосподарських цілях також спиятливе, проте незначно ускладнюються великою мозаїчністю природно-територіальних комплексів [3]. Проте, у зв'язку з наявністю значних площ лісових насаджень, великої кількості перезволожених ділянок, у тому числі боліт, для ефективного господарювання існує потреба в багатьох випадках провести комплекс меліоративних робіт та рубок лісу. Як наслідок, неминучим стає втручання в екологічну ситуацію регіону, що призводить до негативних наслідків [14].

Особливості рельєфу Полісся вивчали Г.І. Денисик [5], В.Ф. Зузук [14], Ю.В. Коваленко [16], В.Ф. Мартазінова [17]. Територія Українського Полісся вертикально є дуже слабо розчленованою (зазвичай лише декілька метрів). Отож, А. М. Савоськіна [21] вважає, що цей чинник не є сприятим для формування (підсилення) висотної диференціації ландшафтів. Проте, під час вивчення ландшафтів Східно-Європейської рівнини, він зауважив, що у її кожній поліській ділянці є можливість виділити низький та високий ландшафтні рівні.

У своїх працях Г.І. Денисик виділяє наступні ландшафтні макрорівні Полісся: низький, середній і високий [5]. У низькому поліському рівні об'єднані переважно приозерні пониження, заплави річок, і перша надзаплавна тераса. До середнього поліського рівня відносяться території Житомирського та Чернігівського Полісся з меншою заболоченістю та переважаючими борами й суборами. Межа між низьким та середнім рівнями пролягає на висоті 120-150 м. До високого макрорівня відносять «лісостепові полісся», які розміщуються у лісостеповій зоні й не входять до території Українського Полісся.

У своїх працях В.Ф. Мартазінова також виділяє два ландшафтних рівні у Прип'ятському Поліссі [17]. Проте інші дослідники дотримуються думки, що регіон Полісся характеризується більш яскравим проявом висотної диференціації його ландшафтів, ґрунтів та рослинності. Так, ряд авторів підтверджують взаємозв'язок нерівностей рельєфу зі структурою ґрунтового покриву Полісся [6] та його температурним режимом [15].

Г.І. Денисик [5] зазначає, що в результаті впливу помірного вологого клімату на лісову рослинність зростає обсяг накопиченого перегною у верхніх шарах ґрунту на більш підвищеннях Поліського регіону, тоді як на понижених ділянках спостерігається розвиток болотних ґрунтів та торф'яників. У своїх працях В.Г. Крикунов [10] писав, що вміст мулу в дерново-підзолистих ґрунтах Полісся взаємопов'язаний з висотою місцевості. Так, при збільшенні висота збільшується й вміст мулу. Також вона зазначає, що дерновосередньопідзолисті ґрунти поширені зазвичай на підвищених територіях, тоді як в межах понижених територій переважають дерново-борові.

Однак рельєф впливає не лише на ґрунторослинний покрив та розподіл кліматичних умов, а й на ландшафтну структуру території. Згідно з дослідженнями О.М. Маринича [7], Полісся характеризується мозаїчністю ландшафтів, яка взаємопов'язана з мезорельєфом, ґрунтовим покривом та різноманітністю антропогенних відкладів. Оскільки підвищені ділянки характеризуються кращим дренажем, то вони й отримують оптимальніший режим зволоження, що чинить вплив на розподіл ландшафтів. Тому є можливість відслідковування диференціації ландшафтів щодо висоти території та рівня розчленування території [22, 23].

У рельєфі Поліської низовини головна роль належить річковим долинам, водно-льодовиковим, моренним і моренно-водно-льодовиковим рівнинам, частково моренно-горбистому рельєфу і денудаційним формам на корінних відкладах. Озерно-льодовикові, моренно-водно-льодовикові та алювіальні рівнини характеризуються однаковою формою поверхні, висотою літологією поверхневих та підстилаючих відкладів, що є причиною строкатості ґрунторослинного покриву і, відповідно, неоднорідності ландшафтно-геохімічних умов.

Основний рівень рельєфу Київського та Житомирського Полісся вздовж західного сліду радіоактивного забруднення складається з моренно-водно-льодовикових рівнин, абсолютні висоти яких перевищують 120 м, і які

створені пластовою мореною (щільними, в'язкими, сильно опіщаними валунними суглинками) та дрібнозернистими, добре відсортованими пісками потужністю 0,8-2,5 м.

Тут, на дерново-підзолистих ґрунтах з різним ступенем оглеєння поширені соснові лісові насадження з домішкою дубових порід, частина яких є виведеною й заміненою на сільськогосподарську рослинність. На територіях відселення, де припинена будь-яка господарська діяльність, сільськогосподарські землі замінилися перелогами. На сьогоднішній день, на них проводиться відновлення зональної рослинності.

На фоні слабкохвилястої моренно-водно-льодовикової рівнини помітно здіймаються Чистогалівське кінцево-моренне пасмо та Овруцький ерозійно-денудаційний кряж. Чистогалівське кінцево-моренне пасмо представлене двома ланцюгами кінцево-моренних височин зі спадистими (4-6°) та пологими (2-4°) схилами, які розділяються пониженнями та сідловинами. Височина складається з валунних суглинок напірної морени з легшим механічним складом, ніж пластова морена. Пасмо також перекрите водно-льодовиковими пісками, потужність яких становить 0,5-0,8 м. Чистогалівське кінцево-моренне пасмо характеризується дерново-підзолистими піщаними ґрунтами, що не володіють ознаками оглеєння під штучними сосновими насадженнями та перелогами на місці орних земель.

Словачансько-Овруцький кряж характеризується густим яристо-балковим розчленуванням і являє собою високий «острів» горбисто-увалистої рівнини лісостепового вигляду, яка складається з лесоподібних суглинок на моренній та кристалічній основі, з сірими лісовими легкосуглинистими ґрунтами орними, з фрагментарно збереженими грабово-дубовими лісами. На територіях південного сліду радіаційного забруднення переважають лесові ерозійно-денудаційні ландшафти з темно-сірими лісовими й чорноземними легкосуглинистими ґрунтами та яристо-балковим розчленуванням.

Пластова моренно-водно-льодовикова рівнина характеризується великою кількістю безстічних заболочених западин діаметром 0,3-0,5 км і

більше. На Чистогалівському кінцево-моренному пасмі заболочені западини трапляються значно рідше, проте поширені незаболочені западини з еродованими схилами.

Середній рівень рельєфу складається з надзаплавних терас р. Прип'ять з її притоками. Субгоризонтальні поверхні надзаплавних терас являють собою потужні, добре відсортовані піски з прошарками суглинків та супісків. На фронтальних, добре дренованих ділянках терас з дерново-слабопідзолистими піщаними ґрунтами поширені сосняки-зеленомохівники та біломохівники. На слабодренованих центральних частинах терас з дерново-підзолистими оглеєними ґрунтами зростають сосняки-чорничники та довгомохівники. На тилкових підсхилових частинах надзаплавних терас поширені великі болота з торф'яно-болотними ґрунтами на низинних торфах, потужність яких становить 0,8-1,5 м.

Нижній рівень рельєфу представлений заплавами р. Прип'ять та її притоками, які мають три висотних рівні [3]. Ґрунтовий покрив Полісся вивчало багато вчених, серед яких В.П. Крикунов [10], Н.Б. Вернадер [8] та інші.

У цілому, ґрунтовий покрив Полісся характеризується високою мозаїчністю, що пов'язано з високою різноманітністю ґрунтоутворювальних порід (долини на цій території широкі, а межиріччя тут, на відміну від південних регіонів України, не вкриті однорідними лесами) та відмінностями у зволоженні, які пов'язані високим рівнем залягання ґрунтових вод та легким гранулометричним складом ґрунтів, які не можуть достатньо затримувати воду і тому швидко пересихають.

Полісся займає південно-західну частину зони підзолистих ґрунтів з широким розвитком дерново-підзолистих ґрунтів (6,9 % загальної площі), болотних і торфово-болотних (13 %), дерново-лучних (10 %) та інших (7-8 %). За гранулометричним складом дерново-підзолисті ґрунти Полісся належать до піщаних, супіщаних і піщано-суглинкових. Вони представлені дерново-підзолистими (річкові тераси, зандрові долини середньої частини Полісся),

дерново-середньопідзолистими (вододільні простори водно-льодовикових і моренних відкладень майже всіх областей Полісся), дерново-сильнопідзолистими (Житомирське Полісся).

Ці ґрунти малородючі. Родючими ґрунтами Полісся є дерново-перегнійно-карбонатні (південна і південно-західна частина Волинського Полісся), сірі лісові та опідзолені чорноземи (Туровська рівнина, окремі острівці в Чернігівському та Житомирському Поліссі). Основні ґрунти характеризуються низкою спільних несприятливих властивостей: кислою реакцією, незначним вмістом гумусу, надмірною водопроникністю, значно піддаються ерозії тощо.

Торфові поклади товщиною понад 0,7 м займають близько 4,3 % території. Значному розвитку заболочування та торфоутворення на Поліссі сприяє слабо дренована поверхня, що зумовлює високий рівень ґрунтових вод і їх повільний рух, а також достатньо вологий клімат [8]. Полісся майже цілком (за винятком південних районів Київської та Чернігівської областей) знаходиться у вологій, помірно теплій агрокліматичній зоні. Континентальність клімату зростає з заходу на схід із зменшенням зволоженості та заболоченості території і кількості опадів. Клімат Українського Полісся помірно континентальний із теплим і вологим літом і м'якою хмарною зимою [14].

Середнє значення парціального тиску за рік складає для території Полісся близько 9 гПа. Найменші значення пружності водяної пари, відмічаються у найхолодніший місяць зими, січень і характеризуються довготним розподілом: в Західному та Центральному Поліссі спостерігається її зростання з заходу на схід, в Східному Поліссі – зменшення з пд-зх на пн-сх. Влітку парціальний тиск водяної пари різко збільшується, особливо в липні. На Поліссі він зростає з півночі на південь. Хмари відіграють роль фактору кліматоутворення. Вони визначають процес вологообігу і впливають на теплообіг в атмосфері. Найбільша повторюваність похмурого неба спостерігається взимку та характеризується зменшенням з пн-зх на пн-сх.

Територіальний розподіл ясних та похмурих днів на території Полісся характеризується строкатістю [8].

Коефіцієнт вологообігу складає 1,0-1,1, тобто опади тут в основному адвентивні [1]. Основна кількість опадів випадає з фронтальних хмар. Взимку опади пов'язані із Середземноморськими циклонами, які переміщуються на північ та північний схід. Влітку частина опадів пов'язана із циклонами.

Зміна клімату на території Полісся відбувається відповідно зі змінами процесів в Атлантико-Європейському секторі, до якого відноситься і циркуляція на території України. Внаслідок цього, в холодний період температура повітря зростає. Холодне повітря із Сибірського максимуму майже не досягає території України, тому не створюється стійка морозна погода. У холодний період року спостерігається зниження тиску відповідно до попередніх років. У нових умовах режим погоди став нестійким. Відлиги з дощами та значною додатною аномалією температури змінюються короткочасними, але сильними похолоданнями [19, 20].

Середня температура Полісся в січні - від  $-4^{\circ}\text{C}$  до  $-8^{\circ}\text{C}$ ; у червні – від  $+17^{\circ}\text{C}$  до  $+19^{\circ}\text{C}$ . Кількість опадів за рік - 550-600 мм. Літній сезон 90-110 діб. Період вегетації сільськогосподарських рослин закінчується наприкінці вересня – на початку жовтня [4]. Сума від'ємних температур (за виключенням Східного Полісся) більша за  $-500^{\circ}\text{C}$ , отож територія характеризується м'якою зимою [8].

Серед рівнинних територій України кліматичні умови Полісся є найбільш суворими. Саме тому можливості рослинництва у регіоні обмежуються в основному сільськогосподарськими культурами, які не потребують великої кількості тепла [4]. Природна рослинність Полісся представлена лісовими, лучними і болотними видами, яких налічується понад 1500. Сосна займає 64 % вкритої лісом території, береза – 11,7 %, дуб – 10,7 %, вільха – 7,6 %, осика – 1,6 %, граб – 0,4 %.

На більшій частині території Полісся переважають дубово-соснові ліси (субори) з орляково-злаковим та орляково-чорничним різнотрав'ям на

родючих ґрунтах піщаного та супіщаного, зрідка суглинистого складу з близьким заляганням до поверхні морени або крейдових відкладів. На більш родючих ґрунтах розвиваються дубово-грабові ліси (сугрудки), в трав'яно-чагарниковому ярусі яких багато видів, властивих широколистяним лісам [3].

## **2.2. Характеристика об'єктів дослідження**

На території Житомирської області протягом 2018-2020 рр. було закладено 27 пробних площ з них 9 контролних (ПП1<sub>к</sub>, ПП4<sub>к</sub>, ПП7<sub>к</sub>, ПП10<sub>к</sub>, ПП14<sub>к</sub>, ПП16<sub>к</sub>, ПП19<sub>к</sub>, ПП22<sub>к</sub>, ПП25<sub>к</sub>), на яких визначалися категорії санітарного стану соснових насаджень та агрохімічні показники ґрунту. На території ДП «Житомирське ЛГ» у Березівському лісництві, ДП «Коростишівське ЛГ» Івницьке лісництво, та ДП «Коростенський лісгосп АПК» Меленівське лісництво були закладені пробні площі, на ділянках де проводилися санітарні заходи та на ділянках, на яких не було ознак ослаблення деревостанів (контроль). Методи закладки та оформлення пробних площ регламентувалися правилами та методиками [1]. Проведення робіт здійснювалося поетапно. В основу, під час проведення досліджень, було застосовано класичний метод порівняльної екології, з деталізацією за окремими еколого-лісівничими напрямками.

### **Характеристика пробної площі ПП1<sub>к</sub>**

ПП1<sub>к</sub> знаходиться у ДП «Житомирське ЛГ» – 2 квартал, 4 виділ Березівського лісництва, площа 5,9 га. Тип лісорослинних умов – вологий сугруд. На пробній площі зростає соснове насадження 7Сз3Дз+Бп, вік насадження 76 років, повнота 0,8. Середня висота 26 м, середній діаметр – 32 см, бонітет I. Запас на 1 га 420 м<sup>3</sup>. Підлісок складається із бруслини бородавчастої, горобини звичайної, крушини ламкої. У живому надґрунтовому покриві зустрічаються рослини: чорниця звичайна, молінія голуба, медунка вузьколиста, зірочник ленцетовидний, папороть чоловіча.

### **Характеристика пробної площі ПП2**

ПП2 знаходиться у ДП «Житомирське ЛГ» – 65 квартал, 10 виділ Березівського лісництва, площа 4,8 га. Тип лісорослиних умов – вологий сугруд. На пробній площі зростає соснове насадження 7Сз2Гз1Бп+Клг, вік насадження 74 роки, повнота 0,7. Середня висота 28 м, середній діаметр – 40 см, бонітет Іа. Запас на 1 га 350 м<sup>3</sup>. Підлісок складається із горобини звичайної, крушини ламкої. У живому надґрунтовому покриві зустрічаються рослини: чорниця звичайна, молінія голуба, медунка вузьколиста, зірочник ленцетовидний, папороть чоловіча.

### **Характеристика пробної площі ПП3**

ПП3 знаходиться у ДП «Житомирське ЛГ» – 26 квартал, 13 виділ Березівського лісництва, площа 10,2 га. Тип лісорослиних умов – вологий сугруд. На пробній площі зростає соснове насадження 7Сз2Гз1Бп+Клг, вік насадження 60 років, повнота 0,7. Середня висота 28 м, середній діаметр – 32 см, бонітет Іб. Запас на 1 га 340 м<sup>3</sup>. Підлісок виражений горобиною звичайною, крушиною ламкою. У живому надґрунтовому покриві зустрічаються рослини: чорниця звичайна, копитняк європейський, зірочник ленцетовидний, молінія голуба, медунка вузьколиста.

### **Характеристика пробної площі ПП4к**

ПП4к знаходиться у ДП «Житомирське ЛГ» – 74 квартал, 11 виділ Березівського лісництва, площа 5,0 га. Тип лісорослиних умов – свіжий сугруд. На пробній площі зростає соснове насадження 7Сз1Бп1Дз1Гз+Лпд, вік насадження 66 років, повнота 0,8. Середня висота 26 м, середній діаметр – 30 см, бонітет І<sup>а</sup>. Запас на 1 га 350 м<sup>3</sup>. Підлісок виражений горобиною звичайною, крушиною ламкою. У живому надґрунтовому покриві зустрічаються рослини: чорниця звичайна, медунка вузьколиста, копитняк європейський, зірочник ленцетовидний, папороть чоловіча.

### **Характеристика пробної площі ПП5**

ПП5 знаходиться у ДП «Житомирське ЛГ» – 32 квартал, 5 виділ Березівського лісництва, площа 3,5 га. Тип лісорослиних умов – свіжий сугруд.



На пробній площі зростає соснове насадження 7Сз1Дз1Гз1Бп, вік насадження 66 років, повнота 0,8. Середня висота 27 м, середній діаметр – 36 см, бонітер І<sup>а</sup>. Запас на 1 га 380 м<sup>3</sup>. Підлісок виражений ярус з ліщини звичайної, бруслини бородавчастої, горобини звичайної. У живому надґрунтовому зустрічаються рослини, а саме герань червона, костяниця, копитняк європейський, медунка широколиста.

### **Характеристика пробної площі ПП6**

ПП6 знаходиться у ДП «Житомирське ЛГ» – 21 квартал, 8 виділ Березівського лісництва, площа 10,0 га. Тип лісорослиних умов – свіжий сугруд. На пробній площі зростає соснове насадження 8Сз2Дз+Гз+Ос+Бп, вік насадження 76 років, повнота 0,7. Середня висота 29 м, середній діаметр – 32 см, бонітет І<sup>а</sup>. Запас на 1 га 420 м<sup>3</sup>. Підлісок виражений горобиною звичайною, крушиною ламкою. У живому надґрунтовому покриві зустрічаються рослини: чорниця звичайна, медунка вузьколиста, копитняк європейський, зірочник ленцетовидний, папороть чоловіча.

### **Характеристика пробної площі ПП7к**

ПП7к знаходиться у ДП «Житомирське ЛГ» – 57 квартал, 5 виділ Березівського лісництва, площа 7,3 га. Тип лісорослиних умов – вологий сугруд. На пробній площі зростає соснове насадження 5Сз3Дз1Гз+Бп, вік насадження 76 років, повнота 0,8. Середня висота 29 м, середній діаметр – 32 см, бонітет І<sup>а</sup>. Запас на 1 га 400 м<sup>3</sup>. Підлісок виражений горобиною звичайною, крушиною ламкою. У живому надґрунтовому покриві зустрічаються рослини: чорниця звичайна, медунка вузьколиста, копитняк європейський, зірочник ленцетовидний, папороть чоловіча.

### **Характеристика пробної площі ПП8**

ПП8 знаходиться у ДП «Житомирське ЛГ» – 25 квартал, 1 виділ Березівського лісництва, площа 9,5 га. Тип лісорослиних умов – вологий сугруд. На пробній площі зростає соснове насадження 7Сз2Бп1Дз+Лпд, вік насадження 69 років, повнота 0,8. Середня висота 28 м, середній діаметр – 40 см, бонітет І<sup>а</sup>. Запас на 1 га 400 м<sup>3</sup>. Підлісок виражений горобиною звичайною,

крушиною ламкою. У живому надґрунтовому покриві зустрічаються рослини: чорниця звичайна, медунка вузьколиста, копитняк європейський, зірочник ленцетовидний, папороть чоловіча.

### **Характеристика пробної площі ПП9**

ПП9 знаходиться у ДП «Житомирське ЛГ» – 30 квартал, 3 виділ Березівського лісництва, площа 11,7 га. Тип лісорослиних умов – вологий сугруд. На пробній площі зростає соснове насадження 7Сз2Бп1Дз, вік насадження 67 років, повнота 0,7. Середня висота 28 м, середній діаметр – 36 см, бонітет І<sup>б</sup>. Запас на 1 га 370 м<sup>3</sup>. Підлісок виражений горобиною звичайною, крушиною ламкою. У живому надґрунтовому покриві зустрічаються рослини: чорниця звичайна, медунка вузьколиста, копитняк європейський, зірочник ленцетовидний, папороть чоловіча

### **Характеристика пробної площі ПП10к**

ПП10к знаходиться у ДП «Коростишівське ЛГ»– 20 квартал, 7 виділ Івницького лісництва, площа 9,7 га. Тип лісорослиних умов – свіжий сугруд. На пробній площі зростає соснове насадження 7Сз1Бп2Дз+Яле, вік насадження 66 років, повнота 0,7. Середня висота 27 м, середній діаметр – 26 см, бонітет І<sup>а</sup>. Запас на 1 га 350 м<sup>3</sup>. Підлісок виражений горобиною звичайною, крушиною ламкою. У живому надґрунтовому покриві зустрічаються рослини: медунка вузьколиста, копитняк європейський, зірочник ленцетовидний, папороть чоловіча.

### **Характеристика пробної площі ПП11**

ПП11 знаходиться у ДП «Коростишівське ЛГ» – 42 квартал, 17 виділ Івницького лісництва, площа 5,5 га. Тип лісорослиних умов – свіжий сугруд. На пробній площі зростає соснове насадження 7Сз2Дз1Бп+Яле, вік насадження 67 років, повнота 0,55. Середня висота 27 м, середній діаметр – 26 см, бонітет І<sup>а</sup>. Запас на 1 га 310 м<sup>3</sup>. Підлісок виражений горобиною звичайною, крушиною ламкою. У живому надґрунтовому покриві зустрічаються рослини: чорниця звичайна, медунка вузьколиста, копитняк європейський, зірочник ленцетовидний, папороть чоловіча.

### **Характеристика пробної площі ПП12**

ПП12 знаходиться у ДП «Коростишівське ЛГ» – 18 квартал, 23 виділ Івницького лісництва, площа 4,0 га. Тип лісорослиних умов – свіжий суґруд. На пробній площі зростає соснове насадження 5Сз1Бп4Дз+Ос, вік насадження 76 років, повнота 0,55. Середня висота 29 м, середній діаметр – 34 см, бонітет І<sup>а</sup>. Запас на 1 га 320 м<sup>3</sup>. Підлісок виражений горобиною звичайною, крушиною ламкою. У живому надґрунтовому покриві зустрічаються рослини: чорниця звичайна, медунка вузьколиста, копитняк європейський, зірочник ленцетовидний, папороть чоловіча.

### **Характеристика пробної площі ПП13к**

ПП13к знаходиться у ДП «Коростишівське ЛГ» – 64 квартал, 18 виділ Івницького лісництва, площа 6,3 га. Тип лісорослиних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз+Дз+Влч, вік насадження 71 років, повнота 0,68. Середня висота 32 м, середній діаметр – 32 см, бонітет І<sup>в</sup>. Запас на 1 га 212 м<sup>3</sup>. Підлісок поодинокий, утворений горобиною звичайною, висота до 1 м. Деревостан складаються з двох ярусів: першого – із сосни звичайної з невеликою участю вільхи чорно, та дуба звичайного. Сосна звичайна добре очищена від гілок, якіною деревиною, відносно глибокою кореневою системою. Дуб має ІІІ клас бонітету. Підріст представлений сосною звичайною та дубом звичайним.

Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені орляк, медунка вузьколиста, перстач білий, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, косяниця, сон широколистий, герань криваво-червона, кунічник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, зимолюбка зонтична, верес звичайний, зрідка чорниця звичайна.

### **Характеристика пробної площі ПП14**

ПП14 знаходиться у ДП «Коростишівське ЛГ» – 6 квартал, 9 виділ Івницького лісництва, площа 13,1 га. Тип лісорослиних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 9Сз1Бп+Дз, вік насадження 80

років, повнота 0,55. Середня висота 26 м, середній діаметр – 30 см, бонітет I. Запас на 1 га 300 м<sup>3</sup>. Деревостан складаються з двох ярусів: першого – із сосни звичайної з невеликою участю берези повислої та дуба звичайного. Дуб звичайний та береза повисла має III клас бонітету. Підріст представлений сосною звичайною та березою повислою. Підлісок поодинокий, утворений горобиною звичайною, висота до 1 м.

Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких медунка вузьколиста, перстач білий, брусниця звичайна, суниці лісові, костяниця, сон широколистий, куничник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, верес звичайний, та чорниця звичайна.

### **Характеристика пробної площі ПП15**

ПП15 знаходиться у ДП «Коростишівське ЛГ» – 9 квартал, 7 виділ Івницького лісництва, площа 10,6 га. Тип лісорослиних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз+Дз+Бп, вік насадження 77 років, повнота 0,55. Середня висота 32 м, середній діаметр – 32 см, бонітет I<sup>a</sup>. Запас на 1 га 280 м<sup>3</sup>. Деревостан складається з двох ярусів: першого – із сосни звичайної з невеликою участю дуба звичайного та берези повислої. Дуб звичайний та береза повисла має IV клас бонітету. Підріст представлений дубом звичайним. Підлісок поодинокий, утворений горобиною звичайною, висота до 1 м. Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких медунка вузьколиста, перстач білий, брусниця звичайна, суниці лісові, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, верес звичайний, та чорниця звичайна, костяниця, сон широколистий, куничник тростиновий, вероніка звичайна.

### **Характеристика пробної площі ПП16к**

ПП16к знаходиться у ДП «Коростишівське ЛГ» – 5 квартал, 5 виділ Івницького лісництва, площа 5,5 га. Тип лісорослиних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз+Бп, вік насадження 70 років, повнота 0,62. Середня висота 26 м, середній діаметр – 26 см, бонітет I<sup>a</sup>. Запас

на 1 га 350 м<sup>3</sup>. Деревостан складається з двох ярусів: першого – із сосни звичайної, другого – з невеликою участю берези повислої, яка має III клас бонітету. Підріст представлений березою повислою. Підлісок поодинокий, утворений горобиною звичайною, висота до 1 м. Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені медунка вузьколиста, перстач білий, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, герань криваво-червона, куничник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, зимолюбка зонтична, зрідка чорниця звичайна.

### **Характеристика пробної площі ПП17**

ПП17 знаходиться у ДП «Коростишівське ЛГ» – 65 квартал, 13 виділ Івницького лісництва, площа 19,8 га. Тип лісорослиних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз+Дз, вік насадження 72 років, повнота 0,68. Середня висота 28 м, середній діаметр – 32 см, бонітет I<sup>a</sup>. Запас на 1 га 168 м<sup>3</sup>. Деревостан складається з двох ярусів: першого – із сосни звичайної, другого – з невеликою участю дуба звичайного, яка має III–клас бонітету. Підріст представлений дубом звичайним. Підлісок поодинокий, утворений горобиною звичайною, висота до 1 м. Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені медунка вузьколиста, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, герань криваво-червона, куничник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, зимолюбка зонтична, зрідка чорниця звичайна.

### **Характеристика пробної площі ПП18**

ПП18 знаходиться у ДП «Коростишівське ЛГ» – 72 квартал, 2 виділ Івницького лісництва, площа 7,0 га. Тип лісорослиних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 9Сз1Дз, вік насадження 78 років, повнота 0,45. Середня висота 26 м, середній діаметр – 28 см, бонітет I. Запас на 1 га 230 м<sup>3</sup>. Деревостан складається з двох ярусів: першого – із сосни звичайної, другого – з невеликою участю дуба звичайного, яка має III–клас

бонітету. Підріст представлений дубом звичайним. Підлісок поодинокий, утворений горобиною звичайною, висота до 1 м.

Живий надґрунтовий покрив представлений чагарникових і трав'янистих рослин серед яких поширені орляк, медунка вузьколиста, перстач білий, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, сон широколистий.

### **Характеристика пробної площі ПП19к**

ПП19к знаходиться у ДП «Коростенський лісгосп АПК» – 40 квартал, 59 виділ Меленівського лісництва, площа 8,9 га. Тип лісорослиних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз, вік насадження 79 років, повнота 0,52. Середня висота 26 м, середній діаметр – 28 см, бонітет І. Запас на 1 га 299 м<sup>3</sup>. Підлісок поодинокий, утворений горобиною звичайною, висота до 1 м.

Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені медункою вузьколистою, перстач білий, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, сон широколистий, герань криваво-червона, куничник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, зимолюбка зонтична, верес звичайний, чорниця звичайна.

### **Характеристика пробної площі ПП20**

ПП20 знаходиться у ДП «Коростенський лісгосп АПК» – 55 квартал, 8 виділ Меленівського лісництва, площа 12,8 га. Тип лісорослиних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз, вік насадження – 75 років, повнота 0,61. Середня висота 26 м, середній діаметр – 32 см, бонітет І<sup>а</sup>. Запас на 1 га 351 м<sup>3</sup>. Підлісок поодинокий, утворений горобиною звичайною, висота до 1 м. Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені медункою вузьколистою, перстач білий, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, сон широколистий, герань криваво-червона, куничник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник

справжній, грушанки мала і однобока, зимолюбка зонтична, верес звичайний, чорниця звичайна.

### **Характеристика пробної площі ПП21**

ПП21 знаходиться у ДП «Коростенський лісгосп АПК» – 8 квартал, 12 виділ Меленівського лісництва, площа 7,7 га. Тип лісорослинних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз, вік насадження 72 років, повнота 0,62. Середня висота 24 м, середній діаметр – 26 см, бонітет І. Запас на 1 га 320 м<sup>3</sup>. Підлісок поодинокий, утворений горобиною звичайною, висота до 1 м. Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені медункою вузьколистою, перстач білий, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, сон широколистий, герань криваво-червона, куничник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, зимолюбка зонтична, верес звичайний, чорниця звичайна.

### **Характеристика пробної площі ПП22к**

ПП22к знаходиться у ДП «Коростенський лісгосп АПК» – 32 квартал, 10 виділ Меленівського лісництва, площа 9,2 га. Тип лісорослинних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз, вік насадження 66 років, повнота 0,72. Середня висота 26 м, середній діаметр – 23 см, бонітет І. Запас на 1 га 343 м<sup>3</sup>.

Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені орляк, медунка вузьколиста, перстач білий, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, сон широколистий, герань криваво-червона, куничник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній.

### **Характеристика пробної площі ПП23**

ПП23 знаходиться у ДП «Коростенський лісгосп АПК» – 7 квартал, 4 виділ Меленівського лісництва, площа 5,2 га. Тип лісорослинних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз, вік насадження 66

років, повнота 0,61. Середня висота 23 м, середній діаметр – 24 см, бонітет I. Запас на 1 га 300 м<sup>3</sup>.

Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені орляк, медунка вузьколиста, перстач білий, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, сон широколистий, герань криваво-червона, куничник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, зимолюбка зонтична, верес звичайний, зрідка чорниця звичайна.

### **Характеристика пробної площі ПП24**

ПП24 знаходиться у ДП «Коростенський лісгосп АПК» – 55 квартал, 13 виділ Меленівського лісництва, площа 6,6 га. Тип лісорослиних умов – свіжий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз, вік насадження 76 років, повнота 0,62. Середня висота 24 м, середній діаметр – 32 см, бонітет I. Запас на 1 га 322 м<sup>3</sup>. Підлісок поодинокий, утворений горобиною звичайною, висота до 1 м. Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені орляк, медунка вузьколиста, перстач білий, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, сон широколистий, герань криваво-червона, куничник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, зимолюбка зонтична, верес звичайний, зрідка чорниця звичайна.

### **Характеристика пробної площі ПП25к**

ПП25к знаходиться у ДП «Коростенський лісгосп АПК» – 33 квартал, 59 виділ Меленівського лісництва, площа 8,9 га. Тип лісорослиних умов – вологий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз+Бп, вік насадження – 67 років, повнота 0,63. Середня висота 22 м, середній діаметр – 26 см, бонітет I. Запас на 1 га 292 м<sup>3</sup>. Підлісок представлений горобиною звичайною та крушиною ламкою. Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені орляк, медунка вузьколиста, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, сон широколистий, герань криваво-червона, куничник



тросиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, зимолюбка зонтична, верес звичайний.

### **Характеристика пробної площі ПП26**

ПП26 знаходиться у ДП «Коростенський лісгосп АПК» – 62 квартал, 31 виділ Меленівського лісництва, площа 4,6 га. Тип лісорослиних умов – вологий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 10Сз+Бп, вік насадження – 72 років, повнота 0,61. Середня висота 23 м, середній діаметр – 30 см, бонітет І. Запас на 1 га 292 м<sup>3</sup>. Підлісок представлений горобиною звичайною та крушиною ламкою. Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені орляк, медунка вузьколиста, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, сон широколистий, герань криваво-червона, куничник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, зимолюбка зонтична, верес звичайний.

### **Характеристика пробної площі ПП27**

ПП27 знаходиться у ДП «Коростенський лісгосп АПК» – 48 квартал, 23 виділ Меленівського лісництва, площа 10,3 га. Тип лісорослиних умов – вологий субір. На пробній площі зростає соснове насадження 9Сз1Бп+Дз+Влч, вік насадження – 75 років, повнота 0,62. Середня висота 23 м, середній діаметр – 32 см, бонітет І. Запас на 1 га 230 м<sup>3</sup>. Підлісок представлений горобиною звичайною та крушиною ламкою. Живий надґрунтовий покрив представлений чагарниковими і трав'янистими рослинами, серед яких поширені орляк, медунка вузьколиста, брусниця звичайна, буквиця лікарська, суниці лісові, костяниця, сон широколистий, куничник тростиновий, вероніка звичайна, підмаренник справжній, грушанки мала і однобока, зимолюбка зонтична, верес звичайний.

### 2.3. Програма та методика дослідження

Під час дослідження були проведенні лісопатологічні обстеження у насадженнях сосни звичайної. Санітарний стан кожного дерева оцінювали відповідно до «Санітарних правил в лісах України» [28] за комплексом зовнішніх ознак: I – без ознак ослаблення; II – ослаблені; III – сильно ослаблені; IV – що всихають; V – свіжий сухостій; VI – старий сухостій (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

#### Характеристика категорій санітарного стану

Категорії стану дерев	Ознаки стану хвойних дерев
I – без ознак ослаблення	густа крона, хвоя зеленого кольору, приріст поточного року нормального розміру для даної породи, віку, сезону, умов місця зростання; стовбури і кореневі лапи не мають зовнішніх ознак пошкодження
II – ослаблені	крона середньої густоти, хвоя зелена, приріст у висоту зменшений не більше ніж на 1/2 нормального; незначне (до 1/3 периметра) механічне пошкодження корневих лап або стовбурів; рани і напливи до 1/4 периметра стовбура; об'їдання хвої у молодих, середньовікових і пристиглих насадженнях до 30 %, у стиглих і перестійних – до 20 %.
III – дуже ослаблені	крона ажурна, хвоя зелена, укорочена більше ніж на 1/2 нормальної довжини; приріст зменшений більше ніж у два рази від нормального; наявність поодиноких сухих скелетних гілок у середній частині крони; численні кущі омели, механічне пошкодження корневих лап або стовбурів від 1/3 до 2/3 периметра; ракові утворення до 2/3 периметра; нахил стовбура до 30 градусів від вертикальної осі; злам вершини не більше ніж 2/3 частини живої крони, обпал окоренка до ступеня відмирання камбію не менше ніж 3/4 периметра; рани і напливи 30-50 % периметра стовбура; об'їдання хвої шкідниками 31-90 % у молодняках, середньовікових і пристиглих насадженнях та 21-70 % - у стиглих і перестійних.

продовження табл. 2.1.

IV – відмираючі	крона дуже ажурна, хвоя світло-зелена або жовтувато-зелена; приріст відсутній; всихання більше половини скелетних гілок по всій висоті крони; механічне пошкодження кореневих лап або стовбурів більше ніж на 2/3 периметра; ракові утворення більше ніж на 2/3 периметра стовбура; висота нагару на стовбурах до нижньої частини крони або обпал кореневої шийки (з відмиранням камбію) більше ніж 1/2 периметра; злам верхівки більше ніж 1/2 довжини крони або обламування 100 % живих гілок; дерева з плодовими тілами, дуплами або заселені стовбуровими шкідниками з локальним відшаруванням кори; дефоліація у молодняках і середньовікових насадженнях – понад 90 %, у пристиглих, стиглих і перестійних – понад 70 %; понад 30 % крони заселено омелою; дерева з підірваною кореневою системою, нахилом нижньої та середньої частин стовбура понад 30 градусів від вертикальної осі, а також з дугоподібно зігнутими стовбурами.
V – свіжий сухостій	хвоя руда, часткове опадання кори, дерева заселені або відпрацьовані стовбуровими шкідниками; дерева із зламаним стовбуром
VI – старий сухостій	хвоя руда, гілки другого і третього порядків відсутні; опадання кори; під залишками кори є грибниця дереворуйнівних грибів

Джерело: Додаток 3 в редакції Постанови КМ № 756 від 26.10.2016

Санітарний стан соснових насаджень оцінювали за індексом стану (I) першого ярусу деревостанів, який визначається за методикою Українського науково-дослідного інституту лісового господарства й агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького по 6- бальній шкалі [29].

$$I = \frac{(i_1 * n_i) + (i_2 * n_i) + (i_3 * n_i) + (i_4 * n_i) + (i_5 * n_i) + (i_6 * n_i)}{N} \quad (2.1)$$

де, I – індекс стану деревостану,

$i_1 - i_6$  – категорії стану дерев (від I до VI),

$n_i$  – число дерев однієї категорії стану,

N – загальна кількість оцінених дерев на пробній площі, особин.

Індекси стану насаджень характеризують: 1,0-1,50 – здорові насадження; 1,51-2,50 – послаблені (пошкодження незначне); 2,51-3,50 – дуже послаблені (пошкодження середнє); 3,51-4,50 – всихаючі (сильне пошкодження); 4,51-6,00 – сухостійні( мертвий деревостан).

Для отримання високоякісного садивного матеріалу сосни звичайної в лісових розсадниках Меленівського та Івненського лісництв було застосовано біоорганічну композицію «Біоекофунге-1». Вона, створена на основі екстрактів грибів-базидіоміцетів. Застосування цієї технології вимагало проведення широкого спектру експериментальних досліджень, спрямованих на оцінку ефективності конкретних штамів грибів та включала адаптовану версію методу фракціонування глікозидаз мікроорганізмів [30].

Інший підхід, який використовувався в експериментах, передбачав застосування нанодисперсного діоксиду церію. У стандартному розчині об'ємна частка НДК становила 0,001 % [31].

Гідротермічний коефіцієнт ГТК Г.Т. Селянінова використовують для оцінки умов зволоження періоду із середньодобовими температурами, вищими за 10°C.. Метерологічні дані для визначення ГТК були взяті на метерологічній станції м. Коростень. Гідротермічний коефіцієнт ГТК розраховують шляхом ділення кількості опадів ( $\Sigma R$ ) у мм за період з температурами, вище 10°C, на суму активних температур ( $\Sigma t > 10$ ) за той же час, яка зменшена у 10 разів.

$$\text{ГТК} = \frac{\Sigma R * 10}{\Sigma t_{\text{акт}} > 10} \quad (2.2)$$

де, ГТК < 0,4 – дуже сильна посуха,

ГТК від 0,4 до 0,5 – сильна посуха,

ГТК від 0,6 до 0,7 – середня посуха,

ГТК від 0,8 до 0,9 – слабка посуха,

ГТК від 1,0 до 1,5 – достатньо волого,

ГТК > 1,5 – надмірно волого.

У зразках ґрунту проводили визначення агрохімічних показників: обмінну кислотність (рН) потенціанометрично ДСТУ ISO 10390:2007 ISO 10390:2005, ІДТ [27]; рухомі сполуки фосфору та обмінного калію – за Кірсановим ДСТУ 4405:2005 [24]; лужногідролізований азот – за Корнфілдом ДСТУ 7863:2015 [25]; вміст гумусу – за Тюрнімом ДСТУ 4289:2004 [26].

## Висновки до Розділу 2

1. Клімат українського Полісся є помірно-континентальним і характеризується вологим і теплим літом та м'якою зимою. Порівняно з іншими рівнинними регіонами України, клімат Полісся характеризується більшою вологістю і меншою спекою. Такі суворі кліматичні умови Полісся є найбільш сприятливими для росту і розвитку рослин, які не потребують багато тепла. Це можуть бути види рослин, які пристосувалися до прохолодних умов і здатні рости в умовах низьких температур. Ґрунтовий покрив Полісся дуже різноманітний завдяки наявності різних типів ґрунтів, які тут формуються. Можна виділити дерново-підзолисті, болотні та торф'яно-болотні, а також дерново-лучні ґрунти.

2. Протягом 2018-2020 рр. у закладено 27 пробних площ на території ДП «Житомирське ЛГ» у Березівському лісництві, ДП «Коростишівське ЛГ» в Івницькому лісництві та ДП «Коростенський лісгосп АПК» у Меленівському лісництві. Пробні площі були закладені на ділянках, на яких відбулися санітарно-оздоровчі заходи, та де не було ознак ослаблення деревостанів (контроль).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Природа Украинской ССР. Климат / В. Н. Бабиченко, М. Б. Барабаш, К. Т. Логвинов и др. Киев : Наук. думка, 1984. 232 с.
2. Долін В. В., Бондаренко Г. М., Орлов О. О. Самоочищення природного середовища після Чорнобильської катастрофи : монографія / за ред. Е. В. Соботовича. Київ : Наук. думка, 2004. 221 с.
3. Манів З. О., Луцький І. М., Манів С. З. Регіональна економіка : [навч. посібник]. Львів : Магнолія 2006, 2007. 562 с.
4. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості : навч. посібник / за ред. В. І. Купчика. Київ : Кондор, 2007. 414 с.
5. Денисик Г. І., Кирилюк Л. М. Висотна диференціація рівнинних ландшафтів України : монографія. Вінниця : Едельвейс і К, 2010. 236 с.
6. Меліорація та облаштування Українського Полісся : [кол. монографія] / за наук. ред. Я. М. Гадзала, В. А. Сташука, А. М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1 / [Баховець Б. О. та ін.; уклад.: Коптюк Р. М., Волкова Л. А., Приходько Н. В.]. 932 с.
7. Маринич А. М., Пашенко В. М., Шищенко П. Г. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование / отв. ред. А. М. Маринич. Киев : Наук. думка, 1985. 224 с.
8. Природа Украинской ССР. Почвы / *Н. Б. Вернандер*, И. Н. Гоголев, Д. И. Ковалишин и др. ; отв. ред. тома: Н. Б. Вернандер, Д. А. Тютюнник. Киев : Наук. думка, 1986. 216 с.
9. Фіторізноманіття Українського Полісся та його охорона / під заг. ред. Т. Л. Андрієнко. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 316 с.
10. Крикунов В. Г. Ґрунти та їх родючість. Київ: Вища школа, 1993. – 287 с.
11. Погребняк П. С. Лісова екологія і типологія лісів: вибрані праці. Київ Наукова думка, 1993. 494 с

12. Артюшок К. А. Природні умови та основні еколого-економічні проблеми природокористування Українського Полісся. *Наукові записки. Серія. Економіка*. 2012. Вип. 19. С. 99–102.
13. Веремеенко С. І., Ковбасюк Н. В. Особенности формирования температурного режима темносерой легкосуглинковой почвы в зависимости от рельефа. *Агрохимия и почвоведение*. 2006. Кн. 2: Почвы - основа благосостояния государства, забота каждого. С. 24–26.
14. Зузук Ф. В., Залеський І. І. Особливості сучасного та крейдового рельєфу Західного Полісся, прилеглого до Хотиславського кар'єру Білорусі. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. 2014. № 11. С. 3–8.
15. Бойчук Ю. Д., Солошенко Є. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища: Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2002. – 284 с
16. Коваленко Ю. В. Вплив орографічного чинника на територіальну структуру компонентів ландшафтів Українського Полісся. *Географія та туризм*. 2015. Вип. 33. С. 234–243.
17. Мартазинова В. Ф., Иванова Е. К., Чайка Д. Ю. Изменения атмосферной циркуляции в северном полушарии в течении периода глобального потепления в XX веке. *Український географічний журнал*. 2007. Т. 28, № 3. С. 10–20.
18. Мартазинова В. Ф., Иванова Е. К., Чайка Д. Ю. Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции на протяжении XX века и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине. *Український географічний журнал*. 2006. Т. 28, № 1. С. 51–60.
19. Поварніцин В. Ліси Українського Полісся. *Лісівництво і деревообробка*. 1959. № 1. С. 3–10.
20. Мишанич Я. О. Полісся в давньоукраїнських літописах. *Археологія і давня історія України*. 2016. Вип. 3. С. 109–112.
21. Савоськіна А. М. Біоморфологічна та екологічна структура екзотичної дендросоценофлори штучних заповідних парків Українського

Полісся. *Науковий вісник Східноєвропейського нац. університету ім. Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*. 2016. № 7(332). С. 59–65

22. Тененьова Т. П. До вивчення структури ґрунтового покриву Полісся за допомогою дистанційних методів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків, 2006. Кн. 2: Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного. С. 166–168.

23. Поліська екологічна конвенція – ґносеологічна парадигма становлення / В. В. Коніщук, Т. Л. Андрієнко, О. І. Бондар та ін. *Екологія*. 2012. № 9. С. 289–293.

24. ДСТУ 4405: 2005. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору та калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА. [Чинний від 2006-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 7 с. (Інформація та документація).

25. ДСТУ 7863: 2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 9 с. (Інформація та документація).

26. ДСТУ 4289: 2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 15 с. (Інформація та документація).

27. ДСТУ ISO 10390:2007 Якість ґрунту. Визначення обмінної кислотності фосфору та калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА. [Чинний від 2007-09-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 9 с. (Інформація та документація).

28. Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 27 липня 1995 р. № 555 : Постанова Кабінету Міністрів України від 16.10.2016 р. № 756. *Офіційний вісник України*. 2016. № 26. С. 15.

29. В.Л. Мешкова, О.М. Кукіна, Ю.Є. Скрильник, О.В. Зінченко, І.М. Соколова, К. В. Давиденко, С.В. Назаренко, І.О. Бобров, О.І. Борисенко, В.Л. Борисова, Я.В. Кошеляєва Методичні вказівки з нагляду, обліку та



прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України / Харків: ТОВ Планета-Прінт, 2020. – 92 с.

30. Wojko A. L., Nykytyuk Y. A., Spivak M. Y., Wojko O. A., Rudyk R. I., Chabanyuk Ya. V., Orlovskyu A. V. Economically profitable novel quality evaluation method for raw hop (*Humulus lupulus* L.). *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10, № 3–4. С. 5–10. doi: 10.31548/bio2018.03.001

31. Pinchuk A. P., Likhanov A. F., Babenko L. P., Kryvtsova M. V., Demchenko O. D., Sherbakov O. B. ... Spivak M. Ya. The influence of cerium dioxide nanoparticles on germination of seeds and plastic exchange of pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.). *Biotechnologia Acta*. 2017. Vol. 10, № 5. P. 63–71. doi: 10.15407/biotech10.05.063

## РОЗДІЛ 3

### САНІТАРНИЙ СТАН СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ

#### 3.1. Розподіл площ всихання сосни звичайної за причинами

Порушення функціонування лісових систем можуть бути спричинені різноманітними факторами, включаючи абіотичні, біотичні та антропогенні. Абіотичні чинники, такі як клімат та ґрунтові умови, можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на лісові екосистеми. Сильні вітри, буреломи, підвищення температури та зміна рівня ґрунтових вод можуть значно послаблювати соснові насадження. До біотичних чинників відноситься шкода чинна дія комах, яка призводить до послаблення деревостанів. Антропогенні чинники, зокрема, діяльність людини, також мають негативний вплив на лісові екосистеми.

Одним з головних чинників, який впливає на санітарний стан лісових екосистем, є лісові пожежі, що можуть бути спричинені як природними, так і антропогенними чинниками. Лісові пожежі є стихійним лихом для екосистеми, їх основною причиною, здебільшого є підпал. Наслідком пожеж є утворення згарищ та розмноження шкідників. Одними із способів покращення санітарного стану лісових екосистем є проведення санітарно-оздоровчих заходів у лісових деревостанах.

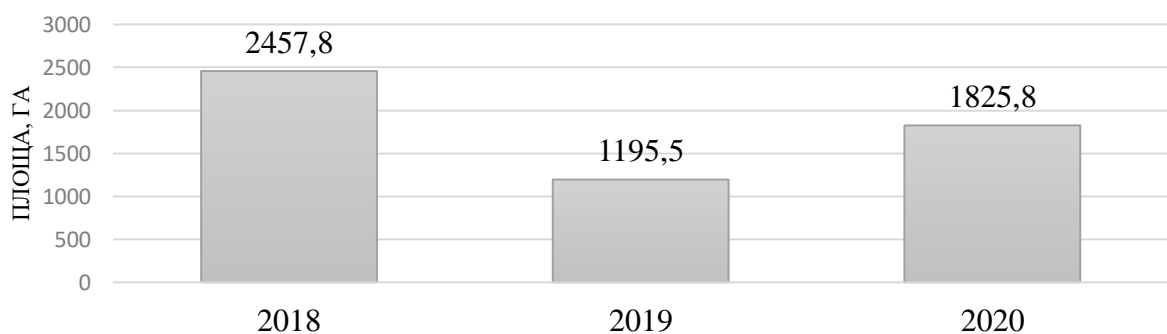
На території Полісся в останні роки були зафіксовані спалахи розмноження шкідників у соснових деревостанах, що спричинило поширення короїдів та пов'язаних із ними хвороб, на площі понад 200 тис. га соснових насаджень, які перебувають у власності Держлісагентства [1]. На значних площах лісу були проведені санітарно-оздоровчі заходи з метою запобігання поширенню комплексних осередків шкідників [2-4], що свідчить про загострення цієї проблеми.

У своїх працях велику увагу вивченню особливостей пошкоджень шкідниками хвойних порід, динаміки їх чисельності та поширення видів,

приділяли вчені В. Л. Мешкова, О.І. Борисенко, В.Ю. Юхновський [5-7]. Проте дослідження цих науковців були спрямовані перш за все на комплексне вивчення особливостей розвитку та розмноження шкідників хвойних порід і при цьому не були враховані сучасні еколого-кліматичні особливості, що здійснили на них свій характерний вплив [5-7].

У результаті зміни клімату із помірно-континентального на континентальний спостерігається підвищення температури повітря та посуха у літню пору року, що спричиняє зниженню рівня ґрунтових вод та зміну гідрорежиму ґрунту. Нестача води в тканинах дерев призводить до одночасного нападу декількох видів шкідників (верхівкового короїда, малого соснового лубоїда тощо) по цілому вертикальному профілю стовбура та скелетних гілок крони. Сильні вітри також завдають немалої шкоди, оскільки розхитують дерева, а це, своєю чергою призводить до підривання коріння та їх ослаблення. Високий температурний режим викликає різке збільшення транспірації у дерев. Ослаблені дією високих температур та іншими факторами соснові насадження зазнають руйнівного впливу та стають сприятливою кормовою базою для шкідників [7-11].

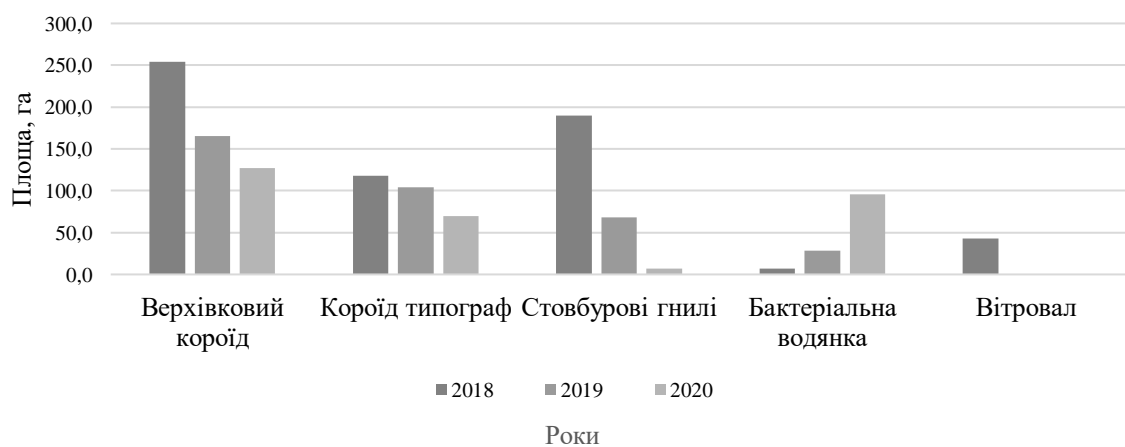
Аналізуючи дані Житомирського ОУЛМГ, впродовж 2018-2020 рр. зафіксовані площі всихання соснових деревостанів, викликаних верхівковим короїдом, в Житомирській області (рис. 3.1).



**Рис. 3.1. Площі всихання соснових деревостанів викликаних верхівковим короїдом, тис. га (Житомирське ОУЛМГ, 2018-2020 рр.; за даними 12-лг)**

У 2018 р. площа всихання складала 2457,8 тис. га, що свідчить про значну пошкодженість деревостанів від шкідника. За даними обласного управління лісового та мисливського господарства в 2019 р. спостерігався певний спад у обсягах площі всихання до 1195,5 тис. га, що пов'язано з проведенням ефективних заходів боротьби з шкідником. У 2020 р. площа всихання зросла до 1825,8 тис. га, що може свідчити про збільшення популяції шкідника в зв'язку зі зміною кліматичних умов.

Лісові насадження Березівського лісництва Житомирського ЛГ представлені переважно березово-сосновими деревостанами. На основі плану санітарно-оздоровчих заходів, нами встановлено, що упродовж 2018-2020 рр. на санітарний стан соснових насаджень впливали переважно біотичні чинники. Вони представлені ентомошкідниками (верхівковий короїд та короїд типограф) та комплексом стовбурових гнилей для сосни, а також бактеріальною водянюкою берези у складі мішаних насаджень (рис. 3.2.).



**Рис. 3.2. Причини всихання по СРВ у Березівському лісництві ДП «Житомирський ЛГ», 2018-2020 рр.**

Слід зазначити, що у період спостереження прослідковується тенденція до зменшення виявлених площ ураження сосни звичайної верхівковим короїдом на 50,1 % (з 254,0 га у 2018 р. до 127,3 га у 2020 р.), короїдом-типографом на 36,8 % (з 118,0 га у 2018 р. до 69,9 га у 2020 р.), а стовбуровими гнилями у 27,5 раза (189,6 га у 2018 р. до 6,9 га у 2020 р.).

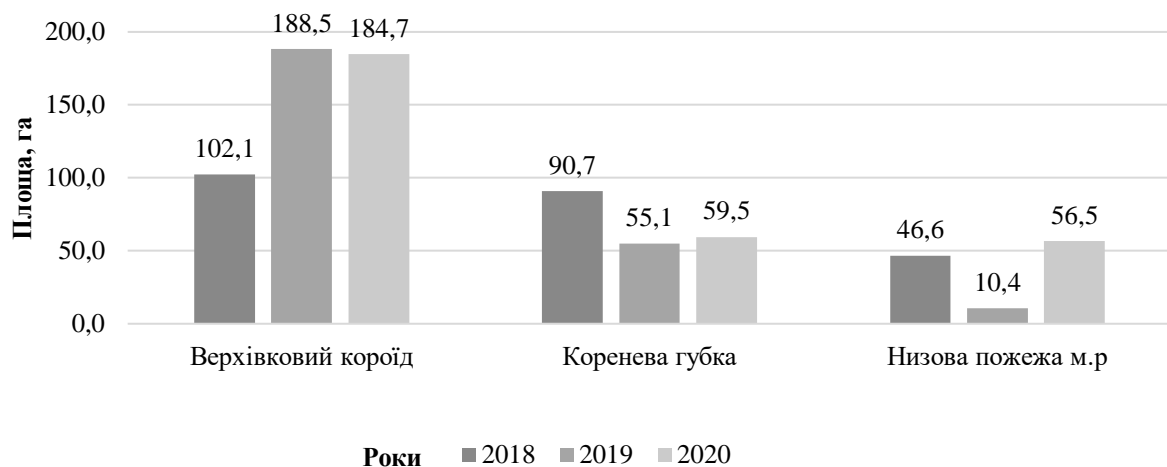
Разом з тим зросла площа ураження берези повислої у складі соснових насаджень бактеріальною водянкою у 14,1 рази (з 6,8 га у 2018 р. до 96,1 га у 2020 р.). У 2018 р. сильні вітри призвели до пошкодження 42,7 га соснових насаджень. Загалом, чисті соснові насадження середнього віку є більш схильними до вітрових пошкоджень. Проте це не спричинило погіршення загального санітарного стану лісових насаджень, що на нашу думку, зумовлено оперативними та ефективними заходами з усунення наслідків вітровалу проведеними у лісництві. Таким чином, санітарний стан насаджень сосни звичайної в умовах Березівського лісництва покращується, при збільшенні кількості вражених дерев берези.

Відповідно до аналізу плану санітарно-оздоровчих заходів, високий показник інтенсивності маси, що підлягає вирубці, ( $35,3 \pm 3,5$  м<sup>3</sup> з 1 га) був зафіксований у суборах, де зростають чисті соснові насадження. У таких деревостанах існує високий ризик швидкого поширення хвороб та шкідників, що може призвести до швидкого всихання деревостанів. Варто зазначити, що менша інтенсивність вирубаємої маси ( $15,3 \pm 2,3$  м<sup>3</sup> з 1 га) спостерігається у сугрудах, де зростають мішані насадження з часткою більше як 30 % листяних порід. Це свідчить про меншу інтенсивність всихання сосняків так як наявність листяних деревних порід у деревостанах дозволяє забезпечити кращий ефективний захист від шкідників та хвороб, що робить такі насадження більш стійкими до впливу негативних чинників навколишнього середовища [12].

Клімат є основним абіотичним фактором, який впливає на санітарний стан насаджень, оскільки сприятливі кліматичні умови сприяють розвитку шкідників та хвороб, які впливають на екологічний стан насаджень. У Меленівському лісництві ДП «Коростенський лісгосп АПК» для запобігання поширенню всихання соснових деревостанів, спричинених впливом верхівкового короїду, кореневою губкою та низовими пожежами було проведено санітарно-оздоровчі заходи на площі 794,1 га [13]. Аналіз результатів дослідження показав, що у 2018 р. були здійснені найменші обсяги

санітарно вибіркового рубок на площі 237,4 га, тоді як у 2019-2020 рр. ця кількість збільшилася до 254,0 га та 300,7 га відповідно.

Впродовж досліджуваного періоду спостерігалася зміна площі всихання спричинена верхівковим короїдом та загальної площі всихання. У 2018 р. площа ураження верхівковим короїдом склала 102,1 га, що становить 43,0 % від загальної площі всихання поточного року. У 2019 р. площа всихання зросла до 188,5 га (74,0 % від загальної площі за поточний рік), і у 2020 р. була на рівні 184,7 га, (60,0 % від загальної площі всихання) (рис. 3.3).



**Рис. 3.3. Причини всихання соснових насаджень по СРВ у Меленівському лісництві ДП «Коростенський лісгосп АПК», 2018-2020 рр.**

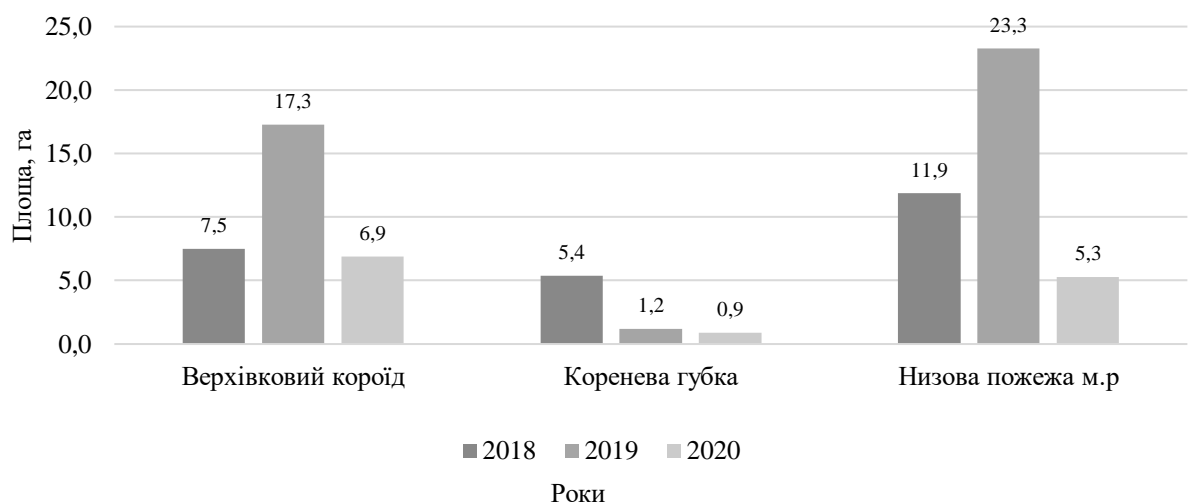
При цьому, зафіксовано збільшення інтенсивності вирубаного маси на 1 га (з  $21,52 \pm 2,28 \text{ м}^3$  у 2018 р. до  $37,22 \pm 2,4 \text{ м}^3$  у 2020 р.,) що свідчить про значне всихання соснових насаджень. Слід зазначити, що коренева губка найчастіше вражає чисті середньовікові деревостани. Дані аналізу свідчать, що протягом періоду 2018-2020 років їх площа охоплювала 25,8 % (204,87 га).

У результаті проведеного аналізу було встановлено збільшення інтенсивності вирубаного маси на 1 га з  $17,0 \pm 2,0 \text{ м}^3$  у 2018 р. до  $38,39 \pm 2,34 \text{ м}^3$  у 2020 році, що свідчить про значний вплив верхівкового короїда на соснові насадження. За 2018-2020 рр. площа всихання соснових насаджень через

низові пожежі минулих років була 113,5 га, що становить 14,3 % загальної площі за період дослідження.

Встановлено, що понад 95,0 % площі всихаючих соснових насаджень Меленівського лісництва у суборових умовах це чисті соснові насадження. Насадження без домішок листяних порід піддалися більш інтенсивному всиханню від 26 до 35% вирубаної маси з 1 га.

Одним із ефективних заходів запобіганню розповсюдженню всихання дерев є проведення суцільних санітарних рубок. Вони дозволяють видаляти хворий та пошкоджений деревостан і зменшувати ризик поширення захворювань та навантаження на здорові дерева. У Меленівському лісництві за період з 2018 по 2020 рр. було проведено суцільні санітарні рубки на площі 79,7 га. ( рис. 3.4).



**Рис 3.4. Причини всихання соснових насаджень по СРС у Меленівському лісництві ДП «Коростенський лісгосп АПК», 2018-2020 рр.**

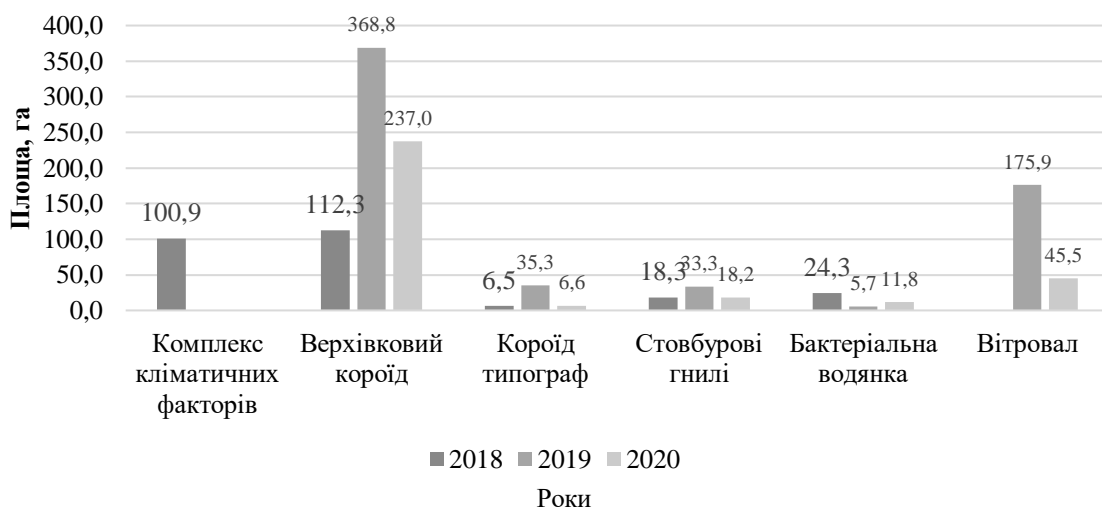
Основними причинами всихання деревостанів у лісництві є низові пожежі минулих років, які спричинили 50,8 % від загальної площі (79,7 га) загиблого деревостану сосни звичайної за період дослідження.

Варто відзначити, що у 2019 р. збільшилась площа ураження соснових насаджень верхівковим короїдом на 43,35 % (з 7,5 га у 2018 р. до 17,3 га у 2019 р.). Найменш сприятливим роком поширення верхівкового короїда був

2020 р., де площі які зазнали ураження зменшилися на 39,9 % (з 17,3 га у 2019 р. до 6,9 га у 2020 р.). За результатами проведених рубок інтенсивність вирубанної маси з 1 га зменшилася з  $207,5 \pm 18,89 \text{ м}^3$  у 2018 р. до  $169,91 \pm 19,47 \text{ м}^3$  у 2020 р.

Дослідження показали, що зменшення виявлених площ кореневої губки у 6,0 разів (з 5,4 га у 2018 р. до 0,9 га у 2020 р.). Понад 92 % соснових насаджень, які були ураженні, мали склад насадження без домішки листяних порід. При аналізі лісових пожеж у Меленівському лісництві було встановлено збільшення площ всихання на 50,1 % (з 11,9 га у 2018 р. до 23,3 га у 2019 р.). Варто зазначити, що у наступні роки спостерігалось зменшення всихання у 4,4 рази (з 23,3 га у 2019 р. до 5,3 га у 2020 р.). Отримані результати показали, що понад 85 % соснових насаджень були чисті без супутніх порід, і тип лісорослинних умов де зростали насадження є свіжим субором.

За результатами лісопатологічних обстежень в Івницькому лісництві ДП «Коростишівське ЛГ» було здійснено санітарні вибіркові рубки на площі 1200,4 га. Встановлено, що причинами всихання соснових насаджень є переважно біотичні чинники. Вони представлені шкідниками (верхівковий короїд та короїд типограф) та хворобами стовбурових гнилей, а також бактеріальною водяною берези повислої у мішаних насадженнях (рис. 3.5).



**Рис. 3.5. Причини всихання соснових насаджень по СРВ в Івницькому лісництві ДП «Коростишівське ЛГ», 2018-2020 рр.**



Встановлено, що зміна площ пошкодження шкочинними організмами лісових насаджень Івницького лісництва має видові особливості. Так для верхівкового короїда, короїда типографа та стовбурових гнилей характерним є різке зростання площ ураження у 2019 р. у порівнянні з 2018 р. з подальшим його зменшенням у наступному 2020 р.

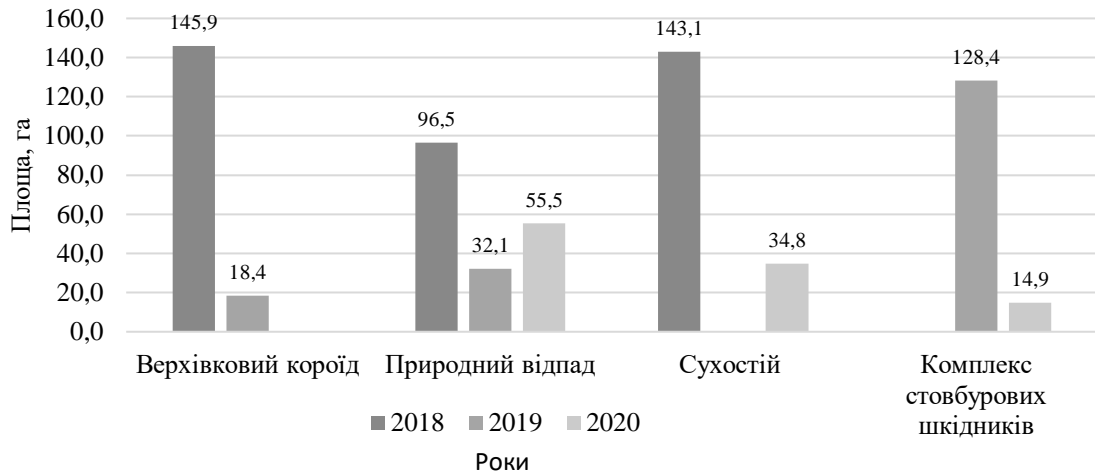
Своєчасне застосування санітарно-оздоровчих заходів на території Івницького лісництва сприяло зменшення площ ураження окремими шкочинними організмами. Найбільш вагомий результат було досягнуто у боротьбі з короїдом типографом та стовбуровими гнилями, оскільки площа уражених ділянок скоротилася з 35,3 га у 2019 р. до 6,6 га у 2020 р. та з 33,3 га у 2019 до 18,2 га у 2020 р. відповідно. Натомість згадані заходи не вплинули на розповсюдження осередків верхівкового короїду. За даний період площі ураження ентомошкідником тільки зростали з 112,3 га у 2018 р. до 368,8 га у 2019 р. та 237,0 га у 2020 р. відповідно.

Варто відзначити вплив абіотичних чинників на ураження насаджень в Івницькому лісництві в період 2018-2020 рр., що становить 26,8 % від загальної площі (1200,4 га). Аналіз впливу вітровалу на соснові насадження показав зменшення його площ в 3,8 рази (з 175,9 га 2019 року до 45,5 га 2020 р.), комплекс кліматичних факторів (бурелом) у 2,1 рази мав менше площ серед абіотичних факторів.

На основі проведених досліджень було встановлено, що вирубування маси деревини має високу інтенсивність ( $41,5 \pm 4,5 \text{ м}^3$  з 1 га) в суборах, де переважають чисті деревостани. Чисті деревостани мають підвищений ризик поширення хвороб та шкідників, що може призвести до значних втрат лісових ресурсів. Варто відзначити, що мішані соснові насадження, які зростають у сугрудах та мають домішки з хвойних і листяних порід, мали меншу інтенсивність вирубування маси ( $17,3 \pm 3,4 \text{ м}^3$  з 1 га).

Для порівняння із Житомирським Поліссям було проаналізовано ДП «Новгород-Сіверське ЛГ» Чернігівського Полісся та ДП «Любешівське ЛГ» Волинського Полісся. Аналіз санітарно-оздоровчих заходів соснових

насаджень в Володимирському лісництві ДП «Новгород-Сіверське ЛГ» вказав на незадовільний екологічний стан лісів. Протягом досліджуваного періоду 2018-2020 рр. площа всихання соснових насаджень склала 669,6 га (рис. 3.6.).



**Рис. 3.6. Причини всихання соснових насаджень по СРВ у Володимирському лісництві «ДП Новгород-Сіверське ЛГ» Чернігівська область, 2018-2020 рр.**

Встановлено, що на санітарний стан лісів впливали біотичні та абіотичні чинники. Вони представлені верхівковим короїдом, природним відпадом (бурелом), сухостоєм (вітровал), комплексом стовбурових шкідників (короїд шести зубий, сосновий лубоїд). Отриманні результати вказують на тенденцію до зменшення площі верхівкового короїда у 7,9 рази (зі 145,9 га у 2018 році до 18,4 га у 2019 році), комплексу стовбурових шкідників 8,6 рази (з 128,4 га у 2019 році до 14,9 га у 2020 році). Це своєю чергою вказує на ефективність проведення санітарно-оздоровчих заходів для запобігання розвитку шкідників.

Результати досліджень свідчать про те, що вплив абіотичних чинників мав тенденцію до зменшення площі природного відпаду (бурелом) у 3,0 рази (з 96,5 га у 2018 р. до 32,1 га у 2019 році), сухостою (вітровал) у 4,1 рази (з 143,1 га у 2018 році до 34,8 га у 2020 році). Варто відмітити збільшення площі природного відпаду у 1,7 рази (з 32,1 га у 2019 до 55,5 га у 2020 р.).

Впродовж 2018-2020 рр. в Білозерському лісництві було проведено санітарно оздоровчі заходи на площі 265,5 га та виявлено причини всихання соснових насаджень (рис 3.7).



**Рис. 3.7. Причини всихання соснових насаджень по СРВ Білозерського лісництва ДП «Любешівське» ЛГ, 2018-2020 рр.**

Встановлено, що основною причиною всихання деревостанів були абіотичні фактори. Вони були виявленні комплексом кліматичних факторів (бурелом) та вітровалом. Результати свідчать, про збільшення площ всихання соснових деревостанів у 5,7 раза (32,0 га у 2018 році до 182,5 га у 2019 році). Біотичні фактори, які охоплювали стовбурових шкідників короїд шести зубий, сосновий лубоїд та кореневі гнилі мали незначний вплив на насадження.

За результати досліджень варто відзначити про збільшення площ ураження стовбуровими шкідниками на 55,9 % (з 10,9 га у 2018 році до 19,5 га у 2020 році). Це вказує на те, що були сприятливі умови для поширення стовбурових шкідників. Площа всихання соснових деревостанів внаслідок корневих гнилей зменшилася на 53,1 % з 11,3 га у 2019 до 6,0 га у 2020 році. Це пояснюється ефективними санітарно-оздоровчими заходами.

### 3.2. Порівняння значень індексу санітарного стану соснових насаджень в різних умовах

Функціонування лісової системи може бути порушене різноманітними чинниками, які поділяють на абіотичні, біотичні та антропогенні. До абіотичних факторів віднесені клімат та ґрунтові умови, які можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на лісову екосистему, оскільки вітровали, буреломи, підвищення температури та підняття ґрунтових вод можуть значно послаблювати соснові насадження [12, 14].

У Березівському лісництві Житомирської області у пристигаючих соснових насадженнях (частка листяних порід 10-30 %) впродовж 2018-2020 рр. було закладено 9 пробних площ (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

#### Санітарний стан соснових насаджень у Березівському лісництві «ДП Житомирське ЛГ»

Рік	№ ПП	Кількість дерев за категоріями стану: чисельник, шт.; знаменник, %						Ісс
		I	II	III	IV	V	VI	
2018	ПП1к	190	50	11	9	0	0	1,38
		73,1	19,2	4,2	3,5	0	0	
	ПП2	35	59	109	83	24	10	3,09
		10,9	18,4	34,1	25,9	7,5	3,1	
	ПП3	23	51	97	65	26	16	3,27
		8,3	18,3	34,9	23,4	9,4	5,8	
2019	ПП4к	205	83	10	0	0	1	1,37
		68,6	27,8	12	0	0	0,3	
	ПП5	77	105	63	29	5	2	2,21
		27,4	37,4	22,4	10,3	1,8	0,7	
	ПП6	69	54	93	46	27	9	2,78
		23,2	18,1	31,2	15,4	9,1	3	
2020	ПП7к	182	76	14	9	0	0	1,48
		64,8	27	5	3,2	0	0	
	ПП8	92	71	71	34	16	2	2,36
		32,2	24,8	24,8	11,9	11,9	5,6	
	ПП9	84	68	54	50	18	4	2,49
		30,2	24,5	19,4	18	6,5	6,5	

Встановлено, що на індекс санітарного стану впливали різні чинники, головним з яких був верхівковий короїд [12]. Під час розподілу дерев сосни звичайної за категоріями стану у стиглих деревостанах (ПП1<sub>к</sub>, ПП2, ПП3), було виявлено їх значну нерівномірність поширення територією дослідження. У 2018 р. індекс санітарного стану на контрольній ділянці ПП1<sub>к</sub> становив 1,38, що свідчить про здоровий деревостан. Варто зазначити, що контрольна кількість дерев, віднесених до категорії без ознак ослаблення (I категорія), була в 6,8 раза вищою порівняно з ПП2 та у 8,8 раза більшою порівняно з ПП3.

Розподіл дерев за II категорією не мав суттєвих відмінностей. Однак частка ослаблених дерев була визначена на рівні 18,4 % та 18,3 % на ПП2 та ПП3 відповідно, тоді як на ПП1<sub>к</sub> вона становила – 19,2 %. Значні розбіжності спостерігалися у розподілі дерев за III категорією (дуже ослаблені дерева). На контрольній ділянці (ПП1<sub>к</sub>) частка дуже ослаблених дерев була у 8,1 раза нижча, ніж на ПП2 та у 8,3 раза менша, ніж на ПП3. Варто відзначити, що частка сосни, яка належить до IV категорії, на ПП2 у 7,4 раза більша, та у 6,7 раза вища на ПП3 ніж на контрольній ділянці.

Однофакторний дисперсійний аналіз розподілу категорій санітарного стану пристигаючих насаджень дозволив виявити статистично значущу різницю середніх їх значень (на 95 % перебував на довірчому рівні). Розраховане F-значення ( $F_{\text{fact}} = 12,99$ ) перевищило критичне F-значення ( $F_{\text{crit.}} = 2,26$ ), що свідчить про значні варіації між порівнюваними категоріями санітарного стану.

У 2019 р. були проведені дослідження у мішаних насадженнях з невеликою часткою (10-20 %) листяних порід у складі деревостану. Встановлено, що показник санітарного стану насадження ПП4<sub>к</sub> становить 1,37, у ПП5 та ПП6 зазначений показник був значно вищим – 2,21 і 2,28, відповідно, що передусім обумовлено впливом верхівкового короїда та вітровалу (додаток А).

При розподілі сосни звичайної за категоріями санітарного стану було виявлено помітну закономірність. Зокрема, встановлено, що кількість дерев

без ознак ослаблення на ПП4<sub>к</sub> була у 2,5 раза меншою, ніж на ПП5, та у 2,9 раза нижчою, ніж на ПП6. Загальна частка ослаблених дерев на контрольній ділянці (ПП4<sub>к</sub>) становила 27,8 %. Для порівняння, на ПП5 частка ослаблених дерев була вищою – 37,4 %, тоді як на ПП6 вона була нижчою – 18,4 %.

Аналіз подальшого розподілу дерев сосни звичайної, показав погіршення стану дерев порівняно з контрольною ділянкою. Варто відзначити, що III категорії представлена більшою кількістю дерев ніж ПП5 і ПП6 порівняно з ПП4<sub>к</sub>, з різницею в 1,8 раза і 2,6 раза відповідно. Встановлено, що на контрольній ділянці (ПП4<sub>к</sub>) не було жодного дерева, віднесеного до категорії IV, що свідчить про відсутність дерев, що всихають. Натомість на ПП5 та ПП6 частка дерев, що відмирають становила 10,3 % та 15,4 % відповідно.

Під час проведення однофакторного дисперсійного аналізу по категоріях санітарного стану у насадженнях була встановлена різниця середніх величин на 95%-ому довірчому рівні:  $F_{\text{fact.}} = 36,40 > F_{(\text{crit})} = 2,27$ .

У 2020 р. було проведено дослідження по розподілу дерев сосни звичайної у пристигаючому деревостані вологого сугруду. Доведено, що кількість дерев без ознак ослаблення (I категорія) на ПП7<sub>к</sub> була в 1,9 раза вищою, ніж на ПП8, і у 2,1 раза вищою, ніж на ПП9. Варто відзначити, що суттєвої різниці у частці ослаблених дерев (II категорія) у деревостані не було. На різних ділянках у 2020 р. цей показник варіював від 24,5 % до 27,0 %.

Проаналізувавши розподіл дерев, за категоріями стану можна стверджувати, що погіршення стану насаджень на пробних площах у Березівському лісництві було більш вираженим порівняно з контрольною ділянкою. За аналізом розподілу дерев значну різницю в ступені погіршення стану насаджень у Березівському лісництві не виявлено. Зокрема, насадження на ПП8 та ПП9 мали більш динамічні показники погіршення стану в порівнянні з ПП7<sub>к</sub>. Так, на контрольній ділянці кількість дуже ослаблених (III категорія) дерев сосни звичайної на ПП8 та ПП9 у 5,1 та 3,8 рази менше.

Відносно розподілу IV категорії встановлено, що на ПП8 та ПП9 кількість дерев більша у 3,7 рази та у 5,5 рази ніж на ПП7к.

За результатами однофакторного дисперсійного аналізу розподілу категорій санітарного стану пристигаючих насаджень було визначено статистично значущу різницю середніх значень на 95 % довірчому рівні. Розраховане F-значення  $F_{\text{факт.}} = 49,03$  виявилось більшим за критичне F-значення  $F_{(\text{crit.})} = 2,26$ , що свідчить про дуже значну різницю між порівнюваними групами.

Впродовж 2018-2020 рр. у Івницькому лісництві ДП «Коростишівське ЛГ» були проведені дослідження санітарного стану соснових насаджень, під час яких було закладено пробні площі (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Санітарний стан соснових насаджень у Івницькому лісництві ДП  
«Коростишівське ЛГ»**

Рік	№ПП	Кількість дерев за категоріями стану: чисельник, шт., знаменник, %						Icc
		I	II	III	IV	V	VI	
2018	ПП10к	198	84	10	7	2	0	1,44
		65,8	27,9	3,3	2,3	0,7	0	
	ПП11	48	78	85	65	20	8	2,84
		15,8	25,7	28	21,4	6,6	2,6	
	ПП12	45	58	83	72	17	11	2,98
		15,7	20,3	29	25,2	5,9	3,8	
2019	ПП13к	223	88	12	3	1	0	1,38
		68,2	26,9	13,6	0,9	0,3	0	
	ПП14	30	41	113	75	19	13	3,14
		10,3	14,1	38,8	25,8	6,5	4,5	
	ПП15	42	71	80	77	23	16	3,05
		13,6	23	25,9	24,9	7,4	5,2	
2020	ПП16к	193	71	8	5	3	0	1,44
		68,9	25,4	2,9	1,8	1,1	0	
	ПП17	45	67	63	70	32	19	3,14
		15,2	22,6	21,3	23,6	23,6	10,8	
	ПП18	18	57	84	94	35	10	3,34
		6	19,1	28,2	31,5	11,7	11,7	

У 2018 р. були обстежені пробні площі ПП10<sub>к</sub>, ПП11 та ПП12 в пристигаючих деревостанах. Індекс санітарного стану на пробній площі ПП10<sub>к</sub> склав 1,44, що свідчить про здорове насадження, тоді як на ПП11 та ПП12 зазначений показник був значно вищим – 2,84 і 2,98, відповідно соснові насадження були серйозно ослаблені.

У 2018 р. кількість здорових насаджень (I категорії) у ПП10<sub>к</sub> була значно вищою порівняно з ПП11 та ПП12. Зокрема кількість здорових дерев у насадженні на ПП10<sub>к</sub> становила в 4,1 рази вищою, ніж у ПП11, та в 4,4 ніж у ПП12. Варто відзначити, що по II категорії на ПП11 та ПП12 на 1,1 та 1,4 рази дерев менше, ніж на ПП10<sub>к</sub>. Аналіз наступних категорій показав, що частка дерев сосни дуже ослаблених на ПП11 та ПП12 становила 28,0 % та 29,0 % відповідно. Ці показники виявилися значно вищими, відповідно у 8,4 та 8,8 рази, ніж частка ослаблених дерев на ПП10<sub>к</sub>, по розподілу IV категорії відзначено коливання показників. Так, на ПП10<sub>к</sub> розподіл дерев характеризувався IV – 2,3 %, тоді на ПП11 та ПП12 ці показники більші у 9,3 та 10,9 рази відповідно. Встановлено, що на контрольній ділянці частка свіжого сухостою (V категорія) становила 0,7 %, що нижче у 9,4 та 8,4 рази, ніж у ПП11 і ПП12.

Під час проведення однофакторного дисперсійного аналізу розподілу категорій санітарного стану насаджень в Івницькому лісництві було встановлено існування достовірної різниці середніх величин  $F_{\text{fact.}} = 21,14 > F_{(\text{crit})} = 3,26$ .

При аналізі розподілу соснових деревостанів у 2019 р. за категоріями стану виявлено суттєві відмінності між різними ділянками. На ПП10<sub>к</sub> кількість здорових дерев у деревостані (I категорія) була у 7,4 та 5,3 рази більшою порівняно з ПП14 та ПП15 відповідно. Аналогічно, частка ослаблених дерев (II категорія) була в 2,1 і 1,2 рази вищою на ПП10<sub>к</sub> в порівнянні з ПП14 і ПП15 відповідно.

Аналіз наступних категорій показав, що частка дуже ослаблених деревостанів (III категорія) була значно вищою на ПП14 і ПП15 порівняно з



ПП13К. Зокрема, на ПП14 і ПП15 частка дуже ослаблених деревостанів становила 38,8 % і 25,9 %, що у 2,8 і 1,9 раза більше ніж на ПП13К.

При дослідженні розподілу дерев за IV-V категоріями санітарного стану спостерігалися чіткі коливання індексу санітарного стану. На ПП13К розподіл дерев за категоріями характеризувався наступними значеннями: IV-0,9 % і V - 0,3 % відповідно. Варто зазначити, що на ПП14 і ПП15 ці показники були значно більшими, зі значеннями у 28,8, 27,6, 21,7 і 24,6 раза вищими в порівнянні з ПП13К для IV і V категорій відповідно.

Одержані нами результати щодо відмінностей у категоріях санітарного стану соснових насаджень підтверджуються результатами однофакторного дисперсійного аналізу:  $F_{\text{факт}} = 15,14 > F_{\text{крит}} = 2,26$ .

Аналізуючи розподіл сосни звичайної на пробних площах у 2020 р. було виявлено суттєві відмінності за категоріями санітарного стану. На ПП16К більшість дерев сосни звичайної належала до I та II категорій, тоді як на ПП17 та ПП18 переважали дерева III та IV категорій (додаток А).

При порівнянні розподілу дерев було виявлено, що на ПП17 і ПП18 частка дерев I категорії була в 4,3 і 10,7 раза меншою, порівняно з ПП16К. Відповідно частка дерев, I категорії на ПП17 та ПП18 була в 1,1 та 1,3 раза меншою ніж на контролі.

Розподіл дерев сосни звичайної III категорії показав, що на ПП17 і ПП18 дерев було у 7,8 і 10,5 раза більше, аніж на ПП16К. Це свідчить про більшу частку дерев з ознаками ослаблення на цих ділянках.

Для IV і V категорій розподіл дерев на контрольній ділянці варіював від 1,1 % до 1,8 %. Варто зазначити, що на ПП17 і ПП18 ця частка була значно вищою і становила від 10,8 % до 31,5 % відповідно і ці насадження потребували проведення санітарно-оздоровчих заходів.

Для дослідження розподілу категорій санітарного стану насаджень було проведено однофакторний дисперсійний аналіз. Розраховане  $F_{\text{факт.}} = 11,83$  перевищило  $F_{\text{крит.}} = 2,26$ , що свідчить про статистично значущу різницю між порівнюваними групами.

У Меленівському лісництві впродовж 2018-2020 рр. були закладені пробні площі у чистих та мішаних насадженнях, де частка листяних порід становила 10 % (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Санітарний стан соснових насаджень у Меленівському лісництві  
ДП «Коростенський лісгосп АПК»**

Рік	№ПП	Кількість дерев за категоріями стану: чисельник, шт., знаменник, %						Ісс
		I	II	III	IV	V	VI	
2018	ПП 19 К	163	105	8	4	1	0	1,49
		58	37,4	2,8	1,4	0,4	0	
	ПП 20	28	62	125	88	37	8	3,2
		8	17,8	35,9	25,3	10,6	2,3	
	ПП 21	20	45	107	73	26	16	3,32
		7	15,7	37,3	25,4	9,1	5,6	
2019	ПП 22 К	190	95	10	6	2	2	1,5
		62,3	31,1	10,5	2	0,7	0,7	
	ПП 23	61	96	97	48	19	3	2,62
		18,8	29,6	29,9	14,8	5,9	0,9	
	ПП 24	29	78	117	95	38	12	3,19
		7,9	21,1	31,7	25,7	10,3	3,3	
2020	ПП 25 К	190	86	10	4	3	2	1,47
		64,4	29,2	3,4	1,4	1	0,7	
	ПП 26	58	109	96	53	20	6	2,67
		17	31,9	28,1	15,5	15,5	5,8	
	ПП 27	48	109	97	54	22	6	2,74
		14,3	32,4	28,9	16,1	6,5	6,5	

Встановлено, що 2018 р. індекс санітарного стану на контрольній ділянці ПП19<sub>к</sub> становив 1,49, що відповідало здоровому насадженню. На інших пробних площах ПП20 та ПП21 індекси становили 3,2 та 3,32, що вказувало на незадовільний стан насаджень. Розподіл дерев сосни звичайної за категоріями стану у пристигаючих насадженнях на ПП19<sub>к</sub> показав, що кількість дерев без ознак ослаблення (I категорія) у 20,8 рази більше, ніж на ПП20 та у 23,2 разів чим на ПП21.

Стосовно розподілу насадження за II категорією встановлено, що, на ПП2 та ПП3 частка ослаблених дерев була меншою та становила 17,8 % та 15,7 %, а на ПП19<sub>к</sub> – 37,4 %. Дані дослідження свідчать про те, що для дерев III категорії на пробних площах є істотна різниця – частка дуже ослаблених дерев на контролі (ПП19<sub>к</sub>) менша у 15,6 рази ніж на ПП20 та у 13,3 рази в порівнянні із ПП21. Порівнюючи частковий розподіл наступних категорій санітарного стану, можна відзначити, що на контролі (ПП19<sub>к</sub>) IV категорії у 22,0 разів менша на ПП20, та 18,2 на ПП21. Встановлено наявність достовірної різниці середніх величин на 95%-ому довірчому рівні:  $F_{\text{fact}} = 11,83 > F_{(\text{crit})} = 2,26$ , під час проведення однофакторного дисперсійного аналізу.

У 2019 р. у Меленівському лісництві на ПП24, ПП23, ПП22<sub>к</sub> було проведено дослідження розподілу дерев за категоріями санітарного стану (додаток А). Отриманні результати показали, що на ПП22<sub>к</sub> у 3,3 рази більше дерев без ознак ослаблення ніж на ПП23 та у 7,9 рази вищий показник ніж на ПП24. Загальна частка ослаблених дерев (II категорія) на контролі (ПП22<sub>к</sub>) становила 31,1 %, тоді як на ПП5 та ПП6 – 29,6 % та 21,1 % відповідно. Аналізуючи наступний розподіл наступних категорій сосни звичайної, було відзначено вищі показники погіршення стану дерев порівняно з контролем. За III категорією спостерігали помітну різницю і перевищення кількості дерев на ПП23 та ПП24 порівняно з ПП22<sub>к</sub> у 2,8 рази та у 3,0 рази відповідно. Встановлено, що на контролі (ПП22<sub>к</sub>) незначна частка (IV-2,0 %) категорії стану дерев, тоді як на ПП23 та ПП24 частка дерев, що відмирають становить 10,3 % та 15,4 % відповідно. Однофакторний дисперсійний аналіз за категоріями санітарного стану насаджень виявив достовірну різницю середніх значень на 95 % довірчому рівні:  $F_{(\text{факт})} = 11,8 > F_{(\text{крит})} = 2,26$ .

У 2020 р. дослідження розподілу дерев сосни звичайної за категоріями їх стану у пристигаючих насадженнях Меленівського лісництва, дозволило встановити, що на ПП25<sub>к</sub> у 3,8 та 4,5 рази більше дерев без ознак ослаблення, ніж на ПП26 та ПП27 відповідно. Аналіз свідчить, що частка ослаблених дерев у насадженні не мала значних відмінностей та коливалася у межах 31,9 % до

32,4 % на ПП26 та ПП27, тоді як на контролі частка таких дерев становила 29,2 %. Доведено, що на ПП25к розподіл дерев IV категорії характеризувався часткою 1,4 %, а на ПП26 та ПП27 ці показники були вищими у 11,1 та 10,5 рази відповідно.

Частка свіжого сухостою (V категорія) на ПП26 і ПП27 становила 15,5% та 6,5 %. На контролі (ПП10К) дерев цієї категорії було в 15,5 раза менше порівняно з ПП26, і в 6,5 раза менше з ПП27. Отримані результати щодо різниці в категоріях санітарного стану соснових насаджень підтверджуються результатами однофакторного дисперсійного аналізу:  $F_{(факт)} = 21,4 > F_{(крит.)} = 2,26$ . Під час аналізу санітарного стану насаджень (табл. 3.4), виявлено, що в Івницькому лісництві індекс санітарного стану деревостану склав 2,42, а у Березівському та Меленівському лісництвах – 2,58 та 2,67 відповідно.

Таблиця 3.4

**Аналіз санітарного стану насаджень за період  
2018-2020 рр.**

Лісництво	Рік	Середній індекс санітарного стану	Кількість дерев за категоріями стану: чисельник, шт., знаменник, %					
			I	II	III	IV	V	VI
Березівське	2018	2,58	248	160	217	157	50	26
			28,9	18,6	25,3	18,3	5,8	3,0
Івницьке		2,42	291	220	178	144	39	19
			32,7	24,7	20,0	16,2	4,4	2,1
Меленівське		2,67	211	212	240	165	64	24
			23,0	23,1	26,2	18,0	7,0	2,6
Березівське	2019	2,12	351	242	166	75	32	12
			40,0	27,6	18,9	8,5	3,6	1,4
Івницьке		2,52	295	200	205	155	43	29
			31,8	21,6	22,1	16,7	4,6	3,1
Меленівське		2,44	280	269	224	149	59	17
			28,1	27,0	22,4	14,9	5,9	1,7
Березівське	2020	2,11	358	215	139	93	34	6
			42,4	25,4	16,4	11,0	4,0	0,7
Івницьке		2,64	256	195	155	169	70	29
			29,3	22,3	17,7	19,3	8,0	3,3
Меленівське		2,29	296	304	203	111	45	14
			30,4	31,2	20,9	11,4	4,6	1,4

У 2019 р. ситуація зі станом насаджень у Березівському лісництві покращилась, і середній індекс стану склав 2,12. За категоріями стану найбільша частка дерев належала до I категорії у 2019 р. – 40,0 %, у 2018 – 27,6 %. Водночас в Івницькому лісництві індекс санітарного стану склав 2,52, що свідчить про значний рівень ослаблення насадження. У Меленівському лісництві індекс стану склав 2,44, що також вказував на помірний рівень ослаблення деревостану.

У 2020 р. санітарний стан дещо покращився у порівнянні з попередніми роками досліджень і становив 2,11. У Івницькому лісництві санітарний стан залишався ослабленим. У Меленівському лісництві індекс санітарного стану склав 2,29, що вказував на помірно ослаблений деревостан.

За результатами досліджень, проведених у період 2018-2020 рр., встановлено значні пошкодження деревостану у різних лісництвах. Виявлено, що середній індекс санітарного стану у Березівському лісництві у 2018 р. склав 2,58, що вказує на помітне ослаблення насаджень та необхідність проведення санітарно-оздоровчих заходів. За 2019-2020 рр. індекс санітарного стану зменшився до 2,11, що вказує на незначний ступінь пошкодження деревостану. У Івницькому лісництві санітарний стан деревостану залишився ослабленим попри успішно проведені заходи щодо його оздоровлення. Найвищий рівень показника був зафіксований у 2018 р. – 2,42. Однак, у наступні роки рівень середнього індексу погіршився: у 2019 р. – до 2,52, у 2020 р. – до 2,64. Це свідчить про збільшення пошкоджень соснових насаджень та вплив різних чинників на їх стан.

У Меленівському лісництві індекс санітарного стану у 2018 р. становив 2,67, що свідчило про сильне ослаблення насаджень. У 2019 р. цей показник покращився до 2,44, що вказало на перехід насаджень з категорії середнього рівня пошкодження до слабкого. У 2020 р. індекс становив 2,29, що засвідчує покращення санітарного стану соснових насаджень.

### 3.3. Вплив едафічних умов на стан соснових насаджень

Родючість лісових ґрунтів є головним чинником ефективного лісовідновлення та лісовирощування. Ґрунтові умови є важливим екологічним фактором, який визначає склад, продуктивність та бонітет насаджень. Тому потрібно завжди врахувати показники родючості ґрунту при створенні високопродуктивних та здорових насаджень [14].

На території Полісся соснові насадження є найпоширенішою породою, які ефективно вирощуються на дерново-слабопідзолистих ґрунтах. До складу соснових насаджень на суглинкових породах входить береза звичайна та дуб звичайний. Лісові деревостани мають значний вплив на процеси, які відбуваються у ґрунтовому середовищі і на їх фізичні властивості. На територіях закладання пробних площ, формування ґрунтового покриву у лісі обумовлене, передусім, підзолитим процесом ґрунтоутворення. При цьому, значний вплив мають склад ґрунту, рівень ґрунтових вод та живий надґрунтовий покрив [17].

Впродовж 2018-2020 рр. нами були проведені дослідження ґрунту із соснових деревостанів на територіях лісництв які знаходяться у різних районах Житомирського Полісся [14]. Насадження сосни звичайної мають значну перевагу перед іншими породами, це чисті насадження з невеликими домішками інших порід, їх бонітет переважно I.

Дослідження проводилися відповідно до загальної методики шляхом закладання пробних площ, деревостани яких представлені переважно сосною звичайною – головною породою з невеликими домішками інших порід, вік насадження – пристигаючі соснові насадження. Фізико-хімічні властивості лісових ґрунтів визначали загальноприйнятими методами. Загалом було закладено 27 пробних площ у соснових насадженнях (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

**Агрохімічні та фізико-хімічні показники ґрунтів ДП «Житомирське  
ЛГ Березівське лісництво», 2018-2020 рр.**

№ п/п	Рік відбору	Місце відбору	Кислотність обмінна, од рН	Ступінь насичення основами, %	Гумус, %	Азот лужно-гідролізований, мг/кг ґрунту	Рухомий фосфор, мг/кг ґрунту	Обмінний калій, мг/кг ґрунту
1	2018	ПП1 <sub>к</sub>	5,02±0,09	72,59±0,98	1,23±0,06	79,17±2,28	162,17±3,23	135,68±5,92
2	2018	ПП2	3,90±0,17	64,21±0,93	1,19±0,08	65,33±2,15	62,00±1,48	108,33±5,23
3	2018	ПП3	3,83±0,11	60,37±1,79	1,16±0,07	61,57±2,20	64,67±2,3	104,33±2,24
4	2019	ПП4 <sub>к</sub>	5,33±0,12	75,22±0,94	1,22±0,06	75,50±2,13	163,83±5,75	128,35±4,40
5	2019	ПП5	4,35±0,06	58,98±1,59	1,16±0,09	66,67±2,24	77,90±3,08	107,83±4,83
6	2019	ПП6	4,38±0,11	59,31±1,27	1,17±0,07	63,67±2,39	75,50±1,86	102,82±2,39
7	2020	ПП7 <sub>к</sub>	5,70±0,19	75,96±1,23	1,22±0,07	78,33±3,06	166,5±4,84	134,17±6,76
8	2020	ПП8	4,48±0,07	61,54±1,48	1,19±0,09	62,83±1,96	73,33±1,17	106,33±4,35
9	2020	ПП9	4,37±0,12	57,51±1,48	1,18±0,07	64,83±2,33	78,17±3,73	102,00±1,47

У 2018-2020 рр. на території Березівського лісництва проведено обстеження з метою встановлення основних агрохімічних та фізико-хімічних показників ґрунту. Було закладено 9 пробних площ у змішаних деревостанах головною породою яких є сосна звичайна. Встановлено, що на ПП1<sub>к</sub> ґрунт середньокислий ( $pH_{сол.}=5,02\pm 0,09$ ), на ПП2 та ПП3 в умовах С<sub>з</sub>ГДС ґрунти дуже сильнокислі ( $pH_{сол.}=3,90\pm 0,17$  та  $3,83\pm 0,11$  відповідно). Вміст гумусу на усіх пробних площах, що були закладені у 2018-2020 рр. був низьким. Найвищий ступінь насичення основами за 2018 р. зафіксовано на пробних площах ПП1<sub>к</sub> ( $72,59\pm 0,98$  %), а дещо нижчим –  $64,21\pm 0,93$ % та  $60,37\pm 1,79$ % був на ПП2 та

ППЗ, відповідно. Варто зазначити, що вміст азоту лужно-гідролізованого на контрольній пробній площі був дуже низьким і становив  $79,17 \pm 2,28$  мг/кг. На пробних площах ПП2 та ПП3 зазначений показник є ще нижчим –  $65,33 \pm 2,15$  мг/кг та  $61,57 \pm 2,20$  відповідно.

Вміст рухомого фосфору на ПП1<sub>к</sub> становив  $162,17 \pm 3,23$  мг/кг, що відповідає високому рівню забезпеченості. На ПП2 та ПП3 вміст рухомого фосфору був дещо нижчим і становив  $62,00 \pm 1,48$  мг/кг і  $64,67 \pm 2,3$  мг/кг відповідно, що відповідає середньому рівню забезпеченості. Забезпеченість обмінним калієм на ПП2 і ПП3 була середньою і становила  $108,33 \pm 5,23$  мг/кг та  $104,33 \pm 2,24$  мг/кг відповідно. В ПП1<sub>к</sub> було зафіксовано підвищений вміст калію –  $135,68 \pm 5,92$  мг/кг.

Слід зауважити, що на ПП4<sub>к</sub> реакція ґрунтового розчину була слабокислою ( $pH_{сол.} = 5,33 \pm 0,12$ ). Насадження є здорове та без ознак всихання та ослаблення. На ПП5 та ПП6 насадження ослаблені, значна кількість дерев зазнали всихання і потребують комплексу заходів з оздоровлення. Було встановлено, що ґрунти мають сильно кислу реакцію ( $pH_{сол.} = 4,35 \pm 0,06$  та  $4,38 \pm 0,11$  відповідно). Це сприяло збільшенню вмісту рухомого алюмінію до  $51,25$  мг/кг і підвищенню фітотоксичності кореневмісного шару. Додаткові дослідження зафіксували, що на ПП4<sub>к</sub> ґрунти насичені основами  $V = 75,22 \pm 0,94$  %, а на ПП5 та ПП6 ступінь насичення основами був значно нижчим і становив  $58,98 \pm 1,59$  та  $59,31 \pm 1,27$  відповідно. Забезпеченість лужногідролізованим азотом на ПП4<sub>к</sub>, ПП5 та ПП6 була низькою і становила  $75,50 \pm 2,13$ ,  $66,67 \pm 2,24$  та  $63,67 \pm 2,39$  мг/кг відповідно.

ПП4<sub>к</sub> характеризувався високою забезпеченістю рухомим фосфором ( $163,83 \pm 5,75$  мг/кг), а ось у насадженнях ПП5 та ПП6 зафіксовано значно нижчий вміст фосфору –  $77,90 \pm 3,08$  мг/кг та  $75,50 \pm 1,86$  мг/кг, що на  $87,13$  мг/кг або  $47,5$  % менше порівняно з ПП4<sub>к</sub>. Зниження вмісту рухомого фосфору пов'язано з зменшенням доступності фосфору у кислому середовищі.

Вміст обмінного калію на ПП4<sub>к</sub> був підвищеним ( $128,35 \pm 4,40$  мг/кг), а на ПП5 та ПП6 – середнім ( $107,83 \pm 4,83$  та  $102,82 \pm 2,39$  мг/кг ґрунту).



На ПП7<sub>к</sub> ґрунт насичений основами ( $V=75,96\pm 1,23\%$ ) і характеризується близькою до нейтральної реакцією ( $pH_{\text{сол.}}=5,70\pm 0,19$ ). Поряд з цим, на пробних площах ПП8 і ПП9 насадження були ослаблені. Встановлено, що ґрунти там мали сильноокислу реакцію ґрунтового розчину ( $pH_{\text{сол.}}(\text{ПП8})=4,48\pm 0,07$ ,  $pH_{\text{сол.}}(\text{ПП9})=4,37\pm 0,12$ ) і не насичені основами ( $61,54\pm 1,48$  і  $57,51\pm 1,48\%$  відповідно).

Вміст лужногідролізованого азоту на усіх ділянках дуже низький. Так, на контролі зафіксовано  $78,33\pm 3,06$  мг/кг, а на ділянках ПП8 та ПП9 з ознаками всихання –  $62,83\pm 1,96$  і  $64,83\pm 2,33$  мг/кг відповідно.

Вміст рухомого фосфору на ПП7<sub>к</sub> становив  $166,5\pm 4,84$  мг/кг, що відповідає високому рівню забезпеченості. На ПП8 та ПП9 вміст рухомого фосфору середній ( $73,33\pm 1,17$  мг/кг та  $78,17\pm 3,73$  мг/кг відповідно).

Обмінний калій на контрольній пробній площі був підвищеним і становив  $134,17\pm 6,76$  мг/кг, на ділянках ПП8 та ПП9 вміст цього елемента значно нижчий –  $106,33\pm 4,35$  мг/кг та  $102,00\pm 1,47$  мг/кг ґрунту.

Протягом 2018-2020 років на території Івницького лісництва було закладено 9 пробних площ у чистих та змішаних соснових насадженнях. Тип лісорослинних умов на яких проводився аналіз ґрунту на ПП10<sub>к</sub>-ПП12 був С<sub>2</sub>ГДС, а на ПП13<sub>к</sub>-ПП18 – В<sub>2</sub>ДС. Вміст гумусу на пробних площах ПП10<sub>к</sub>-ПП12 низький та на ПП13<sub>к</sub>-ПП18- дуже низький.

Реакція ґрунту на досліджуваних ділянках ПП10<sub>к</sub> середньоокисла ( $pH_{\text{сол.}}=5,02\pm 0,09$ ), на пробних площах ПП11 та ПП12 – дуже сильноокисла ( $pH_{\text{сол.}}(\text{ПП11})=3,90\pm 0,17$  і  $pH_{\text{сол.}}(\text{ПП12})=3,83\pm 0,11$ ). Насадження на ПП10<sub>к</sub> є здоровим та не має ознак всихання і загибелі сосни звичайної, а на ПП11 і ПП12 велика кількість дерев мають ознаки всихання та ослаблення. На нашу думку, це пов'язано із збільшенням вмісту рухомого алюмінію до  $48,35$  мг/кг і відповідно, підвищення фітотоксичності кореневмісного шару (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Агрохімічні та фізико-хімічні показники ґрунту ДП «Коростишівське ЛГ  
Івницьке лісництво», 2018-2020 рр.**

№ п/п	Рік відбору	Місце відбору	Кислотність обмінна од рН	Ступінь насичення основами, %	Гумус загальний, %	Азот лужно-гідролізований, мг/кг ґрунту	Рухомий фосфор, мг/кг ґрунту	Обмінний калій, мг/кг ґрунту
1	2018	ПП10 <sub>к</sub>	5,02±0,09	62,83±1,11	1,15±0,05	76,93±2,37	170,17±5,34	134,5±5,74
2	2018	ПП11	3,90±0,17	54,11±1,11	1,10±0,06	62,00±4,54	68,37±4,18	103,00±5,28
3	2018	ПП12	3,83±0,11	57,95±1,48	1,12±0,07	62,83±4,22	67,83±4,6	98,00±3,03
4	2019	ПП13 <sub>к</sub>	5,05±0,17	56,72±1,49	1,07±0,07	44,78±1,69	75,42±4,07	98,67±4,37
5	2019	ПП14	3,82±0,16	50,49±1,93	1,01±0,06	38,50±1,10	49,12±2,52	73,67±2,02
6	2019	ПП15	3,88±0,18	49,96±1,23	1,08±0,06	36,83±1,13	49,4±1,26	76,98±1,12
7	2020	ПП16 <sub>к</sub>	5,17±0,13	57,53±0,85	1,09±0,05	47,63±1,13	62,17±3,21	94,33±3,79
8	2020	ПП17	3,52±0,09	48,73±0,79	1,03±0,06	39,17±1,02	54,82±3,08	77,33±1,80
9	2020	ПП18	3,58±0,14	50,34±1,93	1,03±0,05	36,83±1,43	51,10±1,24	72,67±1,92

Встановлено, що ґрунти на досліджуваних ділянках не насичені основами – 62,83±1,11, 54,11±1,11 та 57,95±1,48 відповідно. На ПП11 та ПП12 ґрунти мали середню забезпеченість рухомим фосфором – 68,37±4,18 і 67,83±4,6 відповідно. На ПП10<sub>к</sub> вміст рухомого фосфору був високим (170,17±5,34 мг/кг ґрунту). В умовах С<sub>2</sub>ГДС на ПП10<sub>к</sub> зафіксовано середній вміст лужногідролізованого азоту (170,17±5,34), а на ПП11 і ПП12 – низький (62,00±4,54 та 62,83±4,22 відповідно).

Вміст обмінного калію на ПП10<sub>к</sub> був підвищеним (134,5±5,74), а на ПП11 і ПП12 – середнім (103,00±5,28 і 98,00±3,03 відповідно). У 2019 р. у соснових насадженнях із типом лісу В<sub>2</sub>ДС у чистих та з домішкою листяних порід насадженнях було відібрано і проаналізовано серію зразків ґрунту. При цьому було встановлено, що на ПП13<sub>к</sub> реакція ґрунтового розчину середньокисла ( $pH_{\text{сол.}}=5,05\pm0,17$ ), а у насадженні на ПП14 та ПП15 – дуже

сильнокисла –  $3,82 \pm 0,16$  і  $3,88 \pm 0,18$  відповідно. Це негативно впливало на ріст і розвиток насадження. На ПП13К у 2019 році в Івницькому лісництві ступінь насичення основами становив  $56,72 \pm 1,49\%$ , на інших ПП14 і ПП15 –  $50,49 \pm 1,93$  і  $49,96 \pm 1,23\%$ , що вказує на те, що ці ґрунти не насичені основами.

Вміст лужногідролізованого азоту на ПП13К у насадженні був дуже низький і становив  $44,78 \pm 1,69$  мг/кг. У деревостанах ПП14 і ПП15 ще нижчим –  $38,50 \pm 1,10$  та  $36,83 \pm 1,13$  мг/кг ґрунту відповідно. Також встановлено, що на ПП13К ґрунти характеризувалися середньою забезпеченістю рухомим фосфором ( $75,42 \pm 4,07$  мг/кг). У насадженнях на дослідних ділянках, ПП14 та ПП15, що мають ознаки всихання зафіксовано у ґрунті низький вміст рухомих форм фосфору –  $49,12 \pm 2,52$  мг/кг та  $49,4 \pm 1,26$  мг/кг. Вміст обмінного калію на контрольній пробній площі ПП13К був підвищеним ( $98,67 \pm 4,37$  мг/кг ґрунту), а на ПП14 та ПП15 – середнім ( $73,67 \pm 2,02$  мг/кг і  $76,98 \pm 1,12$  мг/кг ґрунту).

На ПП16К ґрунти слабокислі ( $pH_{\text{сол.}} = 5,17 \pm 0,13$ ). Соснове насадження здорове і не мало ознак всихання. На ПП17 та ПП18 ґрунти сильнокислі –  $pH_{\text{сол.}}$  становило  $3,52 \pm 0,09$  та  $3,58 \pm 0,14$  відповідно. Ґрунти на ділянках, що були пробними площами не насичені основами – показник  $V, \%$  коливався від  $57,53 \pm 0,85$  на контрольній пробній площі, до  $48,73 \pm 0,79$  на ПП17 та  $50,34 \pm 1,93$  відповідно. На усіх пробних площах ґрунти характеризувались низькою забезпеченістю лужногідролізованим азотом: ПП16К –  $47,63 \pm 1,13$ ,  $39,17 \pm 1,02$  і  $41,17 \pm 0,88$  мг/кг відповідно. Забезпеченість рухомим фосфором була середня. Так, вміст рухомого фосфору на ПП16К становив  $62,17 \pm 3,21$  мг/кг, на ПП17 –  $54,82 \pm 3,08$  мг/кг, а ПП18 –  $51,10 \pm 1,24$  мг/кг.

Забезпеченість обмінним калієм на контрольній пробній площі в Івницькому лісництві була середньою ( $94,33 \pm 3,79$  мг/кг), а на ПП17 та ПП18, на яких насадження мали ознаки ослаблення та всихання – низькою ( $77,33 \pm 1,80$  мг/кг і  $72,67 \pm 1,92$  мг/кг ґрунту відповідно).

Ґрунти на ПП19<sub>к</sub> мали слабокислу реакцію середовища ( $pH_{\text{сол.}}=5,14\pm 0,14$ ). Варто підкреслити, що на цій пробній площі зростало здорове соснове насадження, тоді як на ПП20 та ПП21 деревостан ослаблений і піддавався всиханню. На зазначених пробних площах реакція ґрунту була дуже сильнокисла –  $pH_{\text{сол.}}$  становило  $3,88\pm 0,09$  і  $3,85\pm 0,11$  відповідно. На ПП19<sub>к</sub> ґрунти також не насичені основами, проте показник був вищим на 16 % ніж на ПП20 та ПП21 (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Агрохімічні та фізико-хімічні показники ґрунту ДП «Коростенський лісгосп АПК» Меленівське лісництво, (2018-2020 рр.)**

№ п/п	Рік відбору	Місце відбору	Кислотність обмінна, од рН	Ступінь насичення основами, %	Гумус загальний, %	Азот лужно-гідролізований, мг/кг ґрунту	Рухомий фосфор, мг/кг ґрунту	Обмінний калій, мг/кг
1	2018	ПП19 <sub>к</sub>	5,14±0,14	62,28±1,34	1,08±0,05	40,90±1,38	87,83±6,96	96,50±7,39
2	2018	ПП22	3,88±0,09	53,46±2,07	0,97±0,07	28,83±0,96	49,75±1,33	78,90±3,36
3	2018	ПП21	3,85±0,11	53,91±2,13	1,11±0,09	26,85±1,10	50,78±1,35	75,83±2,34
4	2019	ПП22 <sub>к</sub>	4,97±0,12	57,76±1,97	1,07±0,09	42,88±2,85	73,42±4,50	94,83±4,68
5	2019	ПП23	3,08±0,14	50,73±2,18	1,08±0,04	27,78±1,72	50,62±3,13	77,75±2,33
6	2019	ПП24	3,72±0,11	51,96±1,14	1,04±0,05	32,10±1,03	49,67±1,50	77,00±1,53
7	2020	ПП25 <sub>к</sub>	5,12±0,09	59,45±0,85	1,08±0,09	45,48±1,58	58,73±2,28	92,25±3,83
8	2020	ПП26	3,57±0,10	47,61±0,99	0,95±0,06	23,73±1,56	49,33±1,19	76,32±0,88
9	2020	ПП27	3,53±0,11	51,92±1,21	1,08±0,08	26,28±1,29	50,88±1,01	78,28±1,85

Забезпеченість лужногідролізованим азотом на дослідних ділянках у 2018 році на території Меленівського лісництва була дуже низькою на усіх пробних площах. Так, на ПП19<sub>к</sub> вміст азоту лужногідролізованого становив

40,90±1,38 мг/кг, а на пробних прощах ПП20 та ПП21 – 28,83±0,96 мг/кг та 26,85±1,10 мг/кг відповідно.

Забезпеченість рухомим фосфором на ПП19<sub>К</sub> і ПП21 була середньою (87,83±6,96 і 50,78±1,35 мг/кг), а на ПП22 – низькою (49,75±1,33 мг/кг). Забезпеченість обмінним калієм на ПП19<sub>К</sub> також була середньою (96,50±7,39 мг/кг), на ПП21 та ПП22 – низькою (75,83±2,34 і 78,90±3,36 мг/кг відповідно).

У 2019 році на території Меленівського лісництва було відібрано пробні площі, де головною породою є сосна звичайна. На ПП22<sub>К</sub>, яке характеризувалося як здорове насадження без ознак всихання, реакція ґрунту середньоокисла ( $pH_{сол.}=4,97\pm 0,12$ ), на ПП23 і ПП24, які характеризувалися ослабленням та всиханням, ґрунти сильноокислі –  $pH_{сол.}=3,08\pm 0,14$  і  $51,96\pm 1,14$  відповідно. Усі пробні площі не насичені основами.

На ПП22<sub>К</sub> ґрунти характеризувалися дуже низькою забезпеченістю лужногідролізованим азотом (42,88±2,85 мг/кг). На ПП23 та ПП24 цей показник ще нижчий – 27,78±1,72 і 32,10±1,03 відповідно. Низький фактичний рівень доступного азоту впливає на стійкість насаджень до хвороб та шкідників. Забезпеченість рухомим фосфором на досліджуваних ділянках була середньою. Так, на ПП22<sub>К</sub> вміст рухомого фосфору становить 73,42±4,50, а на ПП23 та ПП24 значно менше – 50,62±3,13 і 49,67±1,50 мг/кг відповідно. По забезпеченості обмінним калієм тенденція збереглась – на контрольній ділянці соснового насадження вміст обмінного калію становив 94,83±4,68 мг/кг (середній рівень), а у деревостанах на ПП23 і ПП24 цей показник був значно нижчим – 77,75±2,33 і 77,00±1,53 відповідно (низький рівень). Це вказує, що деревостан ослаблений і зазнав впливу різних факторів, які спричинили всихання.

### Висновки до Розділу 3

1. У Березівському лісництві було проведено санітарно-оздоровчі заходи на площі 546,6 га насаджень, пошкоджених верхівковим короїдом; на 292,3 га – короїдом типографом; на 264,9 га – стовбуровою гниллю; на 131,5 га – бактеріальною водянкою та на 42,7 га – вітровалом. У Івницькому лісництві було виконано санітарно-вибіркові рубки соснових насаджень на площі 718,1 га пошкоджених верхівковим короїдом; на 48,4 га короїдом типографом; на 69,8 га стовбуровою гниллю 41,8 га бактеріальною водянкою та на 221,4 га вітровалу. У Меленівському лісництві було проведено санітарно-вибіркові рубки на площі 475,3 га у насадженнях пошкоджених верхівковим короїдом; на 205,3 га пошкоджених кореневою губкою та на 113,5 га низовою пожежею. Проведено суцільні санітарні рубки соснових насаджень на площі 31,7 га з причини масового всихання викликаного верхівковим короїдом, 7,5 га кореневою губкою та 40,7 га з низовою пожежею минулих років.

2. Середній індекс санітарного стану соснових насаджень у 2018 р. склав 2,58 для Березівського лісництва; 2,42 для Меленівського лісництва та 2,67 для Івницького лісництва. У 2019 році найкращий санітарний стан соснових насаджень спостерігався в Березівському лісництві – індекс 2,12, найгірший в Івницькому лісництві – 2,52, а Меленівське лісництво мало середній показник – 2,44. У 2020 році спостерігалася позитивна динаміка у показниках санітарного стану насаджень, у Березівському лісництві – індекс становив 2,11. Однак у Івницькому та Меленівському лісництві стан погіршився – індекс становив 2,64.

3. На пробних площах у суборах та сугрудах, на яких було проведено дослідження, відмічено наступний розподіл дерев за категоріями стану: здорові дерева – 6,0–32,2 %, ослаблені – 14,3–37,4 %, дуже ослаблені – 19,5–38,8 %, відмираючі – 10,3– 31,5 %, свіжий сухостій – 1,8 – 23,6 %, старий сухостій – 0,7 – 6,5 % від загальної кількості дерев.

Розподіл на контрольних ділянках є наступним: здорові дерева становили 58,0 – 73,1 %, ослаблені – 19,2 – 37,4 %, дуже ослаблені – 2,8 – 13,6 %, відмираючі – 0,9 – 3,5 %, свіжий сухостій – 0,3 – 1,1 %, старий сухостій – 0,3–0,7 %.

4. На пробних площах Березівського лісництва, де було зафіксовано всихання насаджень, ґрунтова відміна характеризувалась сильнокислою реакцією ( $pH_{\text{сол.}}=4,22\pm 0,06$ ) і значно нижчою забезпеченістю рухомим фосфором ( $71,93\pm 1,41$  мг/кг) порівняно з контрольною ділянкою, де  $pH_{\text{сол.}}$  становило  $5,35\pm 0,10$ , а вміст рухомого фосфору -  $163,00\pm 3,18$  мг/кг. Це, на нашу думку, пов'язано з підвищенням рухливості алюмінію, ростом фітотоксичності гумусованого шару і зменшенням доступності фосфору у сильно кислому середовищі.

5. У Івницькому лісництві також зафіксована подібна тенденція. На пробних площах, де встановлено ослаблення деревостану і всихання насаджень, реакція ґрунту дуже сильно кисла ( $pH_{\text{сол.}}=3,76\pm 0,07$ ), що збільшило фітотоксичність кореневмісного шару і зменшило забезпеченість рухомим фосфором, який становив  $56,77\pm 3,68$  мг/кг.

6. У Меленівському лісництві ґрунт на контрольних ділянках у суборах має слабокислу реакцію середовища ( $pH_{\text{сол.}}=5,06\pm 0,07$ ). При цьому, забезпеченість рухомим фосфором на цих ділянках становила  $73,33\pm 3,94$  мг/кг. На пробних площах, де зафіксовано ознаки всихання, реакція середовища дуже сильно кисла ( $pH_{\text{сол.}}=3,73\pm 0,05$ ), а вміст рухомого фосфору низький –  $50,17\pm 0,66$  мг/кг.

Результати дослідження, представлені у Розділі 3, опубліковано у наукових працях автора: [12-14].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Державне агентство лісових ресурсів України. URL: <http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/index> (дата звернення: 20.04.20).
2. Циліорик А. В., Шевченко С. В. Лісова фітопатологія. Київ : КВІЦ, 2008. 464 с.
3. Екологія та рослинництво / П. В. Литвак, А. С. Малиновський, М. Ф. Рибак, О. А. Дереча. Житомир : Полісся, 2001. 231 с.
4. Лакида П. І., Терентьев А. Ю., Васишин Р. Д. Штучні соснові деревості Полісся України – прогноз росту та продуктивності. Київ : Майданченко І.С., 2012. 171 с.
5. Мешкова В. Л., Борисенко О. І. Динаміка скорочення лісу в Тетерівському лісгоспі за рахунок жуків-граверів. *Лісівництво та агролісомеліорація*. 2017. Вип. 131. С. 171–178.
6. Методичні рекомендації щодо обстеження осередків стовбурових шкідників лісу / укладач В. Л. Мешкова. Харків : УкрНДІЛГА, 2010. 27 с.
7. Юхновський В. Ю., Урлюк Ю. С., Головецький М. П. Динаміка лісового фонду ДП «ВищеДубечанське лісове господарство». *Науковий вісник НФТУ*. 2015. Вип. 25.8. С. 8–15.
8. Головецький М. П. Формування високопродуктивних і біологічно стійких штучних насаджень сосни у свіжих борах півночі Київського Полісся : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора філософії. Харків : УкрНДІ лісового господарства та агролісомеліорації, 2002. 20 с.
9. Регіональні кліматичні зміни як причина різкого всихання соснових лісів Волинського Полісся / А. Гетманчук, О. Кичилук, В. Войтюк, В. Варт. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Т. 27, № 1. С. 120–124.
10. Drenkhan R., Kurkela T., Hanso M. The relationship between the needle age and the growth rate in Scots pine (*Pinus sylvestris*): A retrospective analysis by



needle trace method (NTM). *European Journal of Forest Research*. 2006. Vol. 125. P. 397–405. DOI: 10.1007/s10342-006-0131-9.

11. Патологічні процеси в усіх соснових насадженнях Волинського Полісся / В. О. Бородавка, А. І. Гетьманчук, О. В. Кичилук, В. П. Войтюк. *Науковий вісник НУБіП України. Серія. Лісівництво та декоративне садівництво*. 2016. Вип. 238. С. 102–118. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2016\\_238\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2016_238_14) (дата звернення: 25.05.21).

12. Романчук Л. Д., Діденко П. В. Санітарний стан соснових насаджень Полісся Житомирщини. *Агробіологія*. 2022. № 2. С. 120–127. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-174-2-130-136>

13. Діденко П. В., Устименко В. І., Бакай Б. Я. Лісові пожежі на Поліссі та їх вплив на довкілля. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість* : наук.-техн. зб. Львів : НЛТУ України, 2019. Вип. 45. С. 138–145.

14. Romanchuk L., Didenko P., Sus N., Ustymenko V., Orlovskyi A. Scots Pine Seedlings Growth Under Different Ca/Mn Soil Ratios. *International Journal of Ecotoxicology and Ecobiology*. 2021. № 6(2). P. 34–40. DOI: 10.11648/j.ijee.20210602.12

## РОЗДІЛ 4

### ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДЕРЕВОСТАНІВ

#### 4.1. Ефективність застосування біопрепаратів під час вирощування садивного матеріалу сосни звичайної

Впровадження ефективних технологій вирощування стійких лісових систем є актуальним в даний час і має бути спрямоване на посилення захисту лісів від хвороб та шкідників. Застосування різного роду препаратів ґрунтується на використанні зв'язків між мікробіотою та рослинами, що забезпечують їх специфічний вплив на рослини та відміну від інших хімічних препаратів.

У багатьох дослідженнях вчені приділяють значну увагу штучному лісовідновленню. Штучні насадження повинні бути біологічно стійкими, високопродуктивними, мають виконувати ґрунтозахисну та водорегулювальну функцію, бути базою для бджільництва, заготівлі ягід, плодів, лікарської й технічної сировини, місцем відпочинку населення [1-5]. Головні акценти вони роблять на підвищення ефективності і якості лісових культур.

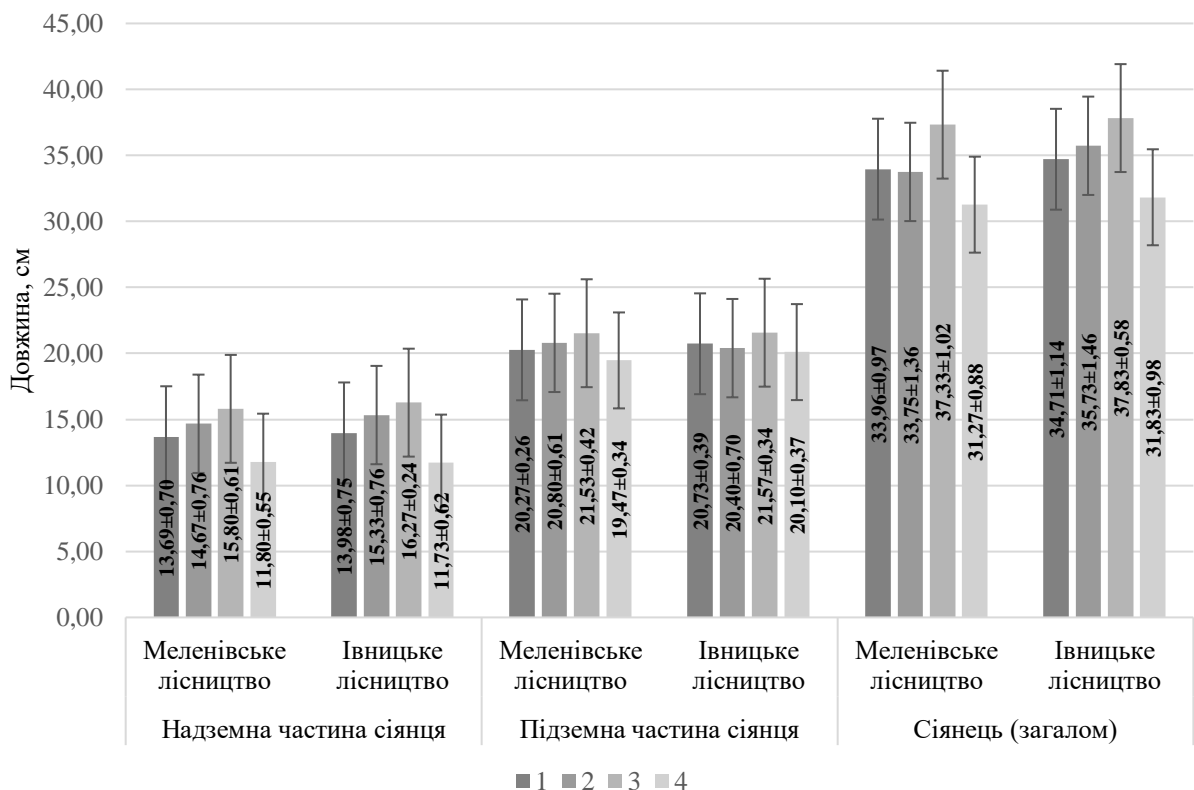
Потрібно також враховувати якість та продуктивність садивного матеріалу лісових культур для залісення суцільних зрубів. Рекомендовано створювати лісові культури сіянцями з оптимальним співвідношенням наземної та підземної фітомаси. Особливу увагу варто звернути на використання у лісовідновленні якісного садивного матеріалу сосни звичайної [6-7].

Якість посадкового, або посівного матеріалу та його продуктивність залежать від якості насіння, життєздатність якого необхідно зберігати та постійно підвищувати [4, 8]. Важливе значення мають екологічні та високоефективні технології передпосівного обробітку насіння

біопрепаратами, що сприятимуть на формування стійкого та якісного садивного матеріалу [9-10].

Наразі продовжується створення нових технологій у лісівництві, садово-парковому господарстві, сільському господарстві [11]. Такі зміни відображаються на біологічній активності живих організмів, які є основним життєздатним фактором ґрунту. Так, рослини своїми кореневими виділеннями через ризосферу збагачують ґрунт різними азотними сполуками, мікроелементами, амінокислотами, вітамінами та ферментами. Тому для посилення цих процесів та зменшення негативної дії хімічних препаратів потрібно застосовувати біокомпозиції [12-15].

Підживлення сіяncів сосни звичайної в тимчасових розсадниках лісогосподарських підприємств проводили впродовж усього вегетаційного періоду біоорганічною композицією Біоєкофунге-1 з використанням різних концентрацій та контролем (вода) (рис. 4.1).



**Рис. 4.1. Вплив біопрепарату Біоєкофунге-1 на морфологічні показники сіяncів сосни звичайної після позакореневого підживлення в розсадниках (середнє за 2018-2020 рр.)**

У Меленівському лісництві на варіанті № 1 з концентрацією біоорганічної композиції 20 мг/10 л води висота наземної частини саджанців сосни звичайної порівняно з контролем збільшилася на 16,01 %. Довжина кореневої системи саджанців збільшилася на 4,1 %, а загальна висота - на 8,6 % відносно контролю. Маса рослин наземної частини на 1,4 % більша, ніж у варіанті з водною обробкою.

На варіанті № 2 з концентрацією 25 мг/10 л води відмічено покращено наземної частини рослин, що на 24,3 % більше порівняно з контрольним варіантом. Довжина кореневої системи на 6,8 % вища порівняно з контролем. Загальна довжина саджанців на 7,9 % більша, ніж без застосування препарату.

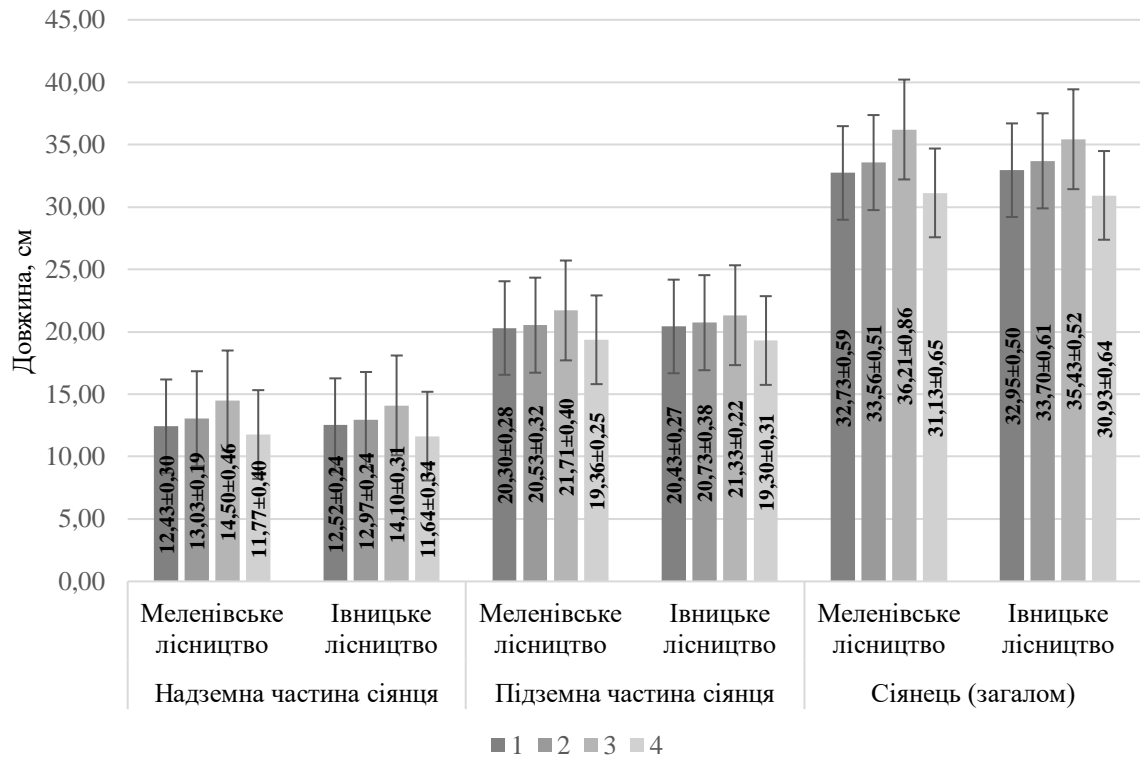
Кращі показники розвитку саджанців сосни звичайної наземної частини спостерігалися на варіанті досліду № 3 за концентрації 30 мг/10 л води у порівнянні з контролем, і були на 33,9 % вищими, ніж у контролі. Коренева система – на 10,6 % довшою, порівняно з контролем. Загальна довжина саджанців на 19,4 %, а маса наземної частини на 14,5 % вища, ніж на контролі. Маса кореневої системи на 8,7 % більша при позакореновому підживленні порівняно з варіантом № 4.

При позакореновому підживленні в Івницькому лісництві на варіанті № 1 висота наземної частини вища на 19,1 %, а загальна довжина сіянців на 9,0 %, більша ніж на контролі. За іншими параметрами суттєво різниці не спостерігалось.

Після застосування біоорганічної композиції з концентрацією 25 мг/10 л води показник наземної частини саджанців на 30,7 % вищий порівняно з контролем. Загальна довжина на 12,2 % більша, ніж у варіанті № 4 (контроль). Маса кореневої системи в порівнянні з контролем на 10 % вища.

На варіанті № 3 за концентрації розчину 30 мг/10 л води наземна частина досліджуваних рослин перевищувала показники на контролю 38,7 %. Також вищими за контрольні були й інші морфологічні показники: довжина кореневої системи на 7,3 %, загальна довжина на 18,8 %, маса наземної частини та маса кореневої системи на 9,2 % та 13 %, відповідно.

Для підкореневого підживлення сіяncів сосни звичайної у лісових розсадниках Меленівського та Івницького лісництв використовували біоорганічну композицію Біокофунге-1 (рис. 4.2).



**Рис. 4.2. Вплив біопрепарату Біокофунге-1 на морфологічні показники сіянців сосни звичайної після підкореневого підживлення в розсадниках (середнє за 2018–2020 рр.)**

На варіанті № 1 з концентрацією 5 мг/10 л води у Меленівському лісництві надземна частина досліджуваних рослин була вищою на 5,6 %, коренева система – на 4,8 %, загальна маса – на 5,1 %, маса надземної частини – на 4,1 % відносно до контролю (саджанці яких були оброблені водою). Маса кореневої системи була на 2 % меншою, порівняно з контролем.

Встановлено, що на варіанті № 2 із концентрацією 10 мг/10 л води наземна частина перевищила значення контролю на 10,7 %, коренева система – на 6,0 %, загальна довжина саджанців сосни звичайної – на 7,8 %, а маса наземної частини – на 7,7 %.

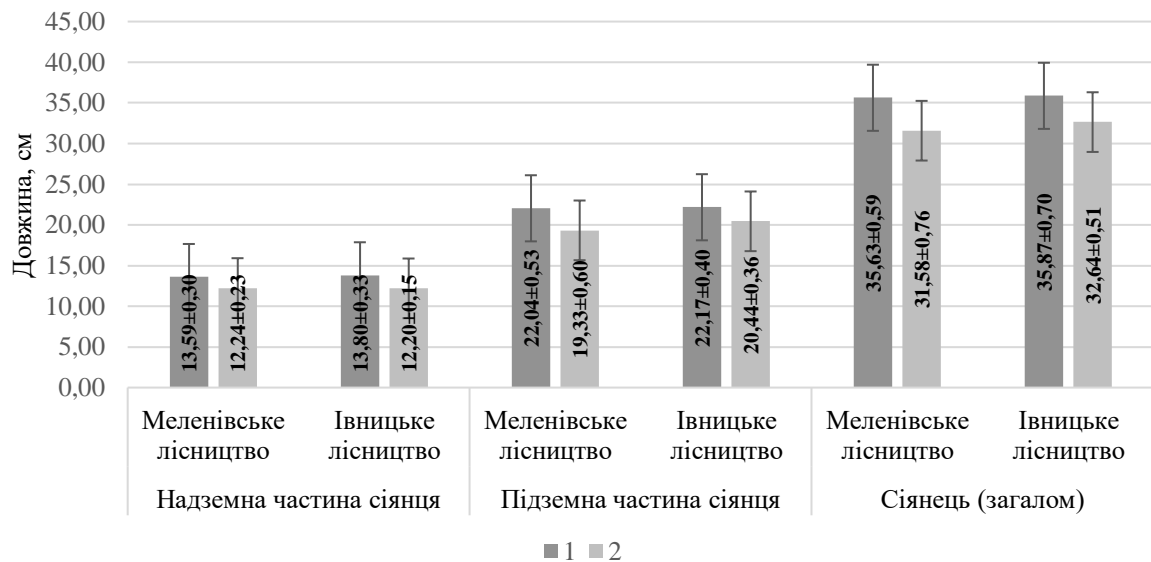
Дослідження маси саджанців сосни звичайної показали, що використання біоорганічної композиції Біоєкофунге-1 із концентрацією 15 мл/10 л для підживлення саджанців сосни звичайної сприяло збільшенню маси наземної частини на 23,1 % кореневої системи на 12,1 %, загальної висоти рослин 16,3 %, маси наземної частини 14,1 % та кореневої системи на 3,8 % відносно контрольного варіанту. Отримані результати свідчать про позитивний вплив біоорганічної композиції Біоєкофунге-1 на ріст та розвиток саджанців сосни звичайної [16-19].

За дослідженнями в Івницькому лісництві було встановлено, що саджанці сосни звичайної на варіанті № 1 мали вищі морфологічні показники порівняно з контролем, зокрема, висота надземної частини і довжина коренів саджанців сосни звичайної та загальна довжина на 4,6 %, 5,8 % і 6,5 % відповідно. При цьому маса саджанців сосни звичайної та їх кореневої системи також була вищою на 5,5 % та 3,0 %, відповідно, порівняно з контролем.

Використання біоорганічної композиції Біоєкофунге-1 у концентрації 10 мг/10 л га варіанті № 2 показало до збільшення висоти наземної та кореневої частин саджанців на 11,4 % та 7,4 %, порівняно із контрольним варіантом. Загальна довжина саджанців була на 8,9 % більшою, а маса їх наземної та кореневої систем – на 7,5 % та 12,1 % більшою, порівняно з контролем (обробка водою).

Встановлено, що у варіанті №3 наземна частина та коренева система саджанців перевищували контрольну групу на 21,1 % та 10,5 % відповідно. Загальна довжина саджанців була на 14,5 % більшою порівняно з контрольним варіантом, а маса наземної частини та кореневої системи - на 9,4 % та 33,3 % відповідно.

Дослідження з позакореневого підживлення сіянців сосни 0,5 % розчином діоксиду церію проводили у Меленівському та Івницькому лісництвах впродовж 2018–2020 рр. (рис. 4.3).



**Рис. 4.3. Вплив біопрепарату діоксиду церію на морфологічні показники сіяньців сосни звичайної після позакореневого підживлення в розсадниках (середнє за 2018–2020 рр.)**

За результатами досліджень проведених у Меленівському лісництві, встановлено, що довжина наземної та кореневої частин сіяньців сосни звичайної перевищувала контроль на 11,0 % та 14,0 % відповідно. При цьому загальна довжина була на 12,8 % більшою, ніж на контролі, вага контрольних саджанців була на 2 % більшою, ніж у саджанців, оброблених церієм.

Дослідження в Івницькому лісництві виявили, що наземна і коренева частина саджанців перевищувала контроль на 13,1 % і 8,5 % відповідно. Загальна довжина саджанців була більшою на 10,1 %, порівняно з контролем, де використовували воду. Загальна маса оброблених саджанців не перевищувала контроль, але коренева частина була на 2 % важчою проти контролю.

#### **4.2. Кліматичні показники та їх вплив на соснові насадження**

Одним із основних факторів, що впливає на стійкість сосни звичайної, є кліматичні умови місця її зростання. Серед кліматичних показників, які мають значний вплив на стійкість та приживлюваність, можна виділити опади,

температуру повітря, вологість повітря, тривалість вегетаційного періоду та пори року [7].

В Україні лімітуючим фактором є гідрологічні умови, необхідні для росту насаджень. Впродовж 2018–2019 років гідротермічний коефіцієнт (ГТК) визначали за Г.Т. Селяніновим в Меленівському та Івницькому лісництвах (табл. 4.1). Гідротермічний коефіцієнт є одним із важливих показників для вирощування лісових культур у лісових екосистемах, адже приживлюваність сіянців сосни звичайної залежить від співвідношення кількості опадів і температури [9].

Таблиця 4.1

**Метеорологічні та агрокліматичні показники за вегетаційний період  
2019 р.**

<b>Місяць</b>	<b>Середня температура (°C)</b>	<b>Сума опадів (мм)</b>	<b>Сума активних температур (&gt;+10°C)</b>	<b>ГТК Г.Т Селянінова</b>
Травень	+10,1	77,6	298,0	2,6
Червень	+10,6	30,5	381,0	0,8
Липень	+17,5	60,0	547,0	1,1
Серпень	+17,5	8,6	584,0	0,1
Вересень	+14,7	5,5	382,0	0,1
Жовтень	+10,7	5,8	255,0	0,2

За середньомісячної температури +10°C і вище розраховували ГТК (Г.Т. Селянінова). Протягом травня цей показник становив 2,6, що свідчить про надмірне зволоження ґрунту. Натомість у червні відбулося різке зниження ГТК до 0,8, що означає слабке зволоження. У липні опадів було більше, тому індикатор 1,1 характеризує достатнє зволоження. У жовтні було відмічено мала кількість опадів і високі температури, а значення ГТК становило 0,2, що вказує на дуже сильну посуху за останні три місяці. Найменше значення ГТК Г.Т. Селянінова було 0,1 у серпні та вересні.



Впродовж 2020 р. показник ГТК варіював від 0,2 до 2,1 (таблиця 4.2). Найпосушливішим місяцем для лісових культур був серпень, коли ГТК становив 0,2.

Таблиця 4.2

**Метеорологічні та агрокліматичні показники за вегетаційний період  
2020 р.**

<b>Місяць</b>	<b>Середня температура (°С)</b>	<b>Сума опадів,(мм)</b>	<b>Сума активних температур (&gt;+10°С)</b>	<b>ГТК Г.Т.Селянінова</b>
Травень	+11,6	57,2	280,0	2,0
Червень	+20,8	40,4	613,0	0,7
Липень	+19,5	28,6	603,0	0,5
Серпень	+19,2	14,1	613,0	0,2
Вересень	+16,5	30,2	492,0	0,6
Жовтень	+11,5	61,8	295,0	2,1

Період з червня по вересень характеризувався низькою кількістю опадів при високих температурах, що вплинуло на величину ГТК. Період активного росту саджанців відзначався середнім та дуже високим ступенем посухи. Найвологішими місяцями у 2020 році були травень та жовтень. ГТК становив 2,0 та 2,1, а травень та жовтень характеризувався як місяці з надмірним зволоженням [1, 17-23].

В Івницькому лісництві була проведена атестація для визначення приживлюваності однорічних лісових культур (табл. 4.3). Зруби були залісені садивним матеріалом сосни звичайної, вирощеним у тимчасовому розсаднику. На контролі вирощували саджанці сосни звичайної, де проводилося кореневе підживлення водою, в інших варіантах дослідів використовували саджанці, на яких досліджували біоорганічну композицію з різними концентраціями: 5 мг, 10 мг та 15 мг на 10 л води. Саджанці були висаджені навесні 2019 року на зруби.

Таблиця 4.3

**Приживлюваність сіянців сосни звичайної в Івницькому лісництві ДП  
«Коростишівське ЛГ», 2019-2020 рр.**

№	Варіант досліджу	Рік	Загальна площа, га	Схема розміщення, м	Площа облікова, га	Приживлюваність%
Підкореневе підживлення біоорганічною композицією						
ПП1 <sub>к</sub> ЛК	1(вода)	2019	1,80	2,5x0,75	0,07	87
ПП2 ЛК	2(5мл/10 л)	2019	0,70	2,5x0,75	0,03	95
ПП3 ЛК	3(10мл/10л)	2019	1,00	2,5x0,75	0,04	96
ПП4 ЛК	4(15мл/10л)	2019	1,00	2,5x0,75	0,04	94
ПП5 <sub>к</sub> ЛК	1(вода)	2020	0,90	2,5x0,75	0,04	88
ПП6 ЛК	2(5мл/10 л)	2020	0,90	2,5x0,75	0,04	95
ПП7 ЛК	3(10мл/10л)	2020	1,00	2,5x0,75	0,04	96
ПП8 ЛК	4(15мл/10л)	2020	0,90	2,5x0,75	0,04	94

Основною породою на дослідних ділянках була сосна звичайна зі схемою посадки 2,5x0,75 м, що становить 5333 шт. садивних місць на 1 га. За результатами 2019 р. приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної на контрольній ділянці становила 87 %, що відповідає 2-му класу якості. На інших ділянках лісових культур, де біоорганічну композицію застосовували у концентрації 5 мг/10 л води приживлюваність досягла 95 %, що відповідало 1-му класу якості. Також на лісокультурних ділянках зі схемою посадки 2,5x0,75 приживлюваність становила 96 % на ПП3 ЛК та 94 % на ПП4 ЛК. Лісові культури на цих ділянках відповідали 1-му класу якості.

Впродовж 2020 р. було проведено дослідження на лісокультурних ділянках з основною породою сосни звичайної та схемою посадки 2,5x0,75. Площа ділянок становила – 0,04 га. Приживлюваність на контрольних ділянках, які не оброблялися біоорганічною композицією Біоекофунге-1, становила 88%, 2-ий клас якості, стан посівів був добрим. На дослідних ділянках, де сіянці сосни звичайної обробляли біоорганічною композицією Біоекофунге-1, лісові культури були віднесені до 1 класу якості, стан був дуже добрий, приживлюваність на ПП6 ЛК становила 94 %, на ПП7 ЛК та ПП8 ЛК – 96 % та 94 % відповідно.

У Івницькому лісництві ДП "Коростишівське лісове господарство" висаджували лісові культури, до яких було додано біоорганічну композицію для позакореневого підживлення. На всіх пробних площах схема посадки становила 2,5x0,75, а облікова площа – 0,04 га, що становить 4 % від загальної площі (табл. 4.4). На контрольній пробній площі сіянці сосни звичайної були оброблені водою. Кількість сіянців на 1 га становила 5333 шт.

На контрольній ділянці у 2019 р. приживлюваність однорічних саджанців сосни звичайної на контрольній ділянці становила 88%. При цьому найвища приживлюваність – 97 % була зафіксована при внесенні біоорганічної композиції в концентрації 10 мг/10 л води.

Таблиця 4.4

**Приживлюваність сіянців сосни звичайної в Івницькому лісництві ДП  
«Коростишівське ЛГ», 2019-2020 рр.**

№	Варіант досліджу	Рік	Загальна площа, га	Схема розміщення, м	Площа облікова, га	Приживлюваність %
Позакореневе підживлення біоорганічною композицією						
ПП10 <sub>к</sub> ЛК	1(вода)	2019	1,00	2,5x0,75	0,04	88
ПП11 ЛК	2(20 мл/10 л)	2019	0,90	2,5x0,75	0,04	96
ПП12 ЛК	3(25 мл/10 л)	2019	0,80	2,5x0,75	0,03	97
ПП13 ЛК	4(30 мл/10 л)	2019	0,80	2,5x0,75	0,03	94
ПП14 <sub>к</sub> ЛК	1(вода)	2020	1,00	2,5x0,75	0,04	96
ПП15 ЛК	2(20 мл/10 л)	2020	1,00	2,5x0,75	0,04	97
ПП16 ЛК	3(25 мл/10 л)	2020	1,0	2,5x0,75	0,04	95
ПП17 ЛК	4(30 мл/10 л)	2020	1,0	2,5x0,75	0,04	97

Під час дослідження на двох наступних пробних площах було виявлено, що приживлюваність лісових культур становила 94 % і 96% відповідно. Таким чином, ці культури також було віднесено до першого класу якості.

В 2020 р. на контрольні ділянки приживлюваність сосни звичайної становила 96 %, а на пробних площах ПП15 ЛК – 97 %, а на ПП16 ЛК – 95 %. Варто зазначити, що на ПП17 приживлюваність сосни звичайної була високою і становила 97 %. Таким чином, усі дослідні ділянки були атестовані за 1-ю категорією якості [1–5].

Впродовж 2019-2020 рр. у Івницькому лісництві були проведенні дослідження на лісокультурних площах, де сіянці сосни звичайної були оброблені діоксидом церію. Схема посадки та розмір дослідних ділянок були ідентичними для всіх лісокультурних ділянок (табл. 4.5). У 2019 р. приживлюваність оброблених саджанців становила 96 %, порівняно з контрольною групою, яка мала приживлюваність 87 %.

Таблиця 4.5

**Приживлюваність сіянців сосни звичайної в Івницькому лісництві ДП  
«Коростишівське ЛГ», 2019-2020 рр.**

№	Варіант досліджу	Рік	Загальна площа, га	Схема розміщення, м	Площа облікова, га	Приживлюваність, %
Позакореневе підживлення діоксидом церію						
ПП ЛК19	1(0,5 мл/10 л)	2019	1,00	2,5x0,75	0,04	96
ПП ЛК 20 <sub>к</sub>	2(вода)	2019	1,00	2,5x0,75	0,04	87
ПП ЛК 21 <sub>к</sub>	1(0,5 мл/ 10л)	2020	0,90	2,5x0,75	0,04	93
ПП ЛК 22	2(вода)	2020	0,90	2,5x0,75	0,04	88

Встановлено, що оброблені діоксидом церію сіянці сосни звичайної у 2020 році мали вищу приживлюваність – 93% порівняно з контролем (які були оброблені водою), де приживлюваність становила 88 %. Лісові культури, оброблені діоксидом церію у 2019-2020 рр., віднесені до першого класу якості, тоді як на контролі група (оброблені водою), віднесено до другого класу якості.

Для створення лісових культур у Меленівському лісництві ДП «Коростенський ЛГ АПК» у 2019 році використовували сіянці сосни

звичайної, які були оброблені біоорганічною композицією шляхом позакореневого підживлення під час вирощування у тимчасовому розсаднику (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Приживлюваність сіянців сосни звичайної в Меленівському лісництві  
ДП «Коростенський лісгосп АПК», 2019-2020 рр.**

№	Варіант досліджу	Рік	Загальна площа, га	Схема розміщення, м	Площа облікова, га	Приживлюваність, %
Підкореневе підживлення біоорганічною композицією						
ПП23 <sub>к</sub> ЛК	1(вода)	2019	2,90	2,5х0,7	0,12	88
ПП24 ЛК	2(5 мг/10 л)	2019	0,50	2,5х0,7	0,02	96
ПП25 ЛК	3(10 мг/10 л)	2019	0,60	2,5х0,7	0,02	94
ПП26 ЛК	4(15 мг/10 л)	2019	0,50	2,5х0,7	0,02	92
ПП27 <sub>к</sub> ЛК	1(вода)	2020	0,90	2,5х0,7	0,04	85
ПП28 ЛК	2(5 мг/10 л)	2020	1,00	2,5х0,7	0,04	93
ПП29 ЛК	3(10 мг/10 л)	2020	0,80	2,5х0,7	0,03	94
ПП30 ЛК	4(15 мг/10 л)	2020	1,00	2,5х0,7	0,04	93

Початкова кількість посадкових місць на 1 га становила 5714 шт. Приживлюваність лісових культур на контрольних ділянках восени 2019 року становила 88 %. При цьому найвища приживлюваність, а саме 96 %, спостерігалася на ПП24 ЛК, де вирощували сіянці сосни звичайної з використанням біоорганічної композиції у концентрації 5 мг/10 л води. Лісові культури на інших пробних площах, ПП25 ЛК та ПП26 ЛК, мали приживлюваність 94 % та 92 %, відповідно, дані лісові культури відносилися до 1-го класу якості.

На пробних площах у 2020 р. восени також було визначено приживлюваність лісових культур. На контрольних ділянках приживлюваність складала 85 %, стан сосни звичайної оцінено як добрий, а

культури віднесено до 2 класу якості. Найбільша приживлюваність сіянців сосни звичайної спостерігалася на ПП29 ЛК становила 94 %. На двох інших пробних площах приживлюваність становила 93 % віднесено до 1 класу якості.

Навесні 2019-2020 рр. на лісових ділянках у Меленівському лісництві було висаджено лісові культури. Для залісення ділянок було використано садивний матеріал сосни звичайної оброблений біоорганічною композицією Біоєкофунге-1, яка застосовувалася під час вирощування садивного матеріалу у тимчасовому розсаднику ( табл. 4.7).

Таблиця 4.7

**Приживлюваність сіянців сосни звичайної в Меленівському лісництві  
ДП «Коростенський лісгосп АПК», 2019-2020 рр.**

№	Варіант досліджу	Рік	Загальна площа, га	Схема розміщення, м	Площа облікова, га	Приживлюваність, %
Позакореневе підживлення біоорганічною композицією						
ПП31 <sub>к</sub> ЛК	1(вода)	2019	0,90	2,5x0,7	0,04	87
ПП32 ЛК	2(20 мл/ 10л)	2019	0,90	2,5x0,7	0,04	91
ПП33 ЛК	3(25 мл/ 10 л)	2019	0,90	2,5x0,7	0,04	93
ПП34 ЛК	4(30 мл/10л)	2019	0,70	2,5x0,7	0,03	92
ПП35 <sub>к</sub> ЛК	1(вода)	2020	1,00	2,5x0,7	0,04	89
ПП36 ЛК	2(20 мл/ 10 л)	2020	1,00	2,5x0,7	0,04	91
ПП37 ЛК	3(25 мл/ 10 л)	2020	1,00	2,5x0,7	0,04	92
ПП38 ЛК	4(30 мл/ 10 л)	2020	0,90	2,5x0,7	0,04	94

В 2019 р. приживлюваність лісових культур сосни звичайної на контрольній ділянці становила 87 %, на досліджуваних пробних ділянках приживлюваність на ПП32 ЛК становила 91 %, та ПП34 ЛК – 92 % відповідно. Найкращий показник був на ПП33 ЛК – 93 %, при концентрації біоорганічної композиції 25 мг/10 л води.

У 2020 р. Меленівським лісництвом було висаджено сосну звичайну на попередньо очищених від порубкових решток зрубів. Кількість посадкових

місце була зафіксована на рівні 5 714 на га, що є оптимальною для регіону. Приживлюваність лісових культур сосни звичайної було визначено восени 2020 р., де використовували як садивний матеріал сосну звичайної, оброблений біоорганічною композицією, так і контрольну групу без її використання. Зокрема, найвищі показники приживлюваності спостерігалися на дослідній ділянці ПП38 ЛК, де біоорганічна композиція Біоєкофунге-1, 30 мл/10 л води була застосована для позакореневого підживлення сіянців сосни звичайної під час вирощування їх у тимчасовому розсаднику.

Одержані результати показали позитивну динаміку використання біоорганічних композицій у лісовідновленні та їх значення для забезпечення успішного приживлювання і розвитку лісових культур сосни звичайної. При цьому кількість посадкових місць на ПП39 ЛК для саджанців сосни звичайної становила 5142 на 1 га, а приживлюваність на ділянці становила 91 %, та з 88 % на контролі з такою ж кількістю саджанців (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

**Приживлюваність сіянців сосни звичайної в Меленівському лісництві  
ДП «Коростенський лісгосп АПК», 2019-2020 рр.**

№	Варіант досліджу	Рік	Загальна площа, га	Схема розміщення, м	Площа облікова, га	Приживлюваність, %
Позакореневе підживлення діоксидом церію						
ПП39 ЛК	1(0,5 мл/10 л)	2019	1,00	2,5x0,75	0,04	96
ПП40 <sub>к</sub> ЛК	2(вода)	2019	1,00	2,5x0,75	0,04	87
ПП41 ЛК	1(0,5 мл/ 10л)	2020	0,90	2,5x0,75	0,04	93
ПП42 <sub>к</sub> ЛК	2(вода)	2020	0,90	2,5x0,75	0,04	88

Для двох інших лісових ділянок, ПП41 ЛК, де було висаджено саджанці сосни звичайної та застосовано позакореневе підживлення діоксидом церію, приживлюваність становила 95 %, та 86 % на контролі. Отже, це вказує на

позитивний вплив діоксину церію на стан, ріст і розвиток лісових культур сосни звичайної.

#### **Висновки до Розділу 4**

1. Використання біоорганічної композиції Біоєкофунге-1 та позакореневе підживлення діоксидом церію вплинуло до стимуляції вегетативного росту сосни звичайної. Сіянці, які оброблялися біоорганічною композицією, мали значно кращі морфологічні показники росту та кореневої системи, що сприяло формуванню біологічно стійких лісових культур.

2. Показники росту сіянців у варіантах з використанням біоорганічної композиції Біоєкофунге-1 збільшилися: довжина кореневої системи та загальна довжина сіянців на 10,5–19,4 %. При застосуванні діоксину церію для позакореневого підживлення — на 10,1–14,0 %.

3. Приживлюваність сіянців сосни звичайної, оброблених біоорганічною композицією, становила в середньому 94 %, а на контролі – 87 %. При застосуванні діоксину церію приживлюваність культур становила 91-95 %, а на контролі – 86-88 %.

Результати дослідження, представлені у Розділі 4, опубліковано у наукових працях автора: [17-23].



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Гузь М. М. Сучасний стан і перспективи інтенсифікації вирощування лісового садивного матеріалу. *Наук. вісник НЛТУ України*. 2008. Т. 18, № 12. С. 84–92.
2. Boyko A. Phytoviruses as indicators of environment. *Equidosimetry: Ecological Standardization and Equidosimetry for Radioecology and Environmental Ecology: Conference proceedings (October 18, 2005) (Eds.) F. Brechignac, G. Desmet. Dordrecht : Springer, 2005. P. 57–64. doi:10.1007/1-4020-3650-7\_7.*
3. Андреева О. Ю., Гузій А. І., Карчевський Р. А. Показники росту соснових культур, створених садивним матеріалом із закритою кореневою системою. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2016. Вип. 26 (3). С. 9–14
4. Грінченко В. В. Поліпшення стану та підвищення продуктивності соснових насаджень свіжого субори Полісся України із збереженням і впровадженням листяних порід : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук. Київ, 1972. 32 с.
5. Гордієнко М. І., Корецький Х. С., Маурер В. М. Лісові культури. Київ : Сільгоспосвіта, 1995. 328 с.
6. Гордієнко М. І., Ковалевський С. Б. Догляд за ґрунтом в культурах сосни звичайної. Київ, 1996. 264 с.
7. Свириденко В. Є., Бабіч О. Г., Киричок Л. С. Лісівництво. Київ : Арістей, 2005. 544 с.
8. ДСТУ 8558: 2015. Насіння дерев і кущів. Методи визначення посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності). [Чинний від 2017-01-01]. Київ, 2017. 87 с. (Інформація та документація).
9. Культури сосни звичайної в Україні / М. І. Гордієнко, В. П. Шлапак, А. Ф. Бойчук та ін. Київ : ННЦ ІАЕ, 2002. 872 с.

10. Створення біопрепаратів на основі біохімічних компонентів різних видів базидіоміцетів та вищих рослин / О. А. Бойко, С. П. Весельський, І. П. Григорюк, М. Д. Мельничук. *Науковий вісник Нац. університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Біологія, біотехнологія, екологія*. 2014. Вип. 204. С. 120–127.
11. Бойко А. Л. Основи екології та біофізики вірусів. Київ : Фітосоціоцентр, 2003. 164 с.
12. Циліорик А. В., Шевченко С. В. Лісова фітопатологія. Київ : КВІЦ, 2008. 464 с.
13. Бойко А. Л. Екологія вірусів рослин. Київ : Вища школа, 1990. 167 с.
14. Екологія та рослинництво / П. В. Литвак, А. С. Малиновський, М. Ф. Рибак, О. А. Дереча. Житомир : Полісся, 2001. 231 с.
15. Вплив змодельованої мікрогравітації на вірус титюнової мозаїки / Н. П. Сус, А. В. Орловський, О. Л. Бойко та ін. *Екологія та ноосферологія*. 2019. Т. 29, № 2. С. 138–141.
16. Базан Т. А., Олексійченко Н. О. Вплив біостимуляторів росту на позитивні якості насіння сосни звичайної. *Лиси, парки: технології сучасного та майбутнього* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Київ : НУБіП України, 2013. С. 97–99.
17. Діденко П. В. Оцінювання впливу зміни клімату на лісові екосистеми Українського Полісся. *Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку* : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. студ., маг., аспір., молодих вчених і викладачів, 26 берез. 2020 р. Малин : Вид-во МЛТК, 2020. С. 81–86
18. Романчук Л. Д., Діденко П. В. Вплив препарату Біоекофунге-С на ріст та розвиток садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 198–204. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-198-204>
19. Діденко П. В., Романчук Л. Д., Бойко О. А., Сус Н. П., Демченко О. А., Орловський А. В., Бойко А. Л. Ріст і розвиток садивного матеріалу сосни

звичайної (*Pinus Sylvestris* L.) за впливу біоорганічних композицій з базидіоміцетів та наночастинок діоксиду церію. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. Вип. 30. С. 6166. DOI: 10.35868/1997-3004.30.61-66

20. Didenko P. Observation of climate change impact on the forest ecosystems of Ukrainian Polissia. *Прикладні науково-технічні дослідження* : матеріали V Міжнар. наук.-прак. конф., 5-7 квіт. 2021 р. Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г. М., 2021. P. 1011.

21. Didenko P., Bakay B. Influence of climatic indicators on the stability of pine plantations in Polissia. *6th International Youth Congress «Sustainable Development: Environmental Protection. Energy Saving. Sustainable Environmental Management»* : proceedings 09-10 February 2021. Lviv: Western Ukrainian Consulting Center (ZUKC), 2021. P. 151.

22. Діденко П. В. Оцінювання впливу зміни клімату на лісові екосистеми Українського Полісся. *Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку* : матеріали II Міжнар. наук.-прак. конф. студ., маг., аспір., молодих вчених і викладачів, 26 берез. 2020 р. Малин : Вид-во МЛТК, 2020. С. 81–86. .

23. Bakay B. Ya., Horzov S. V., Didenko P. V. Interferometric synthetic aperture radar as a monitoring tool for a forest stand. *Applied Scientific and Technical Research* : proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, 1-3 Apr. 2020. Ivano-Frankivsk : Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, 2020. Vol. 2. P. 1213.

## РОЗДІЛ 5

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ ВСИХАННЯ СОСНОВИХ ЛІСІВ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

#### 5.1. Моделювання впливу чинників на всихання соснових лісів

На сьогодні можна виділити ряд наукових статей в яких описується вплив хімічних показників ґрунту на санітарний стан лісів. У роботі [1] авторів Сарійлдиза Т., Савачі Г., Кравказа І. (2016) досліджено вплив хімічних показників ґрунту на стан лісів у північно-західній частині Туреччини. Результати дослідження показали, що кислотність ґрунту та вміст алюмінію є двома ключовими факторами, які впливають на стан лісів. Дослідження також показали, що високий вміст макроелементів, таких як калій, кальцій та магній, сприяє збереженню санітарного стану лісу, а високий вміст мікроелементів, таких як марганець, бор, мідь та інші, може мати негативний вплив на розвиток лісових екосистем.

У дослідженні С. Вонга [2] та ін. (2022) висвітлюється вплив хімічних показників ґрунту на санітарний стан дерев у міських зелених зонах у місті Ханчжоу, Китай. Вказано, що санітарний стан дерев пов'язаний з вмістом макроелементів, таких як калій, кальцій та фосфор, а також з вмістом цинку та міді. Також було виявлено, що великі дерева мають більшу розгалуженість кореневої системи та менші збитки в порівнянні з меншими деревами. В роботі Хеннеба М., Тиффо Н., Валерія О. [3] (2020) висвітлюється вплив хімічних показників ґрунту на ріст чорної ялиці та канадської сосни у мішаних борових місцевостях. Дослідження показало, що високий вміст алюмінію та марганцю в ґрунті може призвести до зниження росту та збільшення загибелі саджанців. На додаток до цього, високий вміст кальцію та фосфору може поліпшити ріст та зменшити загибель рослин.

На основі визначених агрохімічних показників ґрунту на 27 досліджуваних ділянках, а саме кислотність обмінна (G1), ступінь насичення

основами, (G2); гумус загальний, (G3), азот лужно-гідролізований, мг/кг ґрунту (G4), рухомий фосфор, мг/кг ґрунту (G5), обмінний калій, мг/кг ґрунту (G6) нами було побудовано модель (рис. 5.1) впливу цих показників на Ісс (Y).

```

Call:
lm(formula = Y ~ G1 + G2 + G3 + G4 + G5 + G6, data = DataBase)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.00561 -0.21799 -0.03058  0.21416  1.07417

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  7.4428812   0.5634494   13.209 < 2e-16 ***
Кислотність обмінна,
Ступінь насичення основами, % -0.9456074   0.0537434  -17.595 < 2e-16 ***
Гумус загальний, %          0.0484882   0.0089959    5.390 1.57e-07 ***
Азот лужно-гідролізований, мг/кг ґрунту -1.2430466   0.6907875   -1.799  0.0731 .
Рухомий фосфор, мг/кг ґрунту  0.0349991   0.0041669    8.399 2.83e-15 ***
Обмінний калій, мг/кг ґрунту -0.0001918   0.0015151   -0.127  0.8994
Obminnyy kaliiy, mg/kg gruntu -0.0428898   0.0058655   -7.312 3.17e-12 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3455 on 263 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8074,    Adjusted R-squared:  0.803
F-statistic: 183.7 on 6 and 263 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

**Рис. 5.1. Результати моделювання впливу агрохімічних показників ґрунту на Ісс**

Результати регресійного аналізу в мові програмування R показують зв'язок між залежною змінною Y і шести незалежними змінними G1, G2, G3, G4, G5 і G6. Коефіцієнти моделі (стовпчик Estimate) визначають вплив кожної із незалежних змінних на залежну змінну.

Інтерпретація коефіцієнтів: Intercept означає середнє Y, коли всі незалежні змінні дорівнюють нулю. G1: зі збільшенням G1 на одну одиницю, Y знижується на 0,95; зі збільшенням G2 на одну одиницю, Y збільшується на 0,05; зі збільшенням G3 на одну одиницю, Y знижується на 1,24; зі збільшенням G4 на одну одиницю, Y підвищується на 0,03; зі збільшенням G5 на одну одиницю, Y знижується на 0,0002, але цей ефект незначний, тому що p-value дорівнює 0,8994 і немає значущості; зі збільшенням G6 на одну одиницю, Y знижується на 0,04.

Значення p-value всіх змінних, крім G5, менше 0,05, що означає, що вони статистично значущі. Значення p-value для моделі загалом також дуже мале, що свідчить, що модель є статистично значимою. Коефіцієнт детермінації (Multiple R-squared) дорівнює 0,8074, що означає, що 80,74 % дисперсії Y пояснюється використаними незалежними змінними. Adjusted R-squared, що враховує кількість незалежних змінних та кількість спостережень, дорівнює 0.803, що також вказує на хорошу прогностичну здатність моделі. Residual standard error показує залишкову дисперсію, яка становить 0,3455.

Цей показник є мірою точності прогнозування моделі. F-статистика моделі дорівнює 183,7, а p-value менше 0,05, що свідчить про значимість моделі загалом.

Аналіз моделі впливу агрохімічних показників ґрунту на Ісс буде здійснюватися за наступним алгоритмом (рис. 5.2):

1. Перевірка постеріорного прогнозування (Posterior predictive check). Перевірка, наскільки добре модель може прогнозувати нові дані, здебільшого використовуючи статистику з кожного з наборів даних у крос-валідації.

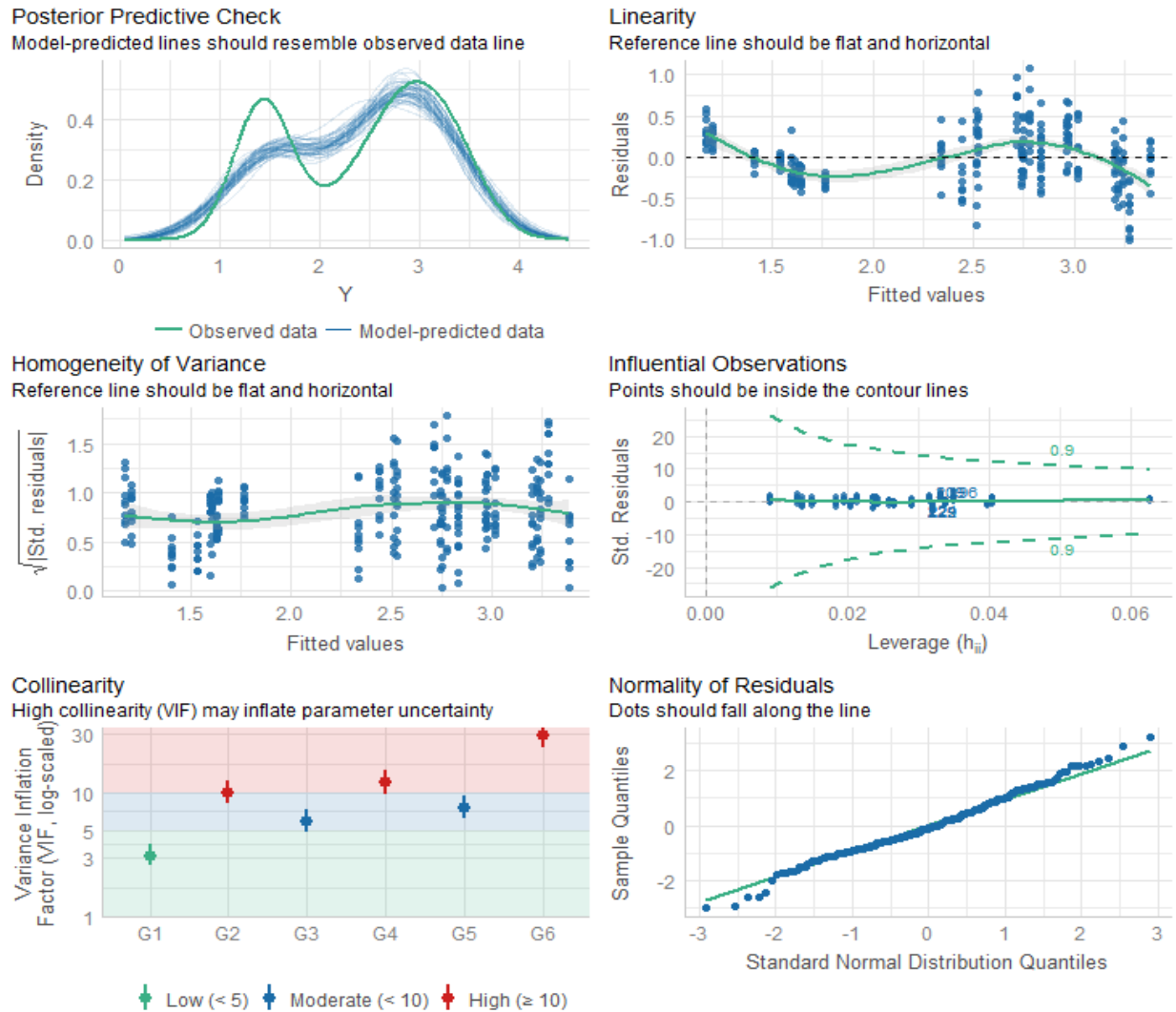
2. Лінійність (Linearity) Перевірка лінійності моделі - наскільки добре залежність між залежною та незалежними змінними можна описати лінійною функцією.

3. Гомогенність (Homogeneity). Перевірка однорідності залишків моделі – наскільки однаково розподілені залишки по всій діапазону значень залежної змінної.

4. Впливові спостереження (Influential observation). Перевірка впливових спостережень, які можуть впливати на результат моделі.

5. Колінеарність (Collinearity). Перевірка колінеарності між незалежними змінними – наскільки добре змінні можуть бути передбачені з іншими змінними у моделі.

6. Нормальність залишків (Normality of residuals). Перевірка, наскільки залишки моделі розподілені нормально.



**Рис. 5.2.** Аналіз моделі впливу агрохімічних показників ґрунту на Ісс

Наступним науковим питанням цього дослідження було виявлення географічного фактора впливу на Ісс. Так як всі досліджувані ділянки були розміщені в одному із трьох лісових господарств, то нами було введено додаткові три фіктивні змінні (L1 – ДП «Житомирське ЛГ», L2 – ДП «Коростишівське ЛГ», L3 – ДП «Коростенський лісгосп АПК») які можуть приймати значення в діапазоні змінних. Тобто, якщо ділянка розміщена в лісгосп L1 то змінна приймає значення 1, а інші лісгосп L2, L3 відповідно 0. У результаті отримана модель є статистично не значимою і означає, що географічний фактор не впливає на Ісс (рис. 5.3).

Коефіцієнт детермінації (Multiple R-squared) та скоригований коефіцієнт детермінації (Adjusted R-squared) показують, наскільки добре модель

підходить до даних. У даному випадку коефіцієнти детермінації досить низькі, а рівні 0,01965 і 0,01231 відповідно, що вказує на те, що модель погано описує залежність між  $Y$  і предикторами  $L1$ ,  $L2$  і  $L3$ .

```
Call:
lm(formula = Y ~ L1 + L2 + L3, data = DataBase)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.3186 -0.9102  0.1956  0.6098  1.3928

Coefficients: (1 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.45722    0.08155  30.131  <2e-16 ***
ДП Житомирський лісгосп -0.18700    0.11533  -1.621   0.106
ДП Коростишівський ЛГ   0.07133    0.11533   0.619   0.537
ДП Коростенський лісгосп АПК      NA           NA       NA       NA
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.7737 on 267 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.01965, Adjusted R-squared:  0.01231
F-statistic: 2.676 on 2 and 267 DF, p-value: 0.07067
```

**Рис. 5.3. Результати моделювання впливу географічного розміщення ділянки на Ісс**

Наступним питанням, яке ми ставимо в даній роботі це склад деревостану може впливати на масове всихання соснових лісів. Вивчення літературних джерел підтверджує таку гіпотезу. Дослідження, опубліковане у журналі "Forests", показало, що зміна складу лісових насаджень може призвести до погіршення стану соснових лісів. Дослідження було проведене на території національного парку у Польщі і виявило, що збільшення кількості букових дерев у лісі може призвести до зниження приросту сосни та збільшення ризику її всихання [4].

Інше дослідження довело, що присутність екзотичних дерев у лісових насадженнях може бути чинником масового всихання соснових лісів. Дослідження було проведене на території Коста-Рики, де екзотичні дерева, такі як евкаліпт, були впроваджені у лісові насадження. Дослідження виявило, що наявність цих дерев у лісі знижує вміст вологи в ґрунті та призводить до зменшення приросту сосни, що може призвести до її всихання [5].



Отже, згідно з результатами досліджень, склад деревостану може бути одним з чинників масового всихання соснових лісів. Відповідно, даних отриманих нами, з пробних площ, було побудовано модель, де залежна змінна Ісс (Y) залежить від 14 незалежних змінних Struc (7Сз3Дз); Struc1 (10Сз); Struc2 (10Сзк); Struc3 (5Сз1Бп4Дз); Struc4 (5Сз3Дз1Гз1Лпд); Struc5 (7Сз1Бп1Дз1Гз); Struc6 (7Сз1Бп2Дз); Struc7 (7Сз1Дз1Гз1Бп); Struc8 (7Сз2Бп1Дз); Struc9 (7Сз2Гз1Бп); Struc10 (7Сз2Дз1Бп); Struc11 (7Сз3Дз); Struc12 (8Сз2Дз); Struc13 (9Сз1Бп); Struc14 (9Сз1Дз).

Всі залежні змінні приймають значення в діапазоні булевих змінних. Тобто, якщо склад деревостану ділянки становить Struc5 (7Сз1Бп1Дз1Гз) то змінна приймає значення 1, а всі інші відповідно 0. Результати моделювання представлено (рис. 5.4).

```
Call:
lm(formula = Y ~ Struc1 + Struc2 + Struc3 + Struc4 + Struc5 +
    Struc6 + Struc7 + Struc8 + Struc9 + Struc10 + Struc11 + Struc12 +
    Struc13 + Struc14, data = DataBase)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.0756 -0.4034 -0.0035  0.3724  1.5644

Coefficients: (1 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   3.3430     0.1891  17.680 < 2e-16 ***
7Сз3Дз        -1.0574     0.1975  -5.354 1.91e-07 ***
10Са          -0.0260     0.2674  -0.097  0.9226
10Сзк         -0.3670     0.2674  -1.372  0.1711
5Сз1Бп4Дз    -1.8620     0.2674  -6.963 2.79e-11 ***
7Сз1Бп1Дз1Гз -1.3930     0.2441  -5.707 3.18e-08 ***
7Сз1Бп2Дз    -1.8990     0.2674  -7.102 1.21e-11 ***
7Сз2Бп1Дз    -1.1320     0.2674  -4.233 3.21e-05 ***
7Сз2Гз1Бп    -0.9180     0.2316  -3.964 9.56e-05 ***
7Сз3Дз        -0.1390     0.2441  -0.569  0.5696
9Сз1Бп       -0.5000     0.2674  -1.870  0.0626 .
9Сз1Дз       -1.9620     0.2674  -7.337 2.88e-12 ***
СзГДС        -0.5650     0.2674  -2.113  0.0356 *
ВзДС         -0.4395     0.2316  -1.898  0.0588 .
СзГДС                NA                NA                NA                NA
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5979 on 256 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4386,    Adjusted R-squared:  0.4101
F-statistic: 15.38 on 13 and 256 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

**Рис. 5.4. Результати моделювання впливу складу деревостанів на Ісс**

Значення коефіцієнтів показують, як кожна з незалежних змінних впливає залежну на змінну  $Y$  при утриманні інших змінних постійними. Наприклад, коефіцієнт для  $Struc1$  дорівнює 1,0574, що означає, що зі збільшенням значення  $Struc1$  на 1 одиницю, значення  $Y$  знижується на 1,0574 одиниці при утриманні інших змінних постійними.

Відповідні  $p$ -значення для кожного коефіцієнта вказують на статистичну достовірність коефіцієнтів. Якщо  $p$ -значення менше 0,05, то це, як правило, означає, що коефіцієнт є статистично значущим, тобто існує значний зв'язок між незалежною змінною та залежною величиною. У цьому випадку більшість коефіцієнтів є значущими, за винятком  $Struc2$ ,  $Struc3$ ,  $Struc9$ ,  $Struc10$  та  $Struc13$ , які мають  $p$ -значення більше 0,05. Це вказує на те, що коефіцієнти при цих змінних не є статистично значущими і відповідні їм незалежні змінні можуть не мати значного впливу на залежну змінну. Значення  $Multiple R-squared$  дорівнює 0,4386, що означає, що 43,86 % мінливості залежною змінною пояснюється незалежними змінними.  $Adjusted R-squared$  дорівнює 0,4101, що враховує число предикторів моделі і може бути використаний для порівняння моделей з різним числом предикторів.  $F$ -статистика (15,38) та її  $p$ -value ( $< 2,2e-16$ ) відображають загальну значущість моделі загалом.  $P$ -value значно менше 0,05, що означає, що модель значуща. Нарешті,  $Residuals$  показує залишкові значення (різниця між значеннями, що спостерігаються, і передбаченими значеннями), а  $Residual standard error$  – середньоквадратичне відхилення залишків становить 0,5979.

Вплив лісорослинних умов на масове всихання соснових лісів є важливою темою лісівничих досліджень. Одне дослідження, присвячене цьому питанню, було опубліковано в журналі «Forests» у 2020 р. [6] показує вплив умов лісової рослинності на спричинену посухою смертність сосни звичайної в Іспанії. Густина насаджень і розмір дерев були найважливішими факторами, що впливають на смертність, спричинену посухою, і що ці фактори змінюються залежно від умов лісової рослинності. Зокрема, дослідження показало, що в районах з більшою кількістю опадів розмір дерева

був більш важливим фактором, тоді як у більш сухих районах густота деревостану відігравала більш значущу роль.

Інше дослідження впливу лісорослинних умов на масове всихання соснових лісів було опубліковано в журналі «Forest Ecology and Management» у 2012 р. та ін. [7], де досліджували зв'язок між умовами лісової рослинності та загибеллю сосни звичайної в Польщі. Дослідження виявило, що тип ґрунту мав значний вплив на всихання сосни звичайної, причому вищі показники всихання спостерігалися в соснових насадженнях, що ростуть на піщаних ґрунтах, порівняно з тими, що ростуть на торф'яних або більш важких ґрунтах.

Ці дослідження демонструють важливість врахування умов лісової рослинності під час управління та планування лісових екосистем, оскільки ці умови можуть мати значний вплив на стан та ріст соснових лісів. Таким чином, нами було побудовано множинну регресійну модель (рис. 5.5), де  $Y$  є залежною змінною, а незалежними змінними – Type (C<sub>3</sub>ГДС); Type1 (B<sub>2</sub>ДС); Type2 (B<sub>3</sub>ДС); Type3 (C<sub>2</sub>ГДС); Type4 (C<sub>3</sub>ГДС).

```
Call:
lm(formula = Y ~ Type1 + Type2 + Type3 + Type4, data = DataBase)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.3568 -0.8372  0.2321  0.6290  1.2980

Coefficients: (1 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.33197    0.09873   23.619  <2e-16 ***
    B2ДС       0.23487    0.12126    1.937  0.0538 .
    B3ДС      -0.06297    0.17196   -0.366  0.7145
    C2ГДС     -0.04892    0.14081   -0.347  0.7286
    C3ГДС              NA           NA      NA      NA

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.7711 on 266 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.02975,    Adjusted R-squared:  0.01881
F-statistic: 2.719 on 3 and 266 DF,  p-value: 0.04501
```

**Рис. 5.5. Результати моделювання впливу типу лісових насаджень на Ісс**

Отримані коефіцієнти регресії показують вплив кожної із незалежних змінних на залежну змінну. Значення Intercept, що дорівнює 2,33197, являє собою базове значення залежної змінної ( $Y$ ), коли всі незалежні змінні

дорівнюють 0. Значення коефіцієнтів при незалежних змінних вказують на величину зміни залежної змінної, коли відповідна незалежна змінна збільшується на 1 одиницю за умови, що всі інші незалежні змінні залишаються незмінними. Значення NA (невизначеності) для Type4 вказує проблему мультиколінеарності. Тобто, наявність високої кореляції між змінними, що ускладнює інтерпретацію впливу кожної з них на залежну змінну.

Residuals представляють залишки (різниця між фактичними значеннями залежної змінної та значеннями, передбаченими моделлю) та їх розподіл. Множинний R-квадрат (Multiple R-squared) є мірою відповідності моделі даних. Він оцінює, наскільки добре модель відповідає даним. Adjusted R-squared показує, яка частка дисперсії Y пояснюється моделлю з урахуванням кількості використаних незалежних змінних. F-статистика оцінює важливість моделі загалом, тобто, статистичну значимість залежності Y від усіх незалежних змінних. P-value (p-значення) показує можливість отримати такий чи більше екстремальний результат, якщо нульова гіпотеза вірна. У даному випадку значення p-value менше 0,05, що говорить про те, що модель є статистично значущою. Але при цьому, ми можемо стверджувати, що тип лісових насаджень В<sub>2</sub>ДС позитивно впливає на збільшення Ісс.

Значний вплив на масове всихання соснових лісів можуть мати такі показники деревостану, як вік, висота, густина, діаметр, об'єм деревини. У ряді публікацій досліджено зв'язок між цими характеристиками лісу та здоров'ям соснового лісу. Виявлено, що густина насаджень і висота дерев є значущими прогностичними факторами смертності сосен, причому більш густі насадження та вищі дерева мають вищі показники смертності [8].

Доведено взаємозв'язок між структурою та складом лісу та частотою загибелі сосни в лісах *Pinus sylvestris* L у центральній Іспанії. Стаття «Структурні та композиційні характеристики насаджень, що впливають на ймовірність загибелі *Pinus sylvestris* L. у центральних лісах Іспанії» Руїс-Пейнадо та ін. (2020) [9] виявили, що густина деревостану, базальна площа та

частка мертвих дерев були найважливішими прогностичними факторами смертності сосни.

Третє дослідження, опубліковане в журналі «Forests» у 2021 р., виявило взаємозв'язок між структурою, складом і методами управління лісами та загибеллю сосен у лісах *Pinus nigra* в Іспанії. Дослідження прикладу *Phytophthora cinnamomi* з *Pinus nigra* Arn. (2021) [10] показали, що методи управління лісами, такі як проріджування та обрізка, можуть підвищити стійкість лісу до *Phytophthora cinnamomi*, збудника, який передається через ґрунт і може спричинити всихання сосни звичайної. Загалом, ці дослідження підкреслюють важливість врахування характеристик лісу під час управління та планування.

Враховуючи зазначене, було побудовано множинну регресійну модель (рис. 5.6), в якій залежна змінна  $Y$  залежить від п'яти незалежних змінних Old (Вік, р); Fill (Повнота); Height (Висота, м); Diameter (Діаметр, см); Stock (Запас м<sup>3</sup>/га).

```
Call:
lm(formula = Y ~ Old + Fill + Height + Diameter + Stock, data = DataBase)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.40658 -0.35376  0.00413  0.39421  1.44246

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  5.9387296  0.8518911   6.971 2.51e-11 ***
Вік, р      -0.0232545  0.0087806  -2.648 0.008575 **
Повнота     -5.8404809  0.5914721  -9.874 < 2e-16 ***
Висота, м   -0.0624510  0.0186407  -3.350 0.000925 ***
Діаметр, см  0.1175469  0.0115418  10.184 < 2e-16 ***
Запас м3/га  0.0001151  0.0007330   0.157 0.875335

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5903 on 264 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4357,    Adjusted R-squared:  0.425
F-statistic: 40.77 on 5 and 264 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

**Рис. 5.6. Результати моделювання впливу віку, повноти, висоти, діаметру та запасу деревини лісових насаджень на Ісс**

Коефіцієнти регресії вказують на те, наскільки змінюється  $Y$  при зміні відповідної незалежної змінної, враховуючи інші змінні в моделі.  $Y$

представленій моделі Intercept, Old, Fill, Height і Diameter є значимими, а Stock не значимий. Модель показує, що Fill, Height та Diameter мають сильний вплив на залежну змінну, в той час як Old та Stock не мають статистично значущого впливу.

Загальна картина моделі добре пояснюється, оскільки коефіцієнт детермінації (Multiple R-squared) дорівнює 0,4357, що означає, що 43,57 % дисперсії Y пояснюється незалежними змінними моделі. Крім того, модель має низьку залишкову стандартну помилку (Residual standard error), що означає, що залишки, які є різницею між фактичними та прогнозованими значеннями Y, мають малу дисперсію навколо лінії регресії. F-статистика та p-value вказують на те, що модель загалом є статистично значущою.

## **5.2. Комплексна модель індексу санітарного стану соснових насаджень**

Дослідження впливу таких чинників як: агрохімічні показники ґрунту; географічне розміщення ділянки; склад деревостанів типу лісових насаджень; вік, повнота, висота, діаметр та запас деревини лісових насаджень виявили високий та середній ступінь зв'язку з результативною ознакою – санітарним станом соснових насаджень. Враховуючи всі вище представлені фактори й наявний взаємозв'язок між ними, постала необхідність в розробці комплексної математичної моделі прогнозування Ісс. З огляду на значний об'єм бази даних на першому етапі ми провели відбір факторів за допомогою економетричного методу «Покрокова регресія».

Покрокова регресія (Stepwise Regression) – це метод автоматичного відбору змінних у множинній лінійній регресії з метою підвищення якості моделі та зменшення кількості використаних змінних. Результати моделювання представлено на рис. 5.7.

```

Call:
lm(formula = Y ~ G1 + Struc2 + G6 + Diameter + Struc7 + Struc10 +
    Stock + Struc8 + Old + Struc6 + G2 + L1 + G4 + Struc4 + Struc11 +
    Struc3 + Type1 + Bon3 + Struc9 + G5, data = DataBase)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.82175 -0.12732 -0.00824  0.12294  0.66900

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 11.3380333  0.8479809  13.371 < 2e-16 ***
G1           0.5157251  0.1367533   3.771 0.000203 ***
Struc2      -0.2935184  0.1260710  -2.328 0.020703 *
G6          -0.1388588  0.0105561 -13.154 < 2e-16 ***
Diameter     0.0539268  0.0080816   6.673 1.62e-10 ***
Struc7      -0.5920055  0.1121317  -5.280 2.82e-07 ***
Struc10     4.3465967  0.4005538  10.851 < 2e-16 ***
Stock       -0.0020820  0.0005951  -3.499 0.000554 ***
Struc8      -0.7089886  0.0892574  -7.943 6.80e-14 ***
Old         -0.0508025  0.0078944  -6.435 6.28e-10 ***
Struc6       6.2701802  0.5814521  10.784 < 2e-16 ***
G2           0.0686095  0.0116182   5.905 1.15e-08 ***
L1           4.0732136  0.4190240   9.721 < 2e-16 ***
G4          -0.0299024  0.0074447  -4.017 7.82e-05 ***
Struc4       1.2798163  0.1419241   9.018 < 2e-16 ***
Struc11     2.0532370  0.2467499   8.321 5.78e-15 ***
Struc3       3.6312710  0.4052397   8.961 < 2e-16 ***
Type1        0.6658466  0.0739468   9.004 < 2e-16 ***
Bon3        -0.3272468  0.0950961  -3.441 0.000679 ***
Struc9       0.3702259  0.1220052   3.035 0.002665 **
G5           0.0034824  0.0019104   1.823 0.069533 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2308 on 249 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9186,    Adjusted R-squared:  0.9121
F-statistic: 140.6 on 20 and 249 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

**Рис. 5.7. Комплексна модель формування Ісс**

Він дозволяє визначити найбільш впливові змінні та виключити з моделі незначущі або зайві змінні.

Алгоритм покрокової регресії можна описати наступним чином:

1. Визначення початкового набору змінних для моделі. Це можуть бути всі доступні змінні, або ж деякий підвибір з них.
2. Використання статистичних критеріїв (наприклад, критерій Фішера) для вибору змінних, що мають статистично значущий вплив на відгук. Зазвичай це ті змінні, для яких значення р-рівня менше заданого порогу.
3. Перевірка всіх комбінацій, що містять вибрані змінні. Якщо виявляється, що існують інші змінні, які мають статистично значущий вплив на відгук, то вони можуть бути додані до моделі.
4. Повторення кроків 2-3 для видалення змінних, які вже не мають статистично значущого впливу.

5. Повторення кроків 2-4 до тих пір, поки всі змінні, що залишилися, мають статистично значущий вплив на відгук.

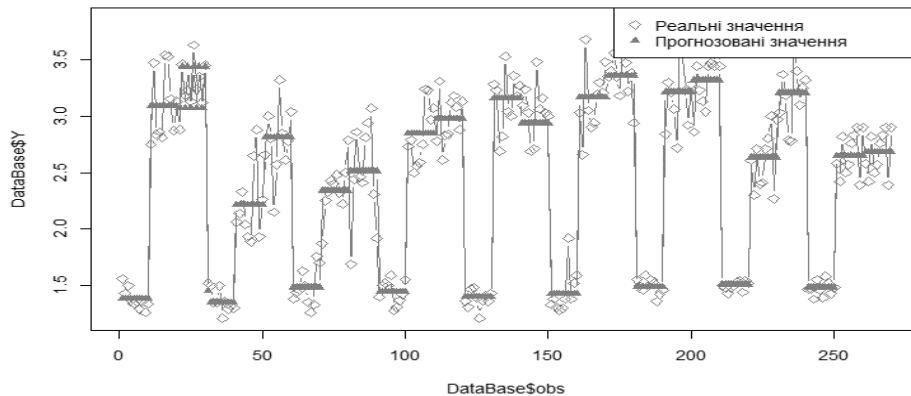
Метод покрокової регресії був запропонований Джорджем Боксом та Крісом Кендаллом у 1978 році. Він є одним з найпоширеніших методів відбору змінних в множинній лінійній регресії та використовується в багатьох областях. Модель є лінійною регресією з  $Y$  як залежною змінною та  $G1, Struc2, G6, Diameter, Struc7, Struc10, Stock, Struc8, Old, Struc6, G2, L1, G4, Struc4, Struc11, Struc3, Type1, Bon3, Struc9$  і  $G5$  як незалежні змінні. Коефіцієнти представляють оцінений вплив кожної незалежної змінної на залежну змінну  $Y$ , утримуючи всі інші незалежні змінні постійними. Коефіцієнт перетину представляє очікуване значення  $Y$ , коли всі незалежні змінні дорівнюють нулю. Коефіцієнти для  $G1, Struc2, G6, Diameter, Struc7, Struc10, Stock, Struc8, Old, Struc6, G2, L1, G4, Struc4, Struc11, Struc3, Type1, Bon3, Struc9$  і  $G5$  представляють очікувану зміну  $Y$ , пов'язану зі збільшенням на одиницю відповідної незалежної змінної, утримуючи всі інші незалежні змінні постійними.

Результати моделі показують, що всі незалежні змінні, крім  $G5$ , є статистично значущими на рівні 10 % або вище. Р-значення для більшості змінних значно нижчі за 0,05, що вказує на те, що вони мають дуже значний вплив на залежну змінну. Коефіцієнти для незалежних змінних є позитивними, що вказує на позитивний зв'язок із залежною змінною, тоді як інші є негативними, що вказує на негативний зв'язок. Кратний R-квадрат моделі становить 0,9186, що вказує на те, що модель пояснює 91,86 % варіації залежної змінної. Скоригований R-квадрат моделі становить 0,9121, що враховує кількість незалежних змінних у моделі. F-статистика є дуже значущою, із значенням  $p$  менше  $2,2e-16$ , що вказує на те, що модель добре підходить для даних.

Залишкова стандартна помилка моделі становить 0,2308, що являє собою середнє відхилення фактичних значень від прогнозованих значень. Залишки моделі розподілені нормально і мають середнє значення нуль, що вказує на те, що модель добре підходить для даних. Важливим елементом



перевірки результатів моделювання є співставлення реальних та змодельованих даних (рис. 5.8).



**Рис. 5.8. Співставлення реальних та змодельованих даних Ісс**

Існує багато літературних джерел, які описують причини верхівкового короїду соснових насаджень. Ось деякі з них: "Silviculture: Concepts and Applications" (Ralph D. Nyland) [11, 12] описують, що верхівковий короїд може бути спричинений незадовільним управлінням насадженням, зокрема, неправильним вибором сортів, зайвим затіненням, поганим доглядом, несприятливими ґрунтовими умовами та іншими факторами. "Ecology and Management of Forest Soils" (Dan Binkley, Richard Fisher) [13] зазначається, що ураження верхівковим короїдом може бути наслідком поганого догляду за насадженням, зокрема, неправильного господарського впливу, який може привести до погіршення стану дерев, зменшення виробничих характеристик та збільшення смертності. "Forest Health and Protection" (Edward A. Johnson, K. David Coyle) [14] зазначається, що масове розповсюдження верхівкового короїда може бути наслідком поганого догляду за насадженням, та недостатня кількість вологи, інших ресурсів, які можуть бути необхідні для здорового зростання та розвитку дерев. "Forest Mensuration" (Thomas Eugene Avery, Harold E. Burkhart) [15] зазначається, що масове ураження верхівковим короїдом може бути наслідком високих температур, низької родючості ґрунту та інших факторів, які можуть призвести до погіршення стану дерев та зменшення їх виробничих характеристик.

Отже, верхівковий короїд соснових насаджень може бути спричинений різними факторами, які можуть впливати на всихання соснових насаджень. За допомогою регресійного аналізу проведемо відбір та ідентифікацію впливу розглянутих вище факторів. У результаті реалізації методу покрокової регресії та подальшої побудови статистичної моделі було отримано результати представленні (рис. 5.9).

У даній моделі предиктором виступала змінна (Z1) у вигляді булевих змінних: 0 – відсутність верхівкового короїду на досліджуваній ділянці, 1 – наявність верхівкового короїду на досліджуваній ділянці.

```
lm(formula = Z1 ~ G1 + G2 + Struc1 + Type1 + Struc2 + Struc10 +
  Struc3 + Struc11 + Bon1 + G4 + G6 + Diameter + Struc9 + Struc7 +
  Bon4 + Old + Bon2 + Stock + G5 + Struc14 + Struc12 + Fill +
  Struc4, data = DataBase)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.29515 -0.05376  0.00000  0.00000  0.96733

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.3513567  1.0145011  -1.332  0.184080
G1           -0.6138695  0.0401714 -15.281 < 2e-16 ***
G2            0.0185263  0.0053121   3.488  0.000577 ***
Struc1       -0.1708295  0.0555274  -3.076  0.002331 **
Type1        0.1460446  0.0778519   1.876  0.061849 .
Struc2       -0.6080872  0.0838238  -7.254  5.24e-12 ***
Struc10      -1.0434546  0.0968054 -10.779 < 2e-16 ***
Struc3       -1.3487319  0.0859523 -15.692 < 2e-16 ***
Struc11      -0.7658029  0.1360994  -5.627  4.98e-08 ***
Bon1         -0.3494425  0.1381313  -2.530  0.012039 *
G4            0.0346259  0.0031982  10.827 < 2e-16 ***
G6            0.0025121  0.0051378   0.489  0.625311
Diameter     -0.0343554  0.0117393  -2.927  0.003748 **
Struc9       -0.4026824  0.0687198  -5.860  1.48e-08 ***
Struc7        0.2589634  0.0829958   3.120  0.002023 **
Bon4         -0.6477638  0.1337458  -4.843  2.26e-06 ***
Old           0.0525028  0.0140651   3.733  0.000235 ***
Bon2         -0.4695253  0.1094548  -4.290  2.57e-05 ***
Stock        -0.0029009  0.0003311  -8.761  3.21e-16 ***
G5           -0.0116930  0.0013038  -8.968 < 2e-16 ***
Struc14      -0.2631522  0.0983149  -2.677  0.007937 **
Struc12      -0.0186177  0.1117470  -0.167  0.867817
Fill         1.6812783  0.6018738   2.793  0.005626 **
Struc4       -0.2652316  0.1383630  -1.917  0.056406 .
---
Signif. codes:
  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1497 on 246 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9182,    Adjusted R-squared:  0.9106
F-statistic: 120.1 on 23 and 246 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

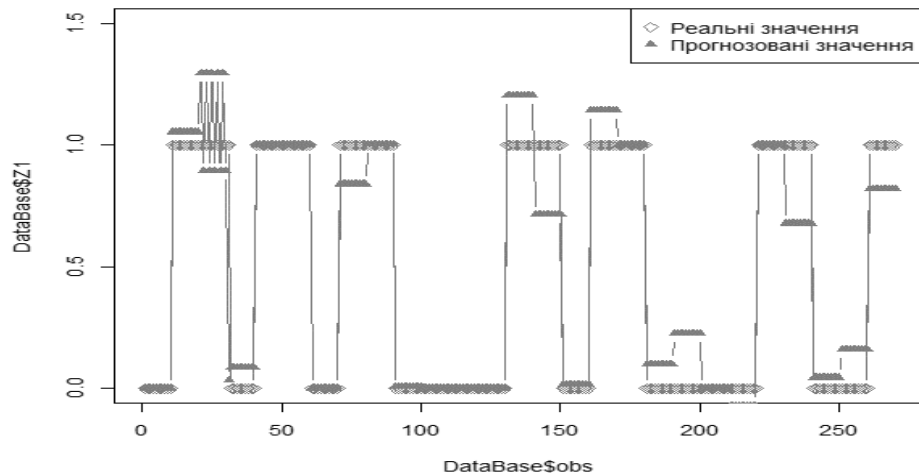
**Рис. 5.9. Статистична модель впливу верхівкового короїду на соснові насадження**

Ця модель є лінійною регресійною моделлю. Вона описує зв'язок між залежною змінною Z1 та незалежними змінними G1, G2, Struc1, Type1, Struc2, Struc10, Struc3, Struc11, Bon1, G4, G6, Diameter, Struc9, Struc7, Bon4, Old, Bon2, Stock, G5, Struc14, Struc12, Fill та Struc4. Деякі з факторів мають позитивний вплив на предиктор (наприклад, G2, Struc7, Old, Fill), тоді як інші мають негативний вплив (наприклад, G1, Struc1, Struc2, Struc10, Struc3, Struc11, Bon1, Diameter, Struc9, Bon4, Bon2, Stock, G5, Struc14, Struc4).

Від'ємні коефіцієнти означають, що при збільшенні значень цих змінних відповідні значення предиктора зменшуються, а позитивні коефіцієнти означають, що при збільшенні значень цих змінних відповідні значення відгуку збільшуються. Деякі фактори (наприклад, Type1, Struc12) не є статистично значущими на рівні 0,05, оскільки їх значення P-Value перевищують цей поріг.

За результатами моделювання, множинний R-квадрат (Multiple R-squared) дорівнює 0,9182, що означає, що змінні, включені в модель, пояснюють 91,82 % дисперсії залежної змінної. Скоригований R-квадрат (Adjusted R-squared) становить 0,9106, що враховує кількість незалежних змінних та кількість спостережень.

Модель також містить значення F-статистики (F-statistic) та p-значення (p-value), які показують статистичну значимість моделі в цілому. За значенням F-статистики можна визначити, чи є модель статистично значущою, а за значенням p-значення можна визначити, наскільки добре модель підходить до даних (рис.5.10)



**Рис. 5.10. Співставлення реальних та змодельованих даних Ісс**

Була побудована прогнозна модель впливу комплексу факторів таких як віторвал, верхівковий короїд та низові пожежі на індекс санатрного стану (рис. 5.11).

```
Call:
lm(formula = Z2 ~ G4 + Fill + Struc10 + Struc11 + Bon3 + Old,
    data = DataBase)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.24485 -0.08333  0.00000  0.03806  0.71895

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.8157534  0.3103434   2.629  0.00908 **
G4           0.0068467  0.0008289   8.260 7.19e-15 ***
Fill        -1.4606317  0.1973747  -7.400 1.83e-12 ***
Struc10      0.7055014  0.0662078  10.656 < 2e-16 ***
Struc11     -0.0277701  0.0628126  -0.442  0.65877
Bon3        -0.0954235  0.0464432  -2.055  0.04090 *
Old         -0.0021255  0.0031671  -0.671  0.50275
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1653 on 263 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6118,    Adjusted R-squared:  0.6029
F-statistic: 69.07 on 6 and 263 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

**Рис. 5.11 Статистична модель впливу вітровалу та верхівкового короїду на соснові насадження**

Результати моделі свідчать про наступне: G4: Позитивний вплив. Коефіцієнт G4 становить 0,007, що означає, що при зростанні значення G4 на одиницю, Z2 збільшується на 0,007 одиниць. Fill: Негативний вплив. Коефіцієнт Fill становить -1,46, що означає, що при зростанні значення Fill на одиницю, Z2 зменшується на 1,46 одиниць.

Struc10: Позитивний вплив. Коефіцієнт Struc10 становить 0,706, що означає, що при зростанні значення Struc10 на одиницю, Z2 збільшується на 0,706 одиниць. Struc11: Незначний вплив. Коефіцієнт Struc11 становить -0,028, що означає, що при зростанні значення Struc11 на одиницю, Z2 зменшується на 0,028 одиниць. Але цей ефект не є статистично значущим, тому ми не можемо зробити висновок про вплив цього фактора на Z2.

Bon3: Негативний вплив. Коефіцієнт Bon3 становить -0,095, що означає, що при зростанні значення Bon3 на одиницю, Z2 зменшується на 0,095 одиниць. Old: Незначний вплив. Коефіцієнт Old становить -0,002, що означає, що при зростанні значення Old на одиницю, Z2 зменшується на 0,002 одиниць. Але цей ефект також не є статистично значущим. Загальний коефіцієнт детермінації (R-squared) для цієї моделі дорівнює 0,6118, що означає, що 61.18% зміни змінної відгуку Z2 можуть бути пояснені за допомогою шести факторів, використаних у цій моделі. Регресійна модель є статистично значущою ( $p\text{-value} < 2,2e-16$ ), тобто є достатньо точною для передбачення значень Z2 на основі значень факторів.

```

lm(formula = Z5 ~ G3 + Stock + Type1 + G5 + Struc13 + G4 + Bon1 +
  Struc11 + Fill + Struc12 + Struc2 + G6 + Old + Struc4 + Struc7 +
  Struc3 + Bon4 + G2 + Struc8 + G1 + Bon2 + Type2 + Struc6 +
  Diameter + Struc14, data = DataBase)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.128940 -0.015977  0.000000  0.005764  0.062458

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.878e+00  1.711e-01  22.664 < 2e-16 ***
G3           -7.037e+00  1.021e-01 -68.909 < 2e-16 ***
Stock        2.801e-03  9.349e-05  29.959 < 2e-16 ***
Type1        6.398e-01  6.932e-02   9.231 < 2e-16 ***
G5           2.497e-03  2.657e-04   9.399 < 2e-16 ***
Struc13      -1.767e-01  1.174e-02 -15.057 < 2e-16 ***
G4           6.711e-03  1.170e-03   5.738 2.83e-08 ***
Bon1        -6.475e-01  3.084e-02 -21.000 < 2e-16 ***
Struc11     -2.380e-02  3.239e-02  -0.735  0.46311
Fill       -1.047e+00  1.434e-01  -7.299 4.07e-12 ***
Struc12     1.961e-01  3.439e-02   5.702 3.41e-08 ***
Struc2      5.426e-01  2.265e-02  23.957 < 2e-16 ***
G6           1.760e-02  1.830e-03   9.621 < 2e-16 ***
Old          1.784e-02  3.286e-03   5.430 1.36e-07 ***
Struc4     -2.120e-01  2.898e-02  -7.315 3.69e-12 ***
Struc7      4.337e-01  2.013e-02  21.543 < 2e-16 ***
Struc3     -1.891e-01  1.579e-02 -11.981 < 2e-16 ***
Bon4        7.636e-02  2.513e-02   3.038 0.00264 **
G2           5.351e-02  1.961e-03  27.288 < 2e-16 ***
Struc8      5.209e-01  2.125e-02  24.515 < 2e-16 ***
G1          -6.423e-01  2.525e-02 -25.437 < 2e-16 ***
Bon2       -1.959e-01  2.393e-02  -8.185 1.51e-14 ***
Type2       1.263e+00  7.200e-02  17.547 < 2e-16 ***
Struc6     -2.737e-01  3.527e-02  -7.760 2.32e-13 ***
Diameter    -7.195e-03  2.931e-03  -2.455 0.01478 *
Struc14    -3.338e-02  1.465e-02  -2.279 0.02354 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

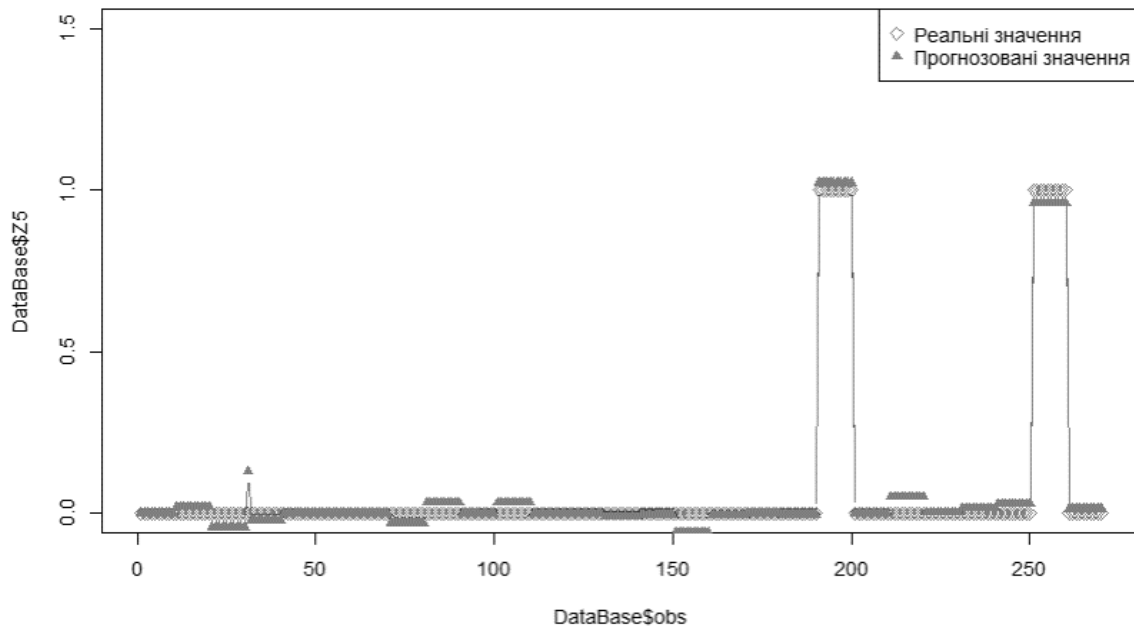
Residual standard error: 0.02671 on 244 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9906,    Adjusted R-squared:  0.9896
F-statistic: 1028 on 25 and 244 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

**Рис. 5. 12. Статистична модель впливу комплексу факторів на формування умов виникнення лісових пожеж у соснових насадженнях**

Ця регресійна модель використовується для прогнозування значення змінної  $Z5$  на основі інших змінних. Коефіцієнти регресії, що представлені в таблиці, вказують на залежність між цими змінними та  $Z5$ .  $G3$ : від'ємний вплив на формування умов низової пожежі;  $Stock$ : позитивний вплив;  $Type1$ : позитивний вплив;  $G5$ : позитивний вплив;  $Struc13$ : від'ємний вплив;  $G4$ : позитивний вплив;  $Bon1$ : від'ємний вплив;  $Struc11$ : немає статистично значущого впливу;  $Fill$ : від'ємний вплив;  $Struc12$ : позитивний вплив;  $Struc2$ : позитивний вплив;  $G6$ : позитивний вплив;  $Old$ : позитивний вплив;  $Struc4$ : від'ємний вплив;  $Struc7$ : позитивний вплив;  $Struc3$ : від'ємний вплив;  $Bon4$ : позитивний вплив;  $G2$ : позитивний вплив;  $Struc8$ : позитивний вплив;  $G1$ :

від'ємний вплив; Bon2: від'ємний вплив; Type2: позитивний вплив; Struc6: від'ємний вплив; Diameter: від'ємний вплив; Struc14: від'ємний вплив;



**Рис. 5.13. Модельованих впливу комплексу факторів виникнення лісових пожеж у соснових насадженнях**

Також можна зауважити, що модель має високий коефіцієнт детермінації (Multiple R-squared) 0.9906, що означає, що модель добре пояснює змінність змінної Z5 на основі інших змінних, що використовуються в моделі. Крім того, значення F-статистики є статистично значущим, що означає, що модель в цілому є статистично значущою.

## Висновки до Розділу 5

1. Модель впливу пошкодження вітровалу в поєднанні з верхівковим короїдом мало множинне значення R-квадрат, рівне 0,6118, з значенням p менше  $2,2e-16$ , що свідчить про його статистичну значущість. Це означає, що пошкодження вітроваломом в поєднанні з верхівковим короїдом є важливим фактором, який впливає на стійкість сосни звичайної.

2. Статистична модель впливу комплексу факторів на виникнення лісових пожеж у насадженнях сосни звичайної мала високий коефіцієнт детермінації, рівний 0,9906, що свідчить про значимість її застосування. Ця модель може бути корисною для прогнозування ризику виникнення лісових пожеж і впровадження заходів щодо їх запобігання. Однак моделі впливу географічного розташування (множинний R-квадрат = 0,01965) виявилася статистично незначущою. Це означає, що географічне розташування не є ключовими факторами, які впливають на стан сосни звичайної або виникнення лісових пожеж в насадженнях.

3. Результати моделювання впливу агрохімічних показників ґрунту на Ісс дають змогу зробити висновки про статистичну значимість впливу наступних факторів: кислотність обмінна (p-value  $2e-16$ ), ступінь насичення основами (p-value  $1.57e-07$ ), гумус загальний, (p-value 0,0731), азот лужно-гідролізований (p-value  $2,83e-15$ ), та обмінний калій (p-value  $3,17e-12$ ) на індекс санітарного стану. При тому показник Ісс збільшується зі зниженням показників обмінної кислотності, гумусу та обмінного калію та зі збільшенням показників ступеня насиченості кислотами та вмісту азоту.



**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ДО  
РОЗДІЛУ 5**

1. Sariyildiz T., Savaci G., Kravkaz I. Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates in northwestern Turkey. *iForest - Biogeosciences and Forestry*. 2016. Vol. 9, № 1. P. 165-170. <http://dx.doi.org/10.3832/ifor1567-008>.
2. Soil properties, root morphology and physiological responses to cotton stalk biochar addition in two continuous cropping cotton field soils from Xinjiang, China / X. Dong, Z. Zhang, S. Wang et al. *PeerJ*. 2022. Vol. 10. P. e12928. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.12928>.
3. Henneb M., Thiffault N., Valeria O. Regional Climate, Edaphic Conditions and Establishment Substrates Interact to Influence Initial Growth of Black Spruce and Jack Pine Planted in the Boreal Forest. *Forests*. 2020. Vol. 11, Issue 2. P. 139. <http://dx.doi.org/10.3390/f11020139>.
4. Effect of Species Composition on Growth and Yield in Mixed Beech–Coniferous Stands / A. Cicşa, G.-M. Tudoran, M. Cicşa (Boroeanu) et al. *Forests*. 2022. Vol. 13, Issue 10. P. 1651. <http://dx.doi.org/10.3390/f13101651>
5. Influence of *Acacia mangium* on Soil Fertility and Bacterial Community in Eucalyptus Plantations in the Congolese Coastal Plains / L.-S. Koutika, A. Fiore, S. Tabacchioni et al. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, Issue 21. P. 8763. <http://dx.doi.org/10.3390/su12218763>.
6. Implications of Reduced Stand Density on Tree Growth and Drought Susceptibility: A Study of Three Species under Varying Climate / M. Steckel, W. K. Moser, M. del Río, H. Pretzsch. *Forests*. 2020. Vol. 11, Issue 6. P. 627. <http://dx.doi.org/10.3390/f11060627>.
7. With increasing site quality asymmetric competition and mortality reduces Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stand structuring across Europe / Hans Pretzsch, Andrés Bravo-Oviedo, Torben Hilmers, et al. *Forest Ecology and*

*Management*. 2022. Vol. 520. P. 120365.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120365>.

8. Environmental drivers of fire severity in extreme fire events that affect Mediterranean pine forest ecosystems / P. García-Llamas, S. Suárez-Seoane, A. Taboada et al. *Forest Ecology and Management*. 2019. Vol. 433. P. 24-32.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.051>.

9. Stand-level mortality models for Nordic boreal forests / J. Siipilehto, M. Allen, U. Nilsson et al. *Silva Fennica*. 2020. Vol. 54, no. 5. Article 10414.  
<http://dx.doi.org/10.14214/sf.10414>.

10. Increased Post-Drought Growth after Thinning in *Pinus nigra* Plantations / Manrique-Alba Àngela, S. Beguería, M. Tomas-Burguera, J. J. Camarero. *Forests*. 2021. Vol. 12, Issue 8. P. 985.  
<http://dx.doi.org/10.3390/f12080985>.

11. Wooldridge J. *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. 2nd ed. Mason, OH, USA : South-Western College Pub, 2002. 896 p.

12. *Silviculture: Concepts and Applications* / R. D. Nyland, L. S. Kenefic, K. K. Bohn, S. L. Stout. 3<sup>rd</sup> Edition. Long Grove : Waveland Press, 2016. 680 p.

13. Fisher R. F., Binkley D. *Ecology and Management of Forest Soils*. 4th ed. Chichester, UK : John Wiley & Sons, 2013.

14. Edmonds R. L., Gara R. I., Agee J. K. *Forest Health and Protection*. Long Grove, IL : Waveland Pr Inc, 2005. 630 p.

15. *Forest Mensuration* / J. A. Kershaw et al. 5th ed. Chichester, UK : John Wiley & Sons, Ltd, 2016. URL: <https://doi.org/10.1002/978111890202>.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі комплексних екологічних, лісівничо-таксаційних, ентомологічних та ґрунтових досліджень проведено теоретичне узагальнення та експериментальне обґрунтування еколого-кліматичних закономірностей функціонування соснових деревостанів в умовах масового всихання на території Житомирського Полісся. Здійснено аналіз санітарного стану сосни звичайної у даному регіоні та проведено оцінку комплексного впливу абіотичних та біотичних факторів на лісову екосистему. Розроблено нові підходи для створення стійких соснових насаджень в умовах Полісся України.

1. Насадження сосни звичайної є найбільш поширеними у лісівничо-екологічних умовах Полісся та становлять 62,1 % від їх загальної площі. У Житомирській області площа соснових насаджень становить 28,23 % від загальної площі Полісся. Це вказує на важливість сосни звичайної у формуванні лісового покриву даного регіону та її значущість у забезпеченні біорізноманіття.

2. Одним із чинників, який впливає на санітарний стан деревостану є верхівковий короїд. Впродовж 2018-2020 рр. площі всихання соснових насаджень в Житомирській області, викликані верхівковим короїдом і становили 5479,1 га. Іншим чинником були пожежі, які спричинили всихання сосни звичайної на площі 205,3 га. Серед абіотичних факторів був вітровал, який став причиною для проведення санітарно-оздоровчих заходів на площі 264,1 га.

3. На основі диференціації дерев сосни звичайної на пробних площах (I категорія санітарного стану – 6,0-32,2 %, II – 14,3-37,4 %, III – 38,8-19,5 %, IV – 10,3-31,5%, V – 1,8-23,6 %, VI – 0,7-6,5 %) нами обраховано індекс санітарного стану соснових деревостанів ( $I_{сс} = 2,22-3,34$ ) та визначено основні чинники, які його зумовлюють. Домінуючими можна вважати вплив

кліматичних (опади, температура) та ентомологічних чинників (верхівковий короїд, коренева губка).

4. Всихання соснового деревостану в умовах свіжого сугруду, було при дуже кислій реакції ґрунту ( $pH_{\text{сол.}}=4,22\pm 0,06$ ). Вміст рухомого фосфору на досліджуваних ділянках становив ( $71,93\pm 1,41$  мг/кг). Це пов'язано з підвищенням рухливості алюмінію, зростанням фітотоксичності гумусованого шару і зменшенням доступності фосфору у сильнокислому середовищі. В умовах свіжого субору всихання сосни звичайної пов'язано з дуже кислим середовищем ґрунту ( $pH_{\text{сол.}}=3,76\pm 0,07$ ), що негативно впливає на фітотоксичність і забезпеченість рухомим фосфором  $56,77\pm 3,68$  мг/кг.

5. Приріст сіянців сосни звичайної спостерігався після обприскування 0,5 % розчином «Біоекофунге-1» (за висотою  $19,4\pm 0,41$  %) та наночастинками діоксиду церію (за висотою  $14,0\pm 0,22$  % та масою –  $5,05\pm 0,35$  %). З'ясовано, що дія «Біоекофунге-1» в комплексі з наночастинками діоксиду церію мають антипатогенний та оздоровчий вплив на сосну звичайну.

6. Використання препарату «Біоекофунге-1» позитивно вплинуло на приживлюваність сіянців сосни звичайної і в середньому становила 94 %, а на контрольних ділянках – 87 %. При застосуванні діоксиду церію приживлюваність сосни звичайної становила 91-95 %, а на контролі – 86-88 %.

7. Кореляційно-регресійний аналіз дозволив нам отримати статистично значимі моделі впливу факторів на санітарний стану сосни звичайної. Модель залежності індексу санітарного стану  $I_{\text{сс}}$  від агрохімічних показників ґрунту показала значущість ( $R^2 = 0,8074$ ) таких предикторів: кислотність обмінна (p-value  $2e-16$ ), ступінь насичення основами (p-value  $1,57e-07$ ), гумус загальний, (p-value  $0,0731$ ), азот лужно-гідролізований (p-value  $2,83e-15$ ) та обмінний калій (p-value  $3,17e-12$ ).

8. Результати математичного моделювання показали середній ступінь залежності  $I_{\text{сс}}$  від складу лісу ( $R^2 = 0,4386$ ), а також від його віку, повноти, висоти, діаметра ( $R^2 = 0,4357$ ). Поетапний регресійний аналіз засвідчив, що модель впливу верхівкового короїда на санітарний стан сосни звичайної є

статистично значущою ( $R^2 = 0,9182$ ). Модель впливу вітровалу у поєднанні з верхівковим короїдом на Ісс показала значення  $R^2 = 0,6118$ , що вказує на її статистичну достовірність. Статистична модель впливу комплексу факторів на виникнення лісових пожеж у насадженнях сосни звичайної характеризується високим коефіцієнтом детермінації ( $R^2 = 0,9906$ ), що свідчить про доцільність її застосування. Однак моделі впливу географічного положення ( $R^2 = 0,01965$ ) і типу лісу ( $R^2 = 0,02975$ ) були статистично незначущими.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для запобігання шкодочинного впливу на соснові деревостани біологічних чинників, зокрема – осередків шкідників та хвороб має бути організований постійно діючий моніторинг їх виявлення і розвитку шляхом лісопатологічних обстежень із використанням відеоспостереження та аерокосмічних технологій.

2. Рекомендуємо проводити позакореневе підживлення сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L) розчином біоорганічної композиції Біоєкофунге-1 концентрацією 30 мг/л, протягом періоду вегетації.

3. Позакореневе підживлення сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L): проводити 0,5 % розчином діоксиду церію протягом періоду вегетації.

4. Для покращення фітосанітарного стану ґрунту, активізації ростових процесів сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L), пригнічення розвитку фітопатогенних грибів та підвищення імунітету рослин рекомендовано застосувати позакореневе та підкореневе підживлення препаратом Біоєкофунге-1 та діоксин церію.

# Додатки

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1

Санітарний стан насадження на ПП1<sub>к</sub> Березівському лісництві

(кв. 2, вид. 4)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	15	7	2	1	0	0	25	1,56
2	19	7	1	1	0	0	28	1,43
3	15	4	2	1	0	0	22	1,50
4	20	5	1	1	0	0	27	1,37
5	22	5	1	1	0	0	29	1,34
6	19	4	1	1	0	0	25	1,36
7	18	1	1	1	0	0	21	1,29
8	19	4	1	1	0	0	25	1,36
9	20	1	1	1	0	0	23	1,26
10	23	12	0	0	0	0	35	1,34
							260	1,38

Таблиця А.2

Санітарний стан насадження на ПП2 Березівському лісництві

( кв. 65, вид. 10)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	6	8	14	5	3	0	36	2,75
2	2	7	13	8	3	5	38	3,47
3	2	7	15	4	1	0	29	2,83
4	3	7	11	5	2	0	28	2,86
5	5	7	12	4	2	1	31	2,81
6	2	3	4	12	1	2	24	3,54
7	2	7	8	12	8	1	38	3,53
8	5	3	12	11	2	1	34	3,15
9	6	5	7	11	1	0	30	2,87
10	2	5	13	11	1	0	32	3,13
Середньо зважений показник санітарного стану								3,09



## Продовження додатку А

Таблиця А.3

## Санітарний стан насадження на ППЗ Березівському лісництві

(кв. 26, вид.13)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	4	12	16	6	3	1	42	2,88
2	3	8	11	5	4	6	37	3,46
3	3	6	14	4	4	2	33	3,18
4	2	7	8	3	4	2	26	3,23
5	3	6	12	4	3	2	30	3,13
6	2	3	5	9	2	3	24	3,63
7	2	4	11	9	3	0	29	3,24
8	1	1	9	8	1	0	20	3,35
9	2	3	3	9	0	0	17	3,12
10	1	1	8	8	2	0	20	3,45
Середньо зважений показник санітарного стану								3,27

Таблиця А.4

## Санітарний стан насадження на ПП4к Березівському лісництві

(кв. 74, вид. 11)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	15	13	1	0	0	0	29	1,52
2	12	9	1	0	0	0	22	1,50
3	27	5	1	0	0	1	34	1,35
4	25	11	1	0	0	0	37	1,35
5	11	8	1	0	0	0	20	1,50
6	24	4	1	0	0	0	29	1,21
7	22	10	1	0	0	0	33	1,36
8	21	6	1	0	0	0	28	1,29
9	24	9	1	0	0	0	34	1,32
10	24	8	1	0	0	0	33	1,30
Середньо зважений показник санітарного стану								1,37

## Продовження додатку А

Таблиця А.5

## Санітарний стан насаджень на ПП5 Березівському лісництві

(кв. 32, вид. 5)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	9	15	5	3	0	0	32	2,06
2	9	10	8	1	1	0	29	2,14
3	4	9	6	1	1	0	21	2,33
4	6	11	5	1	0	0	23	2,04
5	12	8	6	2	0	0	28	1,93
6	10	4	2	3	0	0	19	1,89
7	5	12	9	7	0	1	34	2,65
8	3	10	10	7	1	1	32	2,88
9	9	14	5	1	0	0	29	1,93
10	10	12	7	3	2	0	34	2,26
Середньо зважений показник санітарного стану								2,21

Таблиця А.6

## Санітарний стан насаджень на ПП6 Березівському лісництві

(кв. 21, вид. 8)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	11	2	9	8	1	1	32	2,66
2	9	3	8	8	5	1	34	3,00
3	8	7	16	4	4	1	40	2,80
4	12	2	9	2	1	0	26	2,15
5	4	11	9	1	3	0	28	2,57
6	5	3	8	5	4	3	28	3,32
7	8	5	11	3	5	1	33	2,85
8	9	5	9	6	1	1	31	2,61
9	2	9	6	4	2	0	23	2,78
10	1	7	8	5	1	1	23	3,04
Середньо зважений показник санітарного стану								2,78

Продовження додатку А  
Таблиця А.7

Санітарний стан насадження на ПП7<sub>к</sub> Березівському лісництві  
(кв. 57, вид. 5)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	26	9	1	1	0	0	37	1,38
2	18	7	1	1	0	0	27	1,44
3	18	5	2	1	0	0	26	1,46
4	11	5	2	1	0	0	19	1,63
5	19	8	2	1	0	0	30	1,50
6	17	5	0	1	0	0	23	1,35
7	25	5	0	1	0	0	31	1,26
8	28	5	2	1	0	0	36	1,33
9	10	12	2	1	0	0	25	1,76
10	10	15	2	0	0	0	27	1,70
Середньо зважений показник санітарного стану							281	1,48

Таблиця А.8

Санітарний стан насадження на ПП8 Березівському лісництві  
(кв. 25, вид. 1)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	18	5	4	2	2	0	31	1,87
2	11	9	7	3	2	0	32	2,25
3	5	8	9	2	0	0	24	2,33
4	8	12	10	2	3	0	35	2,43
5	8	10	6	5	0	1	30	2,40
6	9	6	9	2	2	1	29	2,48
7	10	4	5	5	1	0	25	2,32
8	11	2	5	4	1	0	23	2,22
9	7	8	7	4	2	0	28	2,50
10	5	7	9	5	3	0	29	2,79
Середньо зважений показник санітарного стану								2,36

Продовження додатку А

Таблиця А.9

Санітарний стан насадження на ПП9 Березівському лісництві  
(кв. 30, вид.3)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	17	4	2	2	1	0	26	1,69
2	10	5	4	2	3	1	25	2,44
3	5	4	5	4	2	1	21	2,86
4	11	4	5	5	3	0	28	2,46
5	11	8	6	8	1	0	34	2,41
6	4	10	8	6	3	0	31	2,81
7	4	9	7	8	2	1	31	2,94
8	3	9	5	10	2	1	30	3,07
9	8	8	5	4	1	0	26	2,31
10	11	7	7	1	0	0	26	1,92
Середньо зважений показник санітарного стану								2,49

Таблиця А.10

Санітарний стан насадження на ПП10к Івницькому лісництві  
(кв. 20, вид. 7)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	24	9	1	1	0	0	35	1,40
2	13	8	0	1	0	0	22	1,50
3	15	8	1	1	0	0	25	1,52
4	20	12	1	1	0	0	34	1,50
5	18	12	0	1	1	0	32	1,59
6	23	4	2	0	0	0	29	1,28
7	24	7	0	1	0	0	32	1,31
8	20	9	1	0	0	0	30	1,37
9	22	6	2	1	0	0	31	1,42
10	19	9	2	0	1	0	31	1,55
301								1,44

Продовження додатку А

Таблиця А.11

Санітарний стан насаджень на ПП11 Івницькому лісництві  
(кв. 42, вид. 17)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	5	8	11	3	2	1	30	2,73
2	5	12	7	5	2	2	33	2,79
3	4	9	12	3	0	0	28	2,50
4	4	10	8	4	1	0	27	2,56
5	8	10	5	5	4	0	32	2,59
6	4	9	8	5	1	1	28	2,75
7	5	6	7	8	5	2	33	3,24
8	3	5	9	10	1	2	30	3,23
9	5	7	9	12	2	0	35	2,97
10	5	2	9	10	2	0	28	3,07
Середньо зважений показник санітарного стану								2,84

Таблиця А.12

## Санітарний стан насаджень на ПП12 Івницькому лісництві (кв. 18, вид. 23)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	8	8	12	5	1	3	37	2,78
2	8	3	8	6	6	4	35	3,31
3	6	14	3	8	1	1	33	2,61
4	3	9	5	4	2	1	24	2,83
5	6	3	15	5	1	1	31	2,84
6	3	5	6	11	0	1	26	3,12
7	2	4	11	9	2	0	28	3,18
8	2	4	9	8	1	0	24	3,08
9	5	4	5	9	1	0	24	2,88
10	2	4	9	7	2	0	24	3,13
Середньо зважений показник санітарного стану								2,98

Продовження додатку А

Таблиця А.13

Санітарний стан насадження на ПП13<sub>к</sub> Івницькому лісництві (кв. 64, вид. 18)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	26	8	1	1	0	0	36	1,36
2	25	9	1	0	0	0	35	1,31
3	20	12	2	0	0	0	34	1,47
4	19	10	1	1	0	0	31	1,48
5	21	9	0	1	0	0	31	1,39
6	23	4	1	0	0	0	28	1,21
7	24	9	2	0	0	0	35	1,37
8	19	8	2	0	0	0	29	1,41
9	22	10	1	0	0	0	33	1,36
10	24	9	1	0	1	0	35	1,43
Середньо зважений показник санітарного стану								1,38

Таблиця А.14

Санітарний стан насадження на ПП14 Івницькому лісництві (кв. 6, вид. 4)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	2	5	8	12	1	1	29	3,28
2	2	2	17	8	1	1	31	3,23
3	2	4	4	2	1	0	13	2,69
4	7	2	11	6	1	1	28	2,82
5	2	2	16	9	5	2	36	3,53
6	5	4	10	5	2	2	28	3,04
7	4	5	11	9	2	0	31	3,00
8	3	2	10	10	1	2	28	3,36
9	1	8	14	8	1	2	34	3,18
10	2	7	12	6	4	2	33	3,27
Середньо зважений показник санітарного стану								3,14

Продовження додатку А

Таблиця А.15

Санітарний стан насадження на ПП15 Івницькому лісництві (кв. 9, вид. 7)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	2	10	7	11	0	2	32	3,09
2	3	9	6	10	2	3	33	3,24
3	5	8	11	7	3	2	36	3,03
4	9	2	8	9	1	0	29	2,69
5	5	10	5	5	2	1	28	2,71
6	3	5	5	7	4	3	27	3,48
7	5	7	9	5	4	2	32	3,06
8	5	3	11	8	2	2	31	3,16
9	4	8	8	11	3	0	34	3,03
10	1	9	10	4	2	1	27	3,00
Середньо зважений показник санітарного стану								3,05

Таблиця А.16

Санітарний стан насадження на ПП16к Івницькому лісництві (кв. 5, вид. 5)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	15	5	1	0	0	0	21	1,33
2	17	8	1	0	0	0	26	1,38
3	27	8	0	1	0	0	36	1,31
4	21	8	0	0	0	0	29	1,28
5	25	7	0	1	0	0	33	1,30
6	22	9	0	1	0	0	32	1,38
7	6	4	2	0	1	0	13	1,92
8	24	5	2	1	0	0	32	1,38
9	18	9	1	0	1	0	29	1,52
10	18	8	1	1	1	0	29	1,59
Середньо зважений показник санітарного стану							280	1,44

Продовження додатку А

Таблиця А.17

Санітарний стан насадження на ПП17 Івницькому лісництві (кв. 65, вид. 13)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	4	9	5	8	2	2	30	3,03
2	10	10	3	7	4	1	35	2,66
3	2	3	5	5	4	3	22	3,68
4	5	12	4	10	4	2	37	3,05
5	5	6	11	3	2	2	29	2,90
6	7	9	3	9	3	2	33	2,94
7	4	3	10	6	2	2	27	3,19
8	4	3	11	6	4	2	30	3,30
9	2	5	7	7	2	1	24	3,21
10	2	7	4	9	5	2	29	3,48
Середньо зважений показник санітарного стану								3,14

Таблиця А.18

Санітарний стан насадження на ПП18 Івницькому лісництві (кв. 72, вид. 2)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	1	8	8	8	5	1	31	3,35
2	1	8	7	8	4	2	30	3,40
3	2	2	8	8	3	2	25	3,56
4	2	8	9	8	5	2	34	3,35
5	2	5	9	10	2	0	28	3,18
6	1	4	10	12	5	1	33	3,58
7	1	5	8	12	3	1	30	3,47
8	2	8	8	10	3	1	32	3,22
9	2	4	5	9	4	0	24	3,38
10	4	5	12	9	1	0	31	2,94
Середньо зважений показник санітарного стану								3,34



Продовження додатку А

Таблиця А.19

Санітарний стан насадження на ПП19<sub>к</sub> Меленівському  
лісництві (кв.40, вид. 59)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	17	12	1	1	0	0	31	1,55
2	15	12	1	0	0	0	28	1,50
3	20	14	1	0	0	0	35	1,46
4	14	11	1	1	0	0	27	1,59
5	18	10	1	1	0	0	30	1,50
6	10	9	1	0	0	0	20	1,55
7	15	11	0	1	0	0	27	1,52
8	22	10	1	0	0	0	33	1,36
9	17	6	0	0	1	0	24	1,42
10	15	10	1	0	0	0	26	1,46
Середньо зважений показник санітарного стану							281	1,49

Таблиця А.20

Санітарний стан насадження на ПП20 Меленівському лісництві (кв. 55,  
вид. 8)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	4	12	17	7	3	0	43	2,84
2	3	9	17	6	5	4	44	3,30
3	3	8	17	5	9	0	42	3,21
4	2	8	12	4	5	0	31	3,06
5	4	8	14	5	1	0	32	2,72
6	1	2	5	14	2	3	27	3,85
7	1	5	11	15	6	1	39	3,59
8	4	2	14	12	3	0	35	3,23
9	5	4	6	10	1	0	26	2,92
10	1	4	12	10	2	0	29	3,28
Середньо зважений показник санітарного стану								3,20

## Продовження додатку А

Таблиця А.21

Санітарний стан насадження на ПП21 Меленіському лісництві (кв. 8, вид. 12)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	3	11	15	5	2	1	37	2,86
2	2	6	14	4	3	5	34	3,44
3	2	5	15	3	5	1	31	3,23
4	1	6	10	2	3	1	23	3,13
5	2	5	11	3	2	1	24	3,04
6	2	4	6	12	1	2	27	3,44
7	3	3	13	13	4	2	38	3,47
8	2	1	11	10	2	1	27	3,44
9	1	2	2	12	1	1	19	3,68
10	2	2	10	9	3	1	27	3,44
Середньо зважений показник санітарного стану								3,32

Таблиця А.22

Санітарний стан насадження на ПП22<sub>к</sub> Меленіському лісництві (квартал 32, виділ 10)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	18	10	1	1	0	0	30	1,50
2	20	11	1	1	0	0	33	1,48
3	19	9	2	0	0	0	30	1,43
4	17	10	2	0	0	0	29	1,48
5	21	9	0	1	1	0	32	1,50
6	18	12	1	1	0	0	32	1,53
7	20	5	1	1	0	1	28	1,54
8	22	10	1	1	0	0	34	1,44
9	16	11	0	0	1	0	28	1,54
10	19	8	1	0	0	1	29	1,52
Середньо зважений показник санітарного стану								1,50

Продовження додатку А

Таблиця А.23

Санітарний стан насадження на ПП23 Меленівському лісництві

(кв. 7, вид. 4)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	4	17	9	6	2	0	38	2,61
2	12	9	11	3	2	0	37	2,30
3	5	7	11	2	2	1	28	2,71
4	5	9	8	2	1	0	25	2,40
5	11	9	5	7	2	0	34	2,41
6	5	7	13	4	2	0	31	2,71
7	5	9	12	7	1	1	35	2,80
8	2	9	11	8	1	1	32	3,00
9	7	13	6	3	1	0	30	2,27
10	5	7	11	6	5	0	34	2,97
Середньо зважений показник санітарного стану								2,62

Таблиця А.24

Санітарний стан насадження на ПП24 Меленівському лісництві

(кв. 55, вид. 13)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	2	11	15	9	2	1	40	3,03
2	2	10	9	8	7	2	38	3,37
3	5	6	15	7	5	2	40	3,18
4	3	10	10	3	2	1	29	2,79
5	4	11	14	5	3	0	37	2,78
6	3	2	10	14	4	3	36	3,64
7	2	7	14	11	7	1	42	3,40
8	5	7	12	14	2	1	41	3,10
9	1	8	7	14	2	0	32	3,25
10	2	6	11	10	4	1	34	3,32
Середньо зважений показник санітарного стану								3,19

Продовження додатку А

Таблиця А.25

Санітарний стан насадження на ПП25<sub>к</sub> Меленівському лісництві  
( кв. 33, вид. 59)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	18	10	2	0	0	0	30	1,47
2	21	8	2	1	0	0	32	1,47
3	19	9	1	0	0	0	29	1,38
4	18	11	1	0	1	0	31	1,55
5	17	10	0	1	0	0	28	1,46
6	19	8	0	1	0	0	28	1,39
7	20	8	1	1	0	1	31	1,58
8	18	9	1	0	1	0	29	1,52
9	21	5	1	0	0	1	28	1,43
10	19	8	1	0	1	0	29	1,48
Середньо зважений показник санітарного стану							295	1,47

Таблиця А.26

Санітарний стан насадження на ПП26 Меленівському лісництві  
( кв. 62, вид. 31)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	3	20	8	5	1	1	38	2,58
2	10	11	8	4	3	0	36	2,42
3	4	8	10	3	1	2	28	2,82
4	6	11	9	1	2	1	30	2,50
5	9	11	7	8	1	1	37	2,57
6	6	9	11	4	3	1	34	2,76
7	4	10	11	8	2	0	35	2,83
8	2	9	11	8	1	0	31	2,90
9	8	12	7	4	2	0	33	2,39
10	6	8	14	8	4	0	40	2,90
Середньо зважений показник санітарного стану								2,67

Продовження додатку А

Таблиця А.27

Санітарний стан насаджень на ПП27 Меленівському лісництві  
( кв.48, вид. 23)

Номер пробної площі	Категорія стану дерев						Кількість дерев на пробній площі, шт	Показник санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI		
	кількість дерев за категоріями стану, шт.							
1	3	20	8	5	1	1	38	2,58
2	10	11	8	4	3	0	36	2,42
3	4	8	10	3	1	2	28	2,82
4	6	11	9	1	2	1	30	2,50
5	9	11	7	8	1	1	37	2,57
6	6	9	11	4	3	1	34	2,76
7	4	10	11	8	2	0	35	2,83
8	2	9	11	8	1	0	31	2,90
9	8	12	7	4	2	0	33	2,39
10	6	8	14	8	4	0	40	2,90
Середньо зважений показник санітарного стану								2,67















































КАРТА - СХЕМА  
ДП Коростенський ЛГ АПК  
Меленівське лісництво  
кв 8 вид 12  
Площа 7,7 га



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ОСНОВНИЙ ЕЛЕМЕНТ ЛІСУ	ГРУПИ ВІКУ					ЛІСОВІ КУЛЬТУРИ	СІЛЬСЬКО-ГОСПОДАРСЬКІ ОБ'ЄКТИ	Межі адміністративного і господарського поділу					
	молодіжні	середньовікові	старовікові	старі	старі			ДЕРЖАВИ	СБЛАСТЕЙ	РАЙОНІВ	МІСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ	СІЛЬСЬКИХ РАД	ЗАПОВІДНИКІВ, НАЦ. ПАРКІВ
СОСНА, ШИПШ								ДЕРЖАВИ	СБЛАСТЕЙ	РАЙОНІВ	МІСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ	СІЛЬСЬКИХ РАД	ЗАПОВІДНИКІВ, НАЦ. ПАРКІВ
ЯЛИКА, БІЛИЙ ДІБ								БЕРЖАНІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ	ЛІСНИЦТВ	МАЙСЬТЕРСЬКИХ ДІЛЬНИЦЬ	ОБХОДІВ		
ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ НА ПІСІВНИ								Квартальні просіки, дороги та інші лінії					
ГРІВ, ШИПШ								Просіки					
ЯЛИКА, БІЛИЙ ДІБ								шириною до 5 м	шириною 5 - 10 м	по м'якому схилу	по проміжковим розривам	по дорожкам	з нахилом можливі
БЕРЕКА								шириною до 10 м	шириною більше 10 м	по природній висоті	по природній висоті	за лінійним широкослідами	за лінійним вузькослідами
ВІСЛА ЧОРНА								шляхи	дорожки	дорожки	лісові дороги	лісові стежки	лінії за жук
СОСНА, БІЛИЙ ДІБ								лінії електромережі	газових мереж	нафтопроводів	водопроводів	мотороудові лінії	жук
ЛІСА, ТУПІК, ВІСЛА								Гідрогрефії					
ІНШІ ДЕРЕВНІ ПОСОДИ								озера, ставки	річки	меліоративні канали	дільники	не обгороджені	огорожені з макс. відстанню від
МОХОВИКИ								Контори лісових підприємств, населені пункти, інші об'єкти					
								лісово-господарських підприємств	лісових господарств	лісових господарств	лісових господарств	населені пункти	лотки для стосування лісу
								Категорії земель					
								Рілля		Лісові		Голова	
								хвойні	листяні	лісові розсадники	лісові школи	деревно-трав'яні	чгарно-трав'яні
								арбу	затрачені, замінені насадженнями	переліки	сади	болота	очередна і тростина росл
								L L L	L L L	L L L	L L L	L L L	L L L
								Р	Р	Р	Р	Р	Р

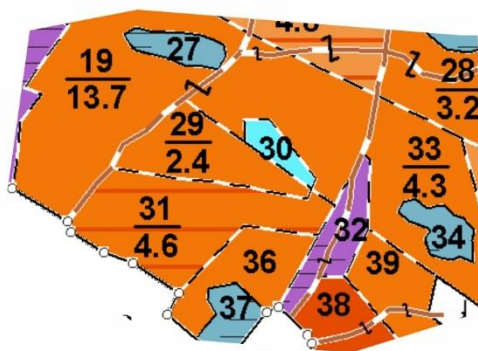








КАРТА - СХЕМА  
ДП Коростенський ЛГ АПК  
Меленівське лісництво  
кв 62 вид 31  
Площа 4,6 га



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ОСНОВНИЙ ЕЛЕМЕНТ ЛІСУ	ГРУПИ ВІКУ					ЛІСОВІ КУЛЬТУРИ	Спеціальні лісові культури	Межі адміністративного і господарського поділу					
	молодіжні	середньовікові	старовікові	старі	дуже старі			ДЕРЖАВИ	СБЛАСТЕЙ	РАЙОНІВ	МІСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ	СІЛЬСЬКИХ РАД	ЗАПОВІДНИКІВ, НАЦ. ПАРКІВ
СОСНА, ШИПШ								ДЕРЖАВИ	СБЛАСТЕЙ	РАЙОНІВ	МІСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ	СІЛЬСЬКИХ РАД	ЗАПОВІДНИКІВ, НАЦ. ПАРКІВ
ЯЛИКА, БІЛІЙКА								БЕРЯЖНИХ ПІДПРИЄМСТВ	ЛІСНИЦТВ	МАЙСЬКЕРСЬКИХ ДІЛЬНИЦЬ	ОБХОДІВ		
ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ НА ЧЕРВОНИЙ ВУСІ								Квартальні просіки, дороги та інші лінії					
ГМЕЛ, ШИПШ								Просіки					
ЯЛИКА, БІЛІЙКА								шириною до 5 м	шириною 5 - 10 м	по м'якому схилу	по пролітково-розривах	по дорогах	з нахилом можливі
АКАЦІЯ БІЛА, СІДІВКА								шириною до 10 м	шириною більше 10 м	поперечні в'язи	таксіційні в'язи	залишки широкосілля	залишки вузькосілля
БЕРЕКА								шпал	дороги	дороги	лісові дороги	лісові сточки	лінії за жук
ВІСЛА ЧОРНА								лінії електромереж	газових мереж	нафтопроводів	водопроводів	мотороудних ліній	хребтів
СОСНА, БІЛАЯ СІРКА								Гідрогеографія					
ТОПІЛКА, ВІРБА								озера, ставки	річки	меліоративні канали	дільця	не оброблені	погодді з макс. падінням води
ЯЛИКА, ТОПІЛКА								Контори лісових підприємств, населені пункти, інші об'єкти					
ЯЛИКА, ТОПІЛКА								лісові підприємства	лісові кордони	лісові пункти	населені пункти	лотки для стосування лісу	
ЯЛИКА, ТОПІЛКА								Категорії земель					
ЯЛИКА, ТОПІЛКА								Річчолеса		Лісові розсадники		Глистяні	
ЯЛИКА, ТОПІЛКА								хвойні	листяні	лісові школи	деревина твч.	чарнішків	чарнішків
ЯЛИКА, ТОПІЛКА								аруби	зтаріли, заміби	переліки	сади	болота	очеретина і тростина росл
ЯЛИКА, ТОПІЛКА								L L L	L L L	L L L	L L L	L L L	L L L
ЯЛИКА, ТОПІЛКА								L L L	L L L	L L L	L L L	L L L	L L L
ЯЛИКА, ТОПІЛКА								L L L	L L L	L L L	L L L	L L L	L L L





## ДОДАТОК В

## Список публікацій здобувача

## 1. Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

## 1.1. У наукових фахових виданнях України:

1. Романчук Л. Д., Діденко П. В. Еколого-біологічні властивості збудника хвороби Шютте на сосні звичайній (*Pinus sylvestris* L.) в умовах лісів Полісся Житомирщини. *Наукові горизонти*. 2019. № 07(80). С. 37. doi: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-3-7 (1,03/0,61 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: проведено дослідження хвороб сосни звичайної, сформульовано висновки та рекомендації).
2. Діденко П. В., Романчук Л. Д., Бойко О. А., Сус Н. П., Демченко О. А., Орловський А. В., Бойко А. Л. Ріст і розвиток садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) за впливу біоорганічних композицій з базидіоміцетів та наночастинок діоксиду церію. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. Вип. 30. С. 6166. doi: 10.35868/1997-3004.30.61-66 (0,92/0,51 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: проведено комплексне дослідження впливу препаратів, здійснено заміри біометричних показників сосни звичайної).
3. Швець М. В., Марков Ф. Ф., Фітісов А. М., Діденко П. В. Аналіз фінансово-господарської діяльності лісогосподарських підприємств в умовах економічної та екологічної нестабільності. *Наукові горизонти*. 2020. № 06(91). С. 92100. doi: 10.33249/2663-2144-2020-91-6-92-100 (1,09/0,31 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: проведено комплексний аналіз діяльності лісогосподарських підприємств, сформульовано висновки та рекомендації).
4. Діденко П. В., Устименко В. І., Бакай Б. Я. Лісові пожежі на Поліссі та їх вплив на довкілля. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість* : наук.-техн. зб. Львів : НЛТУ України, 2019. Вип. 45. С. 138–145. (0,90/0,59 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: збір даних щодо динаміки пожеж на території Полісся, формулювання висновків).
5. Романчук Л. Д., Діденко П. В. Вплив препарату Біоекофунге-С на ріст та розвиток садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 198–204. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022->

[171-1-198-204](#) (0,87/0,49 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: здійснено збір даних, заміри біометричних показників сянці сосни звичайної, сформульовано висновки).

6. Романчук Л. Д., Діденко П. В. Санітарний стан соснових насаджень Полісся Житомирщини. *Агробіологія*. 2022. № 2. С. 120–127. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-174-2-130-136> (1,11/0,71 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: оцінено санітарний стан соснових насаджень).

### 1.2. В іноземному науковому періодичному виданні:

7. Romanchuk L., **Didenko P.**, Sus N., Ustymenko V., Orlovskiy A. Scots Pine Seedlings Growth Under Different Ca/Mn Soil Ratios. *International Journal of Ecotoxicology and Ecobiology*. 2021. № 6(2). P. 34–40. doi: 10.11648/j.ijee.20210602.12 (0,72/0,39 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора*: відбір зразків, аналіз отриманих хімічних показників ґрунту).

### 2. Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. **Didenko P.** Observation of climate change impact on the forest ecosystems of Ukrainian Polissia. *Прикладні науково-технічні дослідження* : матеріали V Міжнар. наук.-прак. конф., 5-7 квіт. 2021 р. Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г. М., 2021. P. 1011. (0,25 ум. друк. арк.).

9. **Didenko P.**, Bakay B. Influence of climatic indicators on the stability of pine plantations in Polissia. *6th International Youth Congress «Sustainable Development: Environmental Protection. Energy Saving. Sustainable Environmental Management»* : proceedings 09-10 February 2021. Lviv: Western Ukrainian Consulting Center (ZUKC), 2021. P. 151. (0,1 ум. друк. арк.).

10. Діденко П. В. Оцінювання впливу зміни клімату на лісові екосистеми Українського Полісся. *Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку* : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. студ., маг., аспір., молодих вчених і викладачів, 26 берез. 2020 р. Малин : Вид-во МЛТК, 2020. С. 81–86. (0,7 ум. друк. арк.).

11. Bakay B. Ya., Horzov S. V., **Didenko P. V.** Interferometric synthetic aperture radar as a monitoring tool for a forest stand. *Applied Scientific and Technical Research* : proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, 1-3 Apr. 2020. Ivano-Frankivsk : Vasyl Stefanyk Precarpathian National

University, 2020. Vol. 2. P. 1213. (0,19/0,1 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора: аналітичний огляд*).

12. Bakaу B. Ya., Horzov S. V., **Didenko P. V.** Practice method of neural network processing. *Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн* : зб. тез доп. XX Міжнар. конф. наук.-педаг. прац., наук. співроб. та аспірантів, 19-20 берез. 2020 р. Київ, 2020. С. 94–96. (0,25/0,09 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора: аналіз методу нейромережевої обробки*).

13. **Діденко П. В.**, Сус Н. П., Орловський А. В., Демченко О. А., Бойко О. А., Романчук Л. Д. Поширення та профілактика хвороби Шютте на сосні звичайній в умовах Полісся. *Екологічна наукова діяльність: в концепції сталого розвитку* : зб. статей наук.-практ. конф. з міжнар. участю, 4 груд. 2018 р. Житомир : Вид-во ЕЦ «Укрекобіокон», 2018. С. 79–80. (0,12/0,04 ум. друк. арк. *Особистий внесок автора: опрацювання та узагальнення поширеності хвороби*).



ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНЕ СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ГОСПОДАРСЬКЕ  
ПІДПРИЄМСТВО «ЛІСИ УКРАЇНИ»  
(ДП «ЛІСИ УКРАЇНИ»)

**Філія «Коростишівське лісове господарство»**

вул. Промислова будинок 9, с. Мамрин, Житомирський р-н, Житомирська область, 12525,

Код ЄДРПОУ 44990770.

*Ліг 04.04.2023 № 21 ліх*

**Довідка**

про провадження результатів дисертаційної роботи Діденка Павла Володимировича на тему «Еколого-кліматичні чинники масового всихання соснових лісів Житомирського Полісся»

Використання результатів наукової роботи дозволить своєчасно і якісно оцінювати санітарний стан сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та проведення лісгосподарських заходів на обмеження поширення шкідників та хвороб в умовах господарства. Значущість результатів дозволить вирощувати якісний садивний матеріал та створювати стійкі насадження в умовах зміни клімату.

Результати мають теоретичну та практичну цінність.

Головний лісничий  
Філії «Коростишівське ЛГ»



Леонід КОСТЮК

ЖОКАП «ЖИТОМИРОБЛАГРОЛІС»  
 ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ  
 Дочірнє підприємство «Коростенський лісгосп АПК»  
 Житомирського обласного комунального агролісгосподарського  
 підприємства  
 «ЖИТОМИРАГРОЛІС» Житомирської обласної ради  
 вул. Шевченка, 61, м. Коростень, Житомирська область, 11501, тел. (04142)9-63-63  
 Код ЄДРПОУ 30913009  
 E-mail: Korostenka\_apk@ukr.net

*15.04.2022 11:26*

#### АКТ

про впровадження використання результатів дисертаційної роботи "Еколого-кліматичні чинники масового висихання соснових лісів Житомирського Полісся"

Діденка Павла Володимировича

Результати наукових досліджень дисертаційної роботи Діденка П.В. використовуються у ДП «Коростенський ЛГ АПК» при отриманні високоякісного посадкового матеріалу, які включають передпосівну обробку насіння біопрепаратами.

Оцінювання за допомогою індексу санітарного стану у насадженнях дозволяє визначити заходи, які необхідні для покращення деревостану, та запобігти поширенню шкідників та хвороб. Вирощувати оптимальних за складом та екологічно стійких соснових деревостанів, та використовувати раціонально природні ресурси. Методичні рекомендації використовуються у виробничій діяльності підприємства з метою підвищення лісгосподарського виробництва.

Головний лісничий  
 ДП «Коростенський ЛГ АПК»



*Анатолій ПОЛІЩУК*

## Продовження додатку Д



ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ  
 ДЕРЖАВНЕ СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ГОСПОДАРСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО  
 «ЛІСИ УКРАЇНИ»

Філія «Київське лісове господарство» Державного спеціалізованого підприємства «Ліси України»

(Філія «Київське лісове господарство» ДП «Ліси України»)

вул. Лісна, 15, с. Стоянка, Бучацький район, Київська область, 08114, т/ф 451-20-31, ф/ф 447860326551, Код ЄДРПОУ 45113540.

*ky 11.04.2023 118-4*

#### Довідка

про провадження результатів дисертаційної роботи Діденка Павла Володимировича на тему "Еколого-кліматичні чинники масового висихання соснових лісів Житомирського Полісся"

Результати наукових досліджень Діденко П.В., які представлені у роботі мають теоретичну та практичну цінність. Основні положення роботи використовуються підприємством у господарській діяльності. Проведення сучасної екологічної оцінки санітарного стану соснових насаджень дозволяє у практичному лісівництві та у заходах догляду за лісом в умовах зміни клімату та рекомендації щодо створення стійких лісових насаджень.

Матеріали мають науковий характер та впровадженні у виробництво.

Директор



Тарас ГРОМІК



## ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008; тел.: (0412) 47-13-36; тел./факс: (0412) 47-21-85  
E-mail: mail@polissiauniver.edu.ua; www.polissiauniver.edu.ua; код мбню з ЄДРПОУ 00493681

від 18.04.2023 № 480/0112

на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 20\_\_

### АКТ

#### Про впровадження/використання результатів дисертаційної роботи у навчальний процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему: «Еколого-кліматичні чинники масового висихання соснових лісів Житомирського Полісся», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 101 – «Екологія» виконаної **ДІДЕНКОМ Павлом Володимировичем** впроваджено у навчальну програму при викладанні дисциплін: «Моніторинг довкілля», «моделювання та прогнозування стану довкілля», «Збалансоване природокористування», «Оцінка впливу на довкілля», «Екологічна безпека».

Результати дисертаційної роботи **ДІДЕНКА** Павла Володимировича, щодо оцінки санітарного стану соснових насаджень, використовуються під час читання лекцій, проведення практичних занять, а також під час проведення наукових досліджень на кафедрі екології у підготовці фахівців ОС «Бакалавр», «Магістр» за напрямом екології зі спеціальності 101 «Екологія» Поліського національного університету.

Ректор університету




Керівник навчально-наукового  
центру організації освітнього  
процесу

Декан факультету лісового  
господарства та екології

 Олег СКИДАН

 Тетяна УСЮК

 Анатолій ВИШНЕВСЬКИЙ

