

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

МАТУСЕВИЧ ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ

УДК 630*187 : 630*228.125

ДИСЕРТАЦІЯ

**ЯЛИНОВІ ЛІСИ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО МАКРОСХИЛЮ
УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН**

205 – Лісове господарство

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, наукових результатів і цитат супроводжується належними посиланнями на їх авторів та джерела опублікування



О.Б. Матусевич

Науковий керівник: Лавний Василь Володимирович, доктор
сільськогосподарських наук, професор

АНОТАЦІЯ

Матусевич О.Б. Ялинові ліси північно-східного макросхилу Українських Карпат в умовах кліматичних змін. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 205 – "Лісове господарство" (галузь знань 20 – "Аграрні науки та продовольство"). Національний лісотехнічний університет України. Львів. 2024.

Дисертаційна робота присвячена аналізу типологічної структури ялинових лісів північно-східного макросхилу Українських Карпат, встановленню динаміки площ і запасів деревини ялинових деревостанів у регіоні дослідження за 1988-2018 роки, дослідженню продуктивності ялинників у переважаючих типах лісу, прогнозу росту ялинових деревостанів, вивченню їхнього санітарного стану, оцінювання радіального приросту дерев ялини європейської та лісівничим заходам щодо адаптації ялинових лісів до кліматичних змін.

Для виконання завдань дисертаційного дослідження було застосовано загальноприйняті методики для закладання пробних площ та аналізу експериментального матеріалу. Польові дослідження виконано на 41 пробній ділянці, що були розташовані в ялинових деревостанах двох переважаючих типів лісу (волога високогірна сушмеречина і волога буково-ялицева сушмеречина) на території семи колишніх державних лісгосподарських підприємств: "Боринське лісове господарство", "Вигодське лісове господарство", "Осмолодське лісове господарство", "Делятинське лісове господарство", "Верховинське лісове господарство", "Гринявське лісове господарство" та "Путильське лісове господарство".

Для оцінювання радіальних приростів дерев ялини європейської нами на 41 пробній площі було відібрано 205 кернів. Вони бралися на кожній пробній площі з п'яти найтовстіших (надпанівних) дерев ялини європейської. Підготовлені керни вимірювали на устаткуванні лабораторії дендроекології кафедри лісівництва НЛТУ України, яке включає вимірювальний прилад LinTab

6 на основі програмного забезпечення TSAPWin.

Встановлено, що загальною тенденцією в динаміці поширення ялинових лісів в усіх трьох адміністративних областях на північно-східному макросхилі Українських Карпат є істотне зменшення їхньої площі впродовж останніх 30 років. Якщо у 1988 р. площа ялиників у регіоні досліджень становила 594,0 тис. га, то у 2018 р. – 389,613 тис. га, що на 204,387 тис. га менше (-34,4 %). У динаміці загального запасу ялинових деревостанів максимальне значення спостерігалось у 2002 р. – 158,141 млн. м³. У розрізі адміністративних областей впродовж останніх 30 років найбільше скорочення площі ялиників відбулося у Львівській області – ялинових лісів тут стало менше на 79,6 тис. га, що порівняно з 1988 р. становить -53,5 %.

У розрізі груп віку впродовж останніх 30 років в усіх трьох адміністративних областях відмічено загальну тенденцію до зменшення частки молодняків та збільшення площі стиглих і перестійних ялинових деревостанів. Найбільше зменшення частки молодих ялинових деревостанів спостережено в Івано-Франківській області. Якщо в 1988 р. вони займали 53,4 % від загальної площі ялиників у цій області, то в 2018 р. – лише 14,8 %. Водночас частка стиглих і перестійних ялинових деревостанів на Івано-Франківщині збільшилася від 5,3 % у 1988 р. до 19,2 % у 2018 р. Загалом у 2018 р. на північно-східному макросхилі Українських Карпат структура площі ялинових лісів за групами віку була такою: молодняки – 70912 га (18,2 %), середньовікові деревостани – 183106 га (47,0 %), пристиглі – 63025 га (16,2 %), стиглі і перестійні – 72571 га (18,6 %). У 2018 р. у групі віку перестійних ялинових деревостанів було зосереджено 6,305 млн. м³ деревини на площі 15,411 тис. га. Середній запас у перестійних ялиниках у 2018 р. становив 409 м³/га.

Середній вік ялинових деревостанів впродовж останніх десятиліть постійно збільшується. Якщо в 1996 р. він становив 51 рік, то в 2018 р. – 67 років.

Загалом на північно-східному макросхилі Українських Карпат спостережено збільшення продуктивності ялинових деревостанів, про що

свідчить середнє значення запасу деревини – у 1988 р. він становив 229 м³/га, а у 2018 р. – 344 м³/га. Пояснюється це, насамперед, збільшенням середнього віку ялинових лісостанів.

Аналіз повидільної бази даних Українського державного проектного лісовпорядного виробничого об'єднання "Укрдержліспроект" станом на 2018 р. показав, що в Українських Карпатах ялина формує як чисті, так і мішані за складом деревостани у шести найпоширеніших типах лісу: вологий чистоялиновий субір (16336,6 га), волога високогірна сусмєречина (78185,2 га), волога букова сусмєречина (12741,7 га), волога ялицєва сусмєречина (18006,4 га), волога буково-ялицєва сусмєречина (133757,8 га) та волога буково-ялицєва сусмєречина (25249,2 га). Частка цих шести типів лісу становить 95,8 % від загальної площі ялинової групи типів лісу.

Чисті за складом ялинові деревостани вологого субору займають найвищі місцеположення на рівні 1200-1600 м над рівнем моря (н.р.м.), виконують ґрунтозахисні функції і належать до категорії захисних лісів. Вони розміщені на стрімких і дуже стрімких схилах, характеризуються невисокими класами бонітету (II-III) і природним походженням, належать переважно до групи середньовікових деревостанів, формують середньоповнотні лісостани із запасом деревини у віці рубки головного користування 400-450 м³/га. Ялинові деревостани вологої високогірної сусмєречини займають дещо нижчі місцеположення на рівні 900-1300 м н.р.м., належать до протиерозійних лісів, є здебільшого середньовіковими, середньоповнотними, розміщуються на спадистих і стрімких схилах, мають переважно штучне походження, I-II клас бонітету, запаси деревини у віці головного користування 500-550 м³/га. Лісостани вологої букової сусмєречини та вологої ялицєвої сусмєречини займають висоти від 1000 до 1300 м н.р.м., належать переважно до об'єктів природно-заповідного фонду, характеризуються I-I^a класами бонітету, переважанням природного походження над штучним, є середньоповнотними, нагромаджують близько 500 м³/га деревини у віці рубки головного користування. Деревостани вологої буково-ялицєвої сусмєречини є

найпоширенішими у регіоні дослідження, мають складну вертикальну будову, характеризуються високими класами бонітету (I-I^a, а в окремих випадках I^b), є біологічно стійкими, високопродуктивними (600-650 м³/га), займають висоти від 800 до 1300 м н.р.м., представляють переважно категорію експлуатаційних лісів, займають спадисті та стрімкі схили, є середньоповнотними. Лісові насадження вологої буково-ялицевої смеречини є найпродуктивнішими серед ялинових типів лісу, формують запаси у віці головного користування близько 700-750 м³/га, займають найнижчі висоти (750-1100 м н.р.м.), менш стрімкі схили, є середньоповнотними та високобонітетними, належать переважно до категорії експлуатаційних лісів і групи середньовікових деревостанів.

Найбільші площі високоповнотних деревостанів ялини (0,8 і вище) представлені у лісовому фонді лісогосподарських підприємств Івано-Франківської (53,6 %) та Чернівецької (54,9 %) областей.

Згідно з розробленою моделлю прогнозу росту ялинових деревостанів I класу бонітету в умовах вологої високогірної сушмеречини, у віці 100 років вони будуть мати такі таксаційні показники: середня висота – 29,6 м, середній діаметр – 31,8 см, сума площ поперечних перерізів – 40,4 м², густина деревостану – 510 дерев/га, запас деревостану – 563 м³/га. Ялинові деревостани I^a класу бонітету в умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини будуть мати у віці 100 років такі таксаційні показники: середня висота – 33,4 м, середній діаметр – 39,8 см, сума площ поперечних перерізів – 41,2 м², густина деревостану – 331 дерев/га, запас деревостану – 652 м³/га.

Встановлено, що середня зміна запасу (без урахування відпаду) у віці 100 років за переважаючої відносної повноти 0,7 у вологій високогірній сушмеречині становить 5,7 м³/га, а у вологій буково-ялицевій сушмеречині – 6,6 м³/га за рік. Для нормальних деревостанів з відотною повнотою 1,0 вона може досягати відповідно 8,1 м³/га за рік у типі лісу С₃-См і 9,4 м³/га за рік у типі лісу С₃-бк-яцСм.

Аналіз показників форми кривих розподілу кількості дерев (асиметрія, ексцес) відносно ступенів товщини виявив характерні правосторонню асиметрію

і туповершинність. Стосовно асиметрії, то її значення свідчать про зосередження більшої кількості дерев у менших ступенях товщини і меншої кількості – у більших. У молодшому віці абсолютні значення асиметрії є значно вищими порівняно зі старшими ялиновими деревостанами, що свідчить про незавершену диференціацію дерев на цій стадії розвитку деревостанів.

Порівняння динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів згідно з нашою моделлю та з існуючими таблицями ходу росту Є.І. Цурика та Г.А. Ходота показує незначні відхилення для більшості класів віку. В умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини максимальне відхилення за нашою моделлю порівняно з даними Є.І. Цурика було зафіксовано у віці 40 років і воно становило: для середньої висоти – +8,7 %, середнього діаметра – +13,7 %, запасу деревостану – +23,3 %, видового числа – +8,0 %. Найбільше відхилення у цьому типі лісу зафіксовано для густоти деревостану, яке становило -29,7 % у віці 80-90 років (порівняно з таблицями ходу росту ялинових деревостанів Є.І. Цурика). В умовах вологої високогірної сушмеречини найбільше відхилення середньої висоти спостережено також у віці 40 років і становить +7,9 % порівняно з таблицями ходу росту ялинових деревостанів Є.І. Цурика. Максимальне відхилення середнього діаметра сягає -15,4 % у віці 40 років (порівняно з даними Г.А. Ходота), видового числа – -11,2 % у віці 120 років (порівняно з даними Г.А. Ходота), запасу деревостану – +17,5 % у віці 40 років (порівняно з даними Є.І. Цурика), а густоти деревостану – +15,1 % також у віці 40 років (порівняно з таблицями ходу росту ялинових деревостанів Г.А. Ходота).

За даними метеостанцій, розташованих в різних частинах Українських Карпат (Турка, Славське, Яремче, Пожежевська, Селятин) середньорічна температура повітря у 1991-2020 рр. зросла, порівняно з 1961-1990 рр., в середньому на 1,0 °С. Подібне зростання температури спостерігалася також для середньорічних температур найхолоднішого місяця року – січня та найтеплішого місяця – липня. Потепління клімату інтенсифікує розвиток хвороб дерев ялини.

Вони і були основною причиною всихання ялинових деревостанів. Впродовж п'яти аналізованих років від хвороб загинуло 104881,1 га деревостанів

ялини, що становить 73,0 % від загальної площі всохлих ялинових лісів. Друге місце за причиною загибелі займали стихійні явища (вітровали, буреломи, сніголоми, паводки та інші) – 21487,8 га і третє місце – шкідники ялини (17125,1 га). У середньому за рік площа загиблих ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат становила 28737 га.

Встановлено, що індекс санітарного стану ялинових деревостанів на 41 пробній площі коливався від 1,12 до 3,86. Цей показник залежить від низки факторів: вчасності проведення рубок формування і оздоровлення лісів, віку та повноти деревостану, класу бонітету, висоти над рівнем моря та ін.

Для покращення санітарного стану ялинових деревостанів та підвищення їхньої біотичної стійкості необхідно вчасно і правильно проводити лісівничі заходи. Насамперед це стосується санітарно-оздоровчих заходів. Затримка з проведенням санітарних рубок призводить до швидкого поширення шкідників і загибелі ялинових лісів на значних площах.

Досліджено, що впродовж всього ХХ ст. радіальний приріст дерев ялини європейської коливався в діапазоні 1,8-2,5 мм. Починаючи із 2000-го року, він показує тенденцію до зменшення. Температурні показники мали слабку тісноту зв'язку із величиною радіального приросту дерев. Найбільший вплив ці показники мали впродовж останніх 30 років (порівняно із даними 120-річного аналізованого періоду).

Рубки переформування у похідних ялинниках рекомендуємо розпочинати у віці 41-50 років. Площа "вікон" не повинна перевищувати 300 м². Інтенсивність рубки рекомендується в межах 20-25 % від запасу деревостану. Повторюваність рубки – 5 років.

Ключові слова: *Picea abies* [L.] Karst., Українські Карпати, тип лісу, лісівничо-таксаційні показники, прогноз росту, продуктивність, радіальний приріст, санітарний стан деревостанів, зміни клімату, висотна зональність, лісознавство.

ABSTRACT

Matushevych O.B. Spruce forests of the north-eastern macroslope of the Ukrainian Carpathians in the conditions of climate change. – Qualified scientific work as a manuscript.

Dissertation for earning the degree of Doctor of Philosophy, specialty 205 – “Forestry” (branch of knowledge 20 – “Agricultural Sciences and Food”). The Ukrainian National Forestry University, Lviv, 2024.

The dissertation work deals with the analysis of the typological structure of the spruce forests of the north-eastern macroslope of the Ukrainian Carpathians, determination of the dynamics of the areas and growing stock of spruce stands in the study region for the period 1988-2018, the study of the productivity of spruce forests in the predominant forest types, forecast for the growth of spruce stands, the study of their sanitary state, assessment of the radial increment of Norway spruce trees and silvicultural measures for the adaptation of spruce forests to climate change.

To perform the tasks of the dissertation research, generally accepted methods were used to lay out sample plots and analyze experimental material. Field studies were carried out in 41 sample plots located in spruce stands of two predominant forest types (high-mountain moist fairly fertile spruce forest type and moist beech-fir fairly fertile spruce forest type) in the territory of 7 former state forestry enterprises: the state enterprise *Borynia Forestry*, the state enterprise *Vyhoda Forestry*, the state enterprise *Osmoloda Forestry*, the state enterprise *Deliatyn Forestry*, the state enterprise *Verkhovyna Forestry*, the state enterprise *Hryniava Forestry*, the state enterprise *Putyla Forestry*.

To assess the radial increment of Norway spruce trees, we extracted 205 increment cores in 41 sample plots. They were taken in each sample plot from the 5 thickest (dominant) Norway spruce trees. The prepared cores were measured on the equipment of the Dendroecology Laboratory at the Department of Silviculture of the Ukrainian National Forestry University, this equipment includes the LinTab 6 measuring device based on the TSAPWin software.

It was established that the general trend in the dynamics of the distribution of spruce forests in all three administrative regions on the north-eastern macroslope of the Ukrainian Carpathians has been a significant decrease in their area over the past 30 years. In 1988, the area of spruce forests in the study region amounted to 594 thousand hectares, whereas in 2018 it was 389.613 thousand hectares, which is 204.387 thousand hectares less (-34.4 %). In the dynamics of the total standing volume of spruce stands, the maximum value was observed in 2002 – 158.141 million m³. In the context of administrative regions, over the past 30 years, the largest decrease in the area of spruce forests in hectares and percentages occurred in Lviv region – the spruce forests decreased by 79.6 thousand hectares, which is -53.5 % compared to 1988.

In the context of age groups, over the past 30 years, in all three administrative regions, a general trend has been noted towards a decrease in the proportion of young stands and an increase in the area of mature and overmature spruce stands. The largest decrease in the share of young spruce stands is observed in Ivano-Frankivsk region. In 1988 they occupied 53.4 % of the total area of spruce forests in this region, while in 2018 – only 14.8 %. At the same time, the share of mature and overmature spruce stands in Ivano-Frankivsk region increased from 5.3 % in 1988 to 19.2 % in 2018. In general, in 2018, on the north-eastern macroslope of the Ukrainian Carpathians, the structure of the area of spruce forests by age groups was as follows: young stands – 70,912 hectares (18.2 %), middle-aged stands – 183,106 hectares (47.0 %), maturing stands – 63,025 hectares (16.2 %), mature and overmature stands – 72,571 hectares (18.6 %). In 2018, 6.305 million m³ of wood was concentrated in the age group of overmature spruce stands in an area of 15.411 thousand hectares. The average growing stock in overmature spruce forests amounted to 409 m³/ha in 2018.

The average age of spruce stands has been constantly increasing in recent decades. In 1996 it was 51 years, while in 2018 it was 67 years.

In general, there is an increase in the productivity of spruce stands on the north-eastern macroslope of the Ukrainian Carpathians, as evidenced by the average value of the growing stock of the stands – in 1988 it was 229 m³/ha, and in 2018 – 344 m³/ha.

This is due, first of all, to an increase in the average age of spruce stands.

As of 2018, the analysis of the representative database of the Ukrainian state forest management production association "Ukrderzhlisproekt" showed that in the Ukrainian Carpathians spruce forms both pure and mixed stands in the six most common forest types: moist pure spruce stand of fairly infertile pine forest type (16,336.6 ha), high-mountain moist fairly fertile spruce forest type (78,185,2 ha), moist beech fairly fertile spruce forest type (12,741.7 ha), moist fir fairly fertile spruce forest type (18,006.4 ha), moist beech-fir fairly fertile spruce forest type (133,757.8 ha), and moist beech-fir fertile spruce forest type (25,249.2 ha). The share of these 6 forest types is 95.8 % of the total area of spruce forest types.

Pure spruce stands of moist fairly infertile pine forest types occupy the highest locations at 1,200-1,600 m above sea level (a.s.l.), they perform soil protective functions and belong to the category of protective forests, located on steep and very steep slopes, and are characterized by low site classes (classes II-III), they are of natural origin, belong mainly to the group of middle-aged stands, form medium-density stands with a supply of wood at the age of main felling of 400-450 m³/ha. Spruce stands of high-mountain, moist fairly fertile spruce forest type occupy somewhat lower locations at 900-1,300 m above sea level, belong to anti-erosion forests, are mainly middle-aged, of medium density, located on gentle and steep slopes, and are predominantly of artificial origin, of site classes I-II, the supply of wood at the age of main felling are 500-550 m³/ha. Forest stands of moist beech fairly fertile spruce forest type and moist fir fairly fertile spruce forest type, grow at an altitude from 1,000 to 1,300 m above sea level, belong mainly to the objects of the nature-reserve fund, are characterized by site classes I-I^a, the predominance of natural origin over artificial one, are of medium density, accumulate about 500 m³/ha of wood at the age of main felling. Stands of moist beech-fir fairly fertile spruce forest type are the most common in the study region, have a complex vertical structure, are characterized by high site classes (I-I^a, and in some cases I^b), are biologically stable, highly productive (600-650 m³/ha), grow at an altitude from 800 to 1,300 m above sea level, represent mainly the category of commercial forests, occupy gentle and steep slopes, are of medium density. Forest

stands of moist beech-fir fertile spruce forest type are the most productive among spruce types of forest, they form wood supply at the age of main felling of about 700-750 m³/ha, occupy the lowest altitudes (750-1,100 m above sea level), less steep slopes, are moderately dense and are of high site class, belong mainly to the category of commercial forests and the group of middle-aged stands.

The largest areas of high-density spruce stands (0.8 and above) are represented in the forest fund of forestry enterprises of Ivano-Frankivsk (53.6 %) and Chernivtsi (54.9 %) regions.

According to the developed growth forecast model for spruce stands of site class I in the conditions of high-mountain moist fairly fertile spruce forest type, at the age of 100, they will have the following mensuration indexes: the average height – 29.6 m, the average diameter – 31.8 cm, total basal area – 40.4 m², stand density – 510 trees/ha, stand growing stock – 563 m³/ha.

It was found that the average change in the growing stock (excluding mortality) at the age of 100 years at the prevailing relative density of 0.7 in the high-mountain moist fairly fertile spruce forest type (SF-type) is 5.7 m³/ha per year, and in the moist beech-fir fairly fertile spruce forest type (BE-F-SF-type) is 6.6 m³/ha per year. For normal stands with a relative density of 1.0, it can reach 8.1 m³/ha per year in the SF-type and 9.4 m³/ha per year in the BE-F-SF-type, respectively.

The analysis of the indicators of the shape of the distribution curves of the number of trees (asymmetry, excess) in relation to degrees of thickness revealed characteristic right-sided asymmetry and tree-top bluntness. As for asymmetry, its value indicates the concentration of a larger number of trees in smaller degrees of thickness and a smaller number in larger ones. At a younger age, the absolute values of asymmetry are significantly higher compared to older spruce stands, which indicates the incomplete differentiation of trees at this stage of stand development.

Comparison of the dynamics of mensuration indexes of spruce stands according to our model with the existing yield tables of Ye.I. Tsuryk and G.A. Khodot shows minor deviations for most age classes. In the conditions of the moist beech-fir fairly fertile spruce forest type, the maximum deviation of our model was recorded at the age

of 40 years compared to Ye.I. Tsuruk, and it was: for average height – +8.7 %, for average diameter – +13.7 %, for growing stock – +23.3 %, for form factor – +8.0 %. The largest deviation in this type of forest was recorded for the density of the forest stand and amounted to -29.7 % at the age of 80-90 years (compared to Ye.I. Tsuruk's yield tables for spruce stands). In the conditions of the high-mountain moist fairly fertile spruce forest type, the largest deviation of the average height is also observed at the age of 40 and is +7.9 % compared to Ye.I. Tsuruk's yield tables for spruce stands.

The maximum deviation of the average diameter reaches -15.4 % at the age of 40 years (compared to G.A. Khodot), form factor – -11.2% at the age of 120 years (compared to G.A. Khodot), the growing stock of the stand – +17.5 % at the age of 40 years (compared to Ye.I. Tsuruk), and the density of the stand – +15.1 % also at the age of 40 (compared to G.A. Khodot's yield tables for spruce stands).

According to the data from meteorological stations located in different parts of the Ukrainian Carpathians (Turka, Slavske, Yaremche, Pozhezhevskya, Seliatyn), the average annual air temperature in the period 1991-2020 increased by an average of 1.0 °C compared to the period 1961-1990. A similar increase in temperature was also observed for the average annual temperatures of the coldest month of the year – January and for the warmest month – July. The climate warming intensifies the development of spruce tree diseases.

It was these diseases that caused the drying-out of the Norway spruce stands. Over the five analyzed years, 104,881.1 hectares of Norway spruce stands died from diseases, which is 73.0 % of the total area of dried spruce forests. The second place in terms of the cause of death was due to natural phenomena (windthrow, wind breakage, snow breakage, floods, and others) – 21,487.8 ha, and the third place – spruce pests (17,125.1 ha). On average, the area of forest stands that died during a year on the north-eastern macroslope of the Ukrainian Carpathians was 28,737 hectares.

It was found that the health index of spruce stands in 41 sample plots ranged from 1.12 to 3.86. This indicator depends on a number of factors: the timeliness of felling to form and rehabilitate forests, the age and density of forests, site class, altitude above sea level and other factors.

In order to improve the sanitary condition of spruce stands and increase their biological stability, it is necessary to carry out silvicultural treatments in a timely and correct manner. First of all, this concerns forest health treatments. The delay in carrying out sanitary felling leads to the rapid spread of pests and the death of spruce forests over large areas.

As a result of studies, it was found that throughout the 20th century, the radial increment of Norway spruce trees fluctuated in the range of 1.8-2.5 mm. Starting in the year 2000, a decreasing trend has been observed. Temperature characteristics had a weak connection with the value of radial increment of trees. These indicators had the greatest influence during the last 30 years (compared to the 120-year analyzed period).

We recommend starting conversion fellings, with the purpose of regeneration of primary stands, in secondary spruce forests at the age of 41-50 years. The area of "gaps" should not exceed 300 m². The felling intensity is recommended to be 20-25 % of the growing stock. The cutting cycle is 5 years.

Key words: *Picea abies* [L.] Karst., Ukrainian Carpathians, forest type, forest mensuration index, growth forecast, productivity, radial increment, sanitary condition of forest stands, climate change, altitudinal zonation, forest science.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Матусевич, О.Б.** (2022). Лісівнича характеристика і таксаційна оцінка ялинових деревостанів північно-східного макросхилу Українських Карпат у панівних типах лісу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(5), 28-35. <https://doi.org/10.36930/40320504>

2. Лавний, В.В., & **Матусевич, О.Б.** (2022). Типологічна структура і продуктивність ялинових лісів Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 66-78. <https://doi.org/10.15421/412206> (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті).

3. Лавний, В.В., & **Матусевич, О.Б.** (2023). Динаміка таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 98-112. <https://doi.org/10.15421/412307> (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті).

Статті у наукових виданнях інших держав, що індексуються у базі даних Scopus

4. Spathelf, P., Lavnyu, V., **Matysevych, O.**, Danchuk, O., (2024). German-Ukrainian Efforts Towards Building Climate-Resilient Forests in Western Ukraine – First Results of Alternative Regeneration Systems. *Southeast Eur for* 15(1): early view. <https://doi.org/10.15177/seefor.24-04>. (Особистий внесок: збір експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті).

Тези і матеріали наукових доповідей

5. Лавний, В.В., **Матусевич, О.Б.**, Шпатгельф, П. (2021). Перші мартелоскоп-стаціонари в лісах України. *Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції "Актуальні питання використання та збереження природних ресурсів прикордонних територій України і Польщі"* (м. Львів,

11.05.2021 р.). Львів: СПОЛОМ, 2021. С. 50-52. (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, участь у написанні тез).

6. Шпатгельф, П., Лавний, В.В., **Матусевич, О.Б.** (2021). Integrate+ як інструмент збереження біорізноманіття у лісах. *Матеріали 71-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2020-2021 роках / Редкол.: С.І. Миклуш (відп. ред.) та ін.* Львів: РВВ НЛТУ України, 2021. С. 76-79. (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, участь у написанні тез).

7. Лавний, В.В., & **Матусевич, О.Б.** (2022). Праліси Українських Карпат як лабораторія для наближеного до природи лісівництва. *Науково-практичний семінар «Університети як осередки сталості та екологізації освіти»: матеріали семінару. Національний лісотехнічний університет України.* Львів: НЛТУ України, 2022. С. 38-40. (Особистий внесок: участь у написанні тез).

8. **Матусевич, О.Б.** (2023). Санітарний стан ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Матеріали 73-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2022-2023 роках,* 79-82. Львів: РВВ НЛТУ України.

9. Хомюк, П.Г., Лавний, В.В., Гаврилюк, С.А., **Матусевич, О.Б.**, Савчин, В.М. (2023). Динаміка площ і таксаційних показників ялинових деревостанів Українських Карпат. *Матеріали 73-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2022-2023 роках / Редкол.: С.І. Миклуш (відп. ред.) та ін.* Львів: РВВ НЛТУ України, 2023. С. 116-119. (Особистий внесок: обробка експериментальних даних, участь у написанні тез).

10. **Матусевич, О.Б.**, & Лавний, В.В. (2023). Типологічна різноманітність ялинових лісів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: матеріали Міжнародної науково-практичної*

конференції. Секція 2: Післявоєнне відновлення рослинних ресурсів та екологічна безпека країни (м. Київ, 25 травня, 2023 р.), 392-393. (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, участь у написанні тез).

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ABSTRACT	8
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ	14
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	19
ВСТУП	20
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОБОТИ	25
1.1. Поширення ялини європейської на європейському континенті	25
1.2. Ресурсний потенціал ялинових лісостанів	27
1.3. Типологічна структура ялинових лісів	31
1.4. Інші напрями лісівничих досліджень ялинових лісів	32
1.5. Вплив зміни клімату на ялинові ліси в Європі	38
2. РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	45
2.1. Програма досліджень	45
2.2. Методика і методи досліджень	46
2.3. Характеристика експерисентального матеріалу	49
РОЗДІЛ 3. ДИНАМІКА ПОШИРЕННЯ І ТИПОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ЯЛИНОВИХ ЛІСІВ НА ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ МАКРОСХІЛІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ	63
3.1. Динаміка зміни площі ялинових лісів	63
3.2. Типологічна структура ялинових лісів	75
РОЗДІЛ 4. ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯЛИНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ У ПЕРЕВАЖАЮЧИХ ТИПАХ ЛІСУ НА ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ МАКРОСХІЛІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ	103
4.1. Продуктивність ялинових деревостанів у переважаних типах лісу ..	103
4.2. Прогноз росту ялинових деревостанів	112

РОЗДІЛ 5. САНІТАРНИЙ СТАН І РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ ЯЛИНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ НА ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ МАКРОСХИЛІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ	121
5.1. Санітарний стан ялинових деревостанів	121
5.2. Радіальний приріст дерев ялини європейської	132
РОЗДІЛ 6. ЛІСІВНИЧІ ЗАСАДИ АДАПТАЦІЇ ЯЛИНОВИХ ЛІСІВ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН	155
6.1. Адаптаційна спроможність лісів до зміни клімату та шляхи її підвищення	155
6.2. Заходи з адаптаційного лісівництва в ялинових лісах Українських Карпат	158
ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	170
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	174
ДОДАТКИ	197

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

дод. – додаток;

ДП – державне підприємство;

ЛГ – лісове господарство

М-дерево – дерево майбутнього;

н.р.м. – над рівнем моря;

НПП – національний природний парк;

рис. – рисунок;

табл. – таблиця;

шт./га – штук на гектарі.

Типи лісу:

В₃–См – вологий смерековий субір

В₃–кСм – вологий кедрово-смерековий субір

С₃–См – волога високогірна суслеречина

С₃–бк-смЯц – волога буково-смерекова суяличина

С₃–бк-яцСм – волога буково-ялицева суслеречина

С₃–яцБк – волога ялицева субучина

С₃–яцСм – волога ялицева суслеречина

Д₃–бк-смЯц – волога буково-смерекова яличина

Д₃–бк-яцСм – волога буково-ялицева слеречина

Деревні види:

Яле – ялина європейська;

Бк – бук лісовий;

Яцб – ялиця біла;

Бп – береза повисла;

Кля – клен-явір;

Ос – осика.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Ялина європейська є одним з головних лісотвірних видів в Українських Карпатах, але через зміну клімату в останні десятиліття спостерігається погіршення санітарного стану ялинових лісів та їхнє всихання на значних площах (Дебринюк, 2011, 2017; Крамарець, 2021; Лавний, 2021). Негативний вплив зміни клімату на ялинові ліси вимагає планування і проведення ефективних лісогосподарських заходів, спрямованих на підвищення їхньої біотичної стійкості (Парпан В.І. та ін., 2013; Шпарик, 2019; Олійник, Зейналян, 2020).

Тому актуальним завданням для лісового господарства є вивчення сучасного стану ялинових лісів на північно-східному макросхилі Українських Карпат та аналіз динаміки площі ялинових лісів у регіоні досліджень упродовж останніх десятиліть. Також важливим аспектом є вивчення ходу росту ялинових деревостанів у переважаючих типах лісу, на схилах різної експозиції та висоти над рівнем моря, що дає змогу розробити на цій основі рекомендації щодо адаптації ялинових лісів до зміни клімату.

Незважаючи на те, що ведення лісового господарства в Україні здійснюється на типологічній основі, ґрунтовні дослідження про стан і продуктивність ялинових деревостанів у переважаючих в Українських Карпатах типах лісу в умовах кліматичних змін не проводилися. Упродовж останніх десятиліть науковці досліджували різні аспекти росту і продуктивності ялинових деревостанів лише локально в окремих частинах і гірських масивах Українських Карпат. Комплексного вивчення ялинових лісів на всьому північно-східному макросхилі Українських Карпат в останні десятиліття не було. Актуальність теми також зумовлена збільшенням наукового і суспільного інтересу до ведення лісового господарства та проблем всихання ялини, пошуку шляхів щодо підвищення біотичної стійкості та збереження ялинових лісостанів в Українських Карпатах в умовах кліматичних змін.

Зв'язок роботи з науковими напрямами, планами, темами. Дисертаційна

робота виконувалася в рамках кафедральної наукової тематики кафедри лісівництва Національного лісотехнічного університету України та відповідає пріоритетному напрямку наукових досліджень – раціональне природо-користування. Дослідження проводилися у рамках держбюджетної теми "Праліси Українських Карпат як модель адаптації лісів до зміни клімату" (№ ДР 0122U000903) та міжнародного наукового проєкту "Минулий розвиток, сучасний стан та ймовірне майбутнє ялини європейської в Західній Україні та Південно-західній Німеччині".

Мета дисертаційної роботи – дослідити лісівничо-таксаційні показники ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат у найпоширеніших типах лісу, оцінити їхній сучасний стан та намітити лісівничі заходи щодо підвищення їхньої біотичної стійкості в умовах зміни клімату.

Завдання дисертаційної роботи:

- проаналізувати вітчизняні та зарубіжні наукові публікації щодо лісівничих досліджень ялинових лісів Українських Карпат та сусідніх країн Європи;
- розробити методику теоретичних та практичних досліджень для досягнення мети дисертаційної роботи;
- встановити динаміку площі і таксаційних показників ялинових деревостанів у регіоні досліджень впродовж 1988-2018 років;
- проаналізувати розподіл ялинових деревостанів за типами лісу, висотою над рівнем моря, категоріями захисності, походженням, класами і групами віку;
- дати оцінку продуктивності ялинових насаджень у панівних типах лісу;
- зробити прогноз росту ялинових деревостанів у двох панівних типах лісу – вологій високогірній сушмеречині та вологій буково-ялицевій сушмеречині;
- оцінити санітарний стан ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат;
- охарактеризувати радіальний приріст дерев ялини європейської;
- рекомендувати лісогосподарські заходи щодо адаптації ялинових лісів до зміни клімату.

Об'єкт дослідження – гірські ялинові ліси на території Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей.

Предмет дослідження – динаміка площ і таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат, їхня типологічна структура, продуктивність, санітарний стан і радіальний приріст.

Методи досліджень. У роботі застосовано лісівничі (аналіз типологічної структури ялинових лісів), таксаційні (закладання пробних площ та визначення таксаційних показників ялинових деревостанів), лісозахисні (визначення шкідників і хвороб дерев ялини європейської, встановлення категорій їхнього санітарного стану), дендроекологічні (аналіз радіального приросту дерев ялини європейської та впливу на нього кліматичних показників), варіаційної статистики і математичного моделювання (опрацювання експериментального матеріалу та моделювання таксаційних показників ялинових деревостанів) методи досліджень.

Наукова новизна. У дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання з комплексного оцінювання сучасного стану ялинових лісів на північно-східному макросхилі Українських Карпат:

Вперше:

- встановлено динаміку зменшення площі чистих і мішаних ялинників у висотній рослинній смузі 800-1000 м н.р.м. та значну варіабельність таксаційних показників деревостанів ялини європейської у різних типах лісу залежно від інтенсивності впливу абіотичних та антропогенних чинників на території Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей;

- розроблено моделі прогнозу росту ялинників за основними таксаційними показниками для двох панівних типів лісу – вологої високогірної сушмеречини та вологої буково-ялицевої сушмеречини;

- оцінено санітарний стан ялинових деревостанів залежно від висоти над рівнем моря та їхніх таксаційних показників.

Отримали подальший розвиток:

- дендроекологічні методи дослідження радіального приросту дерев ялини

європейської.

Практичне значення отриманих результатів. На основі проведених досліджень опрацьовано рекомендації для розроблення і застосування лісогосподарських заходів з відтворення корінних, біотично стійких ялинових деревостанів у найпоширеніших типах лісу Українських Карпат та їхньої адаптації до кліматичних змін.

Отримані результати досліджень використовуються в навчальному процесі НЛТУ України, зокрема під час викладання дисциплін "Лісознавство", "Лісівництво", "Рекреаційне лісівництво" та "Наближене до природи лісівництво" (довідка від 04.04.2024 р.). Основні результати досліджень впроваджено у виробництво в окремих філіях Подільського і Карпатського лісових офісів ДП "Ліси України" (довідки від 17.04.2024 р. та від 30.04.2024 р.).

Особистий внесок здобувача полягає у виборі та обґрунтуванні теми дисертаційної роботи, формуванні мети та завдань досліджень, розробленні методики збору та аналізу експериментального матеріалу, статистичній обробці отриманих даних, а також аналізі отриманих результатів та формулюванні висновків і практичних рекомендацій.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи апробовано на таких наукових заходах: Міжнародній науково-практичній конференції "Актуальні питання використання та збереження природних ресурсів прикордонних територій України і Польщі" (м. Львів, 11.05.2021 р.), 71-й науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів Національного лісотехнічного університету України за підсумками наукової діяльності у 2020-2021 роках (м. Львів, 2021 р.), науково-практичному семінарі "Університети як осередки сталості та екологізації освіти" (м. Львів: НЛТУ України, 2022 р.), Міжнародній науково-практичній конференції "Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу", секція 2 "Післявоєнне відновлення рослинних ресурсів та екологічна безпека країни" (м. Київ, НУБіП України, 25 травня 2023 р.) та 73-й

науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів Національного лісотехнічного університету України за підсумками наукової діяльності у 2022-2023 роках (м. Львів, 2023 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 10 наукових праць, у тому числі: три наукових статті у фахових виданнях України, одна – у науковому періодичному виданні інших держав, що включене до міжнародних наукометричних баз SCOPUS та Web of Science, 6 тез та матеріалів конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота викладена на 253 сторінках (загальний обсяг дисертації), в тому числі 144 сторінок основного тексту, містить 96 рисунків, 80 таблиць, 5 додатків та 228 джерел літератури.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОБОТИ

1.1. Поширення ялини європейської на європейському континенті

Ялина європейська (*Picea abies* [L.] Karst.) є одним із найбільш поширених і економічно важливих хвойних деревних видів у Європі [180, 188, 193, 200, 217].

Впродовж останніх трьох століть поширення ялини європейської в Українських Карпатах та інших регіонах Європи значно розширилося за рахунок її культивування [219, 225]. Загалом в Європі ялина європейська займає площу приблизно 30 000 000 га [190]. Автори вказують, що ялинові ліси у наш час культивуються далеко за межами природного ареалу. У деяких країнах, таких як Німеччина, Франція та Польща, площа штучних ялинників значно перевищує площу природних ялинових лісів [190]. Науковцями описано причини та наслідки такого розширення площі ялинників у Європі [180, 185, 195].

Питання поширення ялинових лісостанів завжди було в центрі уваги вчених, про що свідчить значна кількість наукових публікацій, у яких висвітлено значення ялини європейської для карпатського регіону та особливості формування ялинових деревостанів в інших країнах Європи [13, 15, 18, 131, 132, 217].

Польські вчені М. Копровські та А. Зельські вказують, що в Європі ялина європейська росте в двох основних регіонах, які сходяться в центрі Польщі: один простягається на північ і схід, другий – на південь і захід. Північно-східна область поширення ялинових лісів тягнеться від північно-східної Польщі через Скандинавські країни до Уралу. Південно-західна область ялинових лісів простягається через південь Польщі в гори Карпати, Судети, Альпи, Балкани та сусідні передгірні території [193]. Ареал поширення ялини європейської представлено на рис. 1.1.

Ялинові ліси Українських Карпат науковці вивчали впродовж тривалого часу, але переважно в межах окремих гірських масивів. Зокрема, в Горганах їх

досліджували О.І. Голубчак [19-20], А.М. Зейналян [39-41], А.М. Зейналян та В.М. Олійник [38], М.М. Король [25], В.В. Лавний і В.М. Дичкевич [70], Г.Б. Лукащук [87-88], А.Ю. Рак та В.С. Олійник [127] і Ю.І. Черневий [162]. В умовах Полонинського хребта – Г.Г. Гриник та ін. [25]. У Покутських Карпатах ялинові ліси вивчали В.П. Лосюк та ін. [86]. В Чорногорі – М.Б. Шпільчак [171].

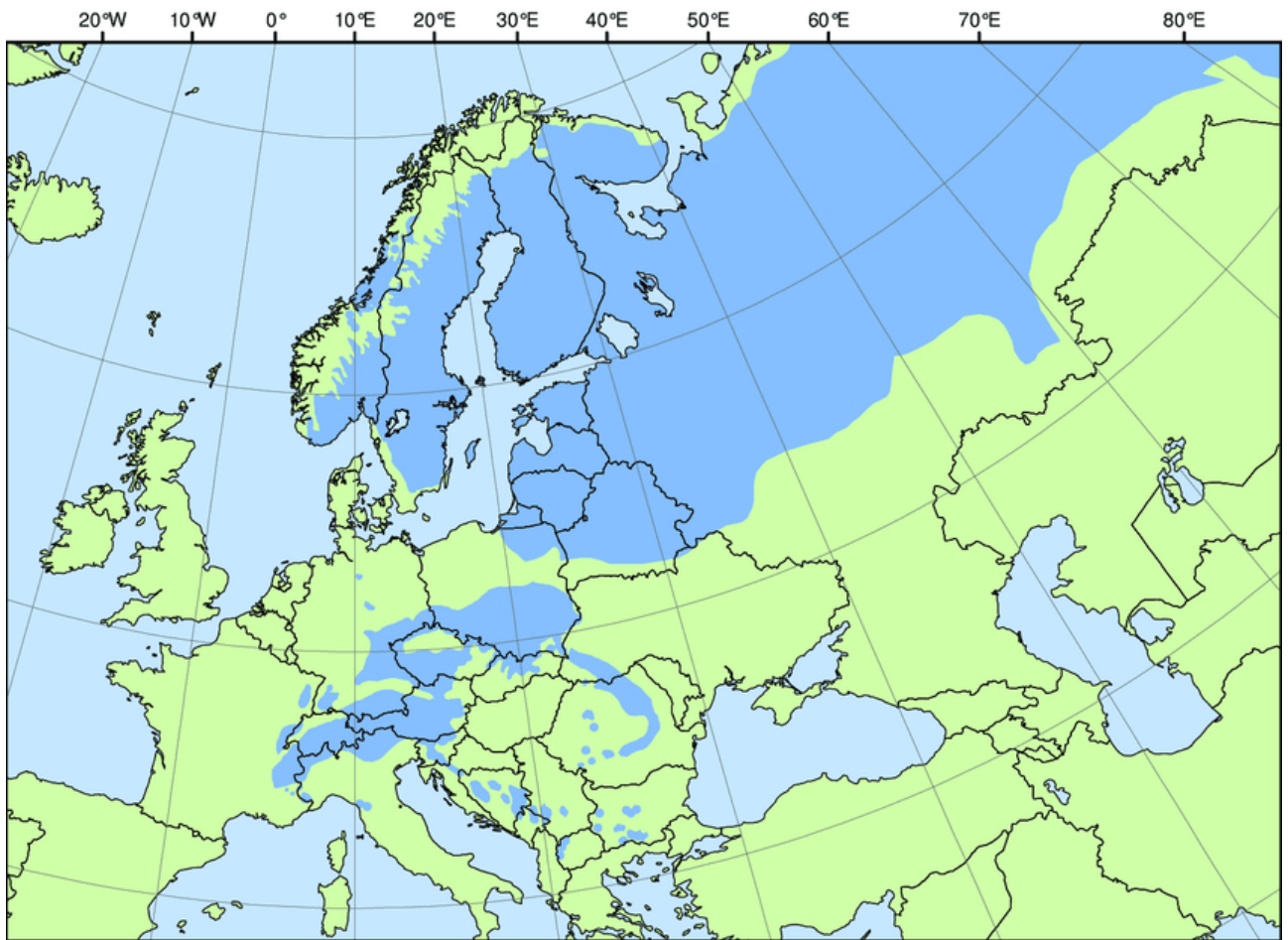


Рис. 1.1. Ареал ялини європейської [184]

Дослідження з поширення ялини європейської містяться у ґрунтовній праці академіка М.А. Голубця "Ельники Украинских Карпат" [13], а у більш сучасних публікаціях можна знайти оцінку географічних меж поширення ялинових деревостанів в Українських Карпатах [1].

Вивчення карпатських ялинових лісів набуло актуального значення починаючи з часів інтенсивної експлуатації лісових ресурсів у цьому регіоні, а результати були представлені у публікаціях низки науковців [13, 85, 131, 149]. У

більшості цих наукових праць містяться дані про геоботанічні особливості ялинових лісів, характер висотного розподілу ялинових деревостанів, екологічну роль ялинових лісів для Українських Карпат та успішність природного поновлення ялини європейської.

Наукові дослідження поширення ялини європейської засвідчили, що оптимальні лісорослинні умови для росту цієї породи співпадають з висотами 900-1200 м. над рівнем моря, для яких характерні ізотерми літніх температур від 9,0 до 18,5 °С і кількість атмосферних опадів 1000-1400 мм/рік [9, 14].

1.2. Ресурсний потенціал ялинових лісостанів

Упродовж тривалого часу одним з напрямків досліджень ялинових лісів в Карпатах було вивчення їх ресурсного потенціалу з огляду на високу продуктивність та можливість забезпечення економіки стиглою і цінною деревиною [77, 79, 80, 151, 152].

Питання продуктивності ялинових лісостанів Українських Карпат завжди було в центрі уваги лісівників і вчених, про що свідчить значна кількість наукових публікацій, у яких висвітлено особливості росту та значення ялинових лісів [3, 22-26, 78, 96, 133, 171].

Особливості росту та продуктивність штучних модальних ялинових деревостанів Українських Карпат вивчав В.М. Володимиренко в рамках дисертаційної роботи [7]. Професор П.І. Лакида разом з колегами досліджував енергетичне використання біомаси ялинових лісів в умовах глобальних змін клімату [79]. Загальні закономірності нагромадження фітомаси у ялинових лісах описали М.А. Голубець та І.Л. Половніков [12], вертикальну і горизонтальну будову ялинників – М.М. Король [54], С.І. Миклуш та ін. [95], санітарний стан ялинових деревостанів в Українських Карпатах – Г.Г. Гриник [21], залежність продуктивності ялинових деревостанів від рельєфу – Г.Г. Гриник [22], особливості росту, поточний приріст ялинників різної густоти і продуктивність ялинових деревостанів Карпат – А.И. Пителин [117-118].

Низка досліджень ялинових насаджень в Українських Карпатах у другій половині ХХ століття була присвячена складанню таблиць ходу росту ялинових деревостанів переважаючих класів бонітету і типів лісу [153-154, 158-161] та моделюванню динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів [171]. Форму і продуктивність старовікових ялинових деревостанів Горган вивчали професор С.І. Миклуш та ін. [96].

Лісівничо-таксаційні показники ялинових деревостанів наведено у монографії проф. Г.Г. Гриника та доц. О.М. Гриник "Ріст і продуктивність деревостанів ялини європейської в Українських Карпатах залежно від особливостей рельєфу" [26]. У монографії, яка є підсумком багаторічних досліджень, запропоновано доповнити існуючий підхід висотної поясності під час класифікації ялинників додатковим поділом за експозиційно-орографічними групами в межах найпоширеніших типів лісорослинних умов. На думку авторів, це дасть змогу розширити теоретико-методологічні підходи до розроблення моделей прогнозу росту модальних ялинників Українських Карпат з метою опрацювання наукової програми з підвищення їхньої продуктивності.

Окремі наукові праці були присвячені характеристиці окремих видів стиглостей ялинових деревостанів та розробленню лісотаксаційних нормативів, на підставі яких можна встановлювати оптимальні значення віку рубки головного користування з урахуванням особливостей динаміки товарної структури ялинників [11]. Авторами запропоновано розділити ялинові деревостани на дві групи – високопродуктивні (I^a клас бонітету і вище) і середньопродуктивні (I клас бонітету і нижче) з відповідними значеннями віку рубки головного користування 91-100 років та 101-110 років, які були встановлені за технічною стиглістю на грубу ділову деревину.

У ряді наукових праць та дисертаційних робіт наведено нові підходи до математико-статистичної оцінки таксаційних показників ялинових деревостанів та прогнозу росту ялинових деревостанів [7, 22-25, 54, 171].

Дослідження особливостей взаємозв'язку між продуктивністю деревостану та деякими структурними характеристиками ялиново-ялицево-

букових гірсько-лісових деревостанів у Європі виявили, що в ялиново-ялицево-букових мішаних гірських лісах коли ялина європейська, ялиця біла та бук лісовий рівномірно присутні в межах розподілу дерев за ступенями товщини, то продуктивність деревостану знижується [189]. Натомість, продуктивність такого мішаного деревостану зростає у випадку, коли розподіл діаметрів дерев зміщується вправо (є більша кількість менших за товщиною дерев) та збільшується сума площі поперечного перетину дерев. Тобто, для підвищення продуктивності мішаних ялинових лісів потрібно спрямовувати лісівничі заходи на забезпечення збільшення середнього діаметра деревостану, що доцільно враховувати для оптимізації підходів з управління ростом ялиново-ялицево-букових деревостанів у гірських лісах Європи.

Дослідження заміни одновікових насаджень на різновікові дали змогу окремим дослідникам прийти до висновку про доцільність заміни чистих ялинових деревостанів на мішані з участю ялини європейської, ялиці білої та бука лісового [200]. Імітаційне моделювання на основі середньорічного приросту та структурного розвитку впродовж 150-річного періоду виявило суттєву залежність продуктивності деревостанів від цільового діаметра дерев на час рубки головного користування, що відображається у збільшенні прибутковості за рахунок раннього доходу.

Інші вчені опрацювали наукові підходи для розроблення лісгосподарських заходів з підвищення запасів біомаси ялинових деревостанів в умовах змін клімату [176], підготовки оптимізаційних моделей для аналізу управління ялиновими лісами [218], ефективності внесення азотних добрив у бореальних ялинових лісах Швеції для підвищення їхньої продуктивності [173] тощо.

Дослідження максимальної кількості дерев ялини європейської і сосни звичайної на одиниці площі у Південній Німеччині, Норвегії та Фінляндії, яка опосередковано свідчить про продуктивність лісової ділянки виявили, що на даний час ці деревостани характеризуються вищою густотою, ніж у минулому, проте мають менші діаметри. На думку авторів, це наслідок кліматичних змін,

який може призвести до збільшення родючості лісових ділянок і зменшення відпаду дерев [213].

В окремих наукових працях для оцінки продуктивності лісових ділянок використано базу даних національної інвентаризації лісів [227]. Авторами встановлено, що для переважаючих ялинових деревостанів приріст за біомасою тісно залежить від віку і густоти деревостану, а серед екологічних чинників вирішальними для формування деревної маси є середня річна температура повітря, кількість опадів влітку, співвідношення вмісту вуглецю до азоту та механічний склад ґрунту.

Не менш важливими під час дослідження ялинових лісів залишається виокремлення факторів, які впливають на обсяги нагромадження біомаси, що є одним із ключових екологічних чинників для прогнозування поглинання вуглецю в лісах. Оскільки абсолютна повнота деревостану прямо впливає на зростання запасу, то особливості її динаміки можуть свідчити про інтенсивність накопичення фітомаси [196].

У зв'язку із значним поширенням ялинових деревостанів у Центральній Європі важливого значення набули наукові дослідження з оцінки росту ялиників під впливом кліматичних змін [195]. У статті наведено підсумки вивчення реакції стовбурів дерев ялини в умовах Чеської Республіки на посуху впродовж 2017-2018 років, яка стала причиною зменшення радіального приросту стовбура на 78-61 % відносно рівня 2016 року для умов Центральної Європи. Зростання стресу дерев ялини через глобальне потепління і тривалі посухи поставило під загрозу найбільш комерційний деревний вид Європи.

Використання записів високочастотного дендрометра і фотокамери дало змогу встановити, що найсуттєвіше на ріст і життєздатність дерев впливають стан води в дереві та її рух по стовбуру. При цьому, найбільш сильне всихання дерев було відмічене на дослідних ділянках, розміщених на висоті близько 600 м над рівнем моря. Автори статті наводять докази того, що наявні кліматичні умови в регіоні Центральної Європи не підходять для вирощування ялини європейської на нижніх і середніх висотах над рівнем моря, що доцільно

враховувати під час опрацювання нової програми управління ростом ялинових лісів [195].

1.3. Типологічна структура ялинових лісів

Окремий напрям лісівничих досліджень карпатських ялинників пов'язаний з оцінкою їхньої типологічної структури. У цьому напрямку варто відзначити ряд публікацій, які стосувалися класифікації та опису ялинових типів лісу карпатського регіону та їхній геоботанічній характеристиці [15, 17-18, 111, 119].

Проте, найповніше лісотипологічна діагностика деревостанів Українських Карпат представлена у наукових працях професора З. Ю. Герушинського [10]. Загалом автором у регіоні досліджень було діагностовано 78 типів лісу, серед яких 15 – це лісостани з домінуванням у складі верхнього ярусу ялини європейської.

В останні два десятиліття типологією гірських лісів Карпат займалися професори Ю.М. Дебринюк [28, 29, 31], В.О. Крамарець [58], Г.Т. Криницький [59], В.В. Лавний [70-71] та Ю.С. Шпарик [167]. Автори наголошують на необхідності вдосконалення визначення типів лісу під час лісовпорядкування та доцільності проведення сучасного ґрунтово-типологічного обстеження лісів Українських Карпат.

Професор В.В. Лавний у своїй монографії наводить практичні рекомендації щодо підвищення вітростійкості ялинових деревостанів та відновлення корінних деревостанів на вітровальних ділянках у переважаючих типах лісу [72].

Ю.С. Шпарик встановив, що в умовах вологої чистої сушмеречини Українських Карпат середня інтенсивність всихання (втрати запасу ялинової деревини) середньовікових і середньоповнотних деревостанів з часткою ялини у породному складі на рівні 6-7 одиниць склала 3, для вологої буково-ялицевої сушмеречини – 1, а для вологої буково-смерекової суяличини – 2 % за рік. Виявлені тенденції всихання дали йому можливість підготувати схему

розрахунку площі та запасу ялини на наступні 20 років. Прогнозування до 2040 р. дало такі результати: середні втрати площі ялиників у смерекових типах лісу Українських Карпат складуть 28, в букових – 63, в ялицевих – 53 % [167].

Тенденції всихання ялиників Українських Карпат на прикладі вологої буково-ялицевої сусмеречини впродовж 10 років вивчали Ю.С. Шпарик і Т.В. Парпан [169]. Вони зафіксували зменшення частки ялини в породному складі на 5 % за рік, зменшення кількості дерев у першому ярусі та збільшення кількості дерев у підлеглих ярусах і формування значних запасів мертвої лежачої деревини ялини – до 300 м³/га.

Загалом необхідно зазначити, що недивлячись на те, що ведення лісового господарства в Україні здійснюється на типологічній основі, ґрунтовних досліджень про стан і продуктивність ялинових деревостанів у модальних для Українських Карпат типах лісу було недостатньо. Також до сьогодні немає повноцінного аналізу поширення та приналежності ялинових деревостанів до переважаючих типів лісу.

1.4. Інші напрями лісівничих досліджень ялинових лісів

Типи верхньої межі ялинових лісів в Українських Карпат вивчали А.Л. Байцар, В.Г. Коліщук, В.І. Комендар, К.А. Малиновський та С.М. Стойко [1]. Професор В.Г. Коліщук визначив чотири її типи: термічну, вітрову, едафічну і господарську. Пізніше професор С.М. Стойко виділив сім типів верхньої межі лісу в Українських Карпатах: термічний, вітровий, лавинний, орографічний, едафічний, біотичний (ценотичний), антропогенний [143].

Великий обсяг лісівничих досліджень в ялинових лісах Українських Карпат здійснив професор В.С. Олійник Він вивчав водоохоронно-захисну роль гірських лісів Карпат [98], розробив методичні особливості вивчення і оцінки гідрологічної ролі гірських лісів Карпат [97], висвітлив основні результати 50-річних стаціонарних експериментальних лісогідрологічних досліджень у Карпатах [99], описав процеси формування водного режиму ялинових лісів

Карпат та гідрологічну роль лісів Українських Карпат [100-101]. Разом з А.Ю. Раком він проаналізував формування суцільних і часткових вітровалів лісу в Горганах [102] та навів шляхи посилення захисних властивостей і стійкості лісів Скибових Горган [103]. З іншими співавторами проф. В.С. Олійник проаналізував висотно-поєсні і лісівничо-таксаційні особливості та основні чинники всихання ялиників на північно-східному мегасхилі Українських Карпат [104-105, 107], паводкорегулювальну роль гірських лісів Карпат [106], а також узагальнив захисну роль лісів Передкарпаття [106].

Водорегулюючу роль лісів Українських Карпат вивчав також М.І. Кирилюк [47]. Наслідки антропогенної трансформації лісових екосистем Карпат та шляхи елімінації шкідливих екологічних процесів узагальнив С.М. Стойко [140]. Він також описав чисті ялинові ліси Карпатського національного парку і рекомендував лісогосподарські заходи для підвищення стійкості лісових екосистем проти вітровалів та сніголомів [141, 142]. Ріст дерев карпатських лісів у басейні річки Дністер проаналізували П. Третяк та Ю. Черневий [148].

Флористичний опис ялинових лісів Українських Карпат зробив А.К. Малиновський [90]. Природне поновлення ялини європейської в карпатському регіоні та шляхи його інтенсифікації вивчали Р.І. Бродович, В.М. Гудима, Ю.Р. Бродович і Ю.Д. Кацуляк [4]. Науковцями Українського науково-дослідного інституту гірського лісівництва імені П. С. Пастернака (м. Івано-Франківськ) були запропоновані оптимальні системи, методи і способи лісовідновлення в розрізі лісових формацій Українських Карпат [109]. Особливості створення ялинових лісових культур у Карпатах описали М.І. Ониськів, А.М. Гаврусевич і В.І. Гніденко [108].

Розповсюдження та формування різноманітність ялини європейської в Українських Карпатах вивчав проф. Ю.М. Дебринюк [29]. Ним також запропоновано застосовувати породозміну як засіб підвищення продуктивності лісових насаджень [28].

Низка наукових праць була присвячена вивченню процесу природного поновлення деревних видів у ялинових лісах Українських Карпат [4, 41, 55, 72,

81, 87, 88]. Автори зазначають, що загалом воно відбувається успішно.

Основні етапи та напрямки розвитку молодих ялинових деревостанів у низькогір'ї Горган та особливості їхнього формування вивчав О.І. Голубчак [19-20], а лісовідновні процеси на зрубках Горган – Г.Б. Лукашук [87-88]. Особливості структури лісового покриву середньогірного ландшафту Горган дослідив Ю.І. Черневий [162].

Стан і структуру природних ялинових лісів Покутських Карпат вивчали В.П. Лосюк, О.О. Погрібний, М.В. Томич, О.Г. Часковський, П.І. Ванджурак і Ю.М. Дебринюк [86]. Природу вітровалів в ялинових лісах та їх вплив на продуктивність ялинових лісів у гірських умовах Українських Карпат досліджував А.П. Іванюк [42]. Прояву вітровалів та інших стихійних явищ в гірськолісових умовах даного регіону присвятив низку публікацій проф. І.Ф. Калущий, як самостійно [44-45], так і з колегами [43, 46]. Умови виникнення вітровалів у Карпатах також вивчали В.М. Клапчук, В.А. Генік і О.І. Киселюк [49]. Прояв негативних стихійних явищ у лісових насадженнях на північно-східному макросхилі Українських Карпат досліджував також Р.М. Вітер [6].

Вплив орографічних і лісівничих факторів на вітровали лісу та особливості їх прояву в Українських Карпатах проаналізував В.В. Лавний [66, 67]. Він також дослідив сезонну динаміку, швидкість і тривалість сильних вітрів у цьому географічному регіоні [68]. Шляхи підвищення вітростійкості деревостанів у високогірному поясі ялинових лісів Українських Карпат наводять А.М. Гаврусевич, А.П. Іванюк і І.Ф. Калущий [8] та В.В. Лавний [72].

Низка наукових досліджень ялинових деревостанів Українських Карпат стосується впливу лісогосподарських заходів на стан ялинників Карпат [114, 136, 144, 188], проблеми похідних ялинників Українських Карпат [137], обґрунтування необхідності збільшення площ корінних ялинників Івано-Франківської області [135], короїдів та їхньої ролі в усиханні похідних ялинників, уражених кореневою губкою [139], лісівничо-екологічних засад ведення лісового господарства у ялинових лісах Закарпаття [150] і впливу глобальних екологічних чинників на лісові екосистеми та аналізу стану похідних

ялинових деревостанів в Українських Карпатах [71].

В.В. Лавний і О.Р. Пелюх встановили, що найбільші площі похідних ялиників зосереджені у Івано-Франківській області – 47,8 % від загальної площі похідних лісостанів. Серед типів лісу похідні ялиники найчастіше трапляються у вологій смереково-буковій суяличині. Також автори відзначають зниження в останні десятиліття біотичної та абіотичної стійкості похідних ялинових деревостанів [71].

У зв'язку із формуванням значної кількості похідних ялиників можна відзначити низку наукових праць з обґрунтуванням теоретичних і практичних засад ведення лісового господарства в них [58, 62, 69, 72, 114, 115, 129, 130].

Поза увагою закордонних науковців не залишилася важлива в сучасних умовах проблема заміни ялинових монокультур мішаними насадженнями [185]. Автори наводять переваги ялиново-березових і ялиново-соснових насаджень в умовах Швеції з огляду на їх більше біологічне різноманіття, рекреаційну та естетичну цінність та більшу адаптованість до змін клімату.

Важливими для закордонних дослідників були також питання особливостей росту ялинових деревостанів природного походження без ведення в них лісгосподарської діяльності [200], оцінки відмінності між ялиновими пралісами та експлуатаційними лісами за просторовою структурою, будовою за діаметром і кількістю сухостійних дерев [196], внесення змін у планування лісгосподарських заходів (монокультури і змішані ялиново-листяні деревостани) на основі аналізу впливу атмосферних опадів, що призвели до зміни водного і мінерального живлення [219] та інші.

Сучасна структура природних ялинових деревостанів Південних Карпат була сформована під впливом господарських заходів середньої та високої інтенсивності, а в минулому їх формування відбувалося природним шляхом. Спалахи поширення короїдів на значних площах ялинових лісів призвели до збільшення обсягів рубок у заповідних територіях і стали однією з причин зменшення площ лісів природного походження у Східній Європі. Оскільки більше двох третин пралісів помірного клімату в Європі розташовані в горах

Карпати, то інформація про особливості формування лісів у цьому регіоні є вкрай важливою для розроблення і прийняття управлінських рішень [214].

Важливим напрямом наукових досліджень продовжує залишатися проблема природного відпаду у корінних ялинових деревостанах Карпат [218]. Автори статті наголошують, що відпад дерев внаслідок кліматичних змін є одним із вагомих чинників, які впливають на динаміку лісів. Вони пропонують оцінювати обсяги відпаду дерев за такими категоріями – зламана крона, зламаний стовбур, вивалювання стовбура з кореневою системою, конкуренція, короїди (гриби), екстремальні кліматичні умови. Як виявилось, в ялинових насадженнях Західних Карпат найвагомим фактором загибелі дерев ялини європейської виявився вплив жука-короїда (*Ips typographus* L.). Внутрішньовидова конкуренція та вплив абіотичних факторів проявлялися менш значимо [218].

Особливості відмирання дерев у різновікових ялинових деревостанах південної Фінляндії вивчали С. Валконен, Л. Гіакоза і Й. Хайкінен [221]. Автори встановили, що основними причинами відмирання дерев ялини європейської були шкідливі впливи вітру і снігу, а біотичні фактори мали менш значний вплив. Також відзначається, що близько 6-10 % загиблих дерев були пов'язані з пошкодженнями під час рубок, а більшу частину відпаду становили дерева діаметром до 20 см.

Останнім часом все очевиднішим є те, що екологічні фактори змінюють умови існування багатьох деревних видів. Обсяги та інтенсивність природних впливів на ліси зростають під час змін клімату, тому важливими є дослідження, за результатами яких можна робити висновки про те, як вони змінюють якість умов існування дерев у різних просторових масштабах [172]. У статті вивчено вплив інтенсивності зріджування материнського намету (20-100 % видалення дерев верхнього ярусу) на структурні показники якості середовища існування в європейських ялинових пралісах на основі моніторингових спостережень на кругових ділянках площею 1000 м² (407 ділянок у 35 деревостанах). Історія природних впливів була відтворена за кернами дерев. Авторами перевірялася

гіпотеза про те, що ступінь неоднорідності середовища існування всередині окремого насадження формується різними сукцесійними стадіями як наслідок природного стихійного впливу різного ступеня інтенсивності (вітровали, буреломи та інше). Результати досліджень показали, що гетерогенність структури ялинового пралісу зменшується зі збільшенням віку після останнього стихійного впливу [172].

Наукові докази відмінності в режимах порушень різновікових і одновікових хвойних лісів протягом 1986-2020 років наведено у статті Й. Мора та ін. [199]. Вони дослідили різновікові ліси на площі 13440 га та одновікові ліси Центральної Європи на площі 27910 га. Для кожної пари субландшафтів автори кількісно визначили відмінності у частоті порушень деревостанів стихійними явищами та розмір збитків. Результати їхніх досліджень показали, що в різновікових лісах рівень порушень був у середньому на 31,3 % нижчим, ніж у прилеглих одновікових деревостанах [199].

Вивчення сукцесії на післявітровальних ялинових ділянках у Високих Татрах (Північна Словаччина) щодо відносин між деревними видами і трав'яним вкриттям свідчить, що просторова неоднорідність рослинності суттєво не змінилися, а видовий склад зазнав незначних змін відповідно до очікуваних сукцесійних траєкторій [198]. Внесок деревних видів у загальну надземну біомасу зріс з 83 % до 97 %, а після 16 років відновлення лісових насаджень деревна біомаса становила приблизно 13 % лісової біомаси до вітровалу. Результати експериментальних досліджень підтвердили те, що короткочасні сукцесійні процеси рослинності після порушень внаслідок вітровалів найкраще прослідковуються за біомасою, ніж різноманітністю чи композиційними показниками, а зміна світлових умов на ділянці суттєво відображається на конкурентних взаємодіях дерев і трав.

Нова лісова стратегія Європейського Союзу до 2030 року викликала суперечливі обговорення у всіх відповідних зацікавлених груп: держав-членів, власників лісів, лісової промисловості, екологічних неурядових організацій. Незважаючи на екологічну риторичку, у Стратегії домінують економічні цілі

щодо ведення лісового господарства [187].

1.5. Вплив зміни клімату на ялинові ліси в Європі

Кліматичні зміни впродовж останніх десятиліть стали основним викликом для лісового господарства європейських країн [140]. Всихання ялиників у Карпатах науковцями і практиками розглядається як стихійне лихо, головними причинами якого є зниження природного імунітету та ослаблення насаджень в результаті глобального потепління клімату, техногенного забруднення атмосфери і ґрунту та невідповідної лісогосподарської діяльності в минулому [30, 31, 50-52].

Останнім часом набули популярності публікації з оцінки змін клімату в карпатському регіоні та шляхів збереження біорізноманіття рослинного світу Українських Карпат [33-36, 48, 56, 168].

Аналіз актуальних досліджень ялинових деревостанів в українських та закордонних виданнях свідчить про особливу увагу вчених до проблем всихання ялинових деревостанів під впливом кліматичних змін [30, 38, 48, 56, 60, 166, 174, 177].

Дослідженням зв'язків між лісівничо-таксаційними і кліматичними чинниками та їхнім впливом на санітарний стан ялинових деревостанів займалися В.В. Пукман і Г.Г. Гриник [126]. Проф. Г.Г. Гриник також зробив аналіз впливу зміни кліматичних показників на санітарний стан ялинових деревостанів в Українських Карпатах [21]. Цим питанням займався і професор Ю.М. Дебринюк [31].

У зв'язку зі зміною кліматичних умов в останні два десятиліття в європейських країнах відбувається ослаблення ялиників, погіршення їхнього санітарного стану та всихання насаджень на значних площах [175, 179, 182, 183, 191, 204].

Внаслідок відмирання ялиників зменшується накопичення вуглецю в деревині та збільшується кількість вуглецю, що виділяється в атмосферу під час

розкладання мертвої деревини [165].

В.В. Лавний і О.Р. Пелюх зазначають, що за даними аналізу матеріалів досліджень NASA зростання кількості парникових газів на планеті стало причиною підвищення температури нижніх шарів атмосфери на понад 1 °С. Це у свою чергу спричинило танення льодовиків, зменшення товщини снігового вкриття, перерозподіл атмосферних опадів, зменшення вологості повітря та інші зміни клімату [71].

Кліматичні зміни вплинули на стан та продуктивність лісових екосистем, зокрема й на гірські ялинові монокультури, які були створені упродовж ХІХ ст. в Європі та Карпатах для швидкого отримання стиглої деревини – внаслідок змін клімату вони почали масово всихати в останні десятиліття. Причини масового всихання описані у низці наукових праць [9, 30, 50-52, 58]. Найбільш інтенсивне всихання охопило похідні ялинники, створені на місці ялицево-букових лісостанів [51, 116].

Динаміку типів лісорослинних умов і породного складу деревостанів в Українських Карпатах під впливом змін клімату вивчали професори Ю.С. Шпарик, Г.Т. Криницький і Ю.М. Дебринюк [168]. Вони вказують, що найбільші зміни відбуваються в ялинових лісах – після їхнього всихання на ділянках природним шляхом відновлюються ялиця біла і бук лісовий.

Один з напрямів досліджень ялинових деревостанів стосується вивчення особливостей формування та динаміки продуктивності мішаних буково-ялицево-ялинових гірських лісів [189]. У статті наведено підсумки тривалого польового дослідження з на основі 60 експериментальних ділянок за період з 1980 по 2017 роки у лісовому фонді таких країн, як, Боснія і Герцеговина, Німеччина, Польща, Сербія, Словаччина, Словенія і Швейцарія. Авторами зазначено, що з огляду на висотну зональність такі ліси виявилися досить вразливими до кліматичних змін, тому, вивчення особливостей динаміки їх продуктивності має важливе значення для прогнозу росту і розвитку цих лісових екосистем у майбутньому [189].

Основні завдання, які поставили перед собою автори статті, це

встановлення продуктивності змішаних буково-ялицево-ялинових гірських лісів у Європі на сьогодні та динаміка їхньої продуктивності за останні десятиліття з урахуванням зміни клімату та антропогенного впливу. Як виявилось, мішані за складом гірські ліси є достатньо стабільними з точки зору нагромадження запасу деревостану під впливом кліматичних змін, оскільки зменшення об'ємного приросту одного деревного виду компенсувалося зростанням іншого. Встановлено, що за досліджуваній період ялина і ялиця характеризувалися різними моделями росту – ялицеві деревостани більшою мірою адаптувалися після потепління клімату, а продуктивність ялинових лісів значно знизилася.

Автори рекомендують формувати саме мішані деревостани як одну із основних стратегій адаптації гірських лісових екосистем до змін клімату, що дасть змогу певною мірою компенсувати наслідки антропогенних змін. Для підтримки стабільності лісової екосистеми, яка матиме змогу успішно адаптуватися до майбутніх змін клімату, авторами рекомендується збалансоване поєднання у складі деревостану бука лісового, ялиці білої та ялини європейської через науково-обґрунтоване застосування вибіркової системи господарювання [189].

Отримані результати досліджень свідчать про можливість розроблення стійкої системи управління ялиновими лісами з метою підтримки біорізноманіття гірських європейських лісів та забезпечення безперервного використання їх різних корисних функцій.

На початку XXI століття спостерігається істотне потепління в Європі. У той же час мають місце тривалі посухи, що призвело до всихання ялинових лісів в країнах Центральної Європи на значних площах [179, 180, 185, 192].

Також почастишали вітровали і буреломи лісу [188, 198, 222]. Все це призвело не лише до економічних збитків лісовласників, але й становить загрозу сталому забезпеченню екосистемних послуг ялинових лісів для суспільства.

І. Семенова та С.М. Вісенте-Серано [207] зазначають, що впродовж останніх 30 років середньорічна температура повітря в Україні зросла на 1,5 °С. Л. Вілсон та ін. [226] вказують, що за останнє десятиліття температура повітря в

Україні зростала швидше, ніж у сусідніх країнах.

Зміна клімату, особливо тривалі посухи і висока температура повітря призводять до зростання площі лісових пожеж як в Україні, так і в інших європейських країнах [208, 228].

Багато науковців вважає, що у другій половині ХХІ століття будуть ще гірші лісорослинні умови, ніж сьогодні [177, 227]. Очікується, що впродовж вегетаційного періоду буде ще менше опадів, посухи будуть частіше повторюватися і матимуть більшу тривалість. Такі зміни клімату сприятимуть ще більшому поширенню шкідників та хвороб лісу. Внаслідок цього будуть відбуватися значні зміни у видовому складі лісів – замість теперішніх переважатимуть інші види дерев.

Стратегічні напрямки адаптації до зміни клімату в лісовому господарстві України узагальнили В.П. Ткач і І.Ф. Букша [147]. Вони рекомендують сприяти впровадженню сталого лісокористування, а конкретні лісогосподарські заходи планувати з врахуванням лісорослинних умов.

Клімат Українських Карпат вивчали В.М. Ліпінський та ін. [82, 83], К.Т. Логвинов та ін. [85], В.Г. Мазепа і І.Ф. Шишканинець [85], В.І. Осадчий і В.М. Бабіченко [110], Л.В. Паламарчук та ін. [112]. В останні роки його в цьому регіоні досліджували В.І. Вишневський і О.А. Доніч [224]. Вони відзначають значне підвищення температури повітря в Українських Карпатах за даними всіх метеостанцій регіону, як високогірних, так і з нижче розташованих міст. За період спостережень, починаючи з 1961 р., підвищення середньої температури повітря становить близько 2 °С. За їхніми даними середньорічна температура повітря на всіх 11 метеостанціях в Українських Карпатах протягом 1961-1990 років становила 5,6 °С, а впродовж 1991-2019 років – 6,6 °С.

Автори зазначають, що підвищення температури повітря реєструється в усі пори року. Найбільший приріст спостерігається в січні та серпні. В останні десятиліття середня температура повітря в серпні стала майже такою ж, як і в липні. Найменше зростання температури повітря спостерігається в осінній період. За період 1961-1990 років середньорічна температура повітря на висотах

500, 1000 і 1500 і 2000 м становила 6,4, 3,8, 2,4 і 1,4 °С. Протягом 1991-2019 років середня температура повітря стала вищою на 1,1-0,8 °С. На зазначених вище висотах вона становила відповідно 7,5, 4,7, 3,3 і 2,2 °С [224].

Щодо річної кількості опадів вищеназвані автори не встановили достовірної зміни. Середньорічна кількість опадів на всіх 11 метеостанціях в Українських Карпатах у 1961-1990 роках становила 1101 мм, у 1991-2019 рр. – 1124 мм. Їхнє порівняння даних за 1961-1990 рр. та 1991-2019 рр. показує невелику тенденцію до збільшення кількості опадів у холодний період року з вересня по березень. Протягом останніх трьох десятиліть спостерігалось зменшення кількості опадів у літній період, насамперед у червні. Ця особливість стосується як низькогірної місцевості, так і високогірних метеостанції Плай та Пожежевська [224].

В Українських Карпатах відбулися помітні зміни температури повітря, наприклад, спостереження на найвищій в Україні метеорологічній та сніголавинній станції на горі Пожежевській (1451 м над рівнем моря) свідчать про підвищення середньої температури повітря у 2020 р. на 2,0 °С порівняно з нормою 1990 р. [48].

Досягнення цілей Паризької угоди вимагає значного та термінового скорочення антропогенних викидів вуглекислого газу (CO₂) та інших парникових газів і збільшення абсорбції CO₂. Здатність лісів і лісового господарства акумулювати CO₂ з атмосфери у великих масштабах вважається ключовою в шляхах пом'якшення клімату. Європейська зелена угода покладається на ліси та лісове господарство для досягнення кліматичної нейтральності Європейського Союзу (ЄС-27) до 2050 року [223].

Наведений вище літературний огляд свідчить про те, що ялинові деревостани Українських Карпат й надалі залишаються важливим об'єктом наукових досліджень у цьому лісоресурсному регіоні.

Висновки до розділу 1

1. Впродовж останніх десятиліть науковці досліджували різні аспекти

росту і продуктивності ялинових деревостанів лише в окремих регіонах і гірських масивах Українських Карпат. Комплексного вивчення ялинових лісів на всьому північно-східному макросхилі Українських Карпат в останні десятиліття не було.

2. Низка наукових публікацій вказує на значні зміни клімату як в окремих країнах Європи, так і в Українських Карпатах. Впродовж 1991-2020 років за даними В.І. Вишневського і О.А. Доніч [224] на 11 метеостанціях в Українських Карпатах зафіксовано підвищення середньорічної температури повітря на 1,0 °С порівняно з 1961-1990 роками.

3. Недивлячись на те, що ведення лісового господарства в Україні здійснюється на типологічній основі, ґрунтовних досліджень про стан і продуктивність ялинових деревостанів у переважаючих типах лісу в Українських Карпатах було недостатньо.

4. Актуальним завданням є також вивчення особливостей росту, продуктивності та санітарного стану ялинових деревостанів Українських Карпатах в умовах сучасних кліматичних змін.

5. Необхідно розробити і впровадити у лісгосподарських підприємствах регіону досліджень систему лісівничих заходів для адаптації ялинових лісів до змін клімату.

Окремі положення розділу наведені у наступних публікаціях: [74] Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2022). Праліси Українських Карпат як лабораторія для наближеного до природи лісівництва. *Університети як осередки сталості та екологізації освіти: матеріали науково-практичного семінару*, 38-40. Львів: НЛТУ України. (Особистий внесок: участь у написанні матеріалів). [75] Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2022) Типологічна структура і продуктивність ялинових лісів Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 66-78. (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті). [76] Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2023). Динаміка таксаційних показників ялинових

деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 98-112. <https://doi.org/10.15421/412307>. (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті).

[92] Матусевич, О.Б. (2022). Лісівнича характеристика і таксаційна оцінка ялинових деревостанів північно-східного макросхилу Українських Карпат у панівних типах лісу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(5), 28-35. <https://doi.org/10.36930/40320504>.

[211] Spathelf, P., Lavnyu, V., Matysevych, O., & Danchuk, O. (2024). German-Ukrainian Efforts Towards Building Climate-Resilient Forests in Western Ukraine – First Results of Alternative Regeneration Systems. *South-east European forestry*, 15(1). <https://doi.org/10.15177/seefor.24-04><https://doi.org/10.15177/seefor.24-04>. (Особистий внесок: збір експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті).

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА І ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма досліджень

Згідно з темою дисертаційної роботи програма досліджень передбачала проведення таких робіт:

1. Огляд літературних джерел щодо проведених досліджень ялинових деревостанів північно-східного макросхилу Українських Карпат.

2. Проаналізувати динаміку площ ялинових деревостанів у регіоні досліджень за 1988-2018 роки на основі повидільної бази даних лісогосподарських підприємств у регіоні досліджень.

3. Охарактеризувати розподіл ялиників північно-східного макросхилу Українських Карпат за категорією лісів, типами лісу, групами віку, походженням, класами бонітету, відносною повнотою, часткою ялини у складі деревостанів, висотою над рівнем моря, експозиціями та стрімкістю схилів.

4. Дати лісівничо-таксаційну характеристику ялинових деревостанів у панівних типах лісу за повидільною базою даних Українського державного проектного лісовпорядного виробничого об'єднання.

5. Закладання пробних площ у двох домінуючих типах лісу (волога буково-ялицева сушмеречина та волога високогірна сушмеречина) для визначення лісівничо-таксаційних показників ялинових деревостанів у природі.

6. Камеральне опрацювання результатів таксації ялинових деревостанів на пробних площах.

7. Моделювання росту ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат у двох домінуючих типах лісу.

8. Оцінювання санітарного стану ялинових деревостанів.

9. Взяття кернів з надпанівних дерев ялини європейської для аналізу радіального приросту.

10. Розробку лісівничих рекомендацій щодо адаптації ялинових лісів до

кліматичних змін.

2.2. Методика і методи досліджень

Для аналізу динаміки площ ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат за 1988-2018 роки нами було використано дані лісотаксаційних довідників за 1988, 1996 і 2002 роки та повидільну лісовпорядну базу даних Українського державного проектного лісовпорядного виробничого об'єднання (ВО "Укрдержліспроект") станом на 01.01.2011 і 01.01.2018 років.

Аналіз лісівничо-таксаційних показників ялинових деревостанів виконано станом на 2018 рік на основі аналізу 114915 таксаційних виділів, де ялина європейська є головним деревним видом у складі деревостанів на території гірської частини Львівської (22707 виділів), Івано-Франківської (73661 виділів) та Чернівецької областей (18547 виділів). З повидільної бази даних лісовпорядкування було використано для аналізу такі показники: категорія лісів; походження деревостану; висота над рівнем моря; експозиція; стрімкість схилу; клас віку; група віку; клас бонітету; відносна повнота; склад і запас деревостану.

Основна увага була зосереджена на лісівничо-таксаційній характеристиці ялинових деревостанів у шести переважаючих типах лісу: вологий чистосмерековий суббір (3987 виділи); волога букова суслеречина (4468 виділів); волога буково-ялицева суслеречина (42071 виділів); волога високогірна суслеречина (20385 виділів); волога ялицева суслеречина (5596 виділів); волога буково-ялицева смеречина (7431 виділів).

Деревостани цих типів лісу було охарактеризовано за такими ознаками: походження, стрімкість схилу; категорія лісів, експозиція схилу, висота над рівнем моря, класи віку, класи бонітету, коефіцієнти складу.

Виконання запланованого обсягу досліджень також передбачало аналіз літературних джерел з поставленого завдання, використання вимірювального, окомірного та перелікового способів таксації ялинових деревостанів, застосування статистичного аналізу фактичних результатів вимірювань,

кореляційний аналіз для оцінки зв'язків, регресійний аналіз для встановлення рівнянь.

Для визначення лісівничо-таксаційних показників ялинових деревостанів північно-східного макросхилу Українських Карпат закладали пробні площі згідно із вимогами стандарту [27, 125] у двох переважаючих типах лісу – вологій буково-ялицевій сушмеречині та у вологій високогірній сушмеречині. Частка ялини європейської у складі деревостану становила 7 і більше одиниць. Пробні ділянки закладали на різних висотах над рівнем моря, на схилах різної експозиції та стрімкості у ялинових деревостанах різних груп віку на території Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей.

Діагностику типів лісу на пробних ділянках здійснювали за методикою професора З. Ю. Герушинського [5, 10].

Збір експериментальних даних здійснювали на прямокутних тимчасових пробних ділянках згідно з існуючими лісівничо-таксаційними методами. Координати вершин пробних ділянок фіксувалися з використанням GPS-навігатора. На кожній пробній ділянці виконано вимірювання діаметрів усіх наявних дерев з точністю до 1 см. Висоти вимірювалися для дерев, обраних за методом пропорційно-ступінчастого представництва.

Під час обчислення відносних показників використано нормативну базу, наведену у "Лісотаксаційному довіднику" [2].

Керни для аналізу радіального приросту дерев ялини брали на кожній пробній площі з 5 надпанівних дерев ялини європейської на висоті 1,3 м з використанням вікового бурава Naglöf довжиною 40 і 60 см. Для дослідження річних приростів деревини використано метод дендрохронології, а камеральні роботи виконувалися з використанням обладнання лабораторії дендроекології кафедри лісівництва НЛТУ України, зокрема приладу LINTAB 6.0 та програми TSAPWIN.

На кожній пробній ділянці визначали категорії санітарного стану всіх дерев згідно Санітарних правил в лісах України [134].

Методикою дисертаційного дослідження передбачено використання

загальновідомих підходів до методів збирання та опрацювання польових даних, які базуються на використанні сучасного програмного забезпечення і комп'ютерних технологій у царині графічної інтерпретації отриманих результатів.

Під час виконання дисертаційних досліджень використано такі методи досліджень: лісівничо-таксаційні, порівняльної екології, математико-статистичні.

Лісівничо-таксаційний аналіз та наукові узагальнення результатів дослідження виконували з використанням методів математичної статистики, а саме, показників описової статистики, простої та множинної кореляції, простої та множинної регресії, методів багатомірного математичного моделювання з використанням принципів системного підходу до аналізу даних.

Інтерпретацію та аналіз отриманих результатів виконано з використанням графічних та аналітичних підходів.

У процесі написання роботи було застосовано теоретичні підходи порівняльного, аналітичного та літературного аналізів, а також вимірювально-переліковий метод дослідження. За теоретичну основу слугували літературно-інформаційні, картографічні, лісовпорядні матеріали, а також результати статистичного опрацювання деревостанів на пробних ділянках.

Загалом пробні ділянки були закладені у модальних для регіону досліджень ялинових деревостанах і можуть бути використані для їхньої лісівничо-таксаційної характеристики.

Використаний у роботі експериментальний матеріал на основі тимчасових пробних ділянок, а також повидільної характеристики ялинових деревостанів за даними бази даних ВО "Укрдержліспроєкт" забезпечує достатню репрезентативність дослідного матеріалу для оцінки динаміки лісівничо-таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат.

Проведення вибіркового спостереження, коли з генеральної сукупності невідомого обсягу відбирається незначна кількість варіант, вимагає дотримання

наперед обумовленого плану дій з метою отримання таких статистичних даних, які підтверджують надійність експериментального дослідження. У зв'язку із цим нами виконувалося первинне статистичне опрацювання вибірових сукупностей.

Для моделювання процесів росту ялинових деревостанів за таксаційними ознаками нами використано кореляційні рівняння, які відображають існуючі залежності між ознаками. У такому випадку рівняння виконує роль моделі, яка відображає певну закономірність. Серед значної кількості видів моделювання (комп'ютерне, інформаційне, статистичне, цифрове, імітаційне та ін.) у роботі обрано математичне. Його суть полягає у тому, що серед усіх можливих математичних співвідношень обираються лише ті, які зі статистичної точки зору описуються існуючими закономірностями, і є найхарактернішими для об'єкту дослідження.

При цьому, залежно від форми зв'язку між ознаками використовували те рівняння регресії, яке найоптимальніше відображало наявні криволінійні залежності. Під час опрацювання динамічних моделей зв'язку у якості незалежної ознаки обирали вік з градацією 5 років, а залежної – висоту, діаметр, густоту, абсолютну повноту, запас, видове число. Отримані теоретичним шляхом з використанням прикладних програм коефіцієнти регресії дали змогу обчислити теоретичні значення потрібних таксаційних ознак ялинових деревостанів, які були покладені в основу математичної моделі.

Метою моделювання є можливість прогнозування значень таксаційних ознак ялинових деревостанів для можливості керування процесами росту, їх оптимізації та порівняння з даними інших наукових досліджень.

2.3. Характеристика експериментального матеріалу

Вивчення сучасного стану та аналіз лісівничо-таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат потребує якісного експериментального матеріалу, зібраного на значній території.

З метою реалізації поставлених у роботі завдань у 2021 році було зібрано

експериментальний матеріал на 41 пробних ділянках різної площі в ялинових деревостанах у двох домінуючих типах лісу – вологій високогірній сушмеречині та вологій буково-ялицевій сушмеречині (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Загальна кількість пробних ділянок та їхні площі за типами лісу і лісогосподарськими підприємствами

Назва підприємства* та лісництва	Кількість пробних ділянок (чисельник, шт.) та їхня площа (знаменник, га) за типами лісу		
	С ₃ –Ял	С ₃ –бк-яцЯл	Всього
ДП "Боринське ЛГ" (Верхньовисоцьке л-во)	3	–	3
	0,625	–	0,625
ДП "Верховинське ЛГ" (Верховинське, Красницьке л-ва)	4	2	6
	0,5245	0,265	0,7895
ДП "Вигодське ЛГ" (Людвиківське, Вишківське, Свічівське л-ва)	3	7	10
	0,47	1,16	1,63
ДП "Гринявське ЛГ" (Гостівецьке, Яловичорське л-ва)	2	4	6
	0,33	0,68	1,01
ДП "Делятинське ЛГ" (Дорівське, Микуличинське л-ва)	2	3	5
	0,45	0,535	0,985
ДП "Осмолодське ЛГ" (Бистрицьке, Мшанське л-ва)	4	5	9
	0,6135	0,858	1,4715
ДП "Путильське ЛГ" (Сергіївське л-во)	2	–	2
	0,714	–	0,714
Разом	20	21	41
	3,727	3,498	7,225

*Примітка: назву лісогосподарських підприємств вказано станом на 2021 рік.

Загалом експериментальний матеріал було зібрано на території 7 державних лісогосподарських підприємств: "Боринське лісове господарство", "Вигодське лісове господарство", "Осмолодське лісове господарство", "Делятинське лісове господарство", "Верховинське лісове господарство", "Гринявське лісове господарство" та "Путильське лісове господарство".

Місцерозташування пробних ділянок проілюстровано на рис. 2.1.

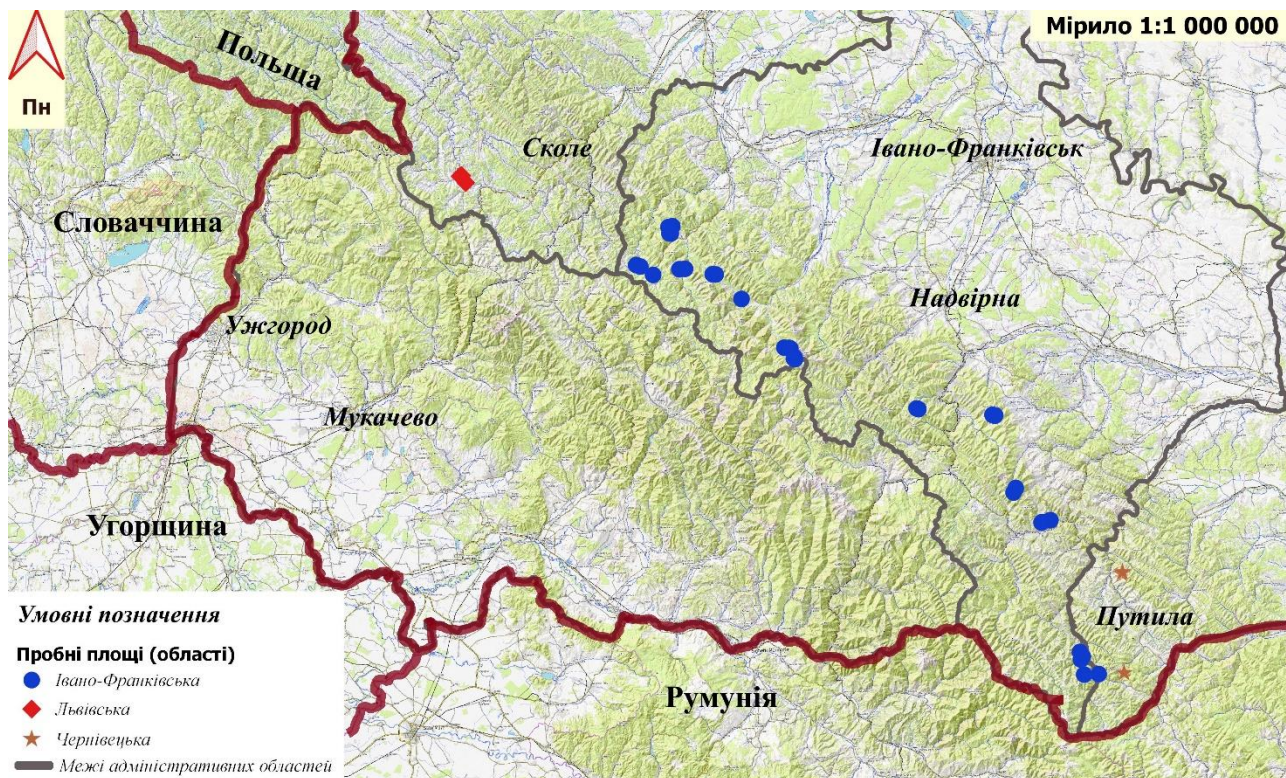


Рис. 2.1. Схема розташування пробних площ у ялинових деревостанах північно-східного макросхилу Українських Карпат

За походженням насаджень на пробних ділянках у типі лісу S_3-S_m переважають природні ялинові деревостани, а в $S_3-bk-яцS_m$ – деревостани штучного походження (рис. 2.2).

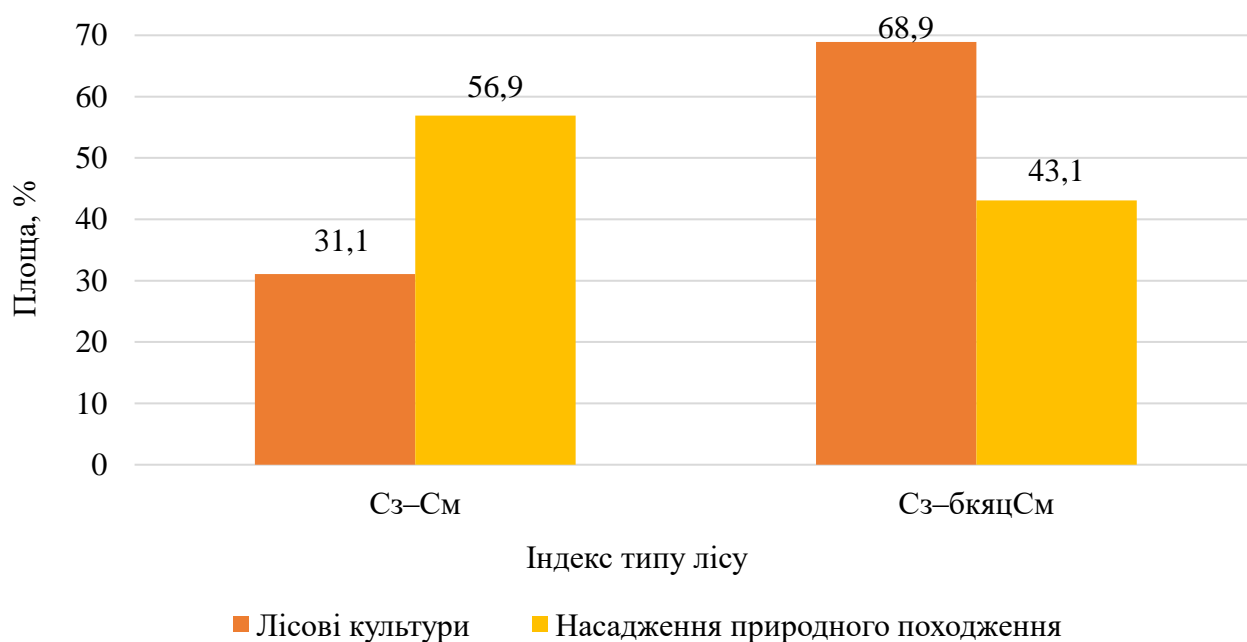


Рис. 2.2. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і походженням насаджень

За стрімкістю схилів (рис. 2.3) пробні ділянки в ялинових деревостанах вологої буково-ялицевої сушмеречини розміщені переважно на спадистих та стрімких схилах (87,8 %), а вологої високогірної сушмеречини – на стрімких та дуже стрімких схилах (84,8 %).

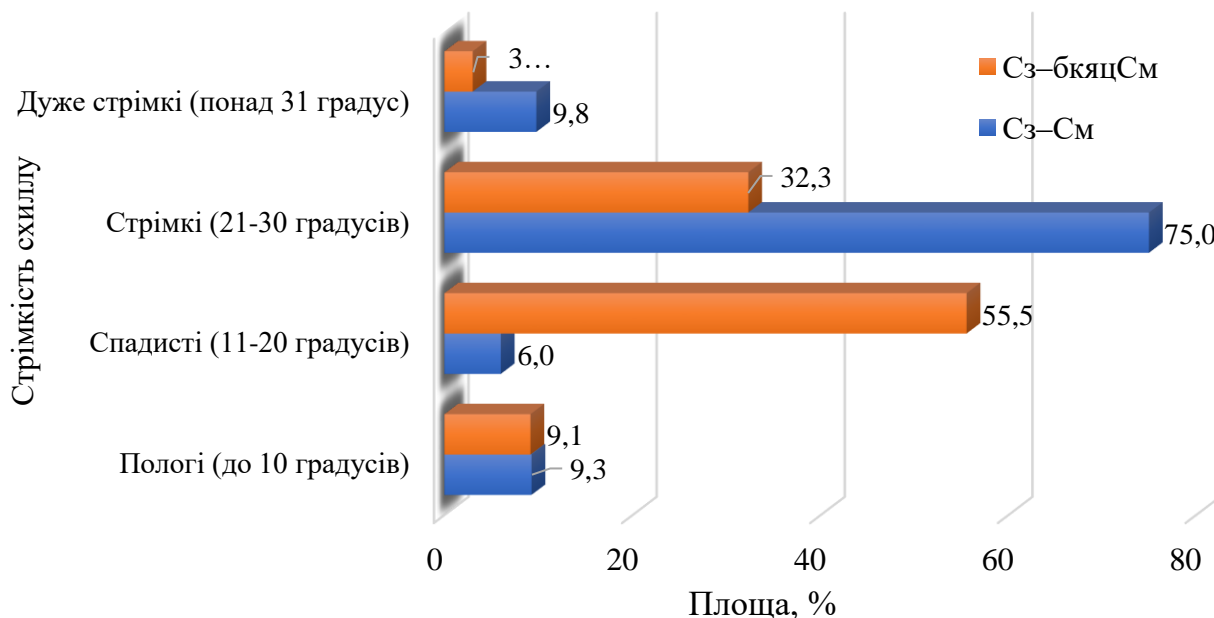


Рис. 2.3. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і стрімкістю схилів

У структурі пробних ділянок за категоріями лісів переважають ялинові деревостани, які виконують протиерозійні функції: 60,9 % від загальної площі у типі лісу C3-См і 49,0 % – у типі лісу C3-бк-яцСм (рис. 2.4).

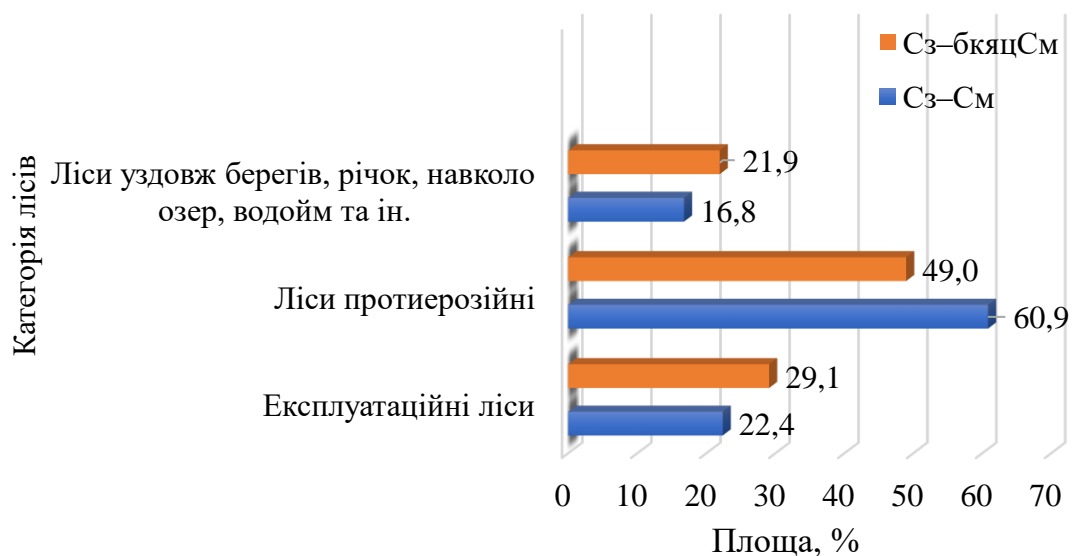


Рис. 2.4. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і категоріями лісів

Невелика кількість пробних ділянок в обох типах лісу зосереджена в експлуатаційних лісах та в лісах уздовж берегів річок, навколо озер і водойм.

В обох типах лісу на пробних ділянках переважали схили південно-східної, північно-західної та північно-східної експозиції, а для вологої високогірної сушмеречини – ще й південні (рис. 2.5). Решту експозицій схилу були менше представлені і їхня частка не перевищувала 15 % від загальної площі пробних ділянок.

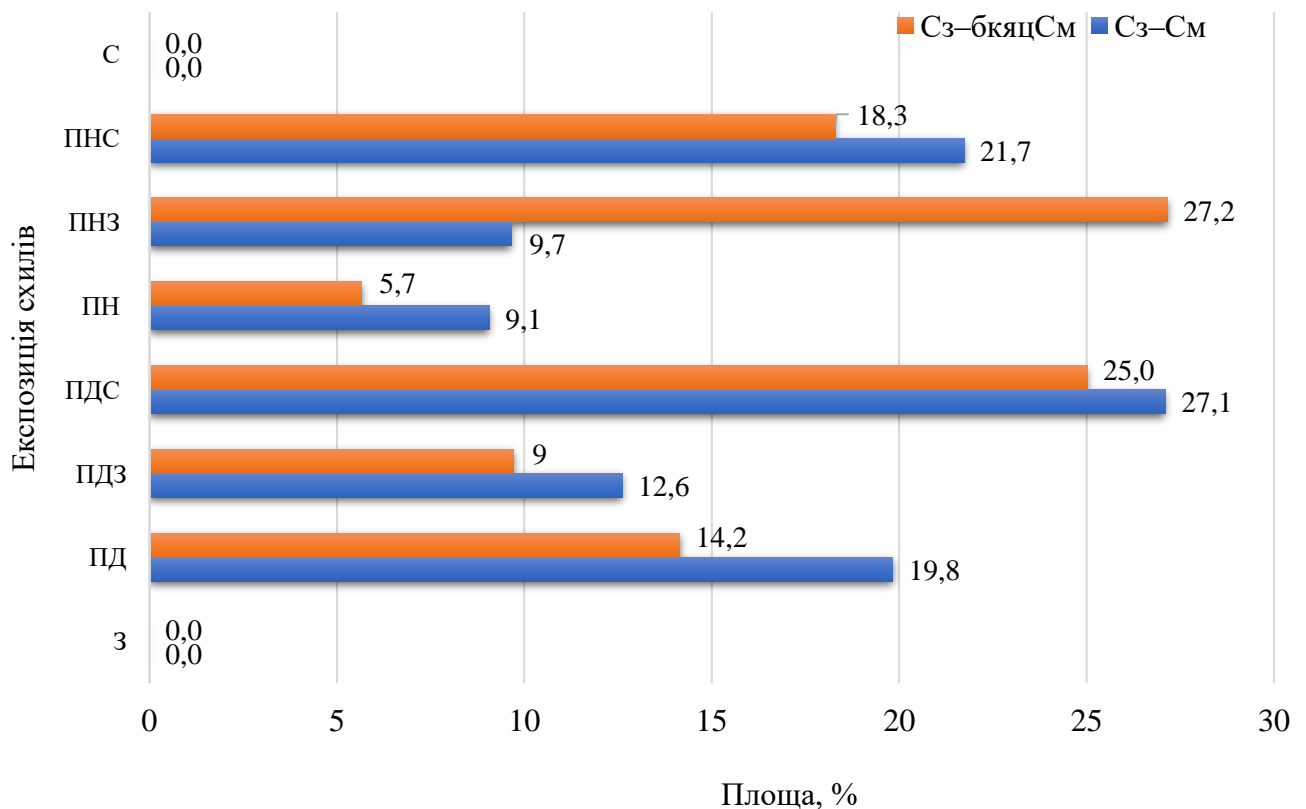


Рис. 2.5. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і експозиціями схилів

Основна кількість пробних ділянок у регіоні досліджень представлена у віковому діапазоні ялинових деревостанів від 21 до 120 років (рис. 2.6).

Найстаріші ялинові деревостани віком 152 і 157 років представляють, відповідно, вологу високогірну сушмеречину Дорівського лісництва і вологу буково-ялицеву сушмеречину Верховинського лісництва.

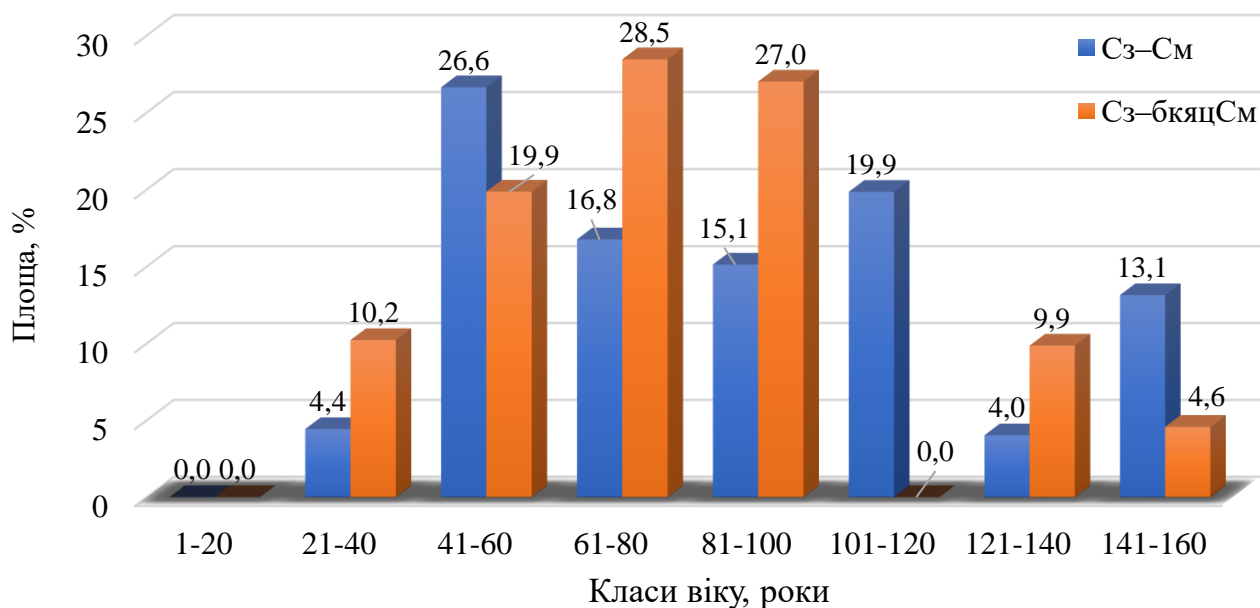


Рис. 2.6. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і класами віку

Розподіл пробних ділянок за класами бонітету (рис. 2.7) підтверджує перевагу високобонітетних ялинових деревостанів: насамперед це стосується вологої буково-ялицевої сушмеречини, 63,6 % площі деревостанів якої мають I^a і вищі класи бонітету.

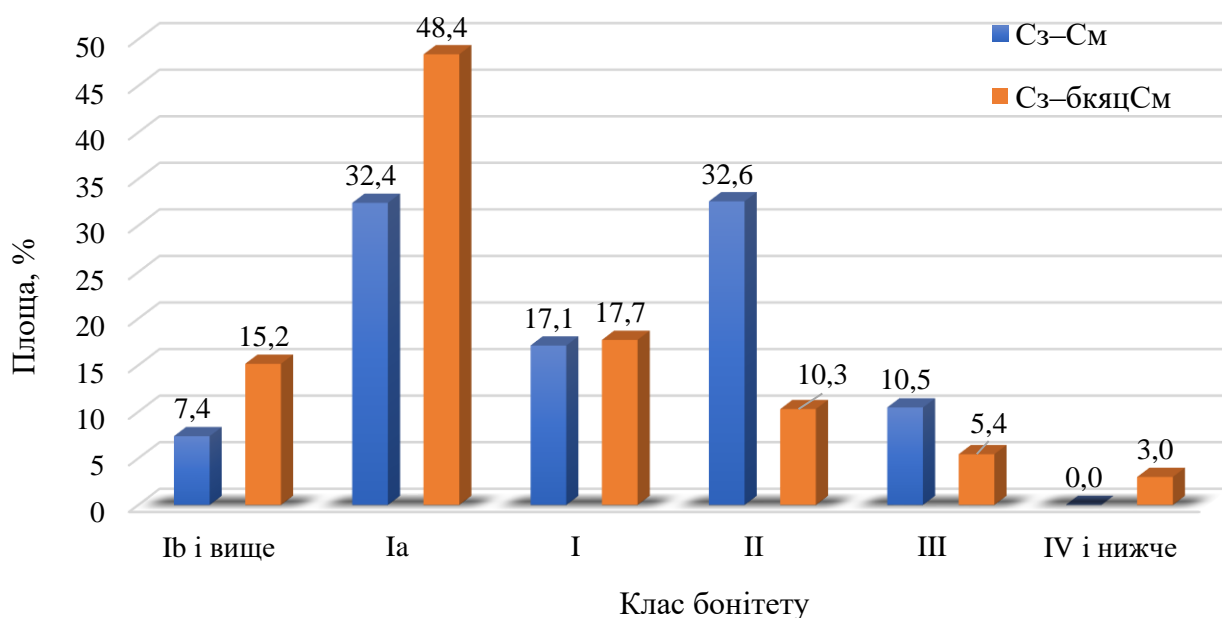


Рис. 2.7. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і класами бонітету

Для деревостанів вологої високогірної сушмеречини пробні ділянки

характеризуються дещо нижчою продуктивністю ялинових деревостанів.

Основна частина пробних ділянок у вологій буково-ялицевій сушмеречині була розміщена на висоті до 1000 м н. р. м., тобто ялинові деревостани представляють в основному середньогірський пояс ялинових лісів Українських Карпат (рис. 2.8). У вологій високогірній сушмеречині більшість пробних ділянок розташована на висоті 1100-1200 м н. р. м.

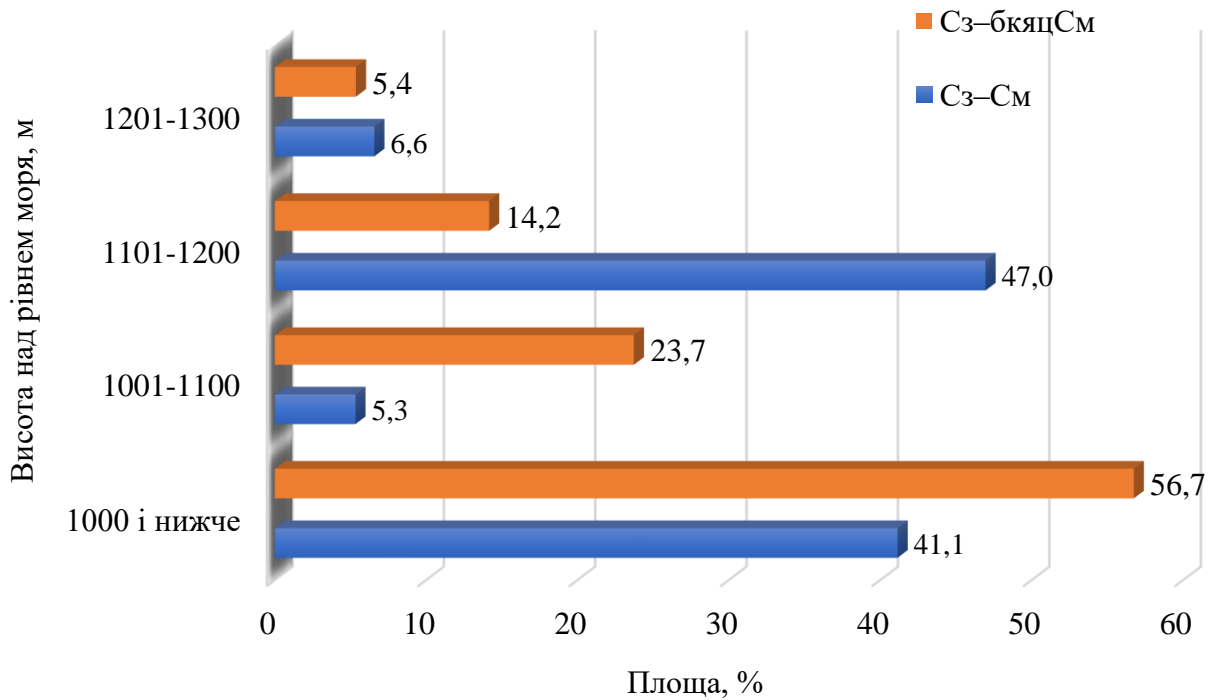


Рис. 2.8. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і висотою над рівнем моря

Пробні ділянки в ялинових лісостанах північно-східного макросхилу Українських Карпат представлені як чистими, так і мішаними деревостанами (рис. 2.9).

Для типу лісу С₃-С_м характерним є домінування чистих ялиників з незначною домішкою ялиці білої, бука лісового та клена-явора. Складнішими за будовою є ялинові деревостани вологої буково-ялицевої сушмеречини, в яких на 26 % пробних ділянок частка головної породи становить 7-9 од., а решту – ялиця біла і бук лісовий з незначною домішкою клена-явора та в'яза шорсткого.

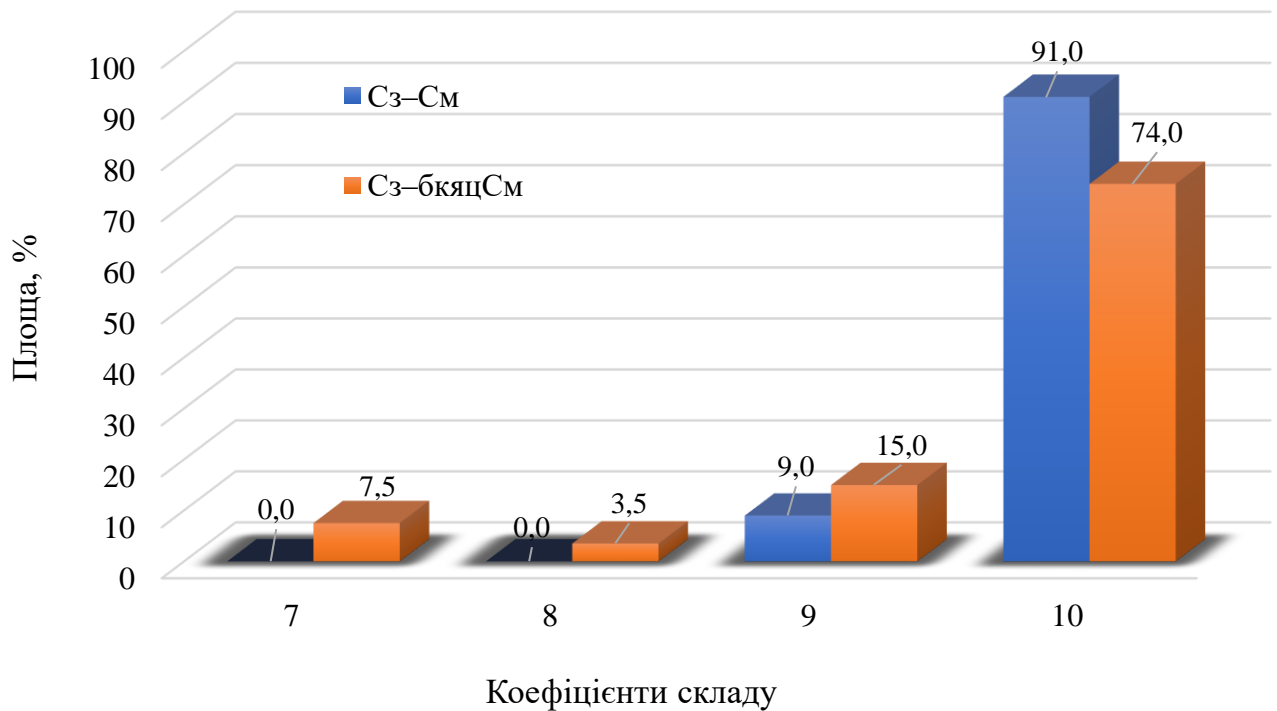


Рис. 2.9. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і часткою ялини в складі деревостану

Характеризуючи деревостани пробних ділянок за відносною повнотою варто відзначити, що вони є загалом високоповнотними. Так, в умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини деревостани з відносною повнотою 0,81-1,0 займають 61,4 %, а частка середньоповнотних деревостанів у цьому типі лісу становить 28,3 % від загальної площі пробних ділянок (рис. 2.10).

У типі лісу Сз-См переважали пробні ділянки у деревостанах з відносною повнотою 0,71-0,80, частка яких становила 39,1 % від їх загальної площі.

Для оцінки радіальних приростів дерев ялини європейської нами на 41 пробній площі були відібрано 205 кернів. Згідно визначеної методики, на кожній пробній площі керни відбиралися з 5 найгрубших дерев ялини європейської. В процесі транспортування та подальшої підготовки окремі з них були пошкоджені настільки, що проводити з ними подальші дослідження було неможливо. Зразки, які задовольняли вимоги, були підготовлені наступним чином: наклеєні на тверду дерев'яну основу та відшліфовані для подальших вимірів (рис. 2.11).

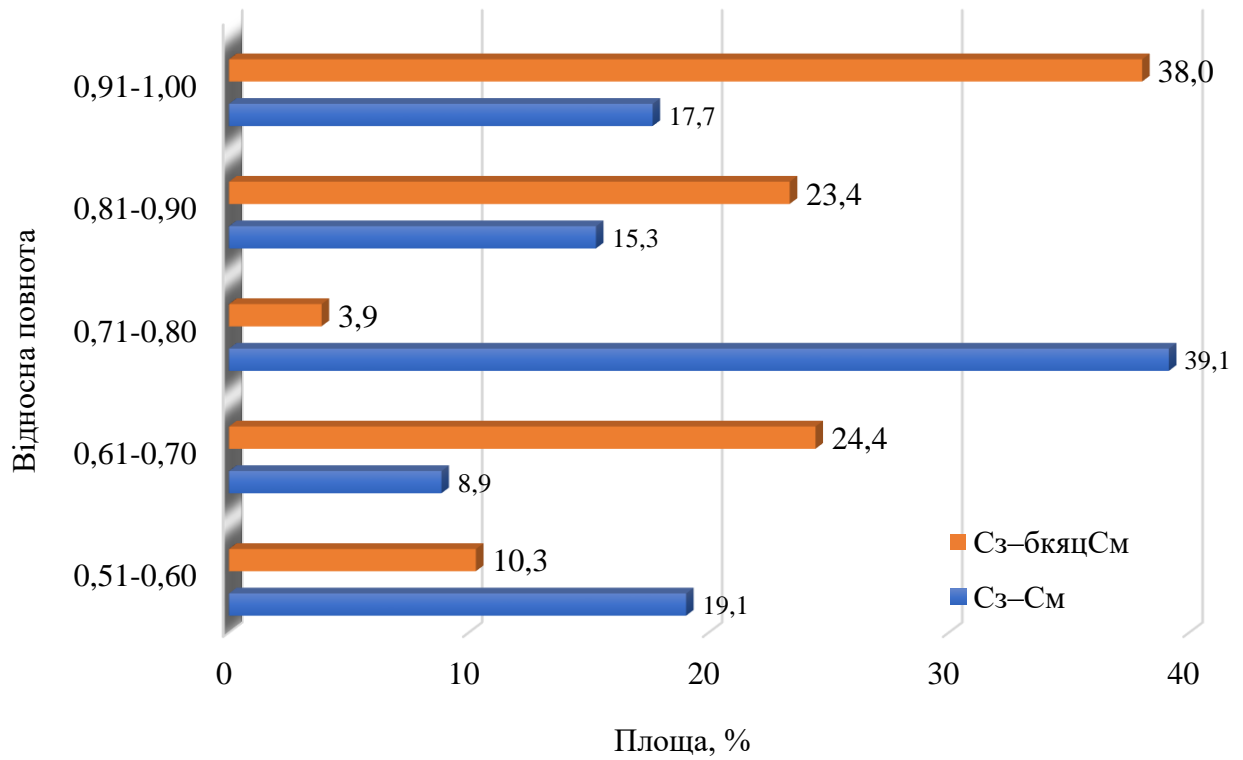


Рис. 2.10. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і відносною повнотою



Рис. 2.11. Загальний вигляд підготовлених до вимірювання кернів

Важливим аспектом успішного вимірювання кернів є якість їхнього шліфування. Тому на цьому етапі роботи було приділено особливу увагу тому, щоб на зразках не залишалося ділянок, які не пройшли шліфування. Загальний підхід до шліфування полягав у використанні шліфувального паперу різної

товщини фракції, де на остаточному етапі застосовується папір з найменшою зернистістю. Після процесу шліфування керни очищали від залишків пилу та стружки, яка під час вимірювань може створювати додаткові незручності.

Підготовлені керни вимірювали на устаткуванні лабораторії дендроекології кафедри лісівництва НЛТУ України, яке включає вимірювальний прилад LinTab 6 на основі програмного забезпечення TSAPWin. Це устаткування дозволяє вимірювати як річні прирости, так і прирости ранньої і пізньої деревини, задавати окремі показники для вимірювання тощо. Для наших досліджень ми проводили вимірювання річних приростів деревини у товщину від кори до серцевини керна із точністю 1/10 мм. Вигляд процесу вимірювання у мікроскопі наведено на рис. 2.12.

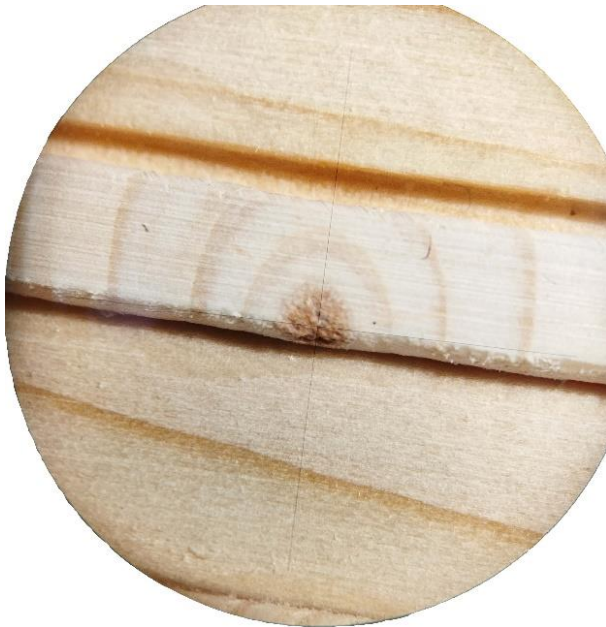


Рис. 2.12. Загальний вигляд зразка керна в окулярі мікроскопа

Як видно з рис. 2.12, на зразках кернів ялини європейської добре проглядаються річні кільця. Проте часто трапляються випадки, коли межа між пізньою та ранньою деревиною є нечіткою, річні кільця є похилими (не перпендикулярними до сітки ниток мікроскопа). На точність вимірювань має значний вплив наявність розривів у керна, які в мікроскопі видно у вигляді "прогалин". У таких випадках необхідно рухати зразок керна вручну на вимірювальному столі. Також слід

зазначити, що частина кернів не мають чітко вираженої серцевини, що переважно є наслідком нечіткого попадання віковим буравом у центр дерева, тому для таких зразків точний вік дерева встановити було неможливо. У незначній частині кернів траплялися подвійні ядра або частина сучка, яку неозброєним оком розпізнати важко. Зазвичай, за таких вад вимірювання річних кілець на керні проводили тільки до наявності відповідної вади.

З 201 шт. кернів 176 було відібрано в ялинових деревостанах на території Івано-Франківської області, 15 – Львівської та 10 – Чернівецької областей. Розподіл кількості дерев ялини європейської, з яких брали керни за експозицією схилу наведено на рис. 2.13.

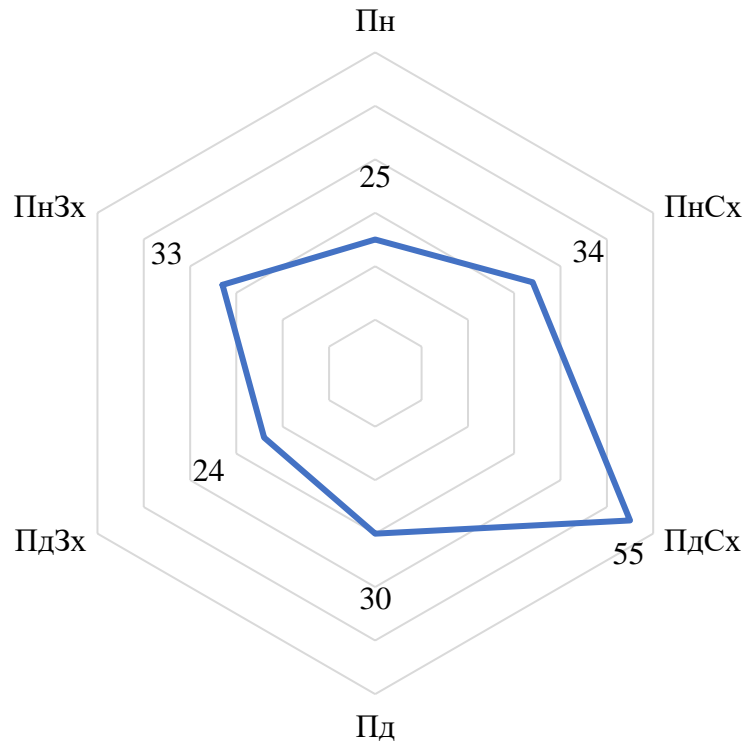


Рис. 2.13. Розподіл кількості кернів за експозицією схилу

Розподіл кількості взятих кернів за експозицією схилу має приблизно рівномірний розподіл – від 24 до 34 шт. кернів з одної експозиції, найбільш представленою була південно-східна експозиція у кількості 55 кернів.

Кількість кернів за висотою розташування дерев над рівнем моря узагальнено на рис. 2.14. З цього рис. видно, що найбільшу кількість кернів було отримано із дерев ялини європейської, які зростають на висоті 1100-1199 м над рівнем моря. Розподіл кількості кернів на нижчих висотах приблизно рівномірний. Найменша кількість зразків відібрано з висоти 1200-1299 м над рівнем моря. Із всіх аналізованих кернів з дерев ялини європейської найвищою точкою взяття була висота 1225 м над рівнем моря (колишнє ДП "Осмолодське лісове господарство" Івано-Франківської області).

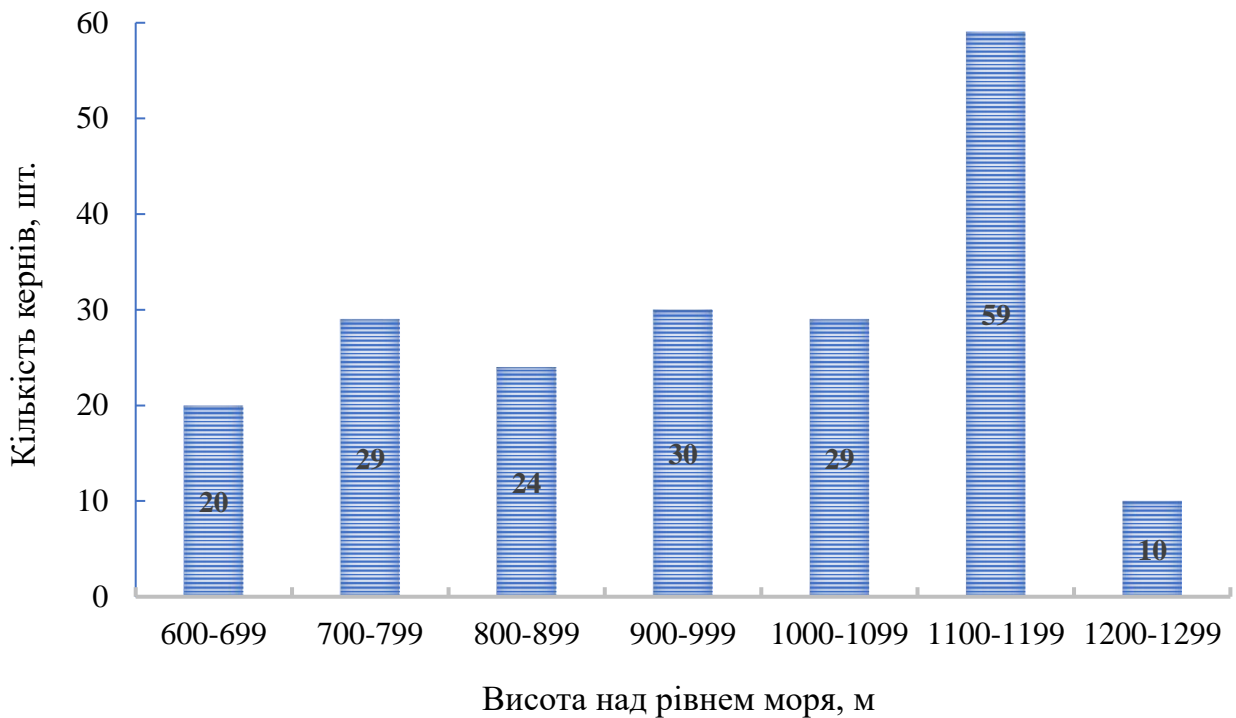


Рис. 2.14. Розподіл кількості кернів за висотою над рівнем моря

За результатами вимірювань радіальних приростів на кернах можна проаналізувати вікову структуру дерев, з яких їх було взято. Проте тут потрібно мати на увазі, що вікова структура кернів не повністю відображає вікову структуру деревостанів, з яких їх отримали. Як наголошувалося вище, тільки у частини кернів були наявні серцевини (59 зразків із 201), що дає можливість оцінити вік цих дерев із певним припущенням, оскільки керни брали віковим буравом на висоті 1,3 м, а дереву необхідний певний час для досягнення цієї висоти. Тому на рис. 2.15 наведено розподіл кількості кернів за класами віку дерев, які вдалося поміряти.

З рис. 2.15 видно, що найбільша частина кернів характеризує радіальні прирости дерев віком від 31 до 60 років (50 % від загальної кількості). Однак значна частка кернів взята з дерев ялини європейської віком понад 100 років – 20 %. Найстаріший керн, який було виміряно, має вік 217 років і датований 1805 роком (філія "Осмолодське лісове господарство" Івано-Франківської області, висота над рівнем моря 1159 м), причому на цьому зразку немає серцевини, тому вік цього дерева є очевидно більшим.

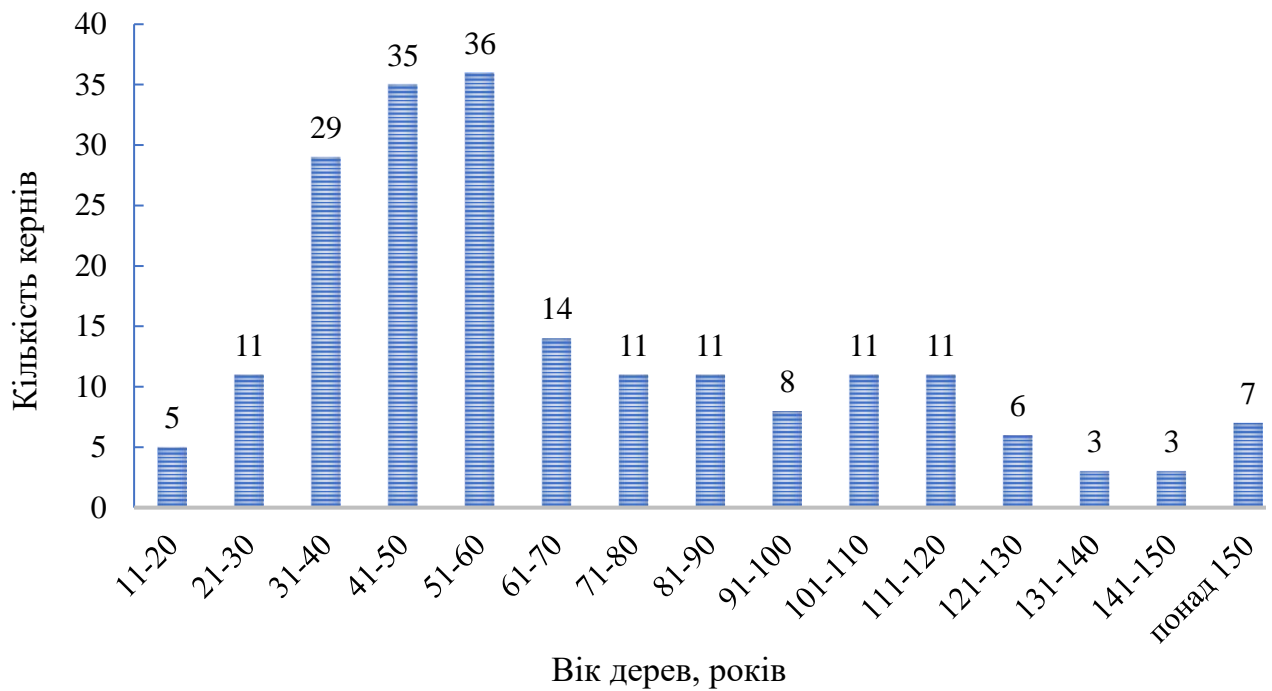


Рис. 2.15. Розподіл кількості кернів за класами віку дерев ялини

Загальні правила вимірювань річних радіальних приростів за Speer, 2009 [212], яких ми дотримувалися, наступні (рис. 2.16):

1. Початок вимірювання – від початку кори.
2. Радіальний приріст вимірювався за найкоротшою відстанню між двома суміжними річними кільцями.
3. Припинення вимірювання проводили при досягненні останнього видимого річного кільця на зразку керна.
4. У випадку наявності чітко видимої серцевини, вимірювання проводили до її центру.



Рис. 2.16. Схема вимірювання величини річних радіальних приростів на кернах ялини

За описаною вище технологією вимірювали річні радіальні прирости дерев

ялини європейської на всіх кернях. Оскільки всі керни були взяті впродовж 2021 року на пробних ділянках у різний час вегетаційного періоду, виміряні радіальні прирости у цьому році не є повними, тому для подальших досліджень вони не включалися. Аналіз радіальних приростів всіх дерев ялини європейської ми закінчували 2020 роком.

Основні положення цього розділу опубліковано автором у наукових працях [75] Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2022). Типологічна структура і продуктивність ялинових лісів Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 66-78. (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті). [76] Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2023). Динаміка таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 98-112. <https://doi.org/10.15421/412307>. (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті). [92] Матусевич, О.Б. (2022). Лісівнича характеристика і таксаційна оцінка ялинових деревостанів північно-східного макросхилу Українських Карпат у панівних типах лісу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(5), 28-35. <https://doi.org/10.36930/40320504>. [155] Хомюк, П.Г., Лавний, В.В., Гаврилюк, С.А., Матусевич, О.Б., Савчин, В.М. (2023). Динаміка площ і таксаційних показників ялинових деревостанів Українських Карпат. Матеріали 73-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2022-2023 роках / Редкол.: С.І. Миклуш (відп. ред.) та ін. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2023. – С. 116-119. (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні матеріалів).

РОЗДІЛ 3

ДИНАМІКА ПОШИРЕННЯ І ТИПОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ЯЛИНОВИХ ЛІСІВ НА ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ МАКРОСХИЛІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

3.1. Динаміка зміни площі і таксаційних показників ялинових деревостанів

В останні десятиліття спостерігалось масове пошкодження і всихання ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат (див. п. 1.5), тому ми проаналізували зміну їхньої площі за останніх 30 років. Для оцінки динаміки площі ялинових лісів у регіоні досліджень нами було проаналізовано дані з довідників лісового фонду за 1988, 1996, 2002, 2006 роки, а також повидільну базу даних ВО "Укрдержліспроєкт" за 2011 та 2018 роки. Результати досліджень узагальнено в табл. 3.1.

Встановлено, що загальною тенденцією в динаміці поширення ялинових лісів в усіх трьох адміністративних областях на північно-східному макросхилі Українських Карпат є істотне зменшення їхньої площі впродовж останніх 30 років (рис. 3.1).

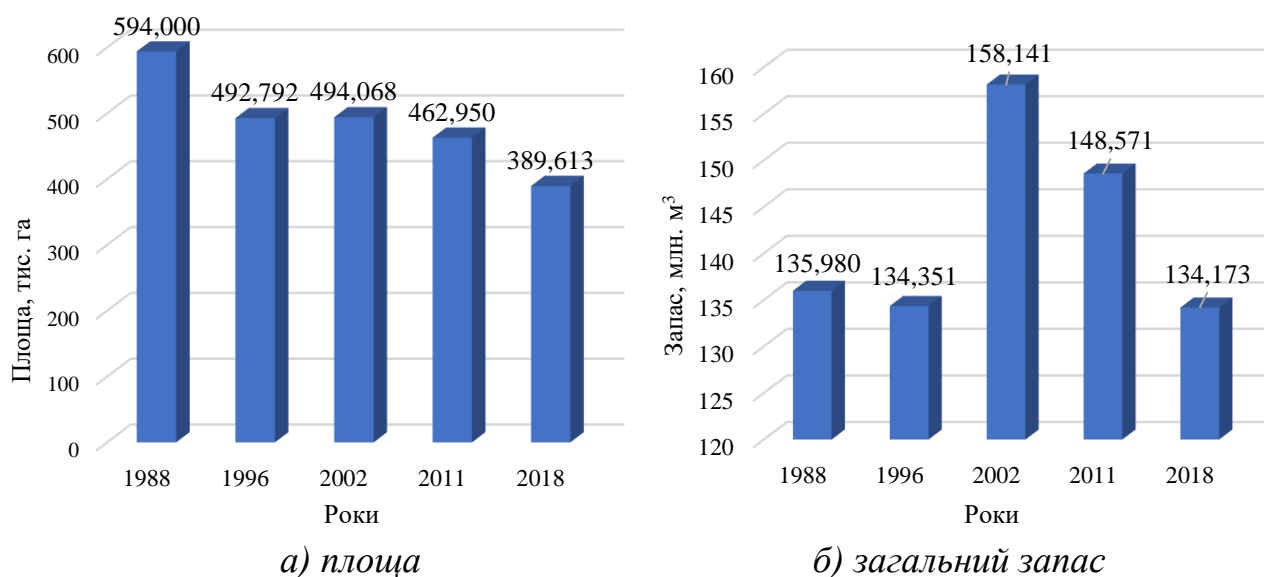


Рис. 3.1. Динаміка площі (а) та запасів (б) ялинових деревостанів

Таблиця 3.1

Динаміка зміни площі і запасів деревини в ялинових деревостанах за адміністративними областями в розрізі груп віку (всі лісокористувачі)

Роки, області	Площа, тис. га							Запас, млн. м ³							Сер. вік, років	Сер. запас на 1 га, м ³
	Всього	Групи віку						Всього	Групи віку							
		Молодняки		Серед-ньовік.	Присти-гаючі	Стигли	Пере-стійні		Молодняки		Серед-ньовік.	Присти-гаючі	Стигли	Пере-стійні		
		1 класу	2 класу						1 класу	2 класу						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18
Івано-Франк.	333,5	178,2		99,1	38,5	17,7	-	79,05	18,18		36,24	16,34	8,29	-	-	237
Львівська	148,9	70,0		54,9	17,7	6,3	-	26,67	8,82		11,65	2,77	3,43	-	-	179
Чернівецька	111,6	46,6		25,4	29,9	9,7	-	30,26	4,29		8,51	13,29	4,17	-	-	271
Всього	594,0	294,8		179,4	86,1	33,7	-	135,98	31,29		56,40	32,40	15,89	-	-	229
1996																
Івано-Франк.	310,369	40,119	120,643	95,617	33,256	18,802	1,932	82,566	1,953	21,358	36,422	13,764	8,203	0,866	50	265
Львівська	104,919	9,983	34,886	40,816	9,714	9,151	0,369	29,142	0,416	5,866	13,608	4,197	4,908	0,147	51	277
Чернівецька	77,504	10,510	23,561	18,165	11,155	13,986	0,127	22,643	0,386	4,103	6,165	4,770	7,157	0,062	53	292
Всього	492,792	60,612	179,090	154,598	54,125	41,939	2,428	134,351	2,755	31,327	56,195	22,731	20,268	1,075	51	273
2002																
Івано-Франк.	316,471	19,742	59,988	156,965	38,441	37,786	3,550	100,295	0,535	11,167	56,377	15,741	15,057	1,417	63	317

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18
Львівська	99,775	7,228	19,382	45,243	14,035	12,455	1,432	33,058	0,254	3,696	16,451	5,953	6,074	0,631	56	331
Чернівецька	77,822	5,989	17,660	31,555	9,927	12,104	0,587	24,788	0,153	3,088	11,166	4,297	5,832	0,251	57	319
Всього	494,068	32,959	97,030	233,764	62,403	62,344	5,568	158,141	0,942	17,951	83,994	25,991	26,963	2,299	61	320
2011																
Івано-Франк.	295,676	15,101	33,066	146,093	42,300	47,830	11,286	95,782	0,411	4,583	52,820	15,508	18,088	4,372	66	321
Львівська	91,692	6,365	12,536	37,690	16,936	14,432	3,734	28,522	0,202	1,920	12,378	6,280	6,072	1,671	56	305
Чернівецька	75,581	5,249	12,018	32,313	13,411	10,628	1,962	24,267	0,111	1,808	11,239	5,514	4,683	0,912	58	317
Всього	462,950	26,715	57,621	216,096	72,646	72,890	16,983	148,571	0,725	8,312	76,436	27,302	28,842	6,955	63	317
2018																
Івано-Франк.	258,011	12,961	25,159	131,154	39,133	39,003	10,602	94,948	0,300	3,315	53,867	17,262	15,933	4,272	72	367
Львівська	69,329	5,160	12,112	24,744	12,550	11,420	3,343	17,796	0,169	1,506	6,788	4,106	3,959	1,267	52	250
Чернівецька	62,273	7,020	8,501	27,208	11,342	6,737	1,466	24,702	0,115	1,226	14,099	5,223	3,273	0,766	60	397
Всього	389,613	25,141	45,771	183,106	63,025	57,160	15,411	134,173	0,583	6,047	74,754	26,592	19,892	6,305	67	344

Якщо у 1988 році площа ялиників в регіоні досліджень становила 594,0 тис. га, то у 2018 році – 389,613 тис. га, що на 204,387 тис. га (-34,4 %) менше. У динаміці загального запасу ялинових деревостанів максимальне значення спостерігалось у 2002 році – 158,141 млн. м³.

У розрізі адміністративних областей впродовж останніх 30 років найбільше скорочення площі ялиників у гектарах і відсотках відбулося у Львівській області – ялинових лісів тут стало менше на 79,6 тис. га, що у порівнянні з 1988 роком становить -53,5 % (табл. 3.2). Також суттєве зменшення площ ялинових деревостанів зафіксовано в Чернівецькій області – -44,2 %. В Івано-Франківській області скорочення площі ялиників за площею було також значним (-75,5 тис. га), але у відсотках це становило лише -22,6 %.

Таблиця 3.2

Динаміка площ ялинових деревостанів за адміністративними областями

Область	Площа за роками										Різниця за 30 років	
	1988		1996		2002		2011		2018		тис. га	%
	тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%		
Івано-Франківська	333,5	56,1	310,4	63,0	316,5	64,1	295,7	63,9	258,0	66,2	-75,5	-22,6
Львівська	148,9	25,1	104,9	21,3	99,8	20,2	91,7	19,8	69,3	17,8	-79,6	-53,5
Чернівецька	111,6	18,8	77,5	15,7	77,8	15,7	75,6	16,3	62,3	16,0	-49,3	-44,2
Сума	594,0	100	492,8	100	494,1	100	463,0	100	389,6	100	-204,4	-34,4

Однією з причин такого становища на Львівщині є те, що за останні два десятиліття внаслідок комплексу сприятливих кліматичних факторів для розмноження шкідників втрачається біологічна стійкість лісових насаджень, відбувається масове заселення дерев стовбурними шкідниками, зокрема короїдами. Так, за даними обласних управлінь лісового та мисливського господарства станом на кінець 2018 року в лісовому фонді лісгосподарських підприємств Львівщини залишалося 10170,5 га загиблих ялинових деревостанів, на Івано-Франківщині – 5502,0 га і 3931,4 га в Чернівецькій області.

З даних табл. 3.2 бачимо, що найбільші площі ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат у 1988 році були зосереджені в Івано-Франківській області і становили 333,5 тис. га (56,1 % від загальної площі). За 30 років (з 1988 року до 2018 року) їхня площа на Івано-Франківщині зменшилася на 75,5 тис. га, що відобразилося на структурі площ ялиників за областями (рис. 3.2).

За рахунок зменшення площ у Чернівецькій та Львівській областях у структурі розподілу площ ялинових насаджень зараз дещо зросла частка ялиників в Івано-Франківській області – станом на 1988 р. на її території зростало 56,1 % ялинових лісів регіону досліджень, а в 2018 р. – 66,2 %. Водночас частка ялинових лісів у Львівській області скоротилася з 25,1 % до 17,8 %.

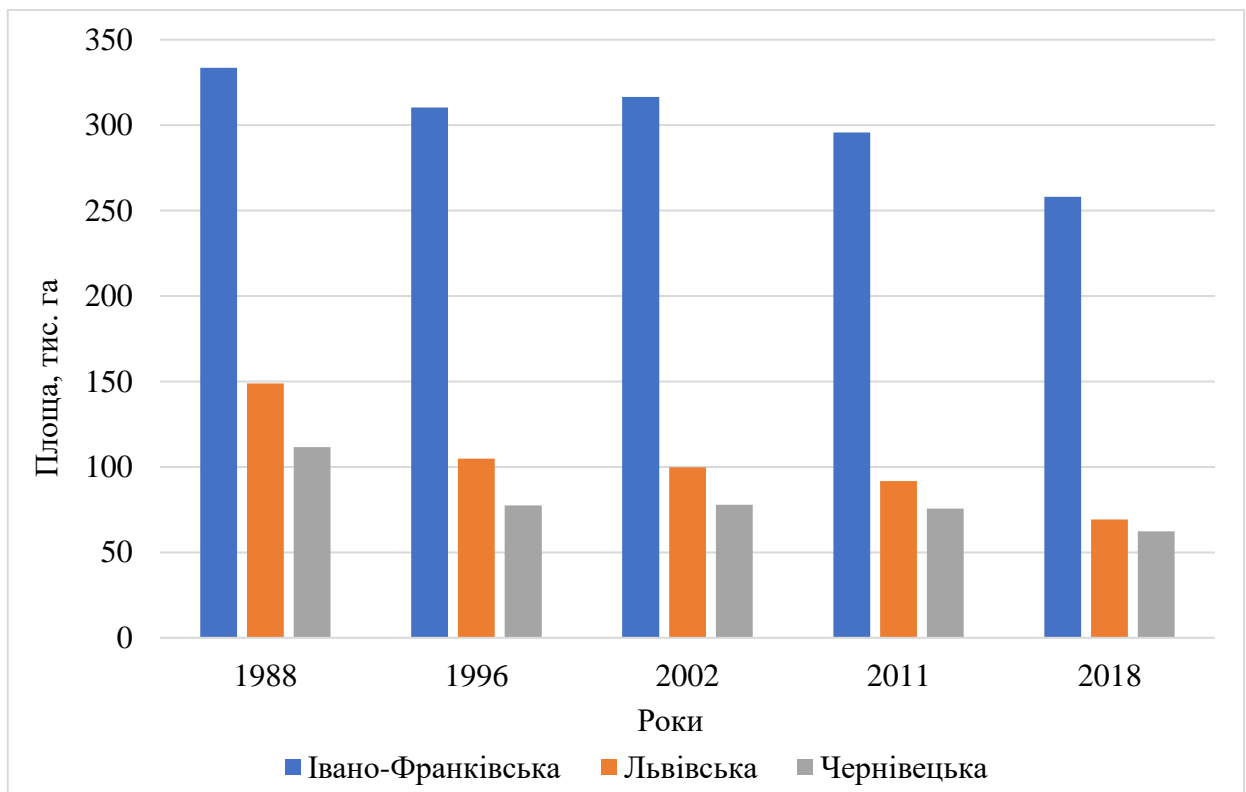


Рис. 3.2. Динаміка площі ялинових лісів за адміністративними областями

У динаміці площ ялинових насаджень в розрізі вікових груп впродовж останніх 30 років в усіх адміністративних областях відмічено загальну тенденцію до зменшення частки молодняків та збільшення площі стиглих і перестійних деревостанів (табл. 3.3).

Динаміка площ ялинових насаджень (тис. га) за групами віку та адміністративними областями

Область	Площа лісів (тис. га/%) за групами віку і роками					
	Молодняки	Середньовікові	Пристигаючі	Стиглі	Перестійні	Разом
1	2	3	4	5	6	7
Івано-Франківська	1988					
	178,200	99,100	38,500	17,700	0	333,500
	53,4	29,7	11,6	5,3	0	100
	1996					
	160,762	95,617	33,256	18,802	1,932	310,369
	51,8	30,8	10,7	6,1	0,6	100
	2002					
	79,730	156,965	38,441	37,786	3,550	316,472
	25,2	49,7	12,1	11,9	1,1	100
	2011					
	48,167	146,093	42,300	47,830	11,286	295,676
	16,3	49,4	14,3	16,2	3,8	100
	2018					
	38,119	131,154	39,133	39,003	10,602	258,011
14,8	50,8	15,2	15,1	4,1	100	
Львівська	1988					
	70,000	54,900	17,700	6,300	0	148,900
	47,0	36,9	11,9	4,2	0	100
	1996					
	44,869	40,816	9,714	9,151	0,369	104,919
	42,7	38,9	9,3	8,7	0,4	100
	2002					
	26,610	45,243	14,035	12,455	1,432	99,775
	26,7	45,3	14,1	12,5	1,4	100
	2011					
	18,901	37,690	16,936	14,432	3,734	91,693
	20,6	41,1	18,5	15,7	4,1	100
	2018					
	17,272	24,744	12,550	11,420	3,343	69,329
24,9	35,7	18,1	16,5	4,8	100	

1	2	3	4	5	6	7
Чернівецька	1988					
	46,600	25,400	29,900	9,700	0	111,600
	41,7	22,8	26,8	8,7	0	100
	1996					
	34,071	18,165	11,155	13,986	0,127	77,504
	44,0	23,4	14,4	18,0	0,2	100
	2002					
	23,649	31,555	9,927	12,104	0,587	77,822
	30,4	40,5	12,8	15,5	0,8	100
	2011					
	17,267	32,313	13,411	10,628	1,962	75,581
	22,8	42,8	17,7	14,1	2,6	100
	2018					
	15,521	27,208	11,342	6,737	1,466	62,274
	24,9	43,7	18,2	10,8	2,4	100

З табл. 3.3 видно, що найбільше зменшення частки молодих ялинових деревостанів спостерігається в Івано-Франківській області. Якщо в 1988 р. вони займали 53,4 % від загальної площі ялиників у цій області, то в 2018 р. – лише 14,8 %. Водночас частка стиглих і перестійних ялинових деревостанів на Івано-Франківщині збільшилася від 5,3 % у 1988 р. до 19,2 % у 2018 році. Графічно динаміку площі молодих ялинових деревостанів у регіоні досліджень узагальнено на рис. 3.3.

Загалом у 2018 році для всіх трьох областей структура площ ялиників за групами віку була такою (табл. 3.4): молодняки – 70912 га (18,2 %), середньовікові – 183106 га (47,0 %), пристигаючі – 63025 га (16,2 %), стиглі і перестійні – 72571 га (18,6 %). У 2018 році у групі віку перестійних ялинових деревостанів було зосереджено 6,305 млн. м³ деревини на площі 15,411 тис. га. Середній запас у перестійних ялиниках у 2018 р. становив 409 м³/га.

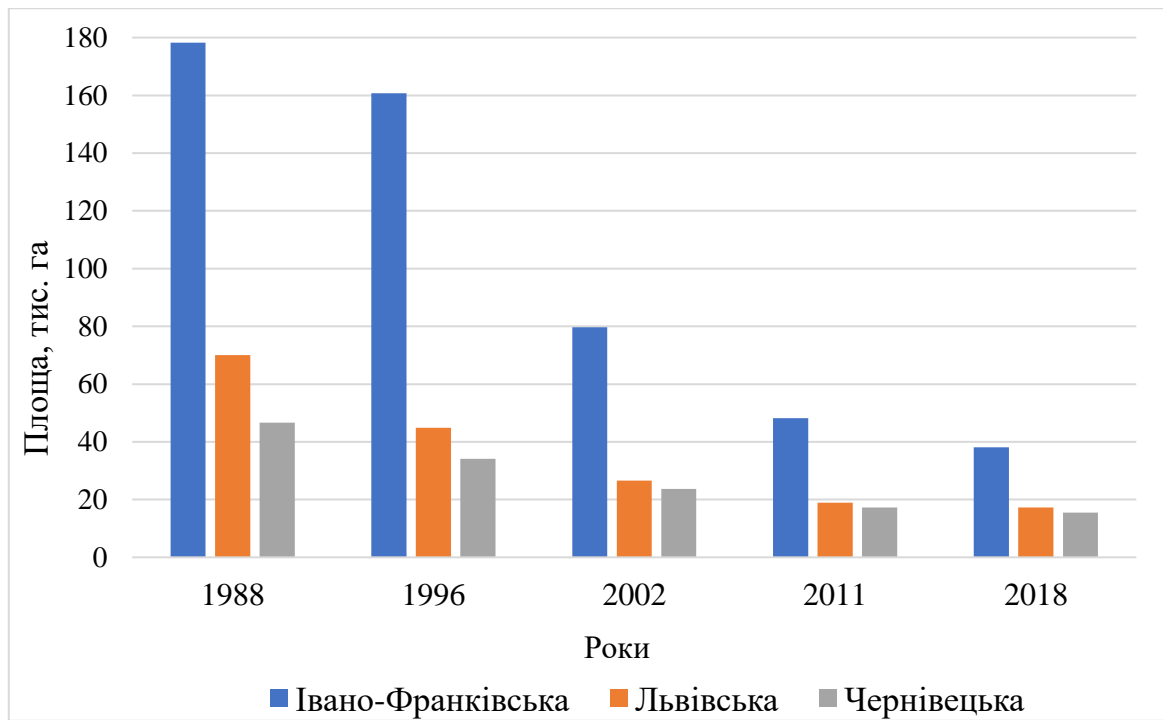


Рис. 3.3. Динаміка площі молодих ялинових деревостанів за адміністративними областями

Таблиця 3.4

Площа і вікова структура ялинових деревостанів Українських Карпат

Адмін. області	Загал. площа, тис. га	Площа за групами віку, тис. га					Заг. запас, млн. м ³	Сер. запас на 1 га, м ³	Сер. вік, р.
		Молодняки	Середньовік.	Пристигаючі	Стигли	Перестійні			
Івано-Франк.	258,011	38,119	131,154	39,133	39,003	10,602	94,948	368	72
Львів.	69,329	17,272	24,744	12,550	11,420	3,343	17,796	257	52
Чернів.	62,273	15,521	27,208	11,342	6,737	1,466	24,702	397	60
Всього	389,613	70,912	183,106	63,025	57,160	15,411	137,446	353	67

Середній вік ялинових деревостанів впродовж останніх десятиліть постійно збільшується. Якщо в 1996 році він становив 51 рік, то в 2018 р. – 67 років.

Загалом на північно-східному макросхилі Українських Карпат

спостерігається збільшення продуктивності ялинових деревостанів, про що свідчить середнє значення запасів – у 1988 році він становив 229 м³/га, а у 2018 році – 344 м³/га. Пояснюється це, перш за все, збільшенням середнього віку ялиників. Водночас в регіоні досліджень зафіксовано зниження середнього запасу стиглих ялинових деревостанів – у 1988 році він становив 472 м³/га, а у 2018 році – 348 м³/га. Спричинено це низкою факторів, в основному зниженням біологічної стійкості і відмиранням багатьох дерев ялини до віку стиглості. Найбільшими запаси стиглих ялиників були в 1996 році – у середньому 483 м³/га, зокрема в Івано-Франківській області 436 м³/га, у Львівській – 536 м³/га і в Чернівецькій – 512 м³/га.

Ми проаналізували дані обласних управлінь лісового та мисливського господарства щодо динаміки розрахункової лісосіки головного користування для ялинової господарської секції та фактично заготовленого об'єму деревини ялини європейської (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

**Динаміка зміни розрахункової лісосіки та заготовленої деревини ялини
за адміністративними областями, тис. м³**

Роки, області	Розрахункова лісосіка	Фактично заготовлено	Співвідношення %
1	2	3	4
1998			
Львівська	108,4	123,7	114,1
Івано-Франківська	369,5	251,1	68,0
Чернівецька	-	-	-
Разом	712,4	503	70,6
2003			
Львівська	93,9	110,0	117,1
Івано-Франківська	217,9	193,3	88,7
Чернівецька	168,6	150,0	89,0
Разом	742,4	605,3	81,5

Продовж. табл. 3.5

1	2	3	4
2008			
Львівська	110,5	123,3	111,6
Івано-Франківська	215,2	208,0	96,7
Чернівецька	151,6	148,5	98,0
Разом	733,8	662,6	90,3
2013			
Львівська	110,2	150,1	136,2
Івано-Франківська	385,4	292,9	76,0
Чернівецька	153,2	148,5	97,0
Разом	880,6	798,5	90,7
2018			
Львівська	90,1	90,8	100,7
Івано-Франківська	385,4	221,5	57,5
Чернівецька	140,8	106,8	75,9
Разом	845,7	608,4	71,9

Аналіз табл. 3.5 показує, що в Львівській області мало місце перевищення розрахункової лісосіки в ялинових лісах. Причиною цього була значна площа загиблих ялинових деревостанів, які потрібно було відновлювати. В Івано-Франківській області спостерігалось значне невиконання розрахункової лісосіки, що пояснюється важкодоступністю багатьох ялинових лісів.

Аналізуючи динаміку участі у складі деревостанів ялини європейської за 2011 і 2018 роки (рис. 3.4) потрібно зазначити, що відбулося несуттєве (-3,1 %) зменшення площі чистих за складом ялинових деревостанів, які зростають переважно у субборових лісорослинних умовах. Натомість, простежується тенденція до збільшення площі деревостанів, у яких частка участі ялини у складі деревостану становить 5-8 одиниць.

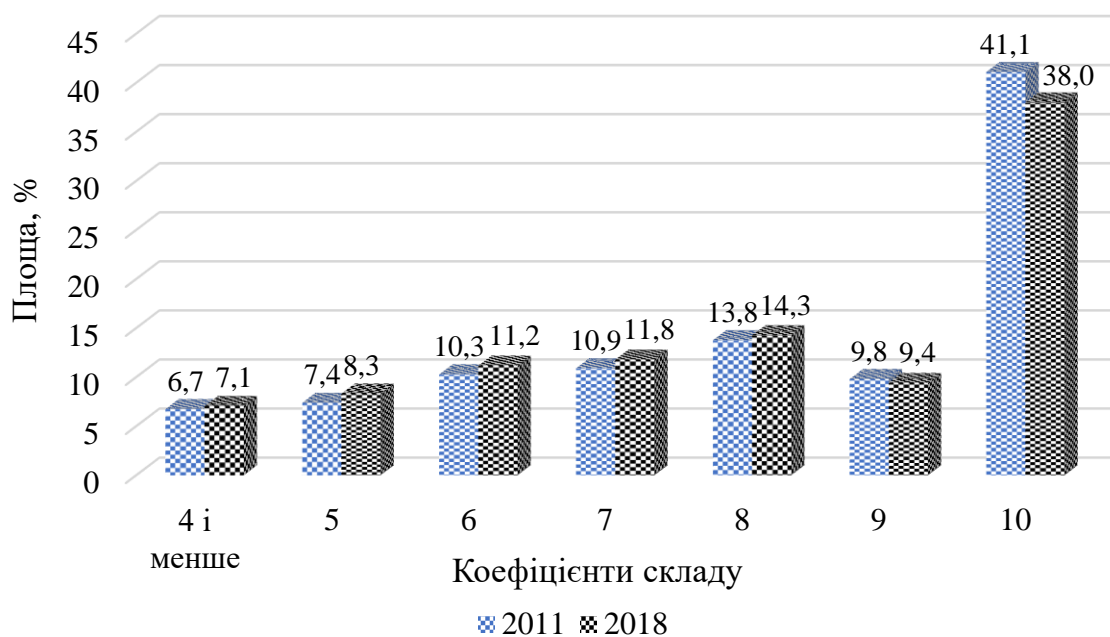


Рис. 3.4. Динаміка площі ялинових деревостанів за її участю у складі

Зміна площі ялинових насаджень регіону досліджень за групами віку узагальнена на рис. 3.5.

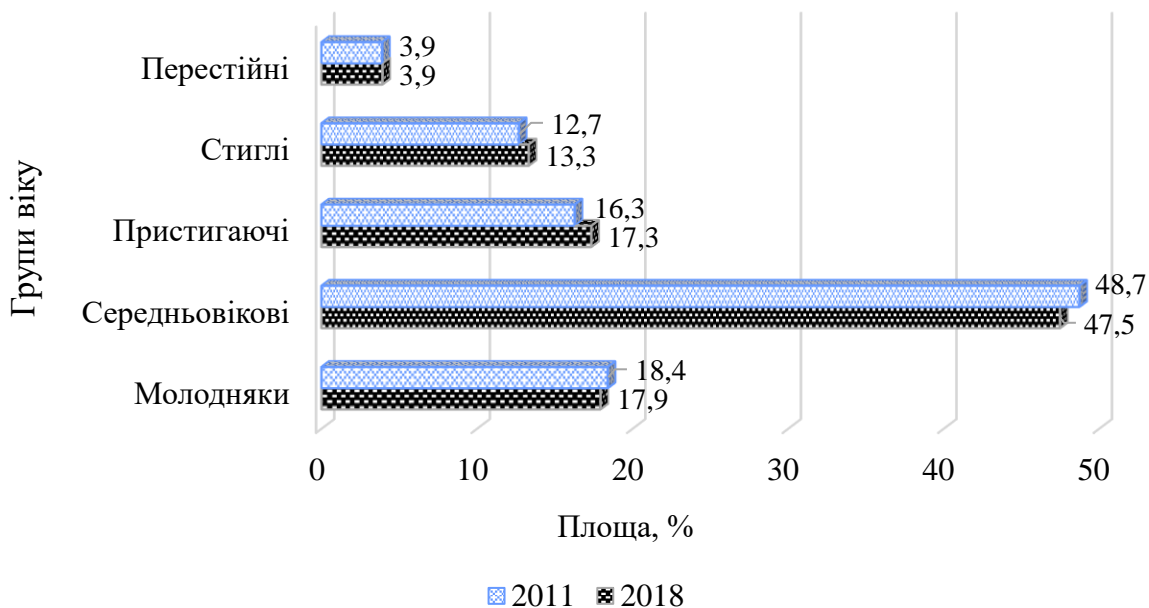


Рис. 3.5. Динаміка площі ялинових деревостанів за групами віку

Аналіз рис. 3.5 свідчить, що в регіоні досліджень відбувається зростання частки пристигаючих і стиглих ялинових деревостанів: якщо в 2011 році їхня частка разом становила 29,0 % від загальної площі, то в 2018 році – 30,6 %.

Зміни у розподілі площ ялинових насаджень за класами бонітету наведено на рис. 3.6.

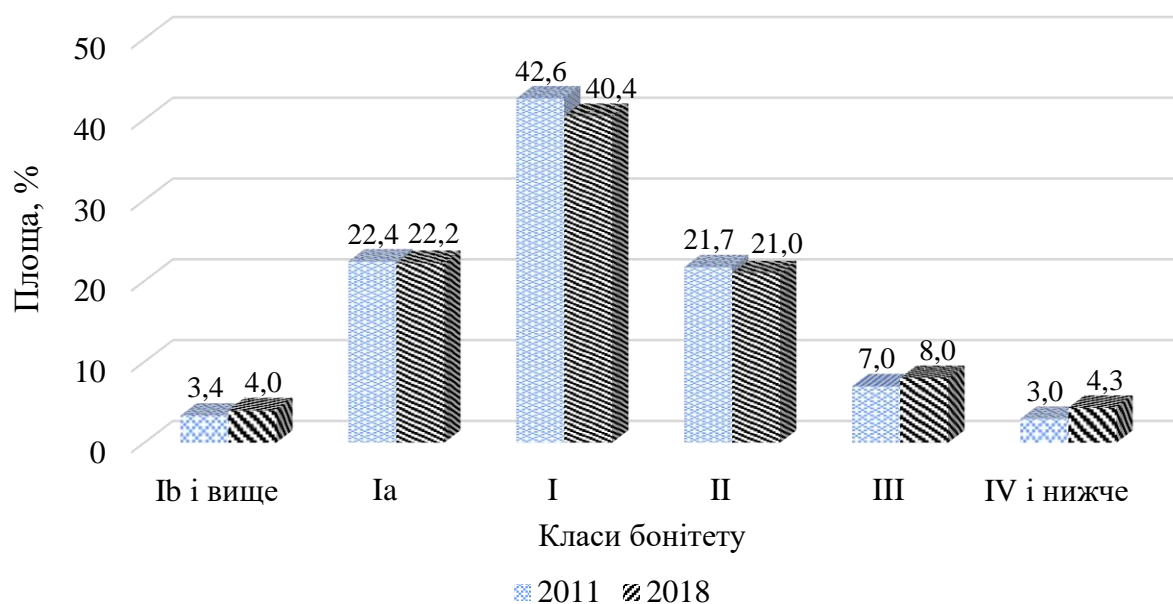


Рис. 3.6. Динаміка площ ялинових деревостанів за класами бонітету

За наведеного порівняння можна зробити висновок про те, що впродовж 7 років відбулися незначні зміни, зокрема, частка ялинових деревостанів I^b і вищих класів бонітету стала дещо більшою, а I^a-II – нижчою.

У структурі розподілу ялинових насаджень за висотою над рівнем моря суттєвих змін не відбулося (рис. 3.7).

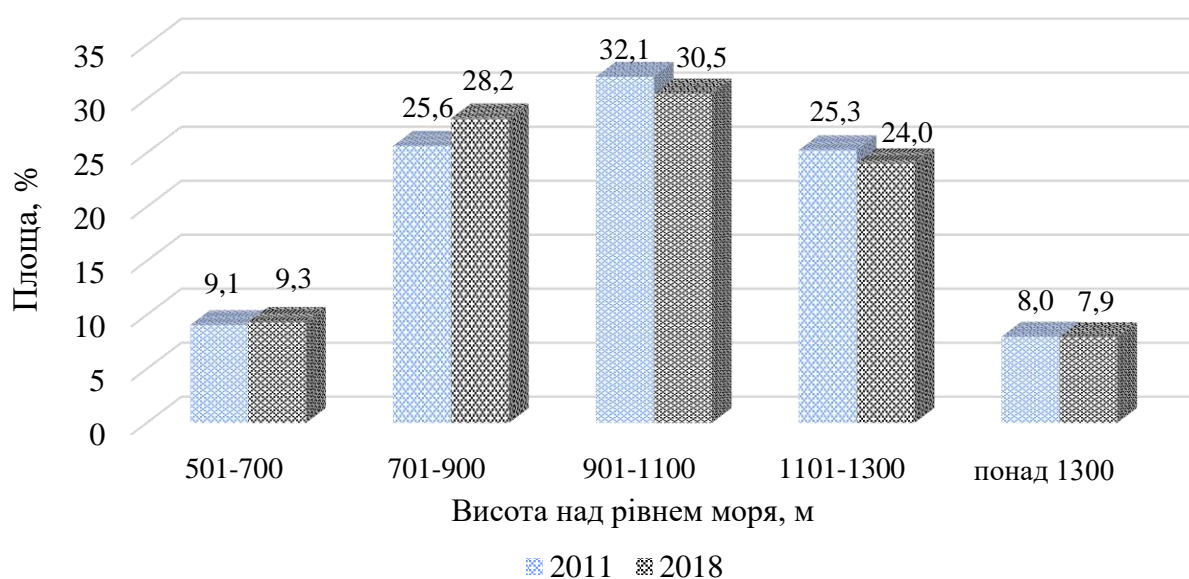


Рис. 3.7. Динаміка площі ялинових деревостанів за висотою над рівнем моря

Результати досліджень показали, що з 2011 до 2018 року дещо зросла частка ялинових деревостанів з відносною повнотою 0,9-1,0 (рис. 3.8) і зменшилася з відносною повнотою 0,5-0,6. Найбільшу площу високоповнотні деревостани ялини займають у лісовому фонді лісогосподарських підприємств Івано-Франківської області.

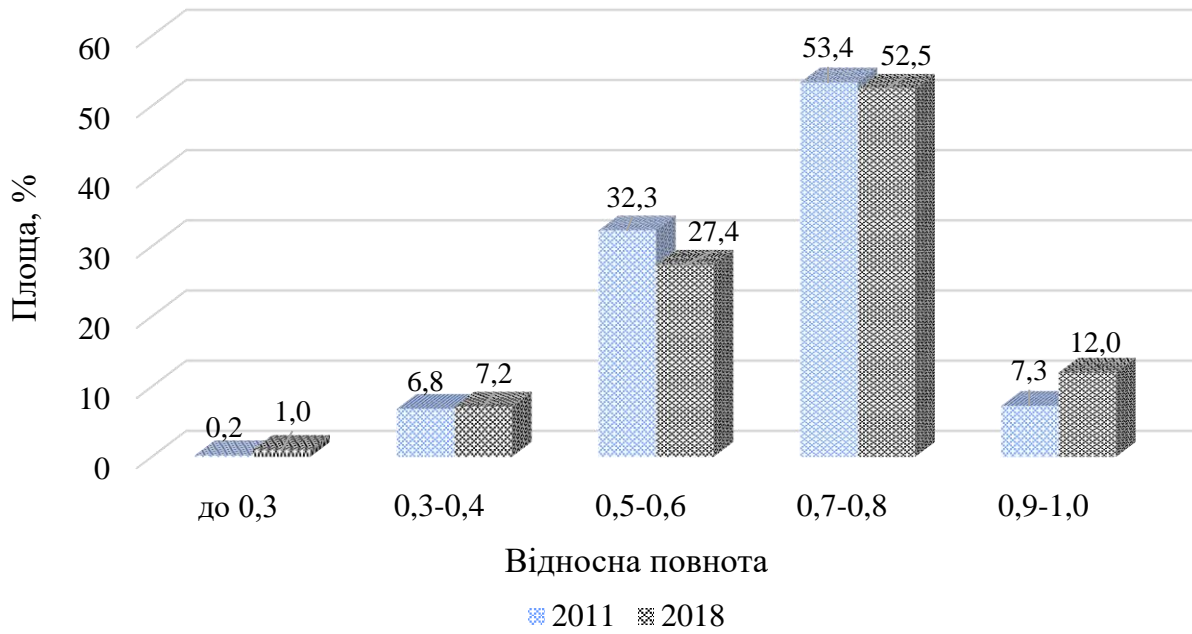


Рис. 3.8. Динаміка площ ялинових деревостанів за відносною повнотою

3.2. Типологічна структура ялинових лісів

Згідно з нормативно-законодавчими актами України (Порядок здійснення лісовпорядкування [120], Правила відтворення лісів [121] лісогосподарські заходи потрібно здійснювати на лісотипологічній основі. Відповідно до типів лісу визначають оптимальну структуру корінного деревостану, призначають рубки головного користування та рубки формування і оздоровлення лісів, встановлюють обсяги лісовідновлення та лісорозведення тощо. Теоретичні підходи, закладені у лісівничо-екологічній типології, забезпечують можливість глибокого аналізу насаджень панівних деревних видів, оцінювання змін деревної рослинності під впливом лісогосподарських заходів і кліматичних змін, а також прогнозу росту деревостанів за окремими таксаційними ознаками. Поєднання

едатопу з кліматопом надає лісівничо-екологічній класифікації вагомшого екологічного змісту, робить її гнучкішою у застосуванні для оцінювання динаміки ареалів порід, вивчення структурно-функціональної організації корінних і похідних деревостанів, призначення господарських заходів [10, 111]. Тому встановлення таксаційної характеристики деревостанів у панівних типах лісу окремого регіону дає змогу отримувати інформацію про особливості структурно-функціональної організації природних лісових екосистем, оптимальні таксаційні показники в межах панівних типів лісу, які можуть бути покладені в основу теоретичного обґрунтування деяких лісівничих заходів.

Мета дослідження типологічної структури ялинових лісів північно-східного макросхилу Українських Карпат полягала у встановленні продуктивності ялинових деревостанів у переважаючих типах лісу і порівнянні особливостей їхнього росту в найпоширеніших типах лісу у різних адміністративних областях.

Аналіз типологічної структури ялинових лісів виконано на основі повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроект» станом на 01.01.2018 року. Загалом було проаналізовано 87415 таксаційних виділів у ялинових типах лісу. З них 58662 виділів знаходилися в Івано-Франківській області, 12000 виділів – у Львівській області та 16753 виділів – у Чернівецькій області (табл. 3.6). Назви типів лісів наведено за Герушинським З. Ю. [10]. Загальна площа ялинових типів лісу в регіоні дослідження становила 296695,9 га.

Аналізуючи перелік типів лісу, де ялина європейська виступає типотвірним видом потрібно зазначити, що серед ідентифікованих професором З.Ю. Герушинським типів лісу у повидільній базі даних лісовпорядкування не представлений лише один тип лісу – сира буково-ялицева суслеречина (C_4 -бк-яцСм). Натомість присутніми виявилися чотири інших типів лісу: свіжий чистосмерековий субір (B_2 -См), волога букова суслеречина (C_3 -бкСм), сира ялицева суслеречина (C_4 -яцСм) і сира ялицева смеречина (D_4 -яцСм), що не були виділені професором З.Ю. Герушинським (табл. 3.6).

Зважаючи на те, що переважна більшість ялинових типів лісу має незначне поширення за площею, подальший аналіз було здійснено для шести найпоши-

Таблиця 3.6

Розподіл площі ялинових деревостанів і таксаційних виділів за областями і типами лісу станом на 01.01. 2018 р.

№ з/п	Назва та індекс типу лісу	Кількість і площа таксаційних виділів за областями											
		Івано-Франківська			Львівська			Чернівецька			Разом		
		шт.	га	%	шт.	га	%	шт.	га	%	шт.	га	%
1	Вологий кедрово-смерековий бір (А ₃ -кСм)	89	492,7	0,24	-	-	-	-	-	-	89	492,7	0,17
2	Свіжий чистосмерековий субір (В ₂ -См)	71	268,5	0,13	-	-	-	-	-	-	71	268,5	0,09
3	Вологий модриново-кедрово-смерековий субір (В ₃ -мд-кСм)	331	1397,4	0,69	-	-	-	-	-	-	331	1397,4	0,47
4	Вологий кедрово-смерековий субір (В ₃ -кСм)	927	4534,0	2,22	-	-	-	-	-	-	927	4534,0	1,53
5	Вологий чистосмерековий субір (В ₃ -См)	3692	15015,2	7,36	23	49,0	0,13	272	1272,4	2,28	3987	16336,6	5,51
6	Вологий ялицево-смерековий субір (В ₃ -яцСм)	131	340,2	0,17	-	-	-	5	10,7	0,02	136	350,9	0,12
7	Сирий кедрово-смерековий субір (В ₄ -кСм)	19	78,5	0,04	-	-	-	-	-	-	19	78,5	0,03
8	Сирий чистосмерековий субір (В ₄ -См)	51	179,8	0,09	3	19,6	0,05	-	-	-	54	199,4	0,07
9	Свіжа буково-ялицева сусмеречина (С ₂ -бк-яцСм)	330	898,5	0,44	26	86,4	0,23	73	143,4	0,26	429	1128,3	0,38
10	Волога букова сусмеречина (С ₃ -бкСм)	4047	11509,6	5,64	414	1215,4	3,30	7	16,7	0,03	4468	12741,7	4,29
11	Волога буково-ялицева сусмеречина (С ₃ -бк-яцСм)	26108	85851,5	42,09	6399	19509,9	53,01	9564	28396,4	50,78	42071	133757,8	45,08
12	Волога кедрова сусмеречина (С ₃ -кСм)	145	585,0	0,29	-	-	-	-	-	-	145	585,0	0,20
13	Волога високогірна сусмеречина (С ₃ -См)	13827	55213,5	27,07	2545	6880,1	18,69	4013	16091,6	28,78	17840	78185,2	26,35
14	Волога ялицева сусмеречина (С ₃ -яцСм)	3547	11105,1	5,44	-	-	-	2049	6901,3	12,34	5596	18006,4	6,07
15	Сира чиста сусмеречина (С ₄ -См)	505	819,7	0,40	22	25,7	0,07	34	62,9	0,11	539	908,3	0,31
16	Сира ялицева сусмеречина (С ₄ -яцСм)	655	2316,7	1,14	16	49,4	0,13	19	36,1	0,06	674	2402,2	0,81
17	Волога букова смеречина (D ₃ -бкСм)	-	-	-	-	-	-	15	55,9	0,10	15	55,9	0,02
18	Волога буково-ялицева смеречина (D ₃ -бк-яцСм)	4178	13351,8	6,55	2552	8969,2	24,37	701	2928,2	5,24	7431	25249,2	8,51
19	Сира ялицева смеречина (D ₄ -яцСм)	9	17,2	0,01	-	-	-	1	0,7	0,00	10	17,9	0,01
	Разом	58662	203974,9	100	12000	36804,7	100	16753	55916,3	100	87415	296695,9	100

реніших з них: вологий чистосмерековий суббір (В₃–См); волога високогірна сушмеречина (С₃–См); волога букова сушмеречина (С₃–бкСм); волога ялицева сушмеречина (С₃–яцСм); волога буково-ялицева сушмеречина (С₃–бк-яцСм) та волога буково-ялицева смеречина (D₃–бк-яцСм).

Загальна площа ялинових деревостанів у цих шести найпоширеніших типах лісу на території Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей становить 284276,9 га, що складає 95,8 % від загальної площі ялинових типів лісу на північно-східному макросхилі Українських Карпат. У табл. 3.7 наведено розподіл ялинових деревостанів за основними типами лісу та адміністративними областями.

Таблиця 3.7

Розподіл площі ялинових деревостанів за переважаючими типами лісу

Індекс типу лісу	Площа ялинових деревостанів за типами лісу та областями		
	Івано-Франківська	Львівська	Чернівецька
В ₃ –См	15015,2	49,0	1272,4
С ₃ –См	55213,5	6880,1	16091,6
С ₃ –бкСм	11509,6	1215,4	16,7
С ₃ –яцСм	11105,1	0	6901,3
С ₃ –бкяцСм	85851,5	19509,9	28396,4
D ₃ –бкяцСм	13351,8	8969,2	2928,2
Всього	192046,7	36623,6	55606,6

Частка поширення вище названих переважаючих ялинових типів лісу в межах адміністративних областей проілюстрована на рис. 3.9.

В умовах сучасної зміни клімату, яка характеризується глобальним підвищенням температури повітря та періодичними тривалими посухами під час вегетаційного періоду, лісові насадження змушені адаптуватися до нових умов. Тому виявлення сучасних меж поширення ялинових деревостанів і порівняння їх з раніше встановленими дасть змогу оцінити динаміку висотного поширення деревостанів ялини європейської на північно-східному макросхилі Українських Карпат. З цією метою для ялинових деревостанів переважаючих типів лісу на

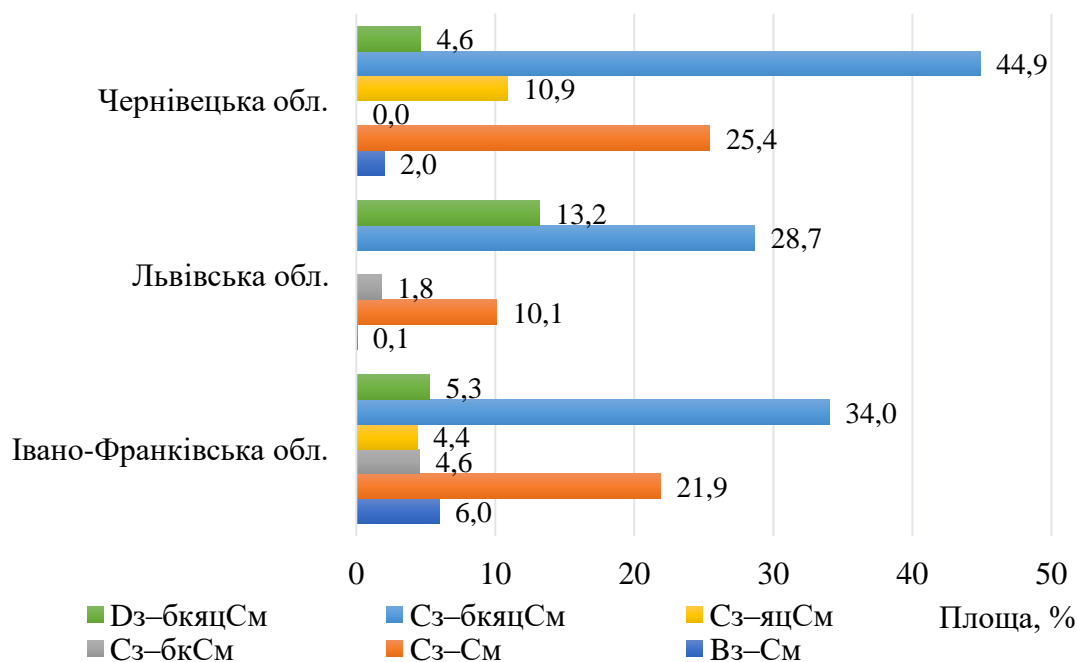


Рис. 3.9. Частка поширення переважаючих ялинових типів лісу за адміністративними областями

північно-східному макросхилі Українських Карпат виконано групування їх поширення за висотою над рівнем моря в межах адміністративних областей (рис. 3.10 - 3.15).

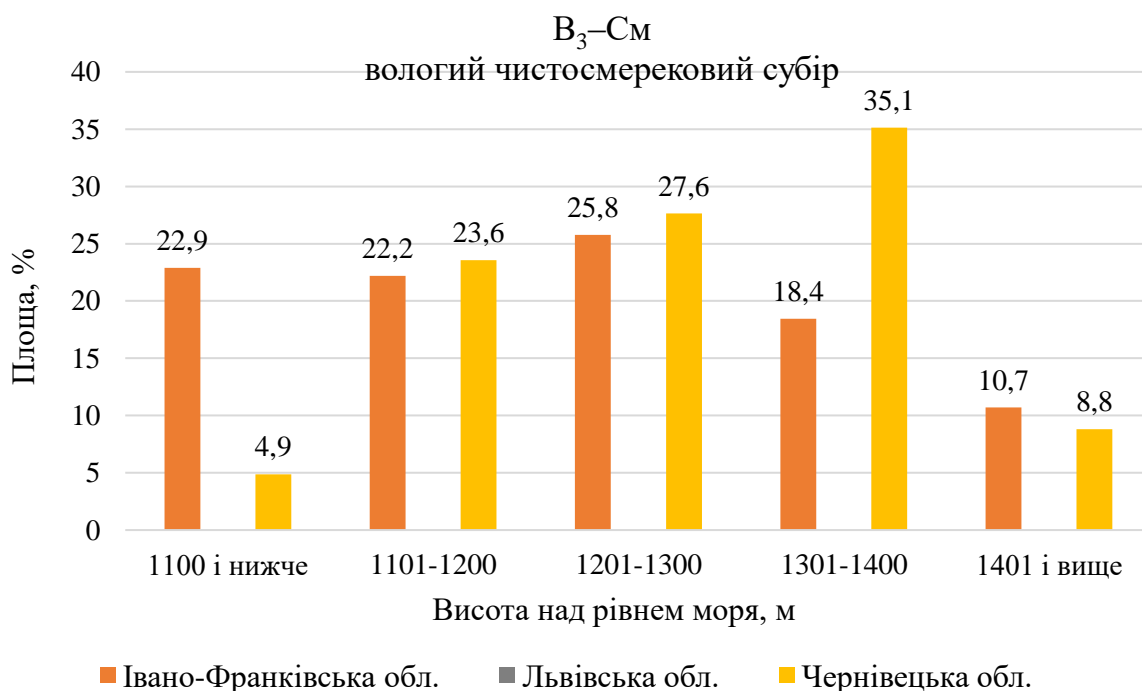


Рис. 3.10. Розподіл ялинових деревостанів вологого чистосмерекового субору за висотою над рівнем моря

Для ялинових деревостанів вологого чистосмерекового субору у лісовому фонді Івано-Франківської області немає чітко вираженої тенденції висотного розташування – вони поширені по всьому діапазоні висот від 1000 до 1400 і вище м н. р. м. У Чернівецькій області деревостани цього типу лісу найчастіше трапляються на висотах 1301-1400 м н. р. м. У Львівській області вологий чистосмерековий субір відсутній.

Ялинові ліси вологої високогірної сушмеречини у Львівській області домінують на висотах до 1000 м н. р. м. (рис. 3.12), а в інших областях немає чіткої приуроченості ялинових насаджень даного типу лісу до певних висот над рівнем моря.

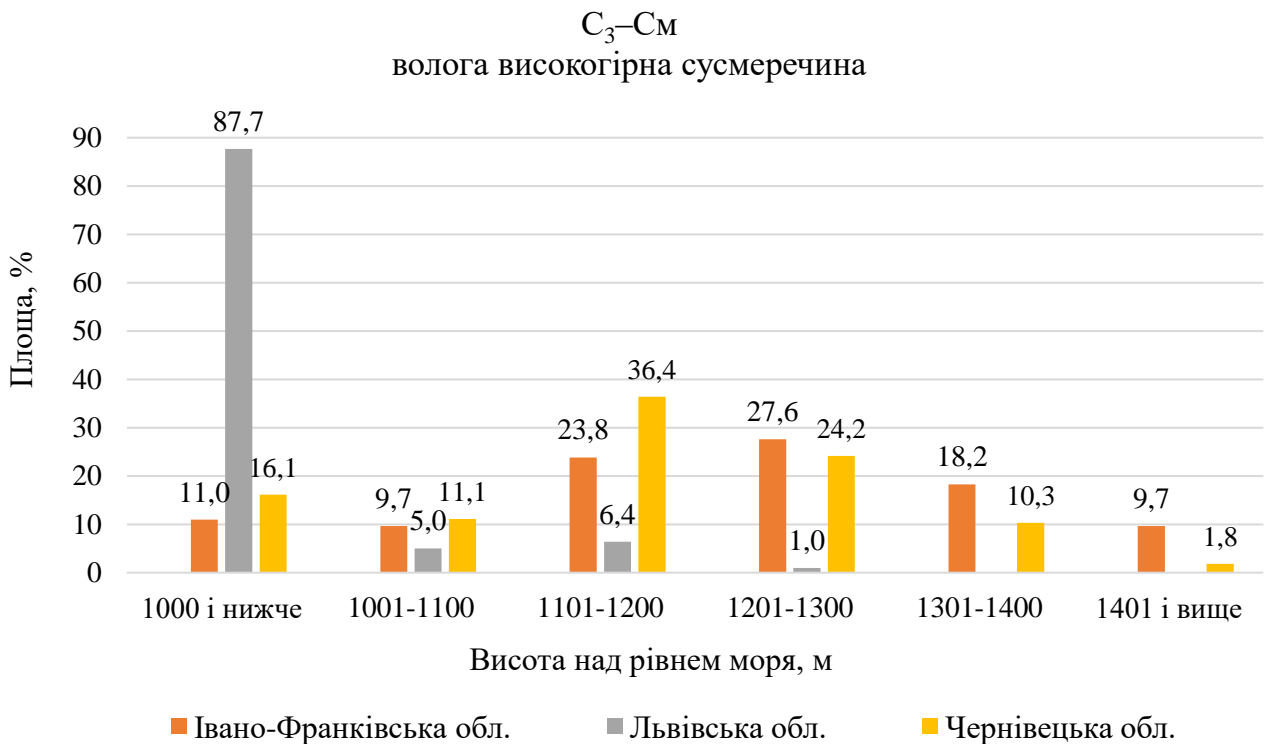


Рис. 3.11. Розподіл ялинових деревостанів вологої високогірної сушмеречини за висотою над рівнем моря

Для деревостанів вологої букової сушмеречини в умовах Львівської області виражене їх домінування на висотах до 800 м н. р. м., на Івано-Франківщині – 1001-1100 м н. р. м., а в Чернівецькій області цей тип лісу не представлений (рис. 3.12). Лісостани вологої ялицевої сушмеречини в Чернівецькій області

переважають на висотах 1101-1200 м н. р. м. (рис. 3.13), де їхня частка становить 34,4 %. В Івано-Франківській області ялиники цього типу лісу досить рівномірно представлені у різних групах висот. У Львівській області даний тип лісу не виділявся.

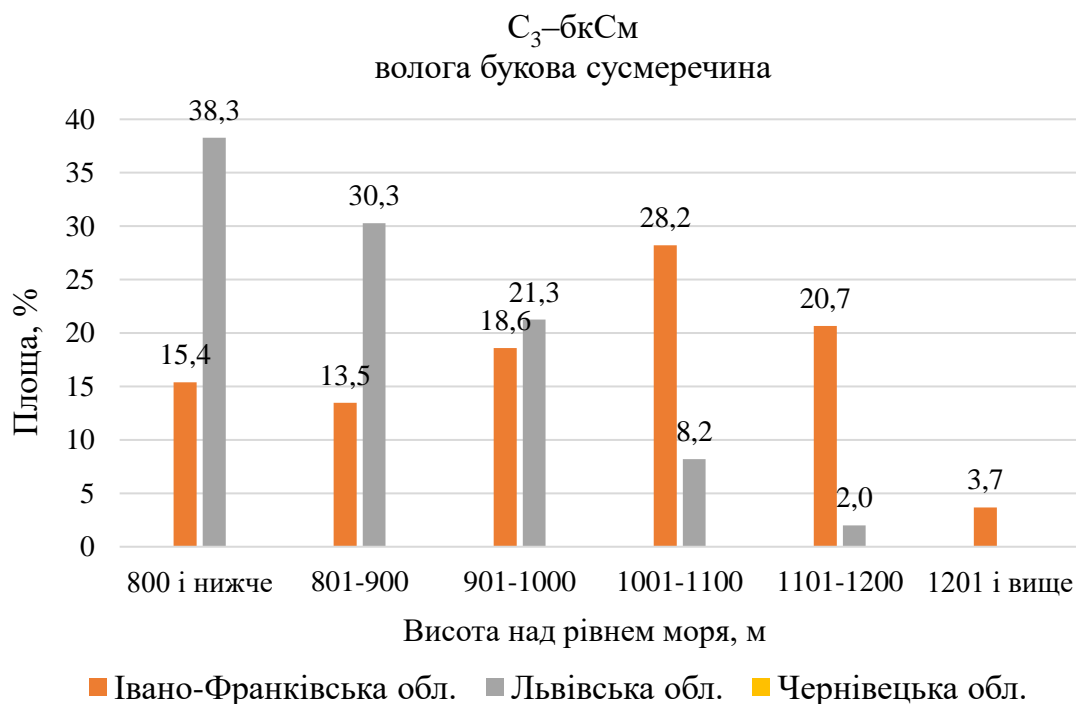


Рис. 3.12. Розподіл ялинових деревостанів вологої букової сушмеречини за висотою над рівнем моря

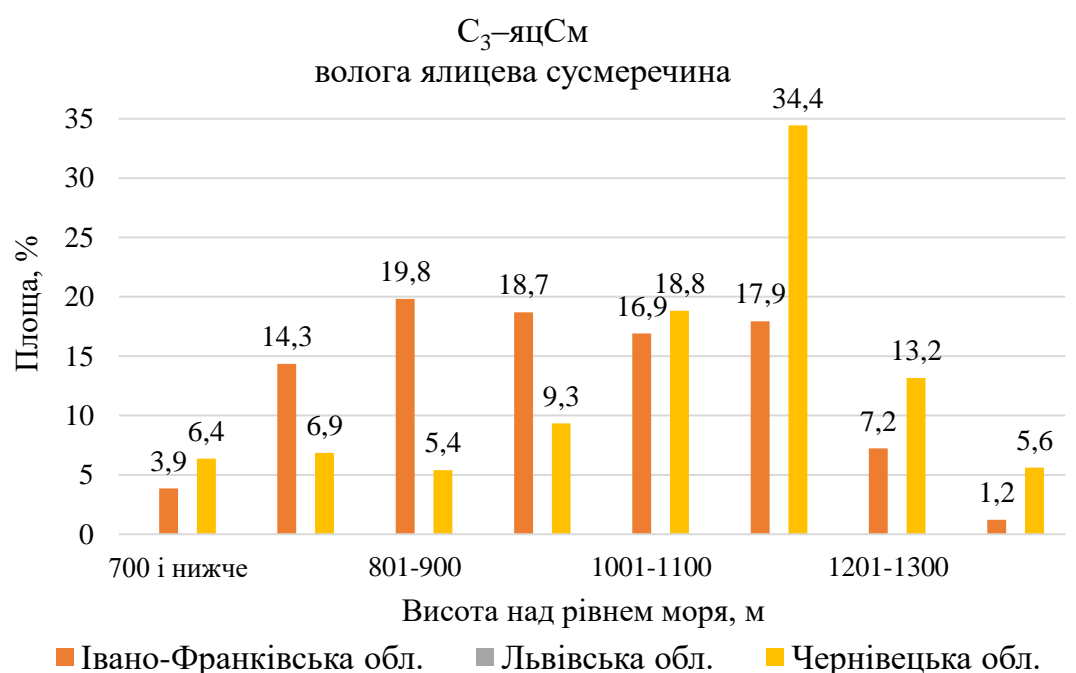


Рис. 3.13. Розподіл ялинових деревостанів вологої ялицевої сушмеречини за висотою над рівнем моря

Деревостани вологої буково-ялицевої сушмеречини в Львівській області домінують на висотах до 900 м н. р. м., а на Івано-Франківщині і Чернівецьчині – 901-1200 м н. р. м. (рис. 3.14). Найвище деревостани цього типу лісу зустрічаються на висоті понад 1300 м н. р. м. у лісовому фонді Чернівецької області – Карпатський держспецлісгосп (Ялівецьке лісництво).

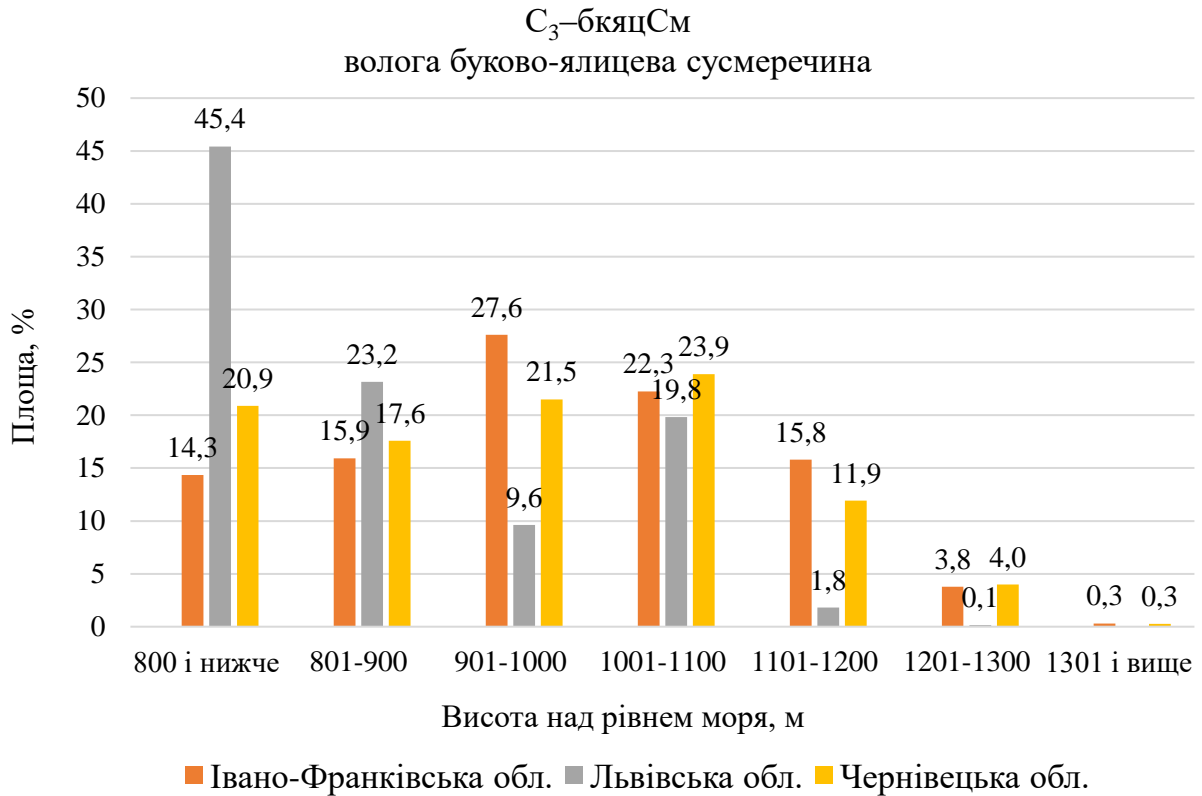


Рис. 3.14. Розподіл ялинових деревостанів вологої буково-ялицевої сушмеречини за висотою над рівнем моря

Для вологої буково-ялицевої сушмеречини характерним є переважно рівномірне розміщення ялинових насаджень на висотах 801-1100 м н. р. м. (рис. 3.15). Деревостани цього типу лісу мають відносну повноту переважно 0,7-0,8, є здебільшого середньовіковими із запасами стовбурової деревини 400-500 м³/га.

Загальною закономірністю у висотному розподілі ялинових насаджень є розміщення на вищих висотах на рівнем моря чистих за складом ялинових деревостанів у вологих суборах, які виконують важливі протиерозійні функції в гірських умовах. У регіоні досліджень також спостерігається природне заростання полонин, галявин і просування верхньої межі лісу.

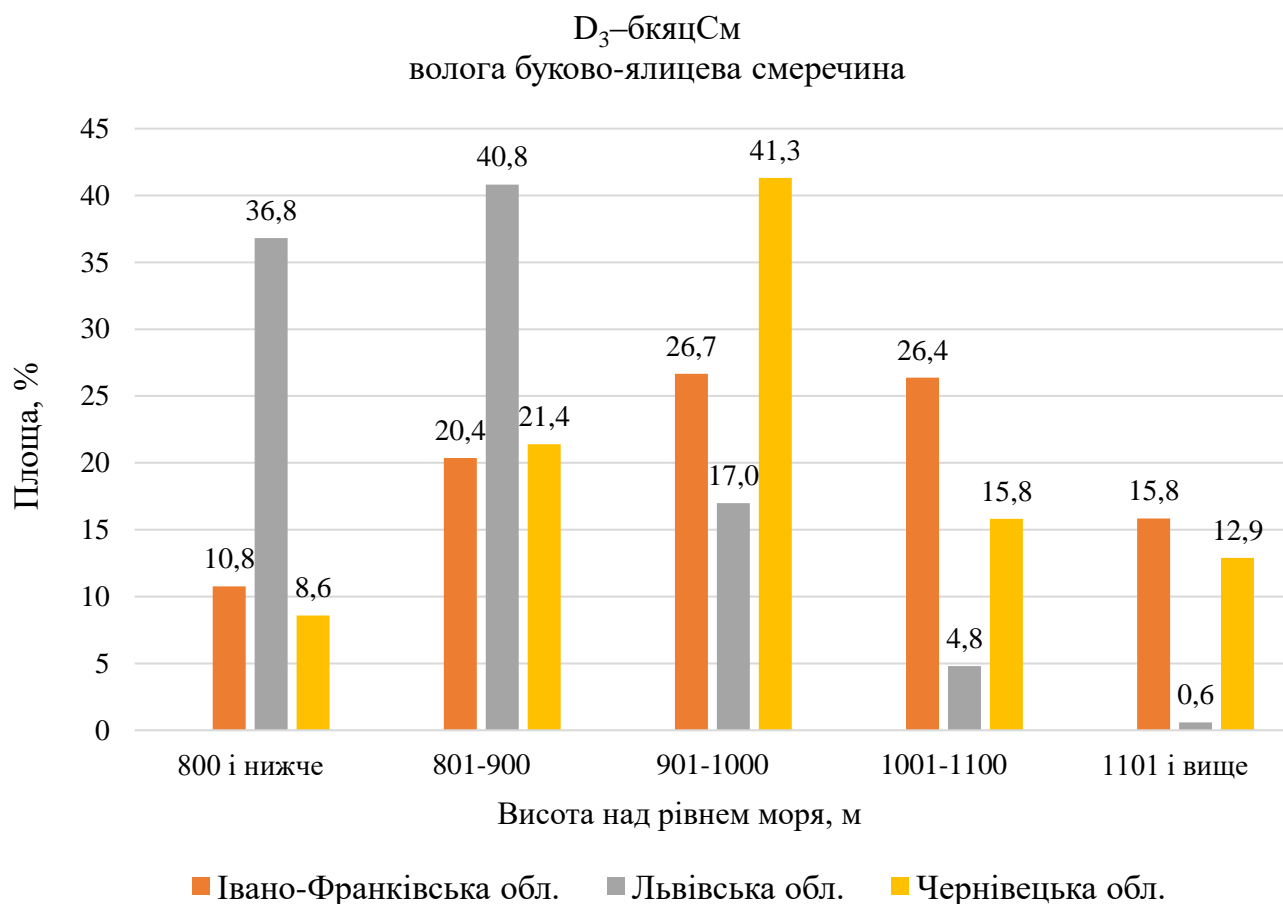


Рис. 3.15. Розподіл ялинових деревостанів вологої буково-ялицевої смеречини за висотою над рівнем моря

Найбільші площі ялинових лісів зосереджені у трьох категоріях, залежно від основних функцій: захисні ліси, експлуатаційні ліси та ліси природоохоронного призначення (табл. 3.8). З табл. 3.8 видно, що захисні ліси найбільшу частку становлять у лісогосподарських підприємствах Івано-Франківської області в умовах вологого чистосмерекового субору (69,5 %) і вологої високогірної сусмеречини (55,9 %). Найбільша кількість експлуатаційних лісів характерна для вологої буково-ялицевої смеречини Чернівецької області (61,8 %). Ліси природоохоронного призначення є найпоширенішими в умовах вологого чистосмерекового субору також у Чернівецькій області (82,3 %).

Розподіл площ ялинових деревостанів за типами лісу і категоріями лісів

Індекс типу лісу	Площа ялинових деревостанів (%) за категоріями лісів і типами лісу в межах адміністративних областей								
	Захисні ліси			Експлуатаційні ліси			Ліси природоохоронного призначення		
	Івано-Франківська	Львівська	Чернівецька	Івано-Франківська	Львівська	Чернівецька	Івано-Франківська	Львівська	Чернівецька
V ₃ –См	69,5	–	–	8,4	–	4,0	3,2	–	82,3
C ₃ –См	55,9	19,0	1,3	10,9	54,1	20,1	22,5	3,8	67,6
C ₃ –бкСм	31,2	38,6	–	53,6	14,4	–	5,2	16,5	–
C ₃ –яцСм	31,3	–	1,3	33,9	-	25,3	18,7	–	45,5
C ₃ –бкяцСм	34,2	14,4	1,0	48,3	50,8	57,2	2,4	22,0	13,6
D ₃ –бкяцСм	20,2	1,4	0,3	57,1	47,6	61,8	0,5	34,0	11,8

Аналізуючи особливості розподілу ялинових насаджень за їх походженням (табл. 3.9) потрібно відзначити, що найбільша кількість лісів, поновлених природним шляхом, наявна в умовах вологої високогірної сушмеречини в Львівській області (88,4 %). Це пов'язано з тим, що в лісогосподарських підприємствах цієї області переважають корінні деревостани у сугрудових трофотопках. Найменшу частку деревостани природного походження мають в умовах вологої буково-ялицевої смеречини в Львівській області – 28,0 %.

Загалом спостерігається тенденція до збільшення площі штучних насаджень у багатших за трофністю та змішаних за складом похідних ялинниках вологої буково-ялицевої смеречини, які були створені на зрубках на висотах 800-900 м н. р. м. Така закономірність властива практично для всіх областей регіону досліджень. Ялинники штучного походження у таких лісорослинних умовах більш інтенсивно нагромаджують запаси деревини до віку 50-60 років, після чого прирости значно уповільнюються. Якщо порівнювати інтенсивність росту

похідних ялиників з даними інших авторів [153, 159-161], то вони зазначають, що кульмінація середнього приросту за запасом для ялиників в умовах вологих грудів Українських Карпат настає у віці 70-80 років. Це свідчить про особливий тип росту теперішніх похідних ялинових деревостанів, який необхідно враховувати під час ведення господарства в експлуатаційних лісах.

Таблиця 3.9

Розподіл площ ялинових деревостанів за типами лісу і походженням

Індекс типу лісу	Площа ялинових деревостанів (%) за походженням в межах типів лісу та областей (чисельник – природне, знаменник – штучне)		
	Івано-Франківська	Львівська	Чернівецька
В ₃ –См	<u>56,5</u>	–	<u>31,6</u>
	43,5		68,4
С ₃ –См	<u>56,5</u>	<u>88,4</u>	<u>40,7</u>
	43,5	11,6	59,3
С ₃ –бкСм	<u>52,8</u>	<u>54,1</u>	–
	47,2	45,9	
С ₃ –яцСм	<u>59,3</u>	–	<u>46,9</u>
	40,7		53,1
С ₃ –бкяцСм	<u>35,7</u>	<u>66,2</u>	<u>44,1</u>
	64,3	33,8	55,9
D ₃ –бкяцСм	<u>32,2</u>	<u>28,0</u>	<u>29,5</u>
	67,8	72,0	70,5

Серед груп віку в регіоні досліджень майже у всіх типах лісу переважають середньовікові деревостани (табл. 3.10). Лише в умовах вологої буково-ялицевої смеречини у Львівській області більшу частку становлять молоді лісостани.

Таблиця 3.10

Розподіл площ ялинових деревостанів за групами віку і типами лісу

Індекс типу лісу	Розподіл площ ялинових деревостанів (%) за групами віку і типами лісу в межах адміністративних областей				
	Молодняки	Середньовікові	Пристигаючі	Стигли	Перестійні
1	2	3	4	5	6
Івано-Франківська область					
В ₃ –См	5,3	46,9	15,7	25,6	6,5
С ₃ –См	14,0	57,8	12,1	14,4	1,7

Продовж. табл. 3.10

1	2	3	4	5	6
С ₃ –бкСм	16,6	55,1	18,9	8,7	0,7
С ₃ –яцСм	15,6	57,6	12,7	12,1	2,0
С ₃ –бкяцСм	21,6	52,6	17,5	7,4	0,9
Д ₃ –бкяцСм	23,8	52,2	16,7	6,5	0,8
Львівська область					
В ₃ –См	–	–	–	–	–
С ₃ –См	19,9	63,4	10,7	5,4	0,6
С ₃ –бкСм	25,4	67,6	3,9	3,1	-
С ₃ –яцСм	–	–	–	–	–
С ₃ –бкяцСм	40,6	45,0	10,3	3,5	0,6
Д ₃ –бкяцСм	51,2	29,9	13,2	5,5	0,2
Чернівецька область					
В ₃ –См	13,5	78,9	7,6	-	0,05
С ₃ –См	20,6	66,0	13,4	-	0,07
С ₃ –бкСм	–	–	–	–	–
С ₃ –яцСм	17,5	67,4	15,1	-	-
С ₃ –бкяцСм	34,3	32,7	17,4	14,9	0,7
Д ₃ –бкяцСм	39,4	45,3	14,8	-	0,5

З табл. 3.10 видно, що найбільшу частку стиглі і перестійні ялинові деревостани мають у вологому чистосмерековому суборі – 32,1 %. Це пов'язано з тим, що значна площа ялинників цього типу лісу належить до захисних лісів, де заборонені рубки головного користування.

Розподіл площі ялинових деревостанів регіону досліджень за типами лісу і класами віку наведено в табл. 3.11. Як бачимо, переважають ялинники віком 41-100 років, частка яких залежно від типу лісу і адміністративної області загалом становить від 60 до 80 відсотків. Варто відзначити досить високу частку перестійних деревостанів в умовах вологого чистосмерекового субору та вологої високогірної сушмеречини в Івано-Франківській області, які ростуть на висотах понад 1100 м н. р. м. Водночас, у цих типах лісу малопоширеними є молоді

Таблиця 3.11

Розподіл площ ялинових деревостанів за класами віку і типами лісу

Вік, роки	Площа ялинових деревостанів (%) за класами віку і типами лісу в межах областей														
	В ₃ –См		С ₃ –См			С ₃ –бкСм		С ₃ –яцСм		С ₃ –бкяцСм			D ₃ –бкяцСм		
	Івано-Франківська	Чернівецька	Івано-Франківська	Львівська	Чернівецька	Івано-Франківська	Львівська	Івано-Франківська	Чернівецька	Івано-Франківська	Львівська	Чернівецька	Івано-Франківська	Львівська	Чернівецька
1-20	2,5	2,2	3,0	6,2	5,4	6,3	14,2	4,8	9,5	8,8	13,5	17,2	10,8	19,5	14,4
21-40	2,9	11,1	11,1	13,7	13,9	10,3	11,1	12,3	6,7	13,0	27,2	17,1	13,0	31,6	21,9
41-60	21,6	53,1	27,2	41,1	36,0	32,6	25,3	26,5	32,4	28,4	31,2	18,6	33,9	11,9	24,8
61-80	9,8	10,6	15,3	22,5	18,4	28,0	20,9	22,7	17,5	27,6	14,7	19,1	24,3	14,6	19,0
81-100	9,5	8,8	12,0	12,7	12,8	15,2	20,7	16,9	17,8	10,7	5,8	13,5	8,8	8,0	10,1
101-120	9,5	10,5	9,9	1,7	11,0	4,5	4,8	8,3	14,5	5,0	4,7	11,3	4,7	11,6	8,5
121-140	14,9	3,8	9,3	1,4	2,4	1,7	2,4	2,5	1,6	4,0	1,9	3,1	2,5	2,7	1,4
141-160	15,7	0,1	7,0	0,4	0,1	1,0	0,5	3,1	0,1	1,4	0,5	0,2	1,4	0,1	
161-180	8,4		4,1	0,2		0,2		1,5		0,8	0,4		0,3		
181-200	4,0		0,8	0,2		0,1		1,0		0,2	0,2		0,2		
201-220	0,9		0,3			0,1		0,5		0,1			0,2		
221-240	0,2		0,03							0,03					
241-260	0,03		–							–					
261-280	0,2		–							–					
281-300	–		–							–					
301-320	–		0,1							0,1					
321-340	0,04		0,01							0,1					

ялинові деревостани віком до 20 років, частка яких становить лише 2,2-6,2 %. Найстаріші лісостани з переважанням у їх складі ялини європейської віком 301-340 років ростуть в Лугівському лісництві філії "Брошнівське лісове господарство" (Івано-Франківська область).

Особливості розподілу площ ялинових деревостанів за коефіцієнтами складу і типами лісу узагальнено в табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Розподіл площ ялинових деревостанів за її часткою в складі та типами лісу

Індекс типу лісу	Площа ялинових деревостанів (%) за її участю в складі деревостану і типами лісу в межах областей								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Івано-Франківська область									
В ₃ -См	0,1	0,3	3,7	4,6	7,5	11,8	9,1	9,3	53,6
С ₃ -См	0,02	0,1	1,1	2,6	4,3	7,7	12,9	8,6	62,7
С ₃ -бкСм	–	0,2	2,1	3,7	6,6	8,8	13,6	10,2	54,9
С ₃ -яцСм	0,1	1,3	4,7	6,9	10,9	14,4	14,7	10,3	36,6
С ₃ -бкяцСм	0,1	1,4	5,5	9,4	13,0	14,1	17,4	12,5	26,6
Д ₃ -бкяцСм	0,2	0,9	4,2	6,9	12,5	13,7	19,1	13,2	29,5
Львівська область									
В ₃ -См	–	–	–	–	–	–	–	–	–
С ₃ -См	0,1	1,0	4,2	3,5	4,7	6,3	8,8	5,0	66,7
С ₃ -бкСм	0,2	1,3	7,5	5,4	8,1	9,5	13,9	9,9	44,3
С ₃ -яцСм	–	–	–	–	–	–	–	–	–
С ₃ -бкяцСм	0,1	1,7	7,6	9,3	10,9	13,1	15,7	8,1	33,5
Д ₃ -бкяцСм	0,4	2,9	10,4	16,1	15,7	13,5	13,5	5,6	22,1
Чернівецька область									
В ₃ -См	–	0,1	0,3	0,8	3,3	5,9	15,1	11,4	63,2
С ₃ -См	–	0,1	0,5	2,5	4,2	5,3	9,6	6,9	71,1
С ₃ -бкСм	–	–	–	–	–	–	–	–	–
С ₃ -яцСм	–	0,1	0,9	2,6	6,9	6,5	12,0	8,1	63,0
С ₃ -бкяцСм	–	0,4	3,8	8,6	15,1	13,6	16,4	8,7	33,4
Д ₃ -бкяцСм	–	1,0	3,5	10,2	16,4	16,4	12,9	5,8	33,9

Загальною закономірністю у наведеному розподілі є те, що найбільша

частка чистих ялинових деревостанів характерна для типів лісу В₃–См та С₃–См для всіх адміністративних областей. В умовах вологої букової сушмеречини і вологої ялицевої сушмеречини коефіцієнт участі ялини у складі деревостанів становить переважно від 8 до 10 одиниць. У типах лісу С₃–бкяцСм і D₃–бкяцСм частка ялини в складі деревостанів здебільшого дорівнює 60-100 %.

Розподіл площ ялинових деревостанів за стрімкістю схилів і типами лісу наведено в табл. 3.13.

Таблиця 3.13

Розподіл площ ялинових деревостанів за стрімкістю схилу і типами лісу

Індекс типу лісу	Площа ялинових деревостанів (%) за стрімкістю схилу і типами лісу в межах областей			
	Пологі (до 10 градусів)	Спадисті (11-20 градусів)	Стрімкі (21-30 градусів)	Дуже стрімкі (понад 31 градус)
Івано-Франківська область				
В ₃ –См	1,8	20,8	61,7	15,8
С ₃ –См	3,2	30,6	56,3	10,0
С ₃ –бкСм	8,8	53,2	30,1	7,9
С ₃ –яцСм	4,5	37,5	47,7	10,3
С ₃ –бкяцСм	5,9	40,4	45,9	7,8
D ₃ –бкяцСм	5,1	44,3	46,5	4,1
Львівська область				
В ₃ –См	-	-	-	-
С ₃ –См	23,5	56,6	17,7	2,3
С ₃ –бкСм	8,7	50,5	37,6	3,2
С ₃ –яцСм	-	-	-	-
С ₃ –бкяцСм	21,4	55,2	20,0	3,4
D ₃ –бкяцСм	14,5	49,3	32,9	3,4
Чернівецька область				
В ₃ –См	12,0	39,4	45,4	3,2
С ₃ –См	3,0	44,0	49,2	3,8
С ₃ –бкСм	-	-	-	-
С ₃ –яцСм	1,9	40,3	53,8	4,0
С ₃ –бкяцСм	2,7	42,0	49,0	6,3
D ₃ –бкяцСм	5,8	57,8	33,2	3,2

Аналіз табл. 3.13 показує, що основні масиви ялинових деревостанів розташовані на спадистих та стрімких схилах, сумарна частка яких коливається в межах від 74 до 94 %. На пологих схилах найбільшу частку мають деревостани вологої високогірної сусмєречини та вологої буково-ялицевої сусмєречини на території Львівської області. На дуже стрімких схилах розташовані ялинові деревостани вологого чистосмєрекового субору, які виконують важливі протиерозійні функції.

Аналіз розподілу ялинових деревостанів за класами бонітету виявив, що в умовах вологого чистосмєрекового субору переважають ялинники II-IV класів бонітету, вологих сугрудів – I-I^a, а вологих грудів – I-I^b класів бонітету (рис. 3.16-3.18). Порівняння середніх значень класів бонітету наведено у табл. 3.14. Як і слід було очікувати, найпродуктивнішими є ялинові деревостани вологої буково-ялицевої смєречини, для яких середній клас бонітету становить I^a,8. Своєю чергою, за якісним показником продуктивності у найпоширенішому типі лісу – вологій буково-ялицевій сусмєречині кращими виявилися деревостани у лісовому фонді Чернівецької області.

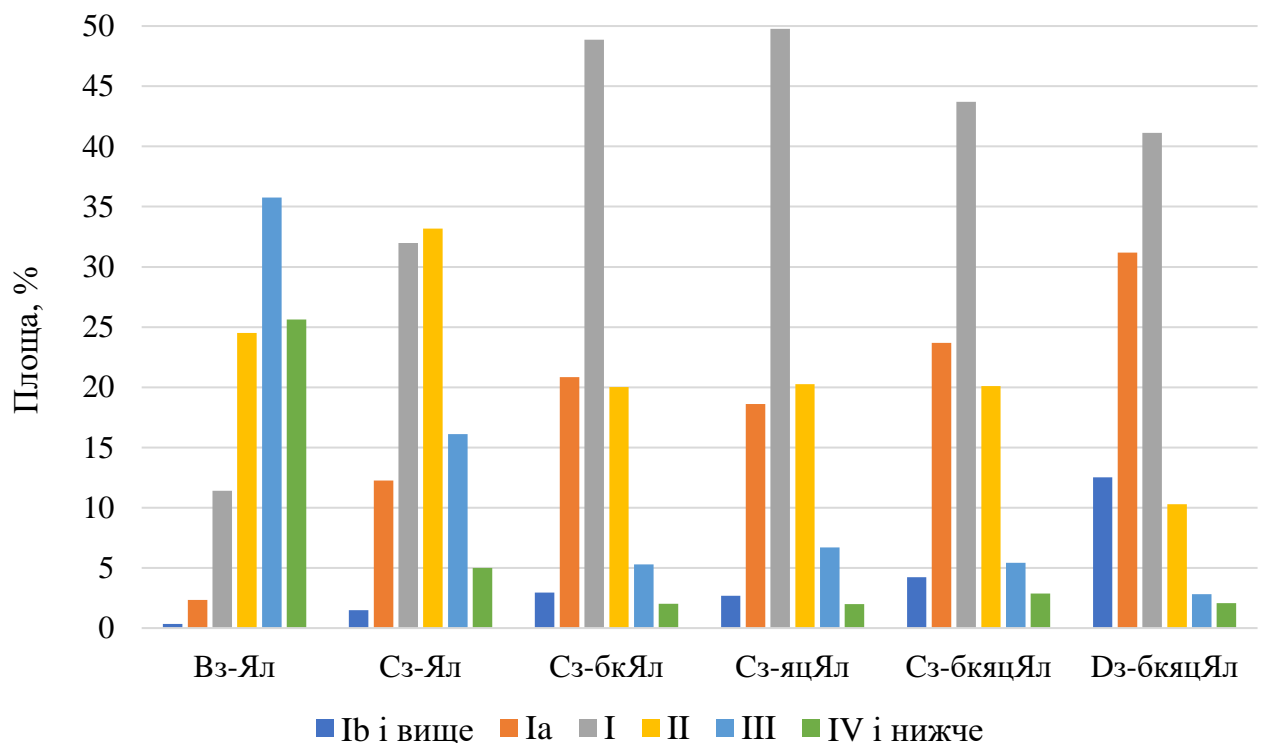


Рис. 3.16. Розподіл площ ялинових деревостанів Івано-Франківської області за типами лісу і класами бонітету

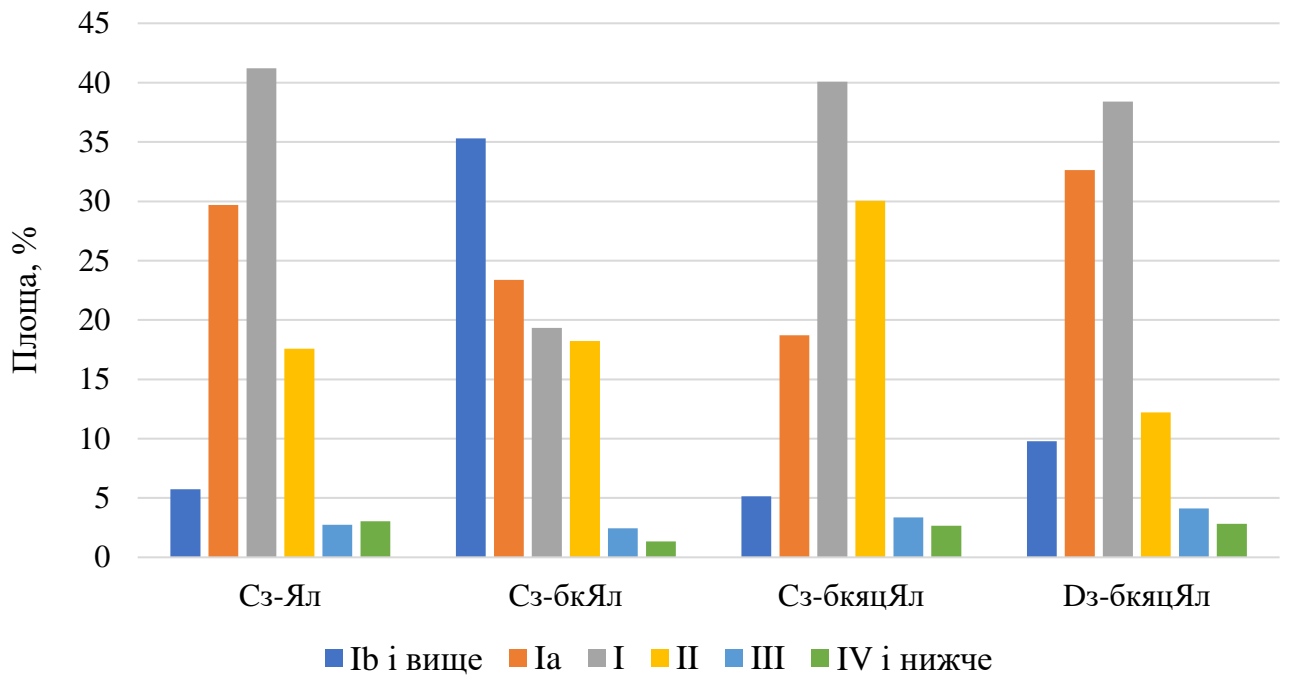


Рис. 3.17. Розподіл площ ялинових деревостанів Львівської області за типами лісу і класами бонітету

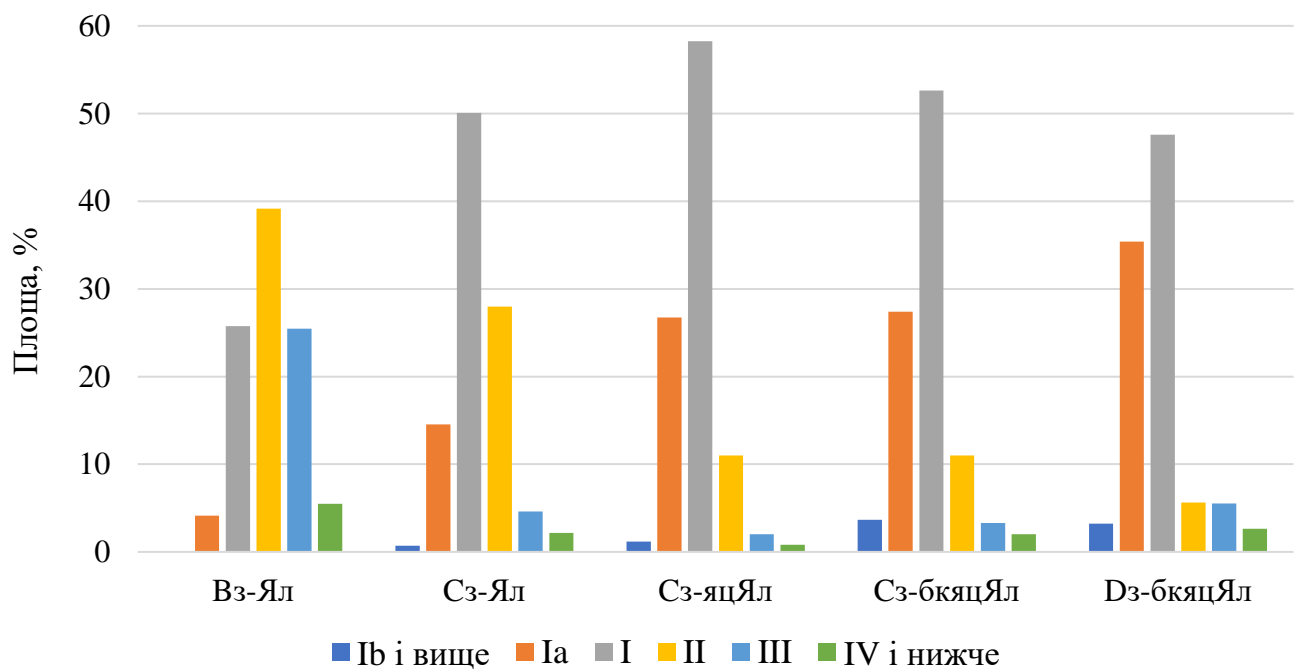


Рис. 3.18. Розподіл площ ялинових деревостанів Чернівецької області за типами лісу і класами бонітету

Окремі науковці [25, 26, 132, 160] відзначають, що одним із чинників, які в гірських умовах впливають на рівень нагромадження запасів деревини, є експозиція схилу. Виконаний аналіз повидільної бази ялинових деревостанів

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>С₃-яцСм (волога ялицева суслеречина)</i>								
Івано-Франківська	3,7	8,2	15,5	17,0	13,4	18,4	20,6	3,2
Львівська	–	–	–	–	–	–	–	–
Чернівецька	5,3	41,9	3,6	3,4	32,9	1,7	7,0	4,2
<i>С₃-бк-яцСм (волога буково-ялицева суслеречина)</i>								
Івано-Франківська	5,9	8,7	18,0	15,2	10,7	17,7	18,7	5,1
Львівська	6,2	10,3	16,7	14,9	9,6	17,7	19,6	5,0
Чернівецька	5,8	31,8	5,1	4,5	39,0	4,1	4,7	5,0
<i>Д₃-бк-яцСм (волога буково-ялицева суслеречина)</i>								
Івано-Франківська	7,7	9,0	15,7	17,0	11,5	14,8	17,3	7,0
Львівська	6,7	8,0	18,8	15,9	5,9	21,4	18,6	4,7
Чернівецька	3,1	30,8	0,6	6,0	46,5	2,3	4,9	5,8

Нами встановлено, що на території Чернівеччини, незалежно від типу лісу, переважають південні та північні експозиції схилів. На території Івано-Франківської і Львівської областей чіткої залежності не виявлено.

Результати оцінки розміщення ялинових лісів за схилами показали, що мішані за складом і більш продуктивні ялинові деревостани частіше приурочені до північних експозицій, а чисті за складом – до південних.

Для оцінювання продуктивності ялинових деревостанів у переважаючих типах лісу на північно-східному макросхилі Українських Карпат було використано два показники – середню зміну запасу і запас стовбурової деревини. З метою коректного порівняння даних, попередньо приводимо ці показники до однієї розрахункової відносної повноти – 0,7. Оскільки повидільна база даних лісовпорядкування сформована на основі окомірно-вимірювальної таксації, згідно з якою ставляться однакові вимоги до визначення таксаційних показників деревостанів, то порівняння отриманих значень можна вважати достовірним.

Отримані значення середньої зміни запасу ялинових деревостанів за класами бонітету і переважаючими типами лісу в розрізі адміністративних областей наведено в табл. 3.16.

**Середня зміна запасу ялинових деревостанів з відносною повнотою 0,7
за типами лісу і класами бонітету**

Адміністративні області	Середня зміна запасу ($\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік) за відносною повнотою 0,7, за класами бонітету і типами лісу							
	I ^d	I ^c	I ^b	I ^a	I	II	III	IV
<i>B₃-См (вологий чистосмерековий субір)</i>								
Івано-Франківська	–	–	–	–	4,3	3,1	2,2	1,7
Львівська	–	–	–	–	–	–	–	–
Чернівецька	–	–	–	–	5,5	3,7	3,2	–
<i>C₃-См (волога високогірна суслеречина)</i>								
Івано-Франківська	–	–	6,3	6,1	4,9	3,1	2,6	2,4
Львівська	–	–	8,2	6,5	5,8	5,3	2,8	2,1
Чернівецька	–	–	6,6	5,7	4,7	4,4	3,9	3,4
<i>C₃-яцСм (волога ялицева суслеречина)</i>								
Івано-Франківська	–	–	8,4	6,2	5,0	3,6	2,8	2,4
Львівська	–	–	–	–	–	–	–	–
Чернівецька	–	–	6,4	5,8	5,2	4,4	4,2	3,7
<i>C₃-бкСм (волога букова суслеречина)</i>								
Івано-Франківська	–	10,8	6,8	6,7	5,8	4,2	3,1	3,0
Львівська	–	10,2	6,7	6,0	5,7	4,5	3,5	3,3
Чернівецька	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>C₃-бкяцСм (волога буково-ялицева суслеречина)</i>								
Івано-Франківська	–	9,3	7,3	5,8	5,5	4,3	3,3	3,0
Львівська	–	10,2	8,4	7,1	5,1	4,8	3,5	2,1
Чернівецька	–	9,6	7,1	6,2	5,6	5,0	4,1	3,0
<i>D₃-бкяцСм (волога буково-ялицева слеречина)</i>								
Івано-Франківська	11,5	9,4	8,5	6,5	6,0	4,2	3,7	2,9
Львівська	10,6	9,3	8,8	7,9	6,1	5,0	4,2	3,6
Чернівецька	–	–	6,7	6,2	5,4	4,8	3,7	3,0

Отримані результати свідчать, що між типами лісу, класами бонітету і значеннями середньої зміни за запасом існує певна закономірність. Так, найвищі

значення зміни запасів стовбурової деревини встановлено для деревостанів вологої буково-ялицевої смеречини I^d класу бонітету – від 10,6 до 12,2 м³/га за рік, а найнижчі – для вологого чистосмерекового субору – від 1,7 до 3,2 м³/га за рік.

Середньопродуктивними виявилися ялинові насадження в умовах вологих сугрудів. При цьому, вищими показниками зміни запасу відзначаються мішані за складом ялинові деревостани I^a-I^c класів бонітету вологої букової сусмеречини (6,0-10,8 м³/га за рік) та вологої буково-ялицевої сусмеречини (5,8-10,2 м³/га за рік).

У вологій високогірній сусмеречині та вологій ялицевій сусмеречині ялинові деревостани не перевищують I^b клас бонітету, а зміна запасу змінюється в межах від 4,6 до 8,4 м³/га за рік. Для нижчих класів бонітету властиве незначне коливання середньої зміни запасу і для всіх типів лісу має приблизно однакові межі: II клас бонітету – 2,6-5,0 м³/га за рік, III клас бонітету – 2,2-4,2 м³/га за рік, IV клас бонітету – 1,7-3,6 м³/га за рік.

Якщо порівнювати інтенсивність нагромадження запасів деревини за регіонами, то потрібно відзначити, що для вологих сугрудів вищі значення середньої зміни за запасом властиві ялиновим насадженням Івано-Франківської області, а вологих грудів – Львівської області.

Не менш важливим показником успішності росту та використання лісорослинного потенціалу типу лісу вважають запас деревостану, який відображає обсяг нагромадженої стовбурової деревини на одиниці площі і з кількісного боку характеризує продуктивність окремого лісового насадження. Його величина залежить від багатьох чинників й тому може змінюватися в межах окремого типу лісорослинних умов [27, 95]. У табл. 3.17 узагальнено середній запас ялинових деревостанів залежно від типів лісу та груп віку в розрізі адміністративних областей.

Середній запас ялинових деревостанів у розрізі груп віку і типів лісу

Індекс типу лісу	Молодняки 1 класу	Молодняки 2 класу	Середньовікові	Середньовікові, включені до розрахунку	Пристигаючі	Стигли	Перестійні
Івано-Франківська область							
V ₃ -См	27	113	296	332	322	319	313
С ₃ -См	25	114	370	391	404	382	376
С ₃ -бкСм	20	133	367	445	467	453	421
С ₃ -яцСм	30	150	405	416	458	429	531
С ₃ -бкяцСм	25	136	419	441	465	446	444
D ₃ -бкяцСм	20	144	476	508	527	503	525
Львівська область							
V ₃ -См	-	-	-	-	-	-	-
С ₃ -См	34	154	286	330	361	350	174
С ₃ -бкСм	25	157	376	348	372	348	-
С ₃ -яцСм	-	-	-	-	-	-	-
С ₃ -бкяцСм	32	148	303	325	353	326	347
D ₃ -бкяцСм	35	147	362	390	426	405	332
Чернівецька область							
V ₃ -См	12	116	281	383	403	-	483
С ₃ -См	15	150	356	417	428	-	511
С ₃ -бкСм	-	-	-	-	-	-	-
С ₃ -яцСм	14	166	387	438	444	-	-
С ₃ -бкяцСм	17	151	415	455	469	473	508
D ₃ -бкяцСм	18	130	452	490	516	-	539

Аналіз продуктивності ялинових деревостанів у різних групах віку показує, як і очікувалося, значну відмінність між типами лісу. Необхідно звернути увагу, що середній запас стиглих деревостанів в усіх типах лісу і в усіх областях є нижчим, ніж у пристигаючих деревостанах (за винятком вологої буково-ялицевої сушмеречини Чернівецької області).

Використання груп віку дало змогу правильніше виконати порівняння запасів деревини в межах типів лісу та регіону розміщення ялинових насаджень.

Як видно із наведених значень, середні запаси у категорії стиглих ялинових деревостанів для вологої буково-ялицевої смеречини найвищі в умовах Чернівецької обл. і становлять близько 500 м³/га. Для Львівської області характерним є переважання низько- та середньоповнотних ялинових деревостанів цього типу лісу, що є причиною їх меншої продуктивності. Для сугрудових лісорослинних умов запаси деревостанів становлять, в середньому, 400-450 м³/га. Найнижчі середні запаси ялинових деревостанів спостерігаються у вологому чистосмерековому суборі – на рівні 300-400 м³/га.

Детальний аналіз повидільної бази даних лісовпорядкування виявив, що високопродуктивні і високоповнотні ялинові деревостани представлені двома типами лісу – вологою буково-ялицевою сушмеречиною і вологою буково-ялицевою смеречиною, розміщені на висоті до 1200 м н. р. м., характеризуються I^a-I^d класами бонітету. За походженням переважають штучні ялинові насадження, частка яких становить 65-67 % від загальної площі ялинових лісостанів. Серед категорій функціонального призначення найбільшу частку становлять експлуатаційні ліси (48-57 %) та захисні ліси (20-34 %).

Після виконаного аналізу ялинових деревостанів у регіоні досліджень можна узагальнити усереднені дані та навести лісівничо-таксаційну характеристику для найпоширеніших типів лісу.

V₃-См (вологий чистосмерековий субір). Деревостани цього типу лісу найбільш представлені у лісовому фонді Івано-Франківської області (5,95 %). Переважна більшість лісостанів цього типу лісу знаходиться на висотах 1200-1600 м н. р. м., виконують захисні функції, ростуть переважно на стрімких та дуже стрімких схилах. Характеризуються природним походженням, середньою відносною повнотою 0,6-0,7, належать до групи середньовікових. Корінні деревостани чисті за складом з незначною домішкою берези та ялиці (частка головної породи 10 одиниць характерна для 54-63 % лісових насаджень цього типу лісу), мають II-III клас бонітету. У віці стиглості експлуатаційні ліси

досягають середнього діаметра 30-32 см, висоти 24-25 м, запасів деревини – до 400-450 м³/га.

C₃–См (волога високогірна сушмеречина). Ялинові деревостани цього типу лісу найбільш поширені у лісовому фонді Івано-Франківської області (21,88 %) та Чернівецької області (25,44 %). Основні масиви лісів зосереджені на висотах 1100-1300 м н. р. м. Основну частку лісових масивів становлять захисні ліси (40-55 %), лише у підприємствах Львівської області частка експлуатаційних лісів становить 54 %. За стрімкістю схилів 74-93 % площ припадає на спадисті та стрімкі. За винятком Чернівецької області, де 59 % насаджень цього типу лісу мають штучне походження, у лісовому фонді решти областей 57-88 % площ ялинових лісостанів представлені деревостанами природного походження. Близько 70-80 % площ деревостанів належать до категорії середньовікових і чистих за складом з незначною домішкою берези та клена-явора. Середня відносна повнота для категорії експлуатаційних лісів становить 0,73-0,75, клас бонітету I-II, середній діаметр 35-36 см, середня висота 26-27 м, запас деревостанів – 500-550 м³/га.

C₃–бкСм (волога букова сушмеречина). Лісостани цього типу лісу найбільше представлені у лісовому фонді Івано-Франківської області (4,56 %). За складом 70-90 % площ – це змішані деревостани з часткою головної породи 7-10 одиниць та домішкою бука лісового і клена-явора. Найчастіше вони розташовані на висоті 1000-1200 м над рівнем моря. Серед категорій захисності переважають захисні (31,2-41,0 %) та експлуатаційні ліси (56,6 % в Івано-Франківській області). За походженням 35-54 % – це природні ліси. Ялинові деревостани цього типу лісу належать переважно до категорії середньовікових (55-68 %). Деревостани характеризуються I-II класами бонітету (60-70 % площі). Стиглі експлуатаційні деревостани мають відносну повноту 0,60-0,65, досягають середнього діаметра 34-36 см, середньої висоти 25-27 м, запасу 450-500 м³/га.

C₃–яцСм (волога ялицева сушмеречина). Найбільші площі деревостанів цього типу лісу зосереджені у лісовому фонді Чернівецької (10,91 %) та Івано-Франківської області (4,40 %). На Львівщині деревостани цього типу лісу не

лісовпорядкуванням не виділено. У складі деревостанів переважає ялина європейська (8-10 одиниць), а в домішці присутні ялиця біла, рідше клен-явір та береза повисла. У віковій структурі домінують середньовікові насадження (58-67 %).

С₃-бкяцСм (волога буково-ялицева сусмеречина). Ялинові деревостани цього типу лісу найпоширеніші у регіоні досліджень, а їх найбільша частка зосереджена у лісовому фонді Чернівецької (44,9 %) та Івано-Франківської областей (34,0 %). Близько 50 % лісового фонду – це експлуатаційні ліси. Деревостани змішані за складом з участю головної породи 7-10 одиниць, з домішкою бука, ялиці, клена-явора. Середній бонітет деревостанів становить I-I^a. Стиглі експлуатаційні ялинові деревостани мають середню висоту 28-30 м, відносну повноту 0,55-0,60, середній діаметр 36-38 см, запас 600-650 м³/га.

Д₃-бкяцСм (волога буково-ялицева смеречина). Ялинові деревостани цього типу лісу є найпродуктивнішими порівняно з іншими і найбільші площі займають на Львівщині (13,2 %). Поширені на висотах від 800 до 1100 м н. р. м. У складі деревостанів головна порода має частку 6-10 одиниць, а у якості характерної типологічної домішки виступають бук, ялиця, ясен та в'яз. Деревостани розміщені переважно на спадистих схилах стрімкістю 11-20 градусів. Серед категорій захисності переважають експлуатаційні ліси (48-62 %). За походженням переважають лісові культури, частка яких залежно від області досягає 68-72 %. У віковій структурі тут також домінують середньовікові деревостани. Для стиглих експлуатаційних лісів характерні такі середні таксаційні показники: клас бонітету I-I^b, відносна повнота 0,65-0,75, середня висота 30-32 м, середній діаметр 38-40 см, запас 700-750 м³/га.

Висновки до розділу 3

1. Загальна площа ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат станом на 01.01.2018 р. становила 389613 га. Серед адміністративних областей вони є найпоширенішими в Івано-Франківській області, займаючи 258011 га (66,2 % від загальної площі). Впродовж останніх 30

років площа ялиників у регіоні досліджень зменшилася на 204,387 тис. га (-34,4 %). У динаміці загального запасу максимальне значення спостерігалось у 2002 році – 158,141 млн. м³.

2. Серед груп віку переважають середньовікові ялинові деревостани, площа яких становить 183106 га (47,0 % від їхньої загальної площі). Найвищий середній вік ялинові деревостани мають в Івано-Франківській обл. – 72 років, а найменший – у Львівській обл. (52 роки). У 2018 році у групі віку перестійних ялинових деревостанів було зосереджено 6,305 млн. м³ деревини на площі 15,411 тис. га. Середній запас у перестійних ялиниках у 2018 р. становив 409 м³/га. У лісовому фонді окремих лісогосподарських підприємств виявлено старовікові ялинові деревостани віком 300 і більше років, які після обстеження можна віднести до пралісів чи природних лісів.

3. Загалом на північно-східному макросхилі Українських Карпат спостерігається збільшення продуктивності ялинових деревостанів, про що свідчить середнє значення запасів – у 1988 році він становив 229 м³/га, а у 2018 році – 344 м³/га. Водночас в регіоні досліджень зафіксовано зниження середнього запасу стиглих ялинових деревостанів – у 1988 році він становив 472 м³/га, а у 2018 році – 348 м³/га.

4. На північно-східному макросхилі Українських Карпат переважають такі типи ялинових лісів: вологий чистосмерековий суббір (В₃-См); волога високогірна сушмеречина (С₃-См); волога букова сушмеречина (С₃-бкСм); волога ялицева сушмеречина (С₃-яцСм); волога буково-ялицева сушмеречина (С₃-бк-яцСм) та волога буково-ялицева смеречина (D₃-бк-яцСм). Загальна площа ялинових деревостанів у цих шести найпоширеніших типах лісу становить 284276,9 га, що складає 95,8 % від загальної площі ялинових типів лісу.

5. Серед класів бонітету в умовах вологого чистосмерекового субору переважають ялиники II-IV класів, вологих сугрудів – I-I^a, а вологих грудів – I-I^b класів бонітету. Найпродуктивнішими є ялинові деревостани вологої буково-ялицевої смеречини, для яких середній клас бонітету становить I^a,8. У найпоширенішому типі лісу – вологій буково-ялицевій сушмеречині найвищий

середній клас бонітету ялинові деревостани мають у лісовому фонді Чернівецької області.

6. Найвищі значення зміни запасів стовбурової деревини встановлено для деревостанів вологої буково-ялицевої смеречини – від 10,6 до 12,2 м³/га за рік, а найнижчі – для вологого чистосмерекового субору – від 1,7 до 3,2 м³/га за рік. В умовах вологих сугрудів зміна запасу деревостану залежно від класу бонітету коливається від 4,6 до 10,8 м³/га за рік.

7. Середні запаси у категорії стиглих ялинових деревостанів є найвищими в умовах вологої буково-ялицевої смеречини в Чернівецькій області і становлять близько 500 м³/га. Для Львівської області характерним є переважання низько-та середньоповнотних ялинових деревостанів цього типу лісу, що є причиною їх меншої продуктивності. Для сугрудових лісорослинних умов запаси деревостанів становлять, в середньому, 400-450 м³/га. Найнижчі середні запаси ялинових деревостанів спостерігаються у вологому чистосмерековому суборі – на рівні 300-400 м³/га.

8. Розподіл площ ялиників у межах типів лісу за категоріями захисності свідчить, що чисті ялинові насадження вологих суборів та сугрудів виконують переважно захисні функції і належать до категорії протиерозійних лісів. Ялинові деревостани вологої буково-ялицевої смеречини більше представлені в категорії експлуатаційних лісів. На підтвердження цього, саме в цьому типі лісу спостерігається найвища частка насаджень штучного походження, які сформувалися на зрубках після рубок головного користування.

9. Результати наших досліджень показали, що в регіоні досліджень переважають ті самі типи ялинових лісів, що були описані раніше професором З.Ю. Герушинським [10]. Однак характерним є підняття верхніх висот поширення цих типів лісу над рівнем моря порівняно з діагностичною характеристикою ялинових типів лісу за проф. З. Ю. Герушинським.

10. Аналіз сучасної повидільної бази лісовпорядкування показав, що має місце використання різних назв одного і того ж типу лісу. Лісовпорядкувальні експедиції використовують різну методику визначення та формування назв типів

лісу, тому актуальним завданням для науковців є формування єдиного загальноприйнятого кадастру типів лісу для Українських Карпат.

Основні результати цього розділу опубліковано у працях [75] Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2022). Типологічна структура і продуктивність ялинових лісів Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 66-78. (Особистий внесок: збір та обробка даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті). [76] Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2023). Динаміка таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 98-112. <https://doi.org/10.15421/412307>. (Особистий внесок: збір та обробка даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті). [92] Матусевич, О.Б. (2022). Лісівнича характеристика і таксаційна оцінка ялинових деревостанів північно-східного макросхилу Українських Карпат у панівних типах лісу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(5), 28-35. <https://doi.org/10.36930/40320504>. [94] Матусевич, О.Б., Лавний, В.В. (2023). Типологічна різноманітність ялинових лісів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: мат. Міжн. наук.-практ. конф., секція 2: Післявоєнне відновлення рослинних ресурсів та екологічна безпека країни (м. Київ, 25 трав. 2023 р.). Київ, 2023. – С. 392-393. (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні матеріалів). [155] Хомюк, П.Г., Лавний, В.В., Гаврилюк, С.А., Матусевич, О.Б., Савчин, В.М. (2023). Динаміка площ і таксаційних показників ялинових деревостанів Українських Карпат. Матеріали 73-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2022-2023 роках / Редкол.: С.І. Миклуш (відп. ред.) та ін. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2023. – С. 116-119. (Особистий внесок: аналіз результатів досліджень, участь у написанні матеріалів).

РОЗДІЛ 4

ТАКСАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ЯЛИНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ У

ПАНІВНИХ ТИПАХ ЛІСУ НА ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ МАКРОСХИЛІ

УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

4.1. Прогноз росту ялинових деревостанів

Для прогнозування росту ялинових деревостанів у двох найпоширеніших ялинових типах лісу (волога високогірна сусмержина і волога буково-ялицева сусмержина) та класах бонітету (I і I^a) на території північно-східного макросхилу Українських Карпат було виокремлено експериментальний матеріал у вигляді 21 тимчасової пробної ділянки, що були закладені у лісовому фонді тодішніх ДП "Боринське лісове господарство", ДП "Верховинське лісове господарство", ДП "Вигодське лісове господарство", ДП "Делятинське лісове господарство" та ДП "Осмолодське лісове господарство". Таксаційна характеристика ялинових деревостанів на цих пробних ділянках наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Таксаційна характеристика ялинових деревостанів на пробних ділянках

№ з.п.	Площа, га	Кв./вид.	Склад деревостану	Вік, років	Клас бонітету	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Абсолютна повнота, м ² /га	Відносна повнота	Запас, м ³ /га ⁻¹	Густота, шт./га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
С₃-С_м											
1	0,20	3/30	10Яле+Кля,Бкл,Яцб	37	I	13,5	12,4	33,9	0,82	234	1870
2	0,17	24/47	10Яле+Ос,Бп	39	I	15,1	13,4	22,9	0,55	207	1624
3	0,07	33/13	10Яле	42	I	15,8	13,6	39,9	0,97	312	3483
4	0,06	5/42	9Яле1Бп+Яцб	50	I	18,1	15,9	45,0	0,96	435	2262
5	0,12	9/9	9Яле1Бп	63	I	22,8	22,6	43,9	0,88	518	1492
6	0,18	16/8	9Яле1Яцб+Бп	68	I	23,8	23,3	46,9	0,87	523	1094

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	0,20	17/7	10Яле+Бкл	77	I	25,3	27,2	51,1	0,99	647	890
8	0,20	34/27	10Яле+Бп,Кля,Яцб	87	I	27,2	30,8	46,7	0,87	632	635
9	0,18	4/22	10Яле+Яцб,Бп	103	I	28,8	30,2	37,9	0,64	504	528
10	0,21	3/37	10Яле+Яцб,Бп	112	I	31,6	32,4	38,4	0,63	581	467
11	0,24	32/6	8Яле1Бкл1Яцб+Кля,Бп	132	I	34,1	43,3	31,9	0,50	468	217
С₃–бк-яцСм											
1	0,12	39/9	10Яле	41	I ^a	17,3	14,8	29,5	0,76	281	1725
2	0,125	33/20	10Яле+Бкл,Яцб,Бп	54	I ^a	22,7	23,0	53,0	1,00	769	1648
3	0,25	22/15	10Яле	54	I ^a	23,2	22,0	29,0	0,59	346	764
4	0,16	17/5	10Яле+Яцб	60	I ^a	25,0	28,1	46,9	0,91	589	775
5	0,18	3/22	10Яле+Бкл, Кля, Яцб	61	I ^a	25,7	28,6	43,6	0,94	518	1272
6	0,25	8/2	10Яле+Бкл,Яцб,Кля	65	I ^a	26,2	29,5	55,6	1,02	740	916
7	0,16	10/59	10Яле+Бкл,Бп	68	I ^a	26,8	30,2	48,6	0,92	632	1069
8	0,188	38/24	10Яле+Бкл	85	I ^a	30,1	34,1	59,3	1,04	862	645
9	0,24	10/1	10Яле+Бкл,Кля	93	I ^a	32,5	34,2	43,2	0,74	650	483
10	0,35	1/6	10Яле+Яцб, Кля	119	I ^a	34,8	41,6	51,9	0,85	857	383

Вік ялинових деревостанів на пробних ділянках у типі лісу С₃–См становив від 37 до 132 років. Вони представлені I класом бонітету і характеризуються як середньо- та високоповнотні. На десяти пробних ділянках типу лісу С₃–бк-яцСм вік ялинових деревостанів становив від 41 до 119 років, вони ростуть за I^a класом бонітету і також є середньо- та високоповнотними.

Отже, ялинові деревостани вологої буково-ялицевої сушмеречини відзначаються кращими показниками росту і продуктивності. Середня зміна за запасом (без урахування відпаду) в ялинових деревостанах на північно-східному макросхилі Українських Карпат у віці 100 років за відносних повнот 0,6-0,7 становить 4,9-5,7 м³·га⁻¹ за рік у типі лісу С₃–См та 5,7-6,6 м³·га⁻¹ – у типі лісу С₃–бк-яц-См. Для високоповнотних нормальних деревостанів за відносної повноти 0,9-1,0 в умовах вологої високогірної сушмеречини середня зміна за запасом може становити 7,3-8,1 м³·га⁻¹ та 8,5-9,4 м³·га⁻¹ – в умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Значення середньої зміни за запасом за даними пробних ділянок

Клас бонітету	Середня зміна запасу в ялинових деревостанах (м ³ /га за рік) залежно від відносної повноти					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
І ^a	4,7	5,7	6,6	7,5	8,5	9,4
І	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3	8,1

Результати наукових досліджень неможливо отримати без обґрунтування достовірності експериментального матеріалу. З цією метою використано математико-статистичний підхід, суть якого зводиться до порівнювання фактичних значень до певної критичної межі обраного критерію з подальшими висновками про те, чи розраховані показники є достовірними.

Для статистичного опрацювання результатів переліків дерев на пробних ділянках визначено середньоарифметичний діаметр, основне відхилення, мінливість, асиметрію, ексцес і точність дослідів. Отримані результати наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Статистична характеристика деревостанів пробних площ за середнім діаметром

Номер пробної площі	Середнє значення	Основне відхилення	Коефіцієнт варіації	Асиметрія	Ексцес	Точність дослідів
1	2	3	4	5	6	7
С ₃ –С _м						
1	16,55 ± 0,36	6,93 ± 0,25	41,9 ± 1,5	+ 0,482 ± 0,127	- 0,755 ± 0,253	2,17 ± 0,08
2	12,73 ± 0,32	5,02 ± 0,22	39,4 ± 1,6	+ 1,077 ± 0,155	+ 0,548 ± 0,309	2,49 ± 0,11
3	13,08 ± 0,19	2,77 ± 0,13	21,2 ± 0,8	+ 0,864 ± 0,168	+ 1,313 ± 0,336	1,46 ± 0,07
4	15,16 ± 0,40	4,90 ± 0,29	32,3 ± 1,6	+ 0,585 ± 0,202	+ 0,524 ± 0,404	2,67 ± 0,16
5	18,46 ± 0,49	6,40 ± 0,34	34,7 ± 1,6	+ 0,356 ± 0,186	- 0,235 ± 0,371	2,63 ± 0,14
6	19,86 ± 0,50	7,91 ± 0,35	39,9 ± 1,7	+ 0,206 ± 0,155	- 0,825 ± 0,310	2,53 ± 0,11
7	24,63 ± 0,51	7,66 ± 0,36	31,1 ± 1,2	+ 0,081 ± 0,162	- 0,679 ± 0,323	2,05 ± 0,10
8	26,03 ± 0,86	10,75 ± 0,60	41,3 ± 2,2	+ 0,348 ± 0,195	- 0,782 ± 0,390	3,29 ± 0,19

1	2	3	4	5	6	7
9	26,65 ± 0,93	7,29 ± 0,45	27,4 ± 1,4	+ 0,194 ± 0,212	- 0,348 ± 0,425	2,37 ± 0,15
10	31,18 ± 0,88	8,68 ± 0,62	27,8 ± 1,6	+ 0,969 ± 0,247	+ 0,865 ± 0,495	2,81 ± 0,20
11	33,54 ± 1,41	12,81 ± 0,99	38,2 ± 2,7	+ 0,383 ± 0,269	- 0,852 ± 0,538	4,19 ± 0,33
С ₃ -бк-яц-См						
1	15,64 ± 0,26	3,94 ± 0,19	25,2 ± 1,0	+ 0,997 ± 0,164	+ 0,815 ± 0,328	1,69 ± 0,08
2	18,27 ± 0,55	8,18 ± 0,39	44,8 ± 2,1	+ 0,312 ± 0,165	- 1,016 ± 0,330	3,02 ± 0,15
3	18,68 ± 0,46	6,92 ± 0,33	37,0 ± 1,6	+ 0,297 ± 0,163	- 0,445 ± 0,327	2,47 ± 0,12
4	23,28 ± 0,71	9,36 ± 0,50	40,2 ± 2,0	+ 0,454 ± 0,186	- 0,737 ± 0,372	3,06 ± 0,17
5	25,32 ± 0,77	9,81 ± 0,54	38,7 ± 2,0	+ 0,823 ± 0,191	+ 0,063 ± 0,383	3,03 ± 0,17
6	25,71 ± 0,55	8,68 ± 0,39	28,0 ± 0,9	+ 0,235 ± 0,156	- 0,645 ± 0,311	2,14 ± 0,10
7	24,59 ± 0,44	5,47 ± 0,31	22,2 ± 1,0	+ 0,565 ± 0,197	+ 0,353 ± 0,393	1,79 ± 0,10
8	29,10 ± 0,81	10,37 ± 0,57	35,6 ± 1,7	+ 0,137 ± 0,192	- 0,447 ± 0,384	2,79 ± 0,16
9	30,06 ± 0,79	9,40 ± 0,56	31,3 ± 1,6	+ 0,116 ± 0,206	- 0,647 ± 0,411	2,62 ± 0,16
10	50,12 ± 1,18	14,56 ± 0,84	35,6 ± 1,7	+ 0,103 ± 0,199	- 0,270 ± 0,399	2,36 ± 0,14

У табл. 4.3 наведено середньоарифметичний діаметр, який відрізняється від середньоквадратичного і залежить від величини мінливості цієї ознаки. Його значення з віком постійно збільшується, що відповідає динаміці цього показника.

Значення середньоквадратичного відхилення постійно зростає, що відповідає природі цього статистичного показника, який показує, на скільки в середньому відрізняється кожний діаметр дерева пробної ділянки від середнього арифметичного на цій же ділянці. Для пробних ділянок значення показника становлять, в середньому, 4-8 см до віку 100 років і понад 10 см у віці 100 більше років, що пов'язано з суттєвішою диференціацією діаметрів стовбурів на площі у старшому віці.

Аналіз мінливості діаметрів за коефіцієнтом варіації дає підстави говорити про значну мінливість цього показника, оскільки його значення коливаються в межах від 21,2 % до 44,8 %. За існуючою шкалою суттєвою вважається варіація ознаки при значенні коефіцієнта понад 51 %. Тому, можна вважати, що ялинові

деревостани на пробних ділянках характеризуються значною мінливістю діаметрів дерев, що викликано наявністю на пробних площах одночасно як маломірних, так і великомірних екземплярів, що призводить до збільшення розмаху варіації.

Аналіз показників форми кривих розподілу кількості дерев (асиметрія, ексцес) відносно ступенів товщини виявив характерні правосторонню асиметрію і туповершинність. Стосовно асиметрії, то її значення свідчать про зосередження більшої кількості дерев у менших ступенях товщини і меншої у більших. Таким чином, практично всі деревостани пробних ділянок характеризуються відсутністю достатньої кількості товстіших від середнього стовбура дерев. Також існує тенденція, що у молодшому віці абсолютні значення асиметрії є значно вищими порівняно зі старшими деревостанами, що є результатом незавершеної диференціації дерев на цій стадії формування деревостану.

За значеннями ексцесу робимо висновок про несуттєву концентрацію діаметрів навколо середнього значення і пряму залежність цього показника від величини середньоквадратичного відхилення. Для ексцесу не виявлено чіткої тенденції залежності від віку деревостанів.

За показником точності дослідів, який для кожної пробної площі не перевищує 5 %, робимо висновок про надійно проведений польовий експеримент з відбору даних для дослідження росту ялинових деревостанів.

Статистичну характеристику ялинових деревостанів на пробних площах за середньою висотою наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Статистична характеристика деревостанів пробних площ за середньою висотою

Номер пробної площі	Середнє значення	Основне відхилення	Коефіцієнт варіації	Асиметрія	Ексцес	Точність дослідів
1	2	3	4	5	6	7
С ₃ –С _м						
1	14,40 ± 0,62	1,96 ± 0,44	13,6 ± 2,2	- 0,408 ± 0,775	- 1,833 ± 1,549	4,30 ± 0,96
2	14,77 ± 0,67	2,42 ± 0,48	16,4 ± 2,4	+ 0,270 ± 0,679	- 0,636 ± 1,359	4,55 ± 0,89

1	2	3	4	5	6	7
3	15,52 ± 0,48	2,74 ± 0,34	17,7 ± 1,6	- 0,404 ± 0,426	+ 0,364 ± 0,853	3,08 ± 0,38
4	19,30 ± 0,94	4,52 ± 0,67	23,4 ± 2,7	+ 0,164 ± 0,511	- 0,632 ± 1,022	4,88 ± 0,72
5	22,80 ± 0,80	3,29 ± 0,56	14,4 ± 1,8	- 0,042 ± 0,594	- 0,644 ± 1,188	3,50 ± 0,60
6	23,80 ± 0,53	2,36 ± 0,37	9,9 ± 1,1	+ 0,011 ± 0,548	- 0,141 ± 1,095	2,22 ± 0,35
7	25,60 ± 0,92	5,02 ± 0,65	19,6 ± 1,9	- 1,394 ± 0,447	+ 2,737 ± 0,894	3,58 ± 0,46
8	27,84 ± 1,25	6,25 ± 0,88	22,4 ± 2,5	- 0,816 ± 0,490	- 0,094 ± 0,980	4,49 ± 0,64
9	28,36 ± 0,81	3,80 ± 0,57	13,4 ± 1,5	- 0,820 ± 0,522	- 0,276 ± 1,044	2,85 ± 0,43
10	30,25 ± 1,00	3,99 ± 0,71	13,2 ± 1,7	+ 0,205 ± 0,612	- 1,122 ± 1,225	3,30 ± 0,58
11	32,00 ± 0,71	2,83 ± 0,50	8,8 ± 1,1	- 1,061 ± 0,612	+ 2,000 ± 1,225	2,21 ± 0,39
С ₃ -бк-яц-См						
1	18,67 ± 0,59	3,08 ± 0,42	16,5 ± 1,7	- 0,325 ± 0,471	- 0,188 ± 0,943	3,17 ± 0,43
2	22,93 ± 0,68	3,71 ± 0,48	16,2 ± 1,6	+ 0,053 ± 0,447	- 0,034 ± 0,894	2,96 ± 0,38
3	23,56 ± 0,99	5,14 ± 0,70	21,8 ± 2,3	- 0,837 ± 0,471	- 0,127 ± 0,943	4,20 ± 0,57
4	25,06 ± 0,75	4,37 ± 0,53	17,4 ± 1,6	- 0,673 ± 0,420	- 0,581 ± 0,840	2,99 ± 0,36
5	26,36 ± 0,56	2,60 ± 0,39	9,9 ± 1,1	- 0,339 ± 0,522	- 0,046 ± 1,044	2,11 ± 0,32
6	27,64 ± 0,92	4,33 ± 0,65	15,7 ± 1,8	- 0,892 ± 0,522	+ 0,289 ± 1,044	3,34 ± 0,51
7	28,00 ± 0,49	2,19 ± 0,35	7,8 ± 0,9	+ 0,002 ± 0,548	+ 0,333 ± 1,095	1,75 ± 0,28
8	28,77 ± 0,97	5,42 ± 0,69	18,8 ± 1,8	- 0,432 ± 0,440	- 0,592 ± 0,880	3,38 ± 0,43
9	31,00 ± 0,82	4,36 ± 0,58	14,1 ± 1,4	- 0,652 ± 0,463	- 0,295 ± 0,926	2,66 ± 0,36
10	34,81 ± 0,66	3,41 ± 0,46	9,8 ± 1,0	- 0,469 ± 0,471	- 0,327 ± 0,943	1,89 ± 0,26

Аналіз наведених у табл. 4.4 значень показників описової статистики за середньою висотою дерев свідчить про добре організований експеримент, оскільки точність досліду у жодному випадку не перевищує значення 5 %. Недивлячись на те, що висоти дерев вимірювалися за пропорційним підходом для кожного із ступенів товщини і не охоплювали всі виміряні дерева на пробних ділянках, їхню кількість можна вважати достатньою для представлення генеральної сукупності висот дерев ялинових деревостанів. Тому використання вибіркового способу дослідження забезпечило достатню репрезентативність пробних площ за відношенням до генеральної сукупності висот дерев ялинових

деревостанів вологої високогірної сушмеречини і вологої буково-ялицевої сушмеречини.

Середні арифметичні значення висот дерев поступово зростають і корелюють з середніми значеннями, встановленими за результатами таксації на пробних ділянках в обох домінуючих типах лісу.

Основне (середньоквадратичне) відхилення і коефіцієнт варіації менші порівняно із відповідними значеннями, встановленими для діаметрів дерев, що свідчить про менший розмах варіації і мінливість висот дерев у ялинових деревостанах.

Для ялинових насаджень вологої високогірної сушмеречини коефіцієнт варіації змінюється у межах від 8,8 % до 23,4 % і в середньому становить 15,7 %, а для вологої буково-ялицевої сушмеречини – від 7,8 % до 21,8 % при середньому значенні 14,8 %. Таким чином, наявність домішки ялиці у першому ярусі і бука лісового у другому ярусі сприяють дещо меншій диференціації дерев ялини за висотою у типі лісу С₃-бк-яц-См.

Аналіз показників форми кривої виявив, що для мішаних буково-ялицево-ялинових лісостанів властиве незначне переважання від'ємних значень асиметрії, що вказує на наявність більшої кількості дерев, висоти яких є більшими від середнього значення. Для чистих ялинових деревостанів така закономірність менш виражена, що може свідчити про те, що у досліджуваних типах лісу диференціація дерев за висотою відбувається по-різному і залежить від породного складу. Можна відзначити, що наявність у складі деревостану ялиці і бука загалом сприяють формуванню більш високих дерев ялини.

За значенням ексцесу кривої розподілу висот дерев за ступенями висоти можна зробити висновок про те, що для чистих ялинових деревостанів характерною є вища концентрація значень навколо середнього, особливо у старшому віці, що робить криву розподілу висот дерев більш гостровершинною, а значення ексцесу сильно вираженим. Для мішаних ялиників характерні менші абсолютні значення ексцесу з від'ємним знаком, що характеризує криву розподілу висот дерев як більш пологоу.

Аналіз показників описової статистики для висот дерев ялини європейської засвідчив достовірність експериментальних даних, за якими можна робити висновки про закономірності, які існують у генеральній сукупності дерев.

Таким чином, ялинові деревостани на пробних ділянках слід вважати статистично достовірними, такими, які представляють однорідні статистичні сукупності для подальшого моделювання ходу росту.

Для моделювання динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів у вологій високогірній суsumerечині і вологій буково-ялицевій суsumerечині було застосовано регресійний аналіз, основною метою якого є пошук такого оптимального рівняння, яке найефективніше описувало би залежність між досліджуваними ознаками. Такий аналіз прийнято здійснювати у тому випадку, коли результати кореляційного аналізу підтверджують тісну залежність між досліджуваними ознаками.

Отримані результати стали основою для побудови моделей прогнозу росту ялинових деревостанів для двох домінуючих типів ялинових лісів на північно-східному макросхилі Українських Карпат, які наведені у табл. 4.5-4.6.

Таблиця 4.5

Модель прогнозування динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів вологій високогірній суsumerечині (I клас бонітету, відносна повнота 0,7)

Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Сума площ перерізів, м ² /га	Густота, шт./га	Запас деревостану, м ³ /га за відносної повноти 0,7	Видове число	Середня зміна запасу, м ³ /га за рік	Поточна зміна запасу, м ³ /га за рік
40	16,1	14,2	29,3	1858	262	0,556	6,6	–
50	18,7	17,1	32,1	1405	321	0,535	6,4	5,9
60	21,2	20,0	34,4	1098	378	0,518	6,3	5,6
70	23,5	22,9	36,3	881	430	0,504	6,1	5,2
80	25,7	25,8	37,9	722	478	0,491	6,0	4,8
90	27,7	28,8	39,2	602	521	0,480	5,8	4,4
100	29,6	31,8	40,4	510	562	0,470	5,6	4,1
110	31,4	34,7	41,4	437	600	0,462	5,5	3,7
120	33,0	37,7	42,3	379	632	0,453	5,3	3,3

**Модель прогнозування динаміки таксаційних показників ялинових
деревостанів вологої буково-ялицевої сусмеречини (I^a клас бонітету,
відносна повнота 0,7)**

Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Сума площ перерізів, м ² /га	Густота, шт./га	Запас деревостану, м ³ /га за відносною повноти 0,7	Видове число	Середня зміна запасу, м ³ /га за рік	Поточна зміна запасу, м ³ /га за рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	18,3	18,2	29,3	1122	288	0,538	7,2	-
50	21,6	22,6	32,6	815	368	0,522	7,4	8,1
60	24,7	26,6	35,1	631	441	0,509	7,4	7,3
70	27,4	30,4	37,1	512	506	0,498	7,2	6,5
80	29,7	33,8	38,7	431	562	0,489	7,0	5,7
90	31,8	37,0	40,1	374	613	0,481	6,8	4,9
100	33,4	39,8	41,2	331	651	0,473	6,5	4,1
110	34,8	42,4	42,2	300	684	0,466	6,2	3,3
120	35,8	44,6	43,1	276	710	0,460	5,9	2,5

Отримані нами результати підтверджують дані повидільної бази лісовпорядкування, що ялинові деревостани вологої буково-ялицевої сусмеречини відзначаються кращими показниками росту і продуктивності, ніж в умовах вологої високогірної сусмеречини (див. рис. дод. В.1-В.5).

Так, відмінність за таксаційними показниками у віці 100 років становить: середня висота – +3,8 м, середній діаметр – +8,0 см, запас за відносною повноти 0,7 – +89 м³·га⁻¹, видове число – +0,003, густота – -179 шт.·га⁻¹. Вищі показники продуктивності свідчать про кращі умови росту і вищий рівень використання лісорослинного потенціалу в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини. Також варто відзначити, що у вологій буково-ялицевій сусмеречині нагромадження запасів стовбурової деревини відбувається за рахунок повнодеревніших стовбурів, а у вологій високогірній сусмеречині – за рахунок кількості дерев на одиниці площі.

4.2. Порівняння отриманої моделі росту ялинових деревостанів у панівних типах лісу з результатами інших авторів

Зважаючи на зміни клімату та екологічних умов в останні десятиліття, здійснено порівняння нашої моделі прогнозування росту ялинових деревостанів для двох домінуючих типів ялинових лісів на північно-східному макросхилі Українських Карпат з наявними таблицями ходу росту ялинових деревостанів, укладеними в другій половині ХХ ст. [153, 160]. Отримані результати узагальнено у табл. 4.7 - 4.11.

Таблиця 4.7

Порівняння динаміки середньої висоти ялинових деревостанів

Волога буково-ялицева сушмеречина (С ₃ -бк-яцСм), І ^а клас бонітету								
Вік, років	Висота, м		Відхилення		Висота, м		Відхилення	
	Модель	Цурик	м	%	Модель	Ходот	м	%
40	18,3	16,7	+1,6	+8,7	18,3	19,1	-0,8	-4,4
50	21,6	20,9	+0,7	+3,2	21,6	22,7	-1,1	-5,1
60	24,7	24,5	+0,2	+0,8	24,7	25,7	-1,0	-4,0
70	27,4	27,5	-0,1	-0,4	27,4	28,2	-0,8	-2,9
80	29,7	29,9	-0,2	-0,7	29,7	30,3	-0,6	-2,0
90	31,8	31,7	+0,1	+0,3	31,8	32,0	-0,2	-0,6
100	33,4	33,1	+0,3	+0,9	33,4	33,3	+0,1	+0,3
110	34,8	34,1	+0,7	+2,0	34,8	34,3	+0,5	+1,4
120	35,8	34,7	+1,1	+3,1	35,8	35,0	+0,8	+2,2

Аналіз даних, наведених у табл. 4.7 показує, що в умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини ялинові деревостани згідно нашої моделі мають кращі показники росту за середньою висотою порівняно з таблицями ходу росту Є.І. Цурика – у віці 40 років відхилення становить +8,7 %. За даними таблиць ходу росту Г.А. Ходота, ялинові деревостани до 90 років мають дещо більшу висоту, але максимальне відхилення становить -5,1 %, а після 100 років – навпаки, вона є дещо більшою згідно нашої моделі.

Порівняння динаміки середнього діаметра ялинових деревостанів

Волога буково-ялицева сушмеречина (С ₃ -бк-яцСм), I ^a клас бонітету								
Вік, років	Діаметр, см		Відхилення		Діаметр, см		Відхилення	
	Модель	Цурик	см	%	Модель	Ходот	см	%
40	18,2	15,7	+2,5	+13,7	18,2	18,3	-0,1	-0,5
50	22,6	20	+2,6	+11,5	22,6	22,8	-0,2	-0,9
60	26,6	23,8	+2,8	+10,5	26,6	26,7	-0,1	-0,4
70	30,4	27,2	+3,2	+10,5	30,4	30,0	+0,4	+1,3
80	33,8	30,2	+3,6	+10,7	33,8	32,8	+1,0	+3,0
90	37,0	32,9	+4,1	+11,1	37,0	35,1	+1,9	+5,1
100	39,8	35,4	+4,4	+11,1	39,8	36,9	+2,9	+7,3
110	42,4	37,7	+4,7	+11,1	42,4	38,3	+4,1	+9,7
120	44,6	39,8	+4,8	+10,8	44,6	39,5	+5,1	+11,4

У динаміці середнього діаметра ялинових деревостанів зафіксовано переважання змодельованих значень над табличними даними Є.І. Цурика на 10,5-13,7 %. Порівняння з таблицями ходу росту Г.А. Ходота показує, що до 60 років середній діаметр за змодельованими значеннями є меншим на 0,4-0,9 %, а починаючи з 70-річного віку він є більшим згідно нашої моделі на 1,3-11,4 %.

Значення видового числа стовбурів ялини перевищують табличні до віку 90-100 років (на 0,8 - 8,0 %), а в старших ялинових деревостанах вони є меншими (на 0,4 - 2,8 %), що свідчить про особливий характер формоутворення стовбурів в ялинниках вологої буково-ялицевої сушмеречини (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

Порівняння динаміки видового числа ялинових деревостанів

Волога буково-ялицева сушмеречина (С ₃ -бк-яцСм), I ^a клас бонітету								
Вік, років	Видове число		Відхилення		Видове число		Відхилення	
	Модель	Цурик	0,001	%	Модель	Ходот	0,001	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0,538	0,495	+0,043	+8,0	0,538	0,504	+0,034	+6,3
50	0,522	0,485	+0,037	+7,1	0,522	0,493	+0,029	+5,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	0,509	0,481	+0,028	+5,5	0,509	0,486	+0,023	+4,5
70	0,498	0,478	+0,020	+4,0	0,498	0,482	+0,016	+3,2
80	0,489	0,476	+0,013	+2,7	0,489	0,479	+0,010	+2,0
90	0,481	0,474	+0,007	+1,5	0,481	0,477	+0,004	+0,8
100	0,473	0,472	+0,001	+0,2	0,473	0,475	-0,002	-0,4
110	0,466	0,471	-0,005	-1,1	0,466	0,474	-0,008	-1,7
120	0,460	0,470	-0,010	-2,2	0,460	0,473	-0,013	-2,8

З табл. 4.10 видно, що динаміка запасів ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат згідно нашої моделі загалом лобре узгоджується з таблицями ходу росту Г.А. Ходота, про що свідчать невеликі відхилення (до -8,4 %). Варто зазначити, що в усіх випадках змодельовані нами значення запасу є трохи меншими, ніж за таблицями Г.А. Ходота, що є закономірним явищем в умовах сучасних кліматичних змін.

За змодельованими значеннями, у віці 120 років за відносної повноти 0,7 продуктивність ялиників у вологій буково-ялицевій сушмеречині становить 710 м³/га, що лише на 1,1 % менше порівняно з таблицями Г.А. Ходота.

Таблиця 4.10

Порівняння динаміки запасів ялинових деревостанів

Волога буково-ялицева сушмеречина (С ₃ -бк-яцСм), I ^a клас бонітету								
Вік, років	Запас деревостану, м ³ /га, відносна повнота 0,7		Відхилення		Запас деревостану, м ³ /га, відносна повнота 0,7		Відхилення	
	Модель	Цурик	м ³	%	Модель	Ходот	м ³	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	288	221	+67	+23,3	288	302	-15	-5,2
50	368	323	+46	+12,5	368	398	-30	-8,2
60	441	419	+22	+5,0	441	478	-37	-8,4
70	506	502	+4	+0,8	506	545	-39	-7,7
80	563	568	-5	-0,9	563	599	-36	-6,4
90	612	620	-8	-1,3	612	641	-29	-4,7
100	652	658	-6	-0,9	652	675	-23	-3,4
110	685	685	0	0	685	700	-15	-2,2
120	710	699	+11	+1,5	710	718	-8	-1,1

Порівняння густоти ялинових деревостанів вказує на меншу кількість дерев на пробних ділянках, порівняно з таблицями ходу росту Є.І. Цурика та Г.А. Ходота – максимальне відхилення сягає -29,7 % у віці 80-90 років, що може вказувати на високу інтенсивність проведення лісгосподарських заходів у ялинових лісах на північно-східному макросхилі Українських Карпат.

Таблиця 4.11

Порівняння динаміки густоти ялинових деревостанів

Волога буково-ялицева сушмеречина (С ₃ -бк-яцСм), I ^a клас бонітету								
Вік, років	Густота, шт./га		Відхилення		Густота, шт./га		Відхилення	
	Модель	Цурик	шт/га	%	Модель	Ходот	шт/га	%
40	1122	1378	-255	-22,7	1122	1194	-72	-6,4
50	815	1014	-199	-24,4	815	870	-55	-6,7
60	631	799	-168	-26,6	631	683	-52	-8,2
70	512	658	-146	-28,5	512	566	-53	-10,4
80	431	559	-128	-29,7	431	488	-57	-13,2
90	374	485	-111	-29,7	374	435	-61	-16,6
100	331	428	-96	-29,0	331	399	-68	-20,5
110	300	382	-82	-27,3	300	374	-74	-24,7
120	276	344	-68	-24,6	276	354	-78	-28,3

Нами також було здійснено аналіз щодо порівняння змодельованих значень таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат з даними таблиць ходу росту вище згаданих авторів в іншому панівному типі лісу – вологій високогірній сушмеречині (табл. 4.12 - 4.16).

Зокрема, порівняння середньої висоти свідчить про добру узгодженість між змодельованими значеннями і даними за таблицями ходу росту Є.І. Цурика та Г.А. Ходота – максимальне відхилення не перевищує +7,9 % у віці 40 років. Зі збільшенням віку ялинових деревостанів відхилення між значеннями висот зменшуються і досягають мінімуму у віці 80-90 років (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

Порівняння динаміки середньої висоти ялинових деревостанів

Волога високогірна сушмеречина (С ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Висота, м		Відхилення		Висота, м		Відхилення	
	Модель	Цурик	м	%	Модель	Ходот	м	%
40	15,1	13,9	+1,2	+7,9	15,1	15,9	-0,8	-5,3
50	18,2	17,7	+0,5	+2,7	18,2	19,1	-0,9	-4,9
60	21,1	21,0	+0,1	+0,5	21,1	21,8	-0,7	-3,3
70	23,6	23,8	-0,2	-0,8	23,6	24,1	-0,5	-2,1
80	25,9	26,1	-0,2	-0,8	25,9	26,0	-0,1	-0,4
90	27,9	27,9	0	0	27,9	27,6	+0,3	+1,1
100	29,7	29,2	+0,5	+1,7	29,7	28,9	+0,8	+2,7
110	31,1	30,2	+0,9	+2,9	31,1	29,9	+1,2	+3,9
120	32,3	30,7	+1,6	+5,0	32,3	30,6	+1,7	+5,3

Таблиця 4.13

Порівняння динаміки середнього діаметра ялинових деревостанів

Волога високогірна сушмеречина (С ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Діаметр, см		Відхилення		Діаметр, см		Відхилення	
	Модель	Цурик	см	%	Модель	Ходот	см	%
40	13,0	13,7	-0,7	-5,4	13,0	15,0	-2,0	-15,4
50	17,4	17,7	-0,3	-1,7	17,4	18,9	-1,5	-8,6
60	21,3	21,2	+0,1	+0,5	21,3	22,4	-1,1	-5,2
70	24,7	24,4	+0,3	+1,2	24,7	25,5	-0,8	-3,2
80	27,5	27,2	+0,3	+1,1	27,5	28,2	-0,7	-2,5
90	29,8	29,7	+0,1	+0,3	29,8	30,5	-0,7	-2,3
100	31,6	32,0	-0,4	-1,3	31,6	32,5	-0,9	-2,8
110	32,9	34,1	-1,2	-3,6	32,9	34,2	-1,3	-4,0
120	33,7	36,1	-2,4	-7,1	33,7	35,6	-1,9	-5,6

Змодельовані значення росту ялинових деревостанів вологої високогірної сушмеречини за середнім діаметром в цілому подібні до наведених у таблицях ходу росту Є.І. Цурика, максимальні відхилення не перевищують 7,1 % у віці 120 років. Порівняно з таблицями Г.А. Ходота, відхилення за змодельованими

значеннями по середньому діаметру дещо більше – -15,4 % у віці 40 років (табл. 4.13).

За розробленою нами моделлю, значення видового числа стовбурів ялини європейської в умовах вологої високогірної сушмеречини до 60-70 років перевищують відповідні табличні значення на 0,6-6,3 %, а після цього віку, навпаки, є меншими – на 1,2-11,2 % (табл. 4.14).

Таблиця 4.14

Порівняння динаміки видового числа ялинових деревостанів

Волога високогірна сушмеречина (С ₃ -С _м), І клас бонітету								
Вік, років	Видове число		Відхилення		Видове число		Відхилення	
	Модель	Цурик	0,001	%	Модель	Ходот	0,001	%
40	0,541	0,507	+0,034	+6,3	0,541	0,517	+0,024	+4,4
50	0,518	0,492	+0,026	+5,0	0,518	0,504	+0,014	+2,7
60	0,500	0,485	+0,015	+3,0	0,500	0,496	+0,004	+0,8
70	0,484	0,481	+0,003	+0,6	0,484	0,490	-0,006	-1,2
80	0,471	0,479	-0,008	-1,7	0,471	0,486	-0,015	-3,2
90	0,459	0,477	-0,018	-3,9	0,459	0,483	-0,024	-5,2
100	0,448	0,476	-0,028	-6,3	0,448	0,481	-0,033	-7,4
110	0,439	0,475	-0,036	-8,2	0,439	0,479	-0,040	-9,1
120	0,430	0,474	-0,044	-10,2	0,430	0,478	-0,048	-11,2

За змодельованими значеннями ялинові деревостани вологої високогірної сушмеречини мають менший запас порівняно з таблицями ходу росту Г.А. Ходота – відхилення становлять -10,6-14,4 % (табл. 4.15). Зі зростанням віку ялинових деревостанів це відхилення дещо зменшується.

Порівняно з таблицями ходу росту Є.І. Цурика за розробленою нами моделлю спостережено перевищення запасу ялинових деревостанів у віці 40-60 років на 0,3-17,5 %, а в деревостанах старшого віку, навпаки, зафіксовано нижчі запаси – на 5,0-9,5 %.

Таблиця 4.15

Порівняння динаміки запасів ялинових деревостанів

Волога високогірна сушмеречина (С ₃ -С _м), І клас бонітету								
Вік, років	Запас деревостану, м ³ /га, відносна повнота 0,7		Відхилення		Запас деревостану, м ³ /га, відносна повнота 0,7		Відхилення	
	Модель	Цурик	м ³	%	Модель	Ходот	м ³	%
40	194	160	+34	+17,5	194	222	-28	-14,4
50	264	243	+21	+8,0	264	302	-38	-14,4
60	326	325	+1	+0,3	326	373	-47	-14,4
70	381	400	-19	-5,0	381	434	-53	-13,9
80	429	464	-35	-8,2	429	485	-56	-13,1
90	470	514	-44	-9,4	470	528	-58	-12,3
100	503	551	-48	-9,5	503	562	-59	-11,7
110	530	576	-46	-8,7	530	588	-58	-10,9
120	549	590	-41	-7,5	549	607	-58	-10,6

За змодельованими значеннями густоти ялинові деревостани північно-східного макросхилу Українських Карпат дещо відрізняються від значень густоти, наведених у таблицях ходу росту Є.І. Цурика і Г.А. Ходота. Найбільші відхилення спостережено у насадженнях 40-річного віку – +14,1 та +15,1 %. Найменші відхилення між змодельованими і табличними значеннями спостерігаються у насадженнях 60-100-річного віку, а в ялинових деревостанах 120-річного віку ці відхилення дещо зростають – до +6,1 та +10,8 % (див. табл. 4.16).

Таблиця 4.16

Порівняння динаміки густоти ялинових деревостанів

Волога високогірна сушмеречина (С ₃ -С _м), І клас бонітету								
Вік, років	Густота, шт./га		Відхилення		Густота, шт./га		Відхилення	
	Модель	Цурик	шт./га	%	Модель	Ходот	шт./га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	1797	1544	+253	+14,1	1797	1526	+271	+15,1
50	1175	1135	+40	+3,4	1175	1122	+53	+4,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	870	904	-34	-3,9	870	878	-8	-0,9
70	697	740	-43	-6,2	697	721	-24	-3,4
80	592	638	-46	-7,8	592	616	-24	-4,1
90	524	557	-33	-6,3	524	542	-18	-3,4
100	482	493	-11	-2,3	482	488	-6	-1,2
110	456	440	+16	+3,5	456	447	+9	+2,0
120	444	396	+48	+10,8	444	417	+27	+6,1

Висновки до розділу 4

1. Аналіз показників розподілу кількості дерев ялини європейської за ступенями товщини виявив характерні правосторонню асиметрію і туповершинність кривих розподілу. Це свідчить про зосередження більшої кількості дерев ялини у менших ступенях товщини і меншої кількості – у більших.

2. Виявлено, що середньоквадратичне відхилення і коефіцієнти варіації для висот дерев є меншими порівняно із відповідними значеннями, встановленими для діаметрів дерев, що свідчить про менший розмах варіації і мінливість висот дерев у ялинових лісах. Для ялинових насаджень вологої високогірної сушмеречини коефіцієнт варіації змінюється у межах від 8,8 % до 23,4 % і в середньому становить 15,7 %, а для вологої буково-ялицевої сушмеречини – від 7,8 % до 21,8 % при середньому значенні 14,8 %.

3. Встановлено, що серед двох домінуючих типів ялинових лісів північно-східного макросхилу Українських Карпат (С₃-бк-яцСм та С₃-См) кращий ріст за основними таксаційними показниками мають ялинники в умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини.

4. Порівняння таксаційних показників ялинових деревостанів за змодельованими значеннями зі значеннями таблиць ходу росту Є.І. Цурика та Г.А. Ходота показує загалом невеликі відхилення. В умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини максимальне відхилення за показниками середньої висоти

становить 8,7%, середнього діаметра – 13,7%, видового числа – 8,0%.

5. В умовах вології високогірної сушмеречини найбільше відхилення середньої висоти за розробленою моделлю спостережено також у віці 40 років – + 7,9% порівняно з таблицями ходу росту ялинових деревостанів Є.І. Цурика. У цьому ж віці максимальне відхилення середнього діаметра сягає 15,4%, видового числа – 11,2%, запасу деревостану – 17,5%, а густоти деревостану – 15,1%.

Основні результати цього розділу опубліковано у праці [76] Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2023). Динаміка таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 98-112. <https://doi.org/10.15421/412307>. (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті).

РОЗДІЛ 5

САНІТАРНИЙ СТАН І РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ ЯЛИНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ НА ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ МАКРОСХИЛІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

5.1. Аналіз санітарного стану ялинових деревостанів

В останні десятиліття спостерігається погіршення санітарного стану ялинових деревостанів в Українських Карпатах. Вважається, що основним чинником цього явища є кліматичні зміни. Причини погіршення стану і зменшення площі ялинових лісів детально описані в першому розділі. Аналіз змін клімату в регіоні досліджень за літературними даними наведено в пункті 1.3. Ми також проаналізували зміни кліматичних показників в регіоні досліджень за даними метеостанцій Пожежевська, Селятин, Славське, Турка і Яремче.

Загалом спостерігається тренд до зростання середньорічної температури повітря на всіх метеостанціях, що розташовані на північно-східному макросхилі Українських Карпат (рис. 5.1).

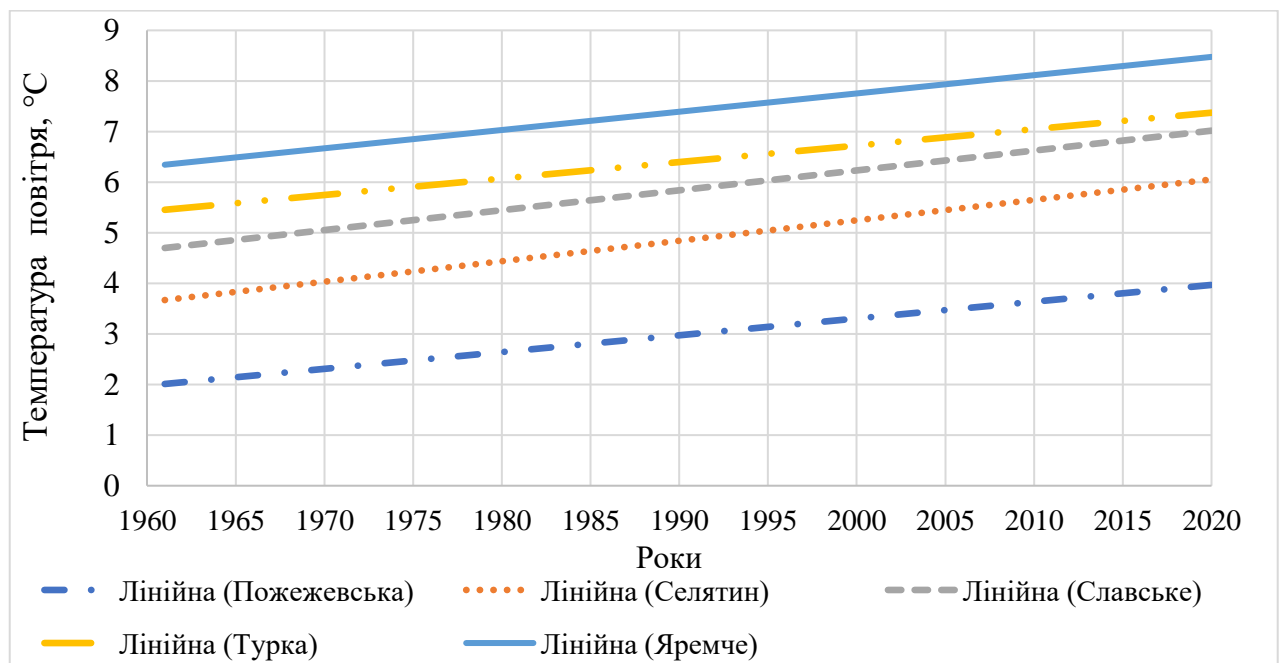


Рис. 5.1. Динаміка середньорічної температури повітря за даними метеостанцій

З рис. 5.1 видно, що середньорічна температура повітря з 1961 до 2020 років зросла в середньому на 2 °С. Така ж тенденція спостерігалася для середньорічних температур найхолоднішого місяця року – січня (рис. 5.2) та найтеплішого місяця – липня (рис. 5.3).

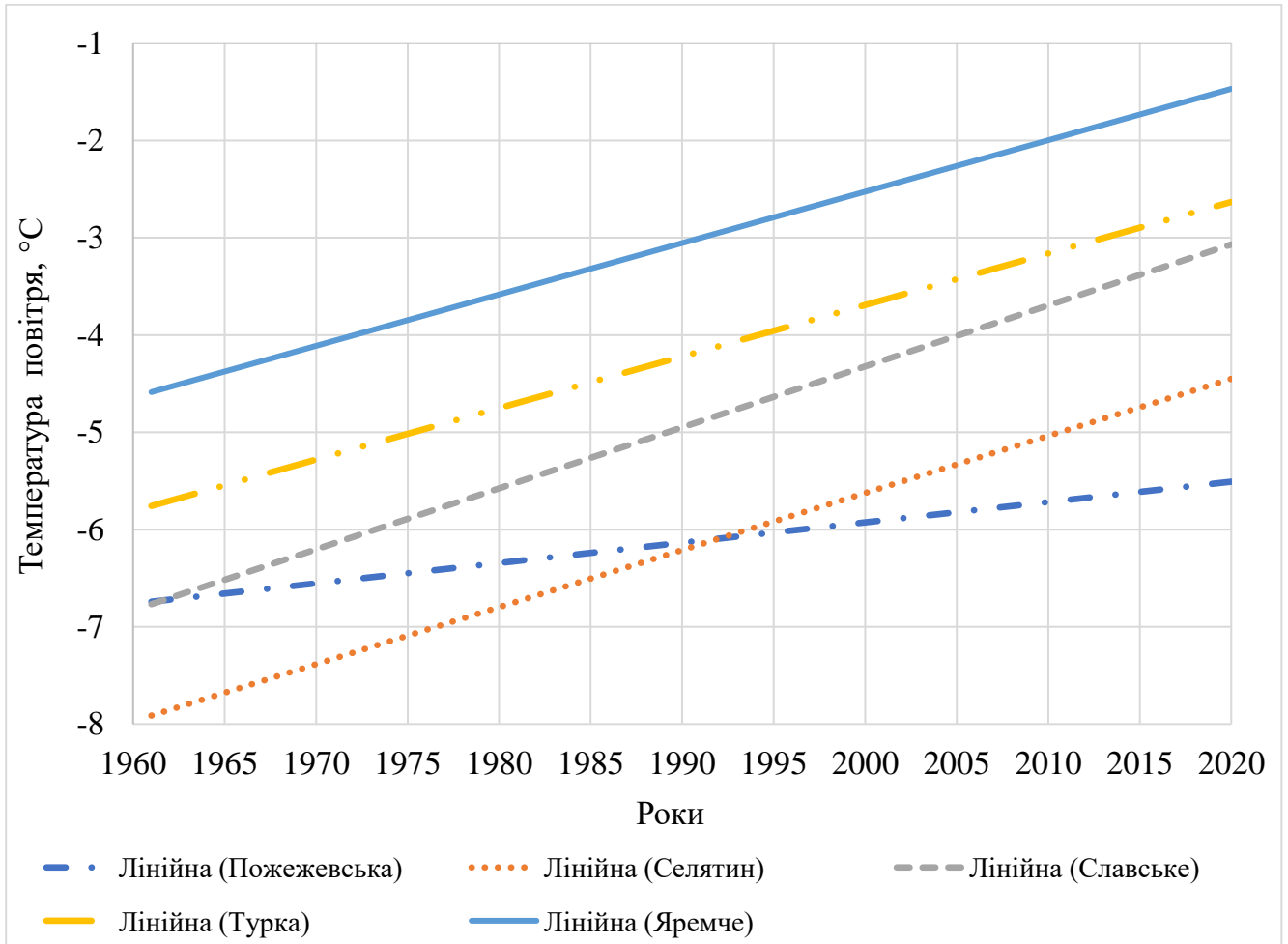


Рис. 5.2. Динаміка середньомісячної температури повітря у січні за даними метеостанцій

Аналіз рис. 5.2. показує, що середньомісячна температура у січні зросла ще більше, ніж середньорічна температура повітря – на більшості метеостанцій на 3,1-3,4 °С. Найменше підвищення середньомісячної температури у січні з 1961 року зафіксовано на найвище розташованій в Україні метеостанції Пожежевська (1451 м н. р. м.) – на 1,3 °С.

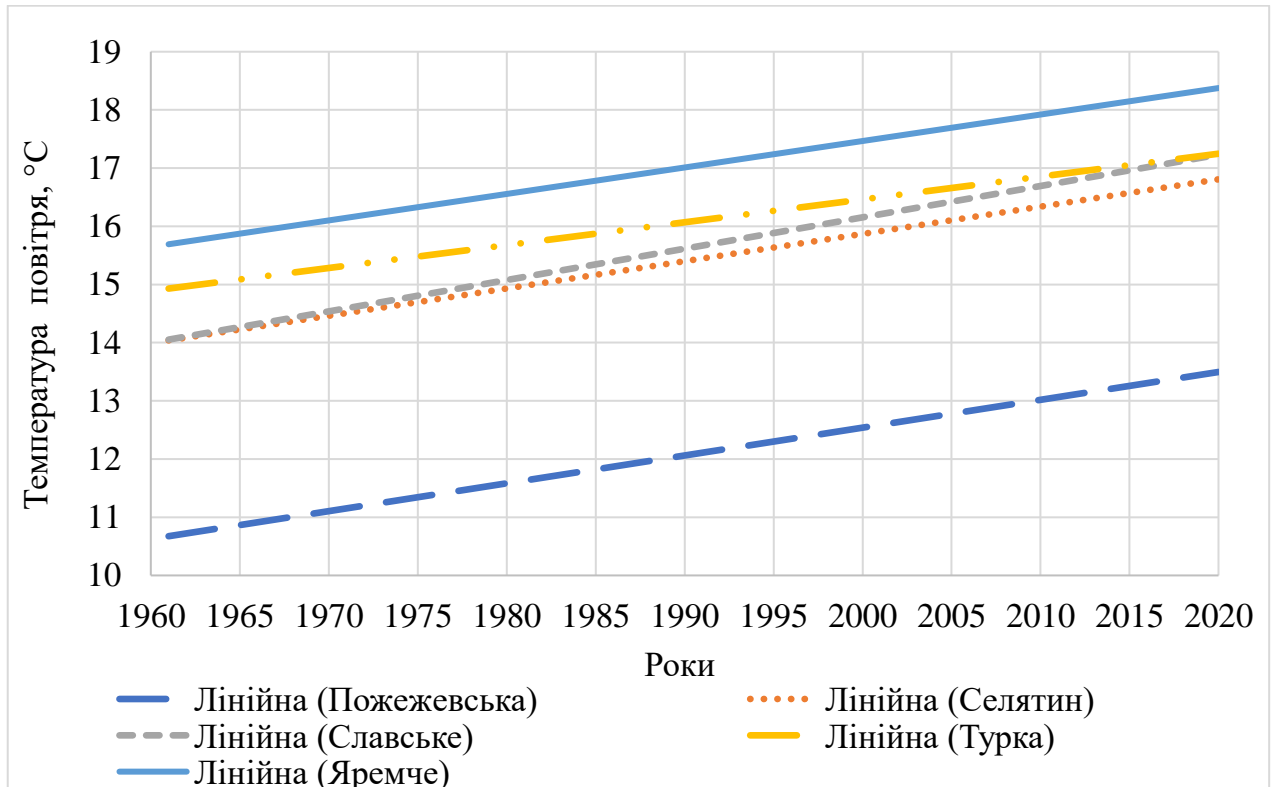


Рис. 5.3. Динаміка середньомісячної температури повітря у липні за даними метеостанцій

Нами було також зібрано та проаналізовано дані про динаміку загибелі ялинових лісів на північно-східному макросхилі Українських Карпат за 1988-2018 роки (за інформацією колишніх обласних управлінь лісового та мисливського господарства, табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Динаміка площі всихання ялинових деревостанів у регіоні досліджень за причинами, га

Роки, області	Причини всихання (загибелі)				
	Пожежі	Стихійні явища (вітровали, сніголоми, посуха, паводки та інші)	Шкід- ники	Хвороби	Техногенні фактори (забруднення повітря та інше)
1	2	3	4	5	6
1988					
Львівська		256,0	222,0	7311,0	
Івано-Франківська		6770,0	0	6796,0	

Продовж. табл. 5.1

1	2	3	4	5	6
Чернівецька		0	0	72,6	
Разом	0	7074,4	375,6	7155,1	0
1993					
Львівська		313,0	323,0	7625,4	
Івано-Франківська		3310,0	0	6820,0	
Чернівецька		0	0	317,4	
Разом	0	3780,8	484,5	15096,6	0
1998					
Львівська		272,0	148,0	4009,0	
Івано-Франківська		1956,0	0	8160,0	
Чернівецька		0	0	1735,2	
Разом	0	2697,7	790,9	14413,8	0
2003					
Львівська		646,0	4787,0	16307,0	
Івано-Франківська		282,0	0	6221,0	
Чернівецька		419,0	0	1088,7	
Разом	0	1491,7	5382,9	24408,6	0
2008					
Львівська		14,0	2734,0	10226,6	
Івано-Франківська		1775,0	0	4698,0	
Чернівецька		101,0	2,0	80,9	50,0
Разом	0	2385,4	3160,3	15513,6	50,0
2013					
Львівська		4,0	2605,0	10943,5	
Івано-Франківська		3160,0	0	8157,0	
Чернівецька		360,0	0	325,0	141,0
Разом	0	5220,9	3913,7	20713,1	141,0
2018					
Львівська		3,0	2111,0	8056,5	
Івано-Франківська		2790,0	0	2712,0	
Чернівецька		1528,3	0	2403,1	
Разом	0	5911,3	3392,8	14735,4	0
Всього за 5 аналізованих років	0	21487,8	17125,1	104881,1	191,0

Аналіз табл. 5.1 показує, що у 2000-х роках зафіксовано збільшення площі загиблих ялинових деревостанів. Якщо в 1988-1998 роках площа всохлих ялинових лісів становила від 14605,1 до 19361,9 га, то в 2003-2018 роках – від 21059,3 до 31283,2 га. Основною причиною всихання ялинових деревостанів були хвороби дерев ялини європейської. Так, за сім аналізованих років від хвороб загинуло 104881,1 га деревостанів ялини європейської, що становить 73,0 % від загальної площі всохлих ялинових лісів. Друге місце за причиною загибелі займали стихійні явища (вітровали, буреломи, сніголоми, паводки та інші) – 21487,8 га і третє місце – шкідники ялини (17125,1 га). Лісових пожеж в ялинових лісах впродовж аналізованих років не було. У середньому за рік площа загиблих ялинових деревостанів у регіоні досліджень становила 28737 га.

Загалом на санітарний стан ялинників впливають абіотичні (едафічні, кліматичні), антропогенні та біотичні фактори [58]. Однак масове всихання ялинових деревостанів буде проявлятися у випадку взаємодії на значних площах трьох груп компонентів [57]: 1) абіотичних та антропогенних факторів, дія яких призводить до ослаблення деревостанів та сприяє розвитку і поширенню збудників хвороб і комах-фітофагів; 2) наявності значної кількості агресивних збудників хвороб та комах-фітофагів; 3) наявності на значних площах ялинників штучного походження, вік та структура яких робить їх уразливими до негативного впливу абіотичних та антропогенних факторів і сприяє масовому розвитку збудників хвороб та комах-фітофагів.

Культивування ялинових насаджень на нижніх та середніх висотних рівнях гір (у поясах дубових та ялицево-букових лісостанів) сприяє інтенсивному росту ялини та водночас створює умови для поширення збудників кореневих гнилей, зокрема кореневої губки дрібнопористої (*Heterobasidion parviporum*) та опенька осіннього (*Armillaria mellea*). Ці патогени часто траплялися у переважній більшості обстежених деревостанів ялини та призводили до суттєвого погіршення стану середньовікових і стиглих насаджень ялини.

Серед збудників стовбурових гнилей ялини найбільше поширений та має суттєве значення трутовик облямований *Fomitopsis pinicola*, який спричиняє

буру деструктивну ядрово-заболонну гниль деревини та дуже швидко призводить до втрати технічної якості всихаючих та сухостійних дерев [157].

Суттєвого впливу збудників хвороб хвої на стан ялиників нами не виявлено. Інколи спостерігали низинне шютте ялини *Lophodermium piceae*, яке призводить до пошкодження хвої у густих молодняках та до зменшення приросту молодих дерев. Шютте ялини гірське (збудник *Lirula macrospora* та відмирання хвої, спричинене *Rhizosphaera kalkhoffii* траплялися доволі рідко в ослаблених густих молодняках ялини. У ялинових деревостанах старшого віку суттєвого впливу на стан дерев від розвитку хвороб хвої типу шютте не виявлено.

Серед комах-камбіофагів найсуттєвіше значення має короїд-типограф *Ips typographus* L. В осередках кореневої губки короїд-типограф є чинником, який різко прискорює відмирання дерев ялини, оскільки ураження коренів зменшує тургор та виділення смоли, яка є природним запобіжником щодо заселення дерева комахами-камбіофагами. Зараження ялини кореневою губкою на перших етапах не має явних зовнішніх симптомів, гниль в дереві може розвиватися приховано тривалий час [215]. Короїд-типограф заселяє сильно ослаблені та всихаючі дерева ялини в осередках кореневої губки, реагуючи навіть на незначне ослаблення дерев. Після завершення розвитку молоді жуки атакують розташовані поруч дерева (у тому числі здорові) та успішно їх заселяють [225].

Розрідження деревостанів внаслідок відмирання дерев ялини, формування прогалин та куртин сприяє кращому нагріванню дерев, підвищенню температури повітря в насадженні. Це створює умови для кращого розвитку короїда-типографа. Дуже швидко короїд-типограф заселяє свіжі узлісся на південних схилах гір, оскільки вищі температури кори полегшують короїдам виявлення придатних для заселення дерев [216].

Наявність добре освітлених сонцем дерев, а також порубкових решток у місцях проведення вибіркових рубок сприяє масовому поширенню камбіофагів, які розвиваються в районах тонкої кори: поліграфа пухнастого *Polygraphus poligraphus*, короїда-двійника *Ips duplicatus*, короїда-гравера *Pityogenes chalcographus* [58, 156].

Отже, біотичні чинники є істотним фактором, який прискорює процеси всихання ялиників. Спільний вплив кореневих гнилей та комах камбіофагів набуває кумулятивного ефекту та різко погіршує стан насаджень [57].

Для вивчення санітарного стану ялинових лісів на північно-східному макросхилі Українських Карпат нами було закладено 41 пробну площу на території Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей (див. п. 2.3). Пробні площі було закладено на висотах від 635 до 1225 м н. р. м. у двох переважаючих типах лісу – у вологій високогірній сушмеречині та у вологій буково-ялицевій сушмеречині. Вік досліджених ялинових деревостанів становив від 31 до 157 років, вони були середньо- та високоповнотними. Розподіл дерев за категоріями санітарного стану здійснювали згідно додатка 3 постанови Кабінету Міністрів України "Про затвердження санітарних правил в лісах України" [134]. Дані переліку дерев за ступенями товщини та категоріями санітарного стану на всіх пробних площах наведено в додатку А.

Результати досліджень показали, що індекс санітарного стану ялинових деревостанів на пробних площах коливався від 1,12 до 3,86. Цей показник залежить від низки факторів: вчасності проведення рубок формування і оздоровлення лісів, віку і повноти деревостану, класу бонітету, висоти над рівнем моря та інших чинників.

Індекс санітарного стану ялинових деревостанів в Українських Карпатах залежить від висоти лісових ділянок над рівнем моря (рис. 5.4). Так, у лісостанах до висоти 700 м н. р. м. спостерігається тенденція до збільшення індексу санітарного стану із збільшенням діаметра дерева та віку насадження. Така закономірність вказує на патологію даних лісостанів, а саме зі збільшенням віку та діаметра дерев існує більший ризик захворювання дерев ялини. Для лісостанів, що зростають вище 700 м н. р. м. тенденція зворотна, більший відпад спостерігається у тонших ступенях товщини, що вказує на вплив конкуренції між деревами ялини європейської в процесі природного відбору.

Індекс санітарного стану деревостану залежить також від віку ялинового насадження. Зі зростанням його віку збільшується індекс санітарного стану,

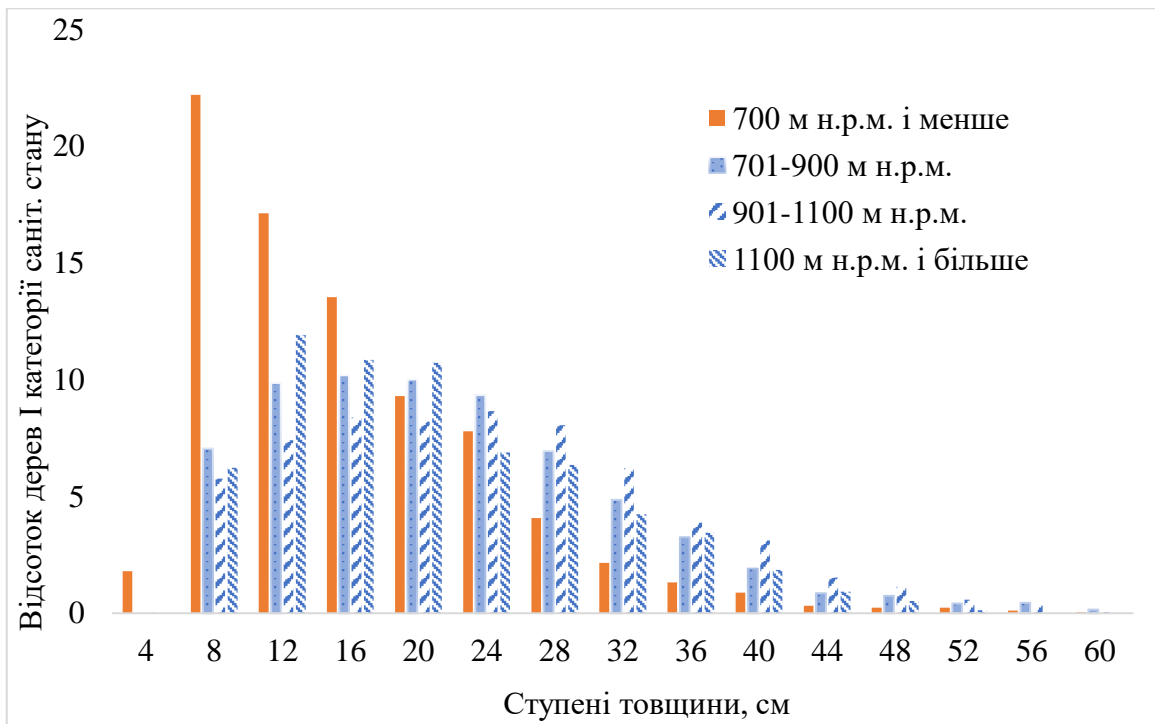


Рис. 5.4. Залежність частки здорових дерев від ступенів товщини у розрізі висоти над рівнем моря

Для всіх аналізованих живих дерев спостерігається тенденція до зниження категорії санітарного стану і найбільшого ослаблення дерев ялини у центральних ступенях товщини (рис. 5.5).

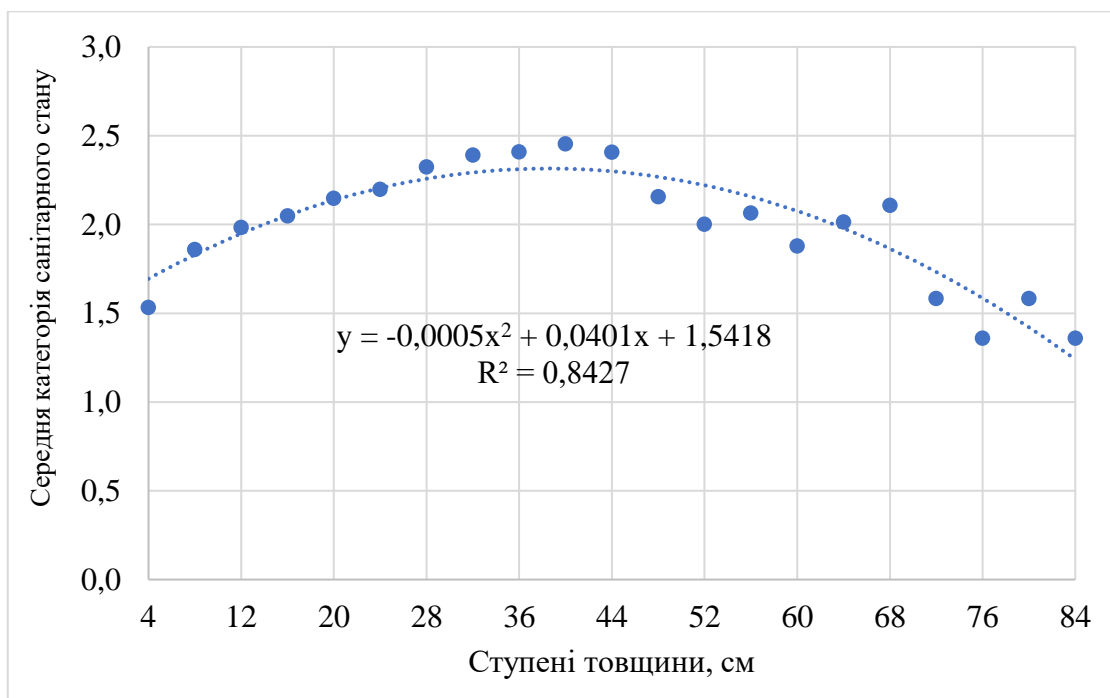


Рис. 5.5. Середня категорія санітарного стану дерев ялини європейської залежно від їхнього діаметру на висоті 1,3 м

Збільшення індексу санітарного стану залежить також від віку насадження. У деревостанах, розташованих на висоті над рівнем моря до 900 м із віком збільшується індекс санітарного стану, тобто відбувається відмирання тонких, середніх й грубих дерев із різною інтенсивністю. Для ялинових насаджень, які зростають вище 900 до 1100 м н.р.м із збільшенням віку індекс санітарного стану зменшується, що вказує на біологічну стійкість даних деревостанів. Для лісостанів, що зростають вище 1100 м н. р. м із віком збільшується індекс санітарного стану. Це пояснюється тим, що на даних висотах часто відсутні рубки формування і оздоровлення лісів, а більша кількість сухостійних дерев займає тонкі ступені товщини, що вказує на природний відпад.

Аналіз експериментального матеріалу показав, що індекс санітарного стану дерев ялини європейської в регіоні досліджень залежить від запасу деревостану (див. рис. 5.6).

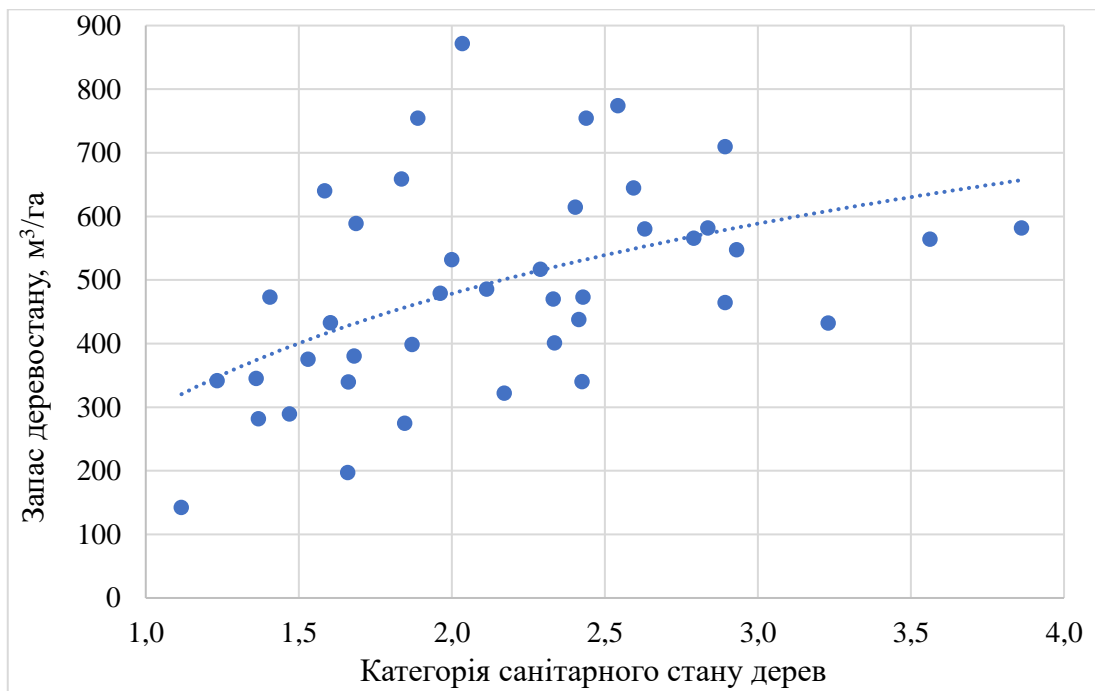


Рис. 5.6. Залежність категорії санітарного стану дерев ялини від запасу деревостану

З рис. 5.6 видно, що із збільшенням запасу деревостану погіршується індекс санітарного стану дерев ялини європейської, але тут існує лише слабка тіснота зв'язку. Цю залежність потрібно враховувати під час планування

лісогосподарських заходів, щоб не було перегущених ялинових деревостанів.

Санітарний стан ялинових деревостанів також погіршується зі збільшенням їхнього віку, але тут тіснота зв'язку є ще меншою (рис. 5.7).

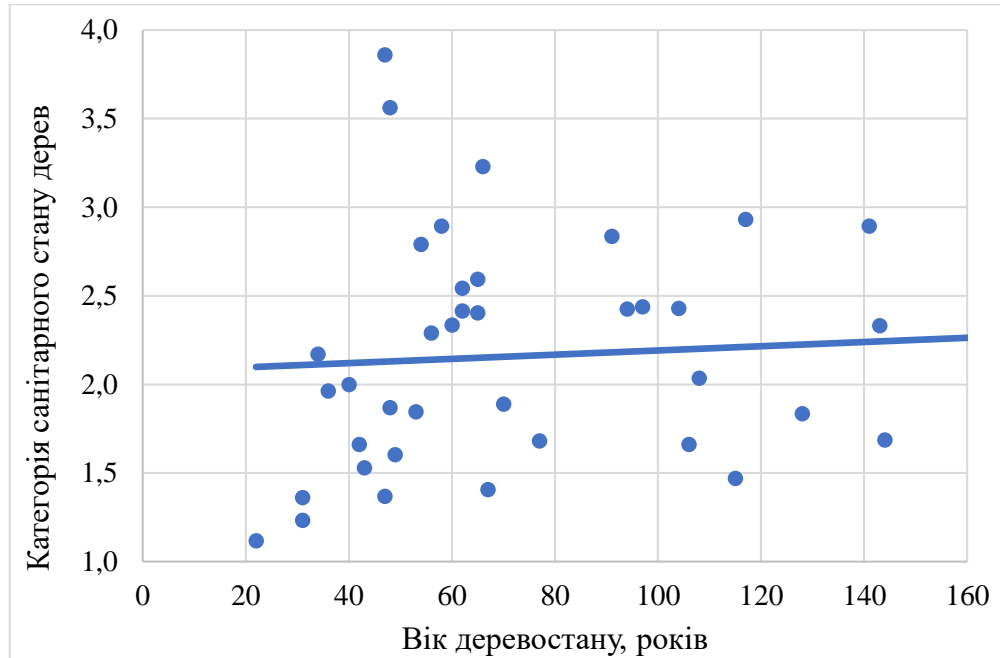


Рис. 5.7. Залежність категорії санітарного стану дерев ялини від віку деревостану

Для покращення санітарного стану ялинових деревостанів та підвищення їхньої біологічної стійкості необхідно вчасно і правильно проводити лісівничі заходи. У першу чергу це стосується санітарно-оздоровчих заходів. Затримка з проведенням санітарних рубок призводить до швидкого поширення шкідників і загибелі ялинових лісів на значних площах (рис. 5.8).

У даний час на в Українських Карпатах наявні значні площі ялинових насаджень, пошкоджених внаслідок стихійних явищ, а саме вітровалів та буреломів лісу, з яких розроблялося у мирний час лише до 10% від загального обсягу. На сьогодні ця ситуація значно ускладнилась у зв'язку з веденням війни з російським агресором, неможливістю вчасно та ефективно реагувати на стихійні природні явища, поширенням шкідників, хвороб тощо. Запізнення з проведенням санітарно-оздоровчих заходів у ялинових лісах призводить до значних економічних збитків внаслідок різкої втрати товарності заготовленої

деревини. В результаті цього відбувається зниження надходжень від рентної плати за заготівлю деревини.



Рис. 5.8. Загіблий ялиновий деревостан у Людвиківському лісництві

Нами підготовлено проєкт Закону про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо ефективного управління лісами на основі ведення лісового господарства на принципах наближеного до природи лісівництва, адаптованого до кліматичних змін та збереження біорізноманіття у лісах.

У Законі України "Про оцінку впливу на довкілля" перелік планованої діяльності стосовно лісів є необґрунтовано ширшим, порівняно з вимогами європейських конвенцій і директив. Згідно з цим Законом (стаття 3, частина 2, пункт 21) оцінці впливу на довкілля (ОВД) на протипагу європейському законодавству підлягають, зокрема, всі суцільні та поступові рубки головного

користування та суцільні санітарні рубки на площі понад один гектар. Чинна редакція Закону "Про оцінку впливу на довкілля" не сприяє своєчасному проведенню господарських заходів у лісах, ушкоджених пожежами, хворобами, шкідниками тощо. Методичні рекомендації щодо складання звітів з ОВД, розроблені Міндовкіллям, також потребують перегляду у зв'язку з їхнім надмірним переобтяженням зайвою інформацією, яку не потрібно враховувати для ОВД. Реалізація проєктів щодо оцінки впливу на довкілля (яку попередньо необхідно здійснити) є довготривалою – шість місяців і більше. Це призводить до активізації процесів ослаблення та всихання лісів, погіршення виконання ними різноманітних еколого-захисних функцій, а також негативно впливає на їхнє біологічне різноманіття та зумовлює значні економічні збитки, пов'язані з погіршенням якості заготовленої деревини.

Необхідно удосконалити нормативно-правову базу стосовно порядку та принципів діяльності спеціалізованих державних лісозахисних підприємств. Санітарні рубки повинні бути орієнтовані на оперативне вилучення свіжозаражених дерев, а не відмерлих сухостійних дерев і на боротьбу з конкретними шкідниками. Вилучення мертвої деревини з лісу повинно бути обмежене в неексплуатаційних категоріях лісів, як і проведення санітарних рубок в лісах природно-заповідного фонду [134].

5.2. Радіальний приріст дерев ялини європейської

Результати досліджень показали, що радіальні прирости дерев ялини європейської на північно-східному макросхилі Українських Карпат характеризуються значним розмахом, що свідчить про вплив різних чинників на приріст дерев за діаметром. Це підтверджує і коефіцієнт варіації, який варіює від 22,6 до 97,3 % (див. дод. Б). Тільки окремі зразки мають середню варіацію, тоді як переважна більшість значну. Такі високі варіації для наших умов є загальновідомі [124, 220], тому для подальшого аналізу та зменшення пікових радіальних приростів прийнято використовувати не радіальні прирости в абсолютних одиницях, а індекси приросту, які розраховують за формулою:

$$TRWi = \frac{Inc_j^i}{StD_j}, \quad (5.1)$$

де $TRWi$ – індекс радіального приросту (Tree Ring Width index),

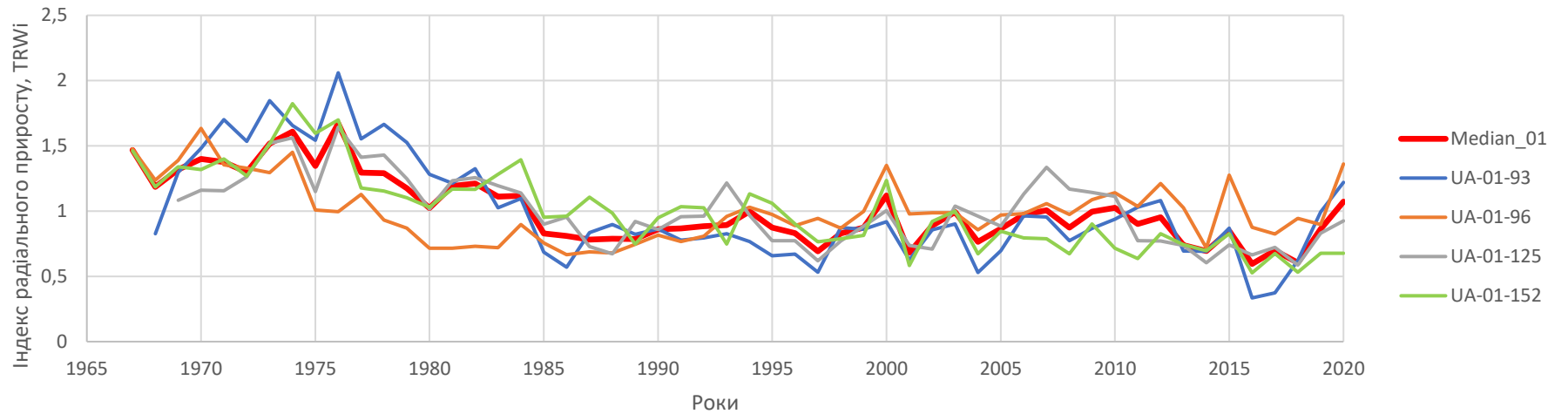
Inc_j^i – радіальний приріст в абсолютних одиницях j -го зразка за i рік;

StD_j – стандартне відхилення радіальних приростів для j -го зразка.

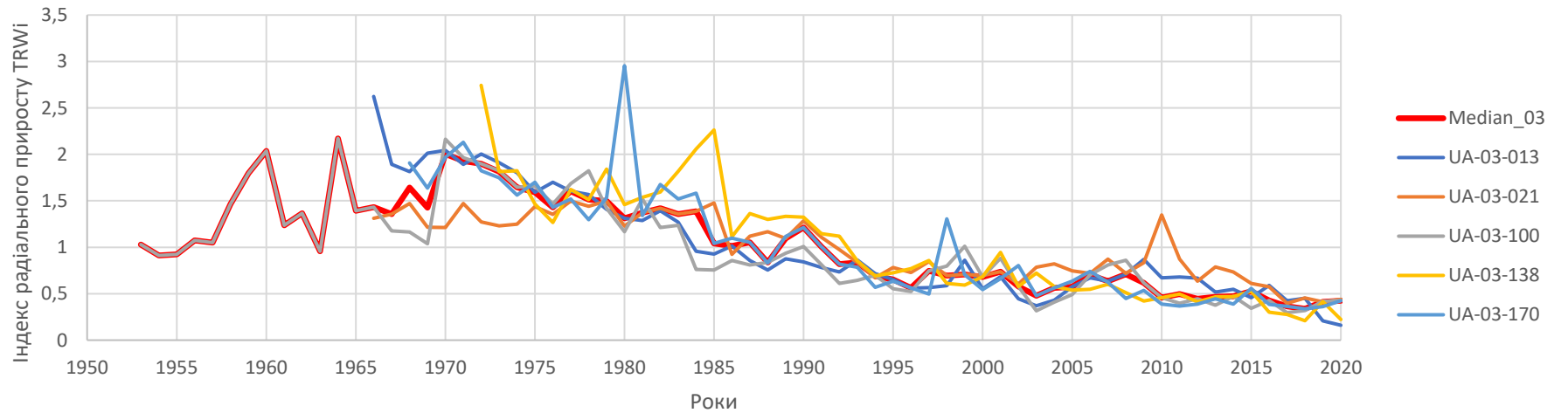
Використання індексу радіального приросту дозволяє наглядніше зобразити радіальні прирости дерев ялини європейської та проаналізувати закономірності. Як приклад, на рис. 5.9 зображено індекси радіальних приростів $TRWi$ для пробних площ № 1 та № 3.

Коефіцієнт варіації радіальних приростів 4-ох зразків кернів варіює від 23,1 до 38,3 %, тоді як для 5-ти зразків на пробній площі № 3 від 36,1 до 62,0 %, тобто варіація радіальних приростів на пробній площі № 3 є вищою. Це виникає через те, що радіальний приріст на окремих зразках кернів у 1980 та 1985 роках значно відрізняються від радіальних приростів інших зразків (рис. 5.10б). Радіальні прирости на пробній площі № 1 більш синхронізовані, проте в окремі вікові періоди можна помітити певні зміщення у максимальних та мінімальних приростах (наприклад, радіальний приріст за зразком UA-01-096 має пік приросту у 1977 році, тоді як всі інші 4 зразки – у 1976 році (рис. 5.9а). Подібні зміщення були зафіксовані і для зразків на інших пробних площах. Аналіз літературних джерел показав, що це є типовою ситуацією в дендрохронології [212, 220, 227]. Це виникає через те, що на керні можуть бути псевдокільця, може бути механічна помилка під час датування (вимірювання радіальних приростів) тощо. Тому загальною практикою є синхронізація (крос-датування, англ. cross-dating) радіальних приростів із даними, опублікованими іншими авторами. Для цього використовують усереднені дані, які отримали інші автори у минулому і які перевірені і верифіковані іншими вченими. Оскільки ми не маємо таких даних, синхронізацію проводили шляхом порівняння радіальних приростів на всіх кернах з однієї пробної площі і аналізували відхилення між цими зразками.

Додатково для таких цілей використовують контрольні роки, які характеризують значні відхилення у кліматичних умовах в окремі роки і,



а

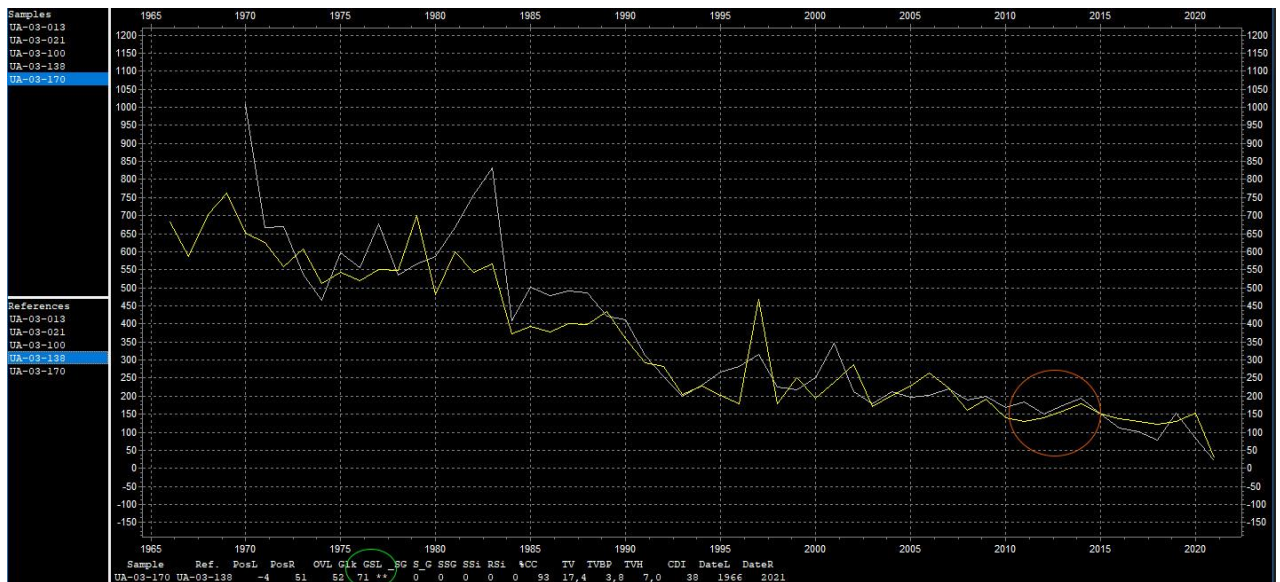


б

Рис. 5.9. Індеси радіального приросту дерев ялини на пробних площах № 1 та № 3: а – пробна площа № 1; б – пробна площа № 3



а



б

Рис. 5.10. Крос-датування кернів ялини європейської: а – до датування; б – після датування

відповідно, мають вплив на значення радіальних приростів дерев. Так, за даними Trotsiuk et al. [220] такими роками є:

1) роки із негативним впливом на радіальний приріст (посушливі роки): 1948, 1949, 1974, 1980, 1982, 2004;

2) роки із позитивним впливом на радіальний приріст (сприятливі погодні умови для росту): 1931, 1968, 1977, 1979, 1987, 2001, 2012.

Під час проведення синхронізації перевіркою якості цього процесу доцільно використовувати показник тестування ознак *Glk* (*Gleichläufigkeit*), який показує кореляцію між річними змінами ширини річного радіального приросту [186]. Saražin et al. [206] та Butler et al. [180] вказують, що значення *Glk* до 50 % свідчить, що немає зв'язку між двома серіями даних, тоді як значення понад 65 % показують значний зв'язок. Крос-датування або синхронізацію проводили у програмному продукті TSAPWin, де реалізована можливість візуалізувати цей процес та контролювати основні показники. Як приклад, на рис. 5.10 наведено процес крос-датування двох кернів (UA-03-170 та UA-03-138).

З рис. 5.10 видно, що крос-датування проводили шляхом коректування радіальних приростів в окремі роки (додавання, видалення, модифікування). Так, у даному випадку видалення одного приросту у 2013 році (обведено рожевим овалом) дозволило змістити всі радіальні прирости до цього року вправо, внаслідок чого помітно більш подібними стали закономірності радіальних приростів цих двох кернів. Крім того, орієнтиром були контрольні роки. Внаслідок таких змін коефіцієнт *Glk* зріс з 51 % (рис. 5.10а) до 71 % (рис. 5.10б). Аналогічні операції проводили для всіх інших кернів ялини європейської.

Багато дослідників [212, 213, 227] вважають, що радіальні прирости біля серцевини не є інформативними через їх великі значення, які відрізняються від приростів у подальших роках. Тому вони рекомендують для аналізу результатів виключати 5 останніх радіальних приростів, виміряних на кожному керні. Також ми виключили з аналізу радіальний приріст у рік взяття керна, оскільки ми їх брали з різних пробних площ у різні місяці вегетаційного періоду, тому останній приріст ще не досяг кінцевої за рік величини. Керуючись цими правилами, із синхронізованих даних радіальних приростів були вилучені дані за 2021 рік та прирости за останніх 5 років від серцевини дерева. В результаті ми отримали вихідні дані радіальних приростів для подальшого їхнього аналізу, що узагальнено на рис. 5.11.

Як видно з рис. 5.11, у 2000-их роках щільність приростів є найбільшою, із спаданням років кількість кернів зменшується і, відповідно, зменшується

щільність даних. Проте потрібно зазначити, що навіть після видалення останніх 5-ти років можна помітити значні "стрибки" за величиною радіальних приростів у останні роки. Загалом можна відмітити, що у період з 1850-их до 1890-их років середній радіальний приріст ялинових деревостанів був на найнижчому рівні. Впродовж всього ХХ століття прирости коливалися в діапазоні 1,8-2,5 мм. Починаючи із 2000-го року радіальний приріст дерев ялини європейської показує тенденцію до зменшення.

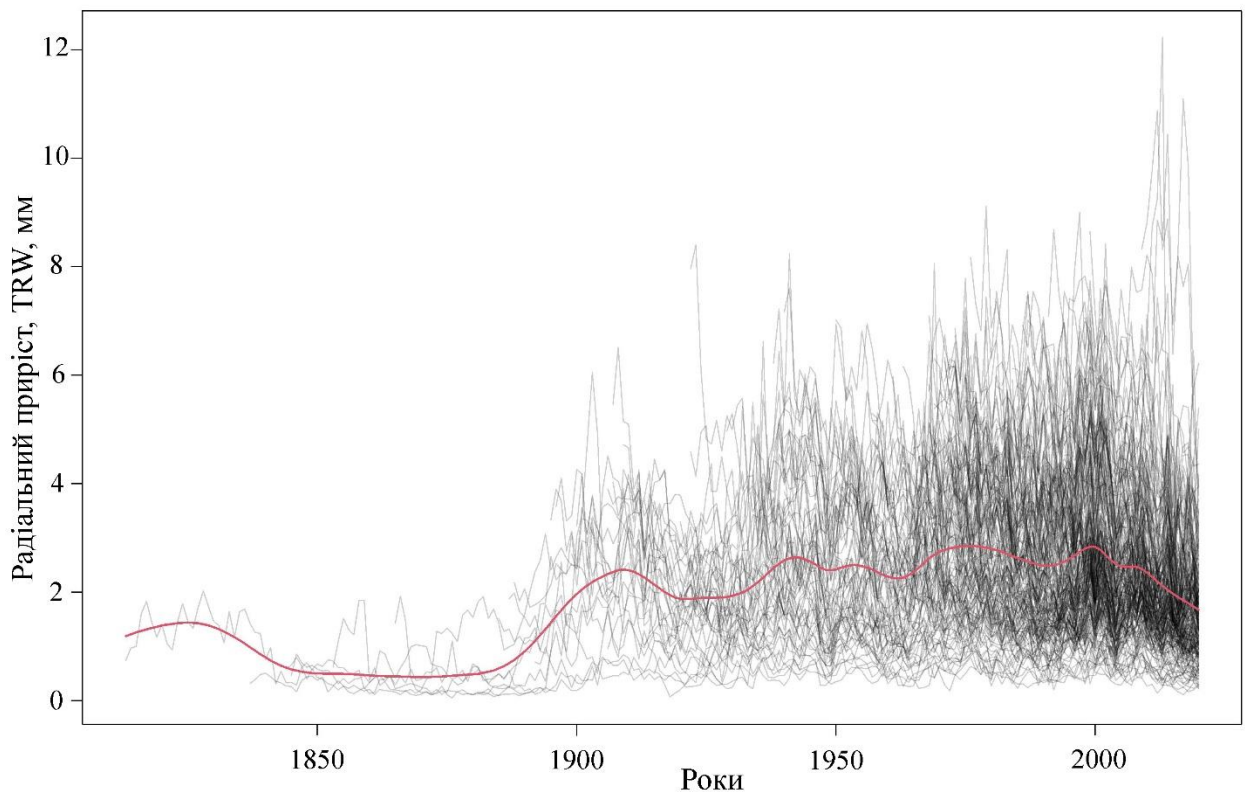


Рис. 5.11. Динаміка радіального приросту дерев ялини європейської

Значна варіація радіальних приростів у різні періоди має підтвердження, якщо провести кореляційний аналіз кернів ялини (див. дод. В). Наприклад, пробна площа № 1 (UA-01) має високий коефіцієнт кореляції із пробними площами UA-02, UA-10, UA-33, UA-36, значний кореляційний зв'язок із пробними площами UA-03, UA-05, UA-08, UA-11 і т. д. Це свідчить про те, що радіальні прирости на окремих пробних площах мають однакові закономірності зміни радіального приросту, тобто характеризуються однаковим впливом зовнішніх та внутрішніх чинників. Проте певна частина пробних площ

характеризується зворотнім зв'язком, де збільшенню радіального приросту на одних пробних площах відповідає зменшення радіального приросту на інших пробних площах. Причому такий зв'язок має як значний, так і високий кореляційний зв'язок за тісністю. Наприклад, UA-04 та UA-16, UA-13 та UA-16, UA-14 та UA-17 і т. д., де коефіцієнт кореляції від'ємний, а за абсолютним значенням лежить у межах від 0,51 до 0,70. Для пробних площ UA-15 та UA-17, UA-16 та UA-17 і UA-26 тіснота зв'язку є високою. Це свідчить про те, що є ще інші чинники, які мають визначальний вплив на радіальний приріст дерев ялини європейської.

Аналізувати радіальні прирости досить важко через їх значну варіацію та нерівномірність у різні періоди життя дерева, що зумовлено як зовнішніми чинниками (кліматичні умови, конкуренція між деревами), так і закономірностями росту дерев у різні періоди життя. Тому для порівняльного аналізу радіальних приростів дерев ялини потрібно провести хронолізацію та детрендування даних радіальних приростів [212, 213, 217, 227].

Хронолізація (*chronolization*) – це усереднення (узгодження) однорідних даних радіальних приростів на однотипних ділянках за певними показниками. Детрендування (*detrending*) – це визначення та виключення закономірностей росту із врахуванням біологічних закономірностей росту. Тобто, узгодження радіальних приростів незалежно від періодів росту (у молодих дерев прирости вищі, ніж у інші вікові періоди). Хронолізація та детрендування дозволяє оцінити вплив на радіальний приріст зовнішніх чинників, а не біологічні ритми приростів дерев. Оскільки цей процес вимагає багатьох математичних обчислень та врахування особливостей зміни багатьох чинників, доцільно такі масові обчислення проводити у відповідних програмних продуктах. Нами використані можливості *DpLR* пакету у програмному продукті *R*, який дозволяє застосувати стандартні алгоритми хронолізації та детрендування даних радіальних приростів дерев ялини європейської.

Як зазначалося вище, хронолізація полягає в усередненні даних радіальних приростів на однорідних ділянках. Хронолізацію приростів проводили окремо

для кожної пробної площі, оскільки кореляція між різними пробними площами, як зазначалося вище, має різнонаправлений характер і відрізняється за тісністю зв'язку. Графічне представлення процесу синхронізації наведено на рис. 5.12.

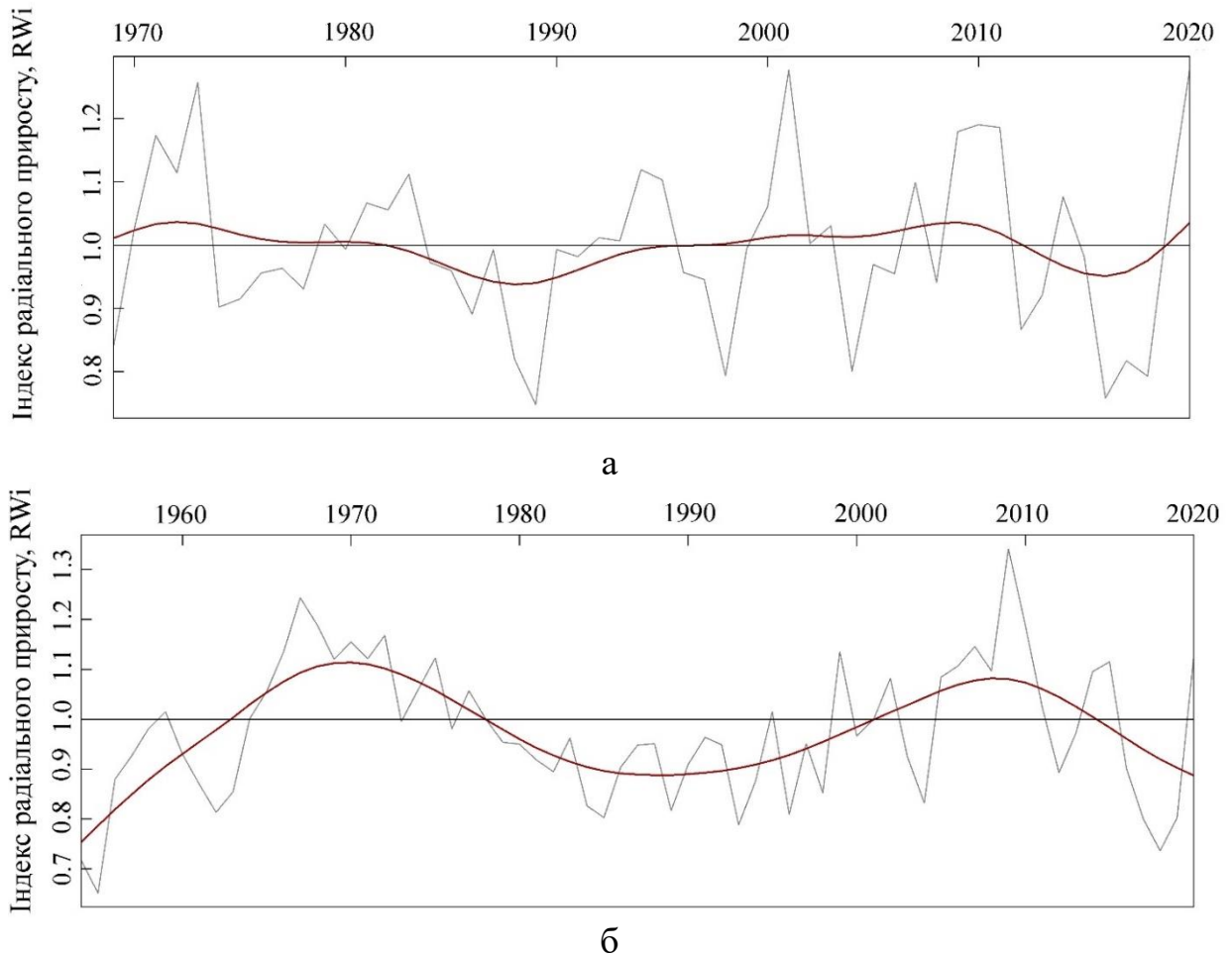


Рис. 5.12. Хронологізація даних радіальних приростів на пробних площах: а – пробна площа № 1; б – пробна площа № 2

З рис. 5.12 видно, що в процесі хронологізації за допомогою сплайн-функції дані вирівнюються залежно від закономірностей росту дерев за діаметром на кожній пробній площі. За результатами хронологізації ми отримали статистичні показники радіальних приростів дерев ялини європейської на кожній пробній площі, які наведено у табл. 5.2 та проілюстровано на рис. 5.13.

Як видно з табл. 5.2 та рис. 5.12б, в результаті хронологізації отримуємо усереднені дані для кожної пробної площі із врахуванням динаміки приростів залежно від віку. Наприклад, з рис. 5.12б видно, що індекси радіальних приростів мають синхронний характер, коли з 2010 до 2020 вони спадали, з 1990 по 2010 –

навпаки зростали і т.д. Тобто радіальні прирости мають синусоподібні закономірності росту залежно від віку дерев. Подібну закономірність можна

Таблиця 5.2

Хронологізація даних на пробних площах

№ п.п.	Роки			Статистичні показники радіального приросту					
	перший	останній	кількість	середнє	медіана	основне відхилення	асиметрія	gini	ar1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UA.01	1969	2020	52	3,925	3,907	0,508	0,177	0,072	0,304
UA.02	1954	2020	67	2,262	2,231	0,316	0,106	0,078	0,585
UA.03	1961	2020	60	3,039	3,057	0,429	0,177	0,078	0,077
UA.04	1975	2020	46	3,73	3,686	0,706	-0,121	0,098	0,085
UA.05	1963	2020	58	2,59	2,54	0,384	0,669	0,082	0,346
UA.06	1986	2020	35	3,945	3,932	0,513	0,451	0,071	0,385
UA.07	1988	2020	33	3,215	3,219	0,473	-0,019	0,08	0,219
UA.08	1965	2020	56	3,194	3,151	0,447	0,727	0,077	-0,066
UA.09	1885	2020	136	1,744	1,719	0,304	0,219	0,099	0,677
UA.10	1971	2020	50	2,827	2,853	0,272	0,036	0,054	0,286
UA.11	1813	2020	208	1,176	1,13	0,48	1,712	0,208	0,711
UA.12	1993	2020	28	3,745	3,714	0,384	0,361	0,057	-0,193
UA.13	1931	2020	90	2,39	2,379	0,422	-0,031	0,098	0,662
UA.14	1983	2020	38	2,353	2,351	0,269	0,606	0,062	0,224
UA.15	1980	2020	41	2,061	2,045	0,217	0,159	0,059	-0,151
UA.16	1837	2020	184	1,565	1,459	0,527	1,232	0,177	0,682
UA.17	1937	2020	84	2,447	2,465	0,227	-0,004	0,052	0,354
UA.18	1924	2020	97	2,3	2,287	0,386	0,067	0,092	0,486
UA.19	1934	2020	87	2,52	2,501	0,402	-0,051	0,09	0,528
UA.20	1887	2020	134	1,546	1,534	0,239	-0,081	0,087	0,448
UA.21	1912	2020	109	2,06	2,032	0,882	1,545	0,202	0,827
UA.22	1962	2020	59	2,491	2,486	0,393	0,515	0,083	0,457
UA.23	1979	2020	42	4,024	4,008	0,579	0,447	0,078	0,287
UA.24	1982	2020	39	4,21	4,197	0,467	-0,794	0,059	0,186
UA.25	1972	2020	49	3,392	3,328	0,372	0,569	0,06	0,251
UA.26	1920	2020	101	2,043	2,054	0,292	-0,078	0,08	0,579

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UA.27	1968	2020	53	3,408	3,437	0,362	0,038	0,06	0,09
UA.28	1881	2020	140	1,253	1,336	0,567	-0,398	0,254	0,876
UA.29	1979	2020	42	2,582	2,614	0,218	-0,242	0,046	0,189
UA.30	1913	2020	108	0,829	0,821	0,159	0,397	0,106	0,572
UA.31	1992	2020	29	5,195	5,302	0,517	-0,755	0,054	0,301
UA.32	1986	2020	35	3,802	3,814	0,401	-0,13	0,058	0,023
UA.33	1955	2020	66	2,471	2,415	0,359	-0,186	0,081	0,388
UA.34	1991	2020	30	4,33	4,316	0,277	0,099	0,036	-0,151
UA.35	1968	2020	53	2,761	2,79	0,355	0,089	0,072	0,59
UA.36	1950	2020	71	2,732	2,741	0,538	0,002	0,107	0,56
UA.37	1853	2020	168	1,635	1,584	0,577	2,253	0,165	0,596
UA.38	1902	2020	119	2,258	2,173	0,552	1,183	0,13	0,716
UA.39	2004	2020	17	6,125	6,232	0,794	-0,495	0,069	-0,33
UA.40	1920	2020	101	2,734	2,678	0,805	0,887	0,16	0,439
UA.41	1976	2020	45	3,728	3,699	0,493	0	0,072	0,109

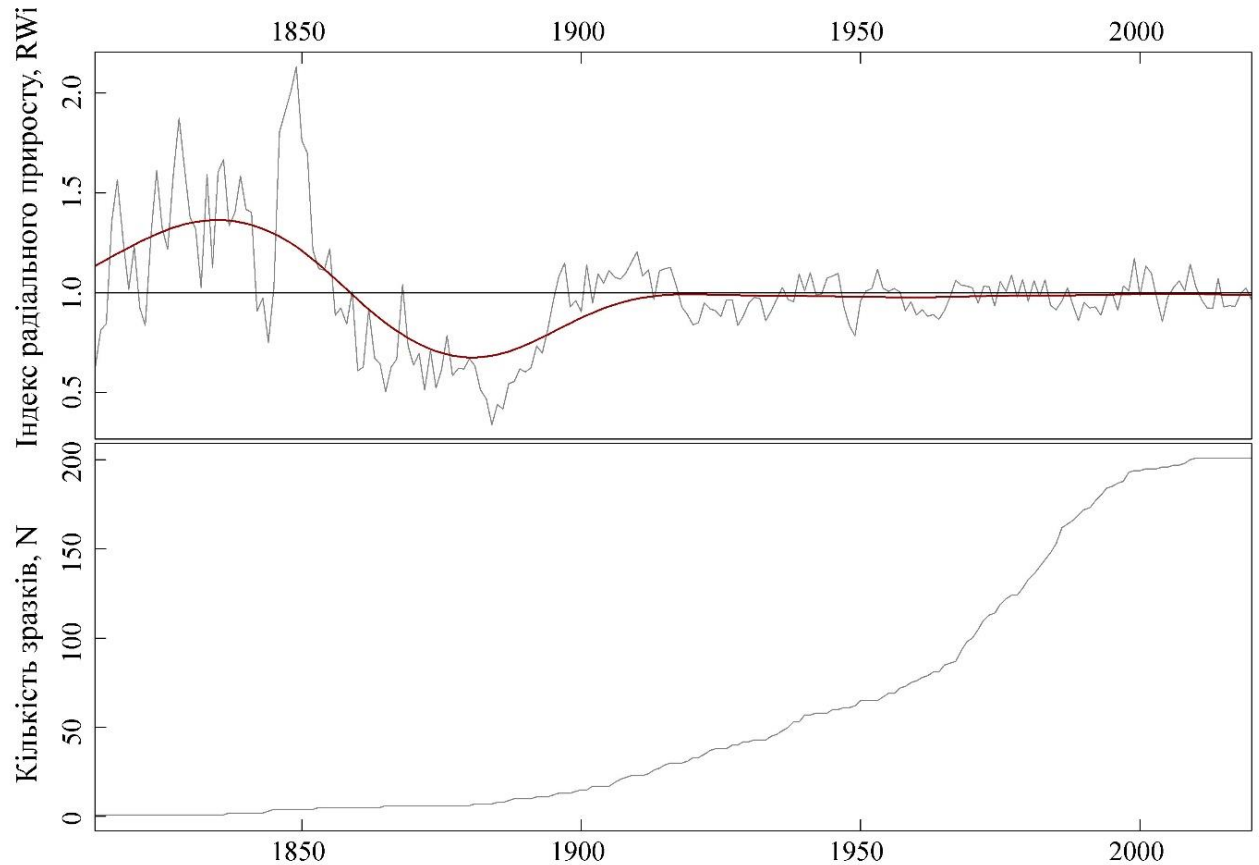
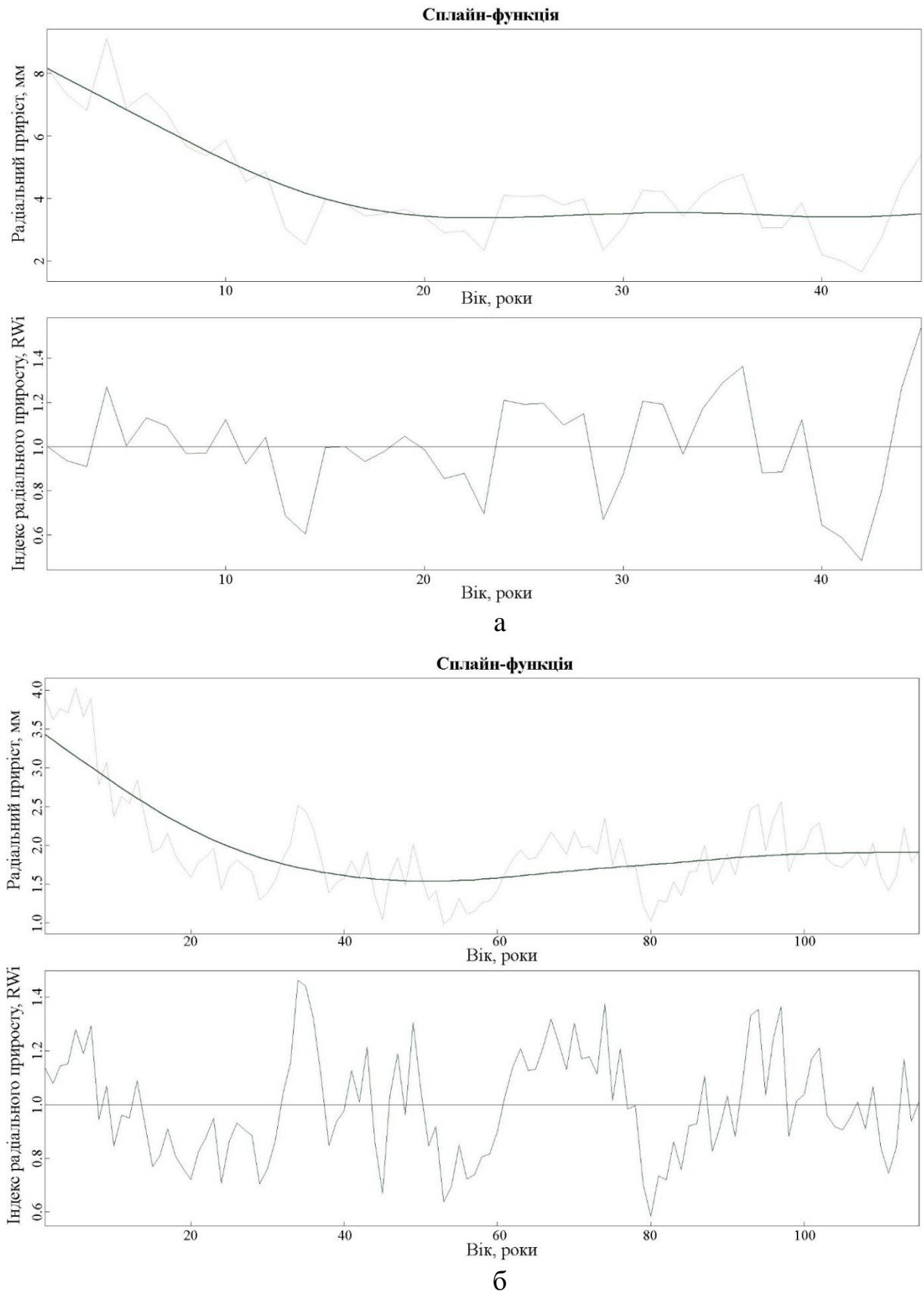


Рис. 5.13. Хронолізація даних радіальних приростів на всіх пробних площах

помітити і на пробній площі № 1 (рис. 5.12а). За рахунок включення до процесу хронологізації даних радіальних приростів кернів на всіх пробних площах (рис. 5.13), до 1910 року крива практично вирівнюється, а дані приростів за минулий період знову набувають синусоїдальної форми. Це відбувається через зменшення кількості кернів, тому основний вплив на хронологізацію мають окремі керни із їхніми закономірностями росту залежно від віку дерев. Загалом, більшість кернів характеризуються правосторонньою асиметрією ($A > 0$, табл. 5.2), що свідчить про переважання менших за абсолютним значенням показників радіального приросту. Gini-коефіцієнт свідчить про добру узгоджуваність даних радіального приросту на пробних площах, оскільки чим більше він наближається до нуля, тим більш узгоджені дані радіальних приростів окремих дерев. Як видно з табл. 5.2, показник gini-коефіцієнта знаходиться у межах від 0,036 до 0,254. Показник $ar1$ – це показник випадкового процесу, що використовують для опису змінних величин у часі. Цей показник визначає, що вихідна змінна лінійно залежить від попередніх значень. Якщо значення $ar1$ більше 0, попередні дані роблять внесок у результат, якщо $ar1$ наближається до 1 – результат більше залежить від попереднього значення. У нашому випадку, значення $ar1$ близькі до 0, що свідчить про згладження радіальних приростів порівняно із попередніми та наступними даними у часових рядах. Окремі пробні площі (UA.02, UA.09, UA.11, UA.16) мають значення понад 0,5, тут визначальний вплив на радіальний приріст мають «пікові» значення приростів в окремі роки.

На основі синхронізованих даних було проведено детрендування, яке полягає у вирівнюванні даних радіальних приростів відносно кривої їх зміни з часом. Для цього використовувалася сплайн-функція для приведення радіальних приростів до значення приросту 1 за роками. Графічне представлення процесу детрендування кожного керна наведено на рис. 5.14.

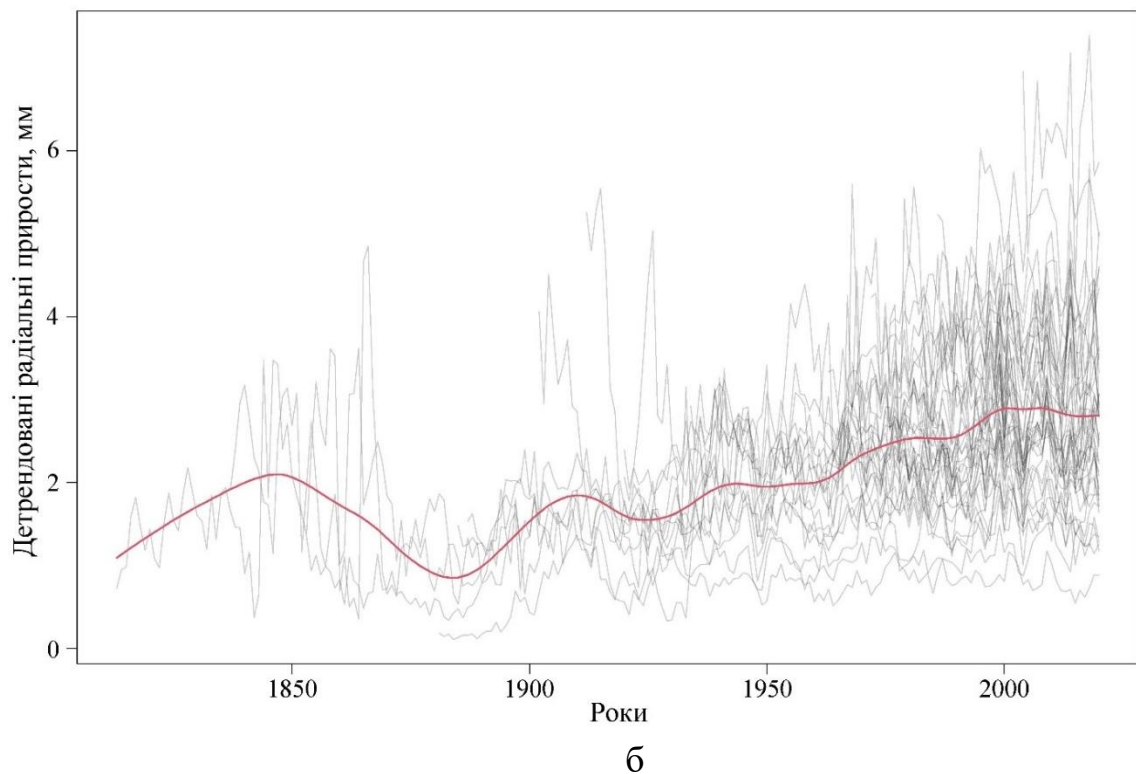
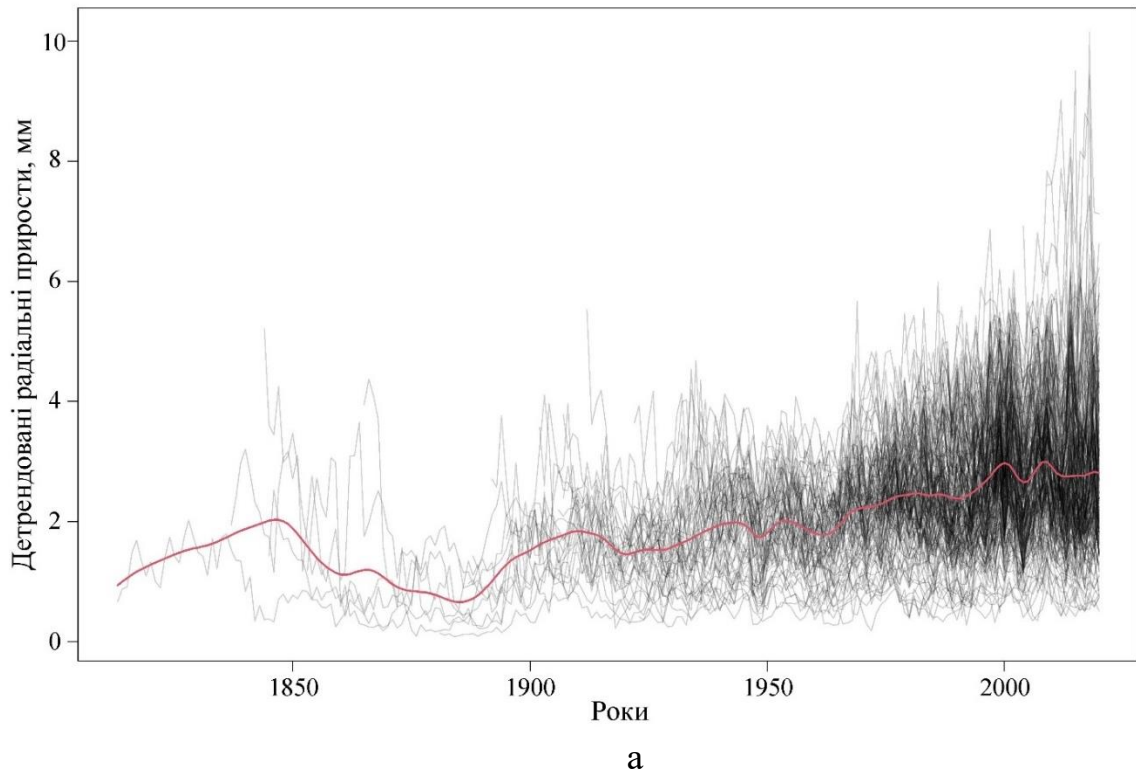


**Рис. 5.14. Детрендування даних радіальних приростів двох кернів:
а – зразок UA.01.093; б – зразок UA.09.030**

З рис. 5.14 видно, що в результаті детрендування ми отримуємо усереднені

дані індексів радіального приросту з приведенням їх до усереднених даних за роками. Ці дані вже можуть слугувати основою для порівняння інтенсивності приросту дерев за діаметром із зовнішніми показниками, наприклад кліматичними факторами.

Узагальнені дані приростів у міліметрах та індексів радіальних приростів кожного керна та усереднені за окремими пробними площами наведено на рис. 5.15.



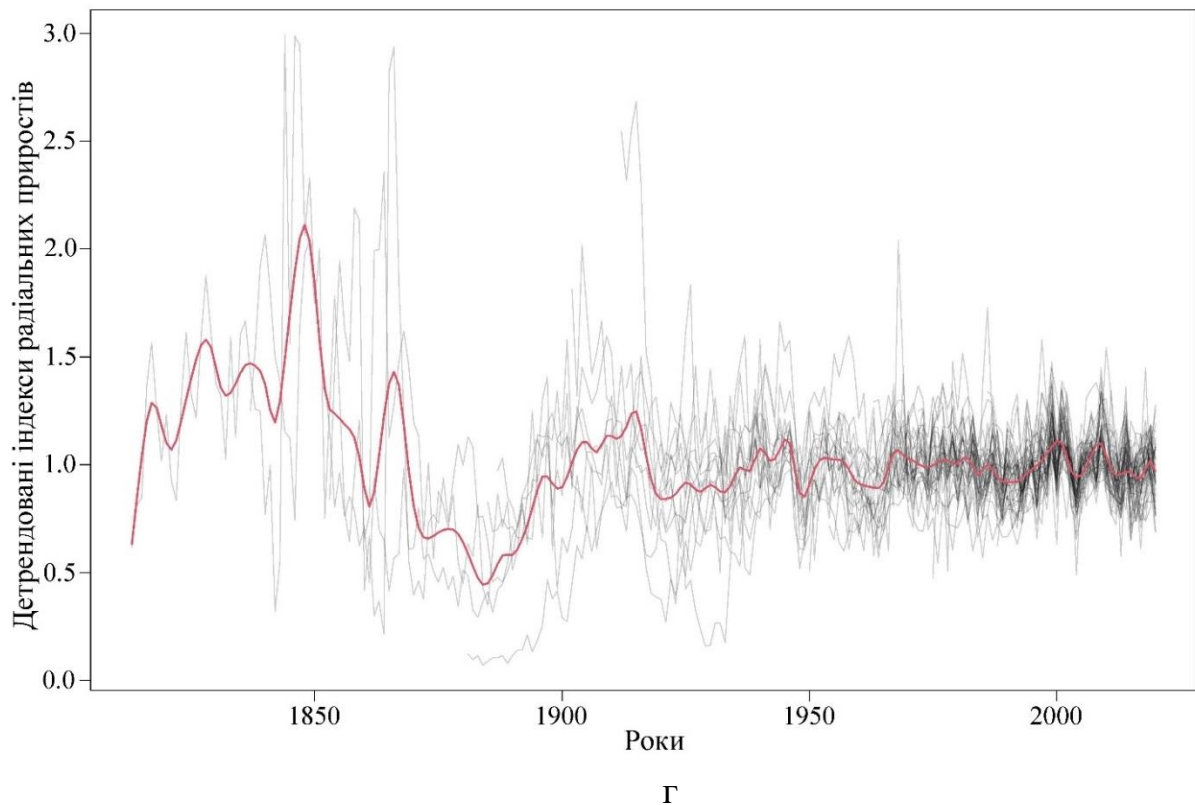
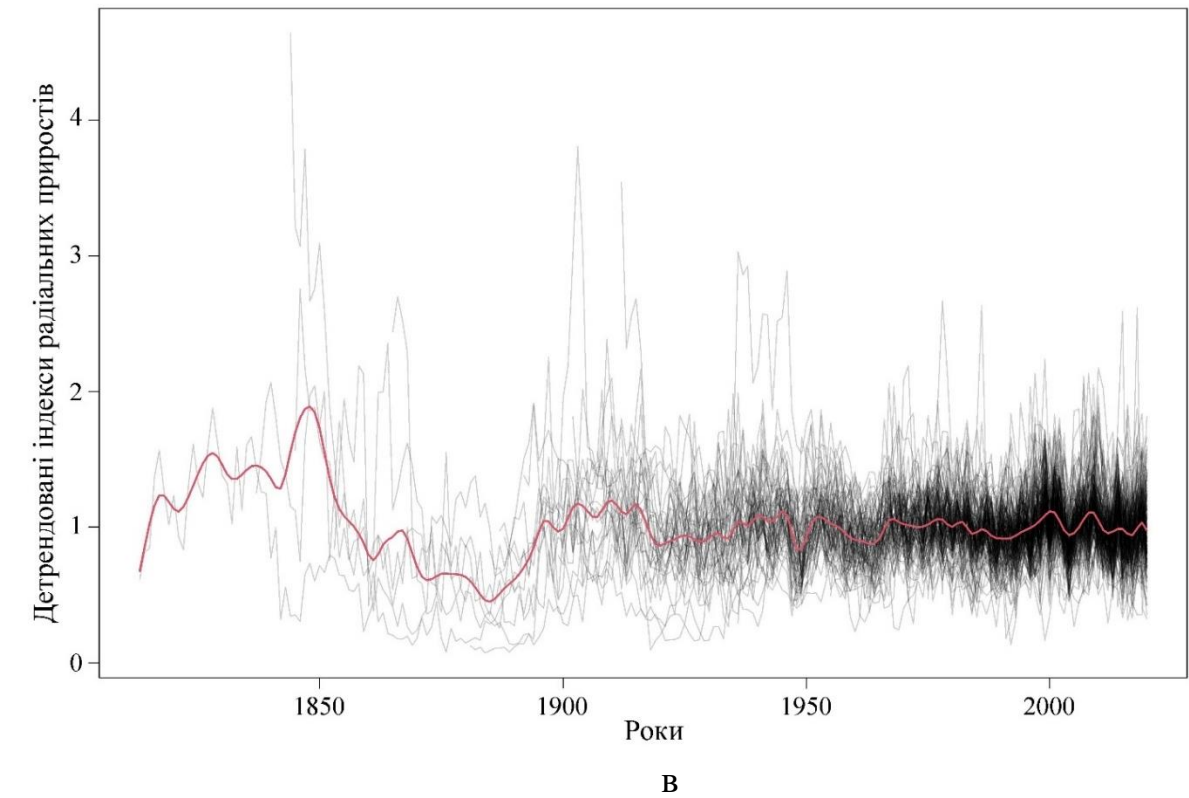


Рис. 5.15. Детрендовані дані радіальних приростів у мм (а, б) та індексів радіальних приростів (в, г): а – радіальні прирости у мм для всіх кернів; б – радіальні прирости у мм детрендовані для всіх пробних площ; в – детрендовані індекси радіальних приростів для всіх кернів; г – детрендовані індекси радіальних приростів для всіх пробних площ

Як видно з рис. 5.15а та рис. 5.15б, за детрендованими даними можна аналізувати закономірності зміни радіальних приростів в абсолютних одиницях за роками. Закономірності приблизно однакові, проте аналіз за радіальними приростами за всіма зразками кернів має детальніший характер. Так, за всіма кернами (рис. 5.15а) проглядається зменшення радіального приросту у 2004 році, 1947 році, тоді як за даними лише з пробних площ (рис. 5.15б) ця деталь згладжується. Загалом видно, що мінімальні радіальні прирости були у 1980-их роках, певне зменшення приростів характерне для 1920-их років. Загалом у 2000-их роках радіальний приріст за діаметром був порівняно більший, ніж у попередні вікові періоди. Проте, якщо подивитися на рис. 5.1, радіальні прирости у 2000-их роках показували тенденцію до зниження, тоді як детрендовані дані навпаки показують мінімальне збільшення приростів. Це виникає через те, що детрендовані дані більш згладжені і коливаються навколо середнього значення, прийнятого за 1. Тобто тут усунутий ефект різких перепадів великих та малих приростів. Тому загальноприйнято аналізувати зміни або тенденції приростів все ж за хронологізованими та детрендованими даними, де прирости окремих кернів усереднені відносно середнього значення. Детальний порівняльний аналіз за роками доцільно проводити за індексами радіальних приростів (рис. 5.15в та г), де чітко видно закономірності інтенсивності зміни радіальних приростів за роками. Тут як за даними всіх кернів, так і за усередненими з пробних площ, видно однакові закономірності. Чітко можна помітити посушливі роки 2004, 1982, 1980, 1974, 1949 та 1948 років, коли радіальні прирости дерев ялини мали порівняно менші значення. Також чітко можна помітити календарні роки пікових радіальних приростів, зокрема 2012, 2001. Це свідчить про те, що отримані детрендовані дані можна порівняти із окремими кліматичними показниками, які очевидно мають мати вплив на закономірності радіального приросту дерев ялини європейської. Загалом, найменші радіальні прирости як за абсолютними показниками, так і за відносними (індексами радіальних приростів) відмічено у 1880-1890-их роках, проте перевірити це з даними інших авторів не має змоги, оскільки достовірних і порівнювальних даних з таких пізніх періодів ми не

знайшли.

Подальший аналіз полягає у порівнянні підготовлених шляхом синхронізації, хронологізації та детрендування радіальних приростів із окремими кліматичними показниками.

Для оцінки метеорологічних даних на території закладання пробних площ використали можливості сервісу клімату у Європі (<https://sites.ualberta.ca/~ahamann/data/climateeu.html>) за даними Marchi et al. (2020). Даний сервіс дозволяє визначати кліматичні показники за географічними координатами. Для території Європи розрізнявальна здатність цих даних становить 1×1 км. Серед показників, які можна отримати з даного вебсайту, є середньорічна температура, середня найвища місячна температура, середня найхолодніша місячна температура, середньорічна кількість опадів, кількість опадів за місяцями, градусо-дні з температурою нижче 0 °С, понад 5 °С, менше та понад 18 °С, кількість морозних днів і т.д. Для наших досліджень нами були вибрані окремі кліматичні показники від 1901 по 2020 роки для порівняння їх із річними радіальними приростами дерев ялини європейської на пробних площах. Для порівняння використовували коефіцієнт кореляції (коефіцієнт простої лінійної кореляції Пірсона), який показує напрям та тісноту зв'язку між радіальними приростами та кліматичними показниками:

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}, \quad (5.2)$$

де $(x - \bar{x})$, $(y - \bar{y})$ – це відхилення незалежної та залежної ознак від їх середніх значень.

Коефіцієнт кореляції обраховували як залежність між середніми річними радіальними приростами за роками та кліматичними показниками за різні періоди:

- 1) від 1901 до 2020 року;
- 2) від 1981 до 2020 року (останні 40 років);
- 3) від 1991 до 2020 року (останні 30 років).

Визначення залежності між радіальними приростами за останніх 40 чи 30

років продиктовано тим, що за цей період, за даними різних вчених, значно змінилися кліматичні показники внаслідок змін клімату, проте однаковість у тривалості цього періоду немає.

Серед кліматичних показників, з якими порівнювали радіальні прирости, вибирали ті, які на нашу думку та думку дослідників можуть мати значний вплив на прирости, зокрема:

1) річна кількість опадів – сумарна кількість опадів за календарні роки у мм;

2) сумарна кількість опадів від травня до жовтня, мм – кількість опадів за вегетаційний період;

3) сумарна кількість опадів з червня по серпень, мм – кількість опадів за літній період як один із можливих основних чинників впливу на приріст протягом теплого періоду;

4) середньорічна температура, °С;

5) різниця температур між середньою найвищою та найнижчою місячними температурами (показник континентальності);

6) середньорічне нагрівання: індекс вологості, який визначають за формулою:

$$AHM = \frac{MAT+10}{MAP/1000}, \quad (5.3)$$

де MAT – це середньорічна температура, °С; MAP – середньорічна кількість опадів, мм;

7) літнє нагрівання: індекс вологості, який визначають за формулою:

$$SHM = \frac{MWMТ}{MST/1000}, \quad (5.4)$$

де $MWMТ$ – середня найвища місячна температура, °С; MST – середня кількість опадів за травень-вересень, мм;

8) градусо-дні із температурою понад 5 °С – при такій температурі рослинність вже вегетує;

9) градусо-дні із температурою до 18 °С – це показник нагрівання.

Коефіцієнти кореляції обраховували між річними радіальними приростами

дерев ялини за роками та відповідними їм кліматичними показниками у цих роках. В якості експерименту додатково визначали напрям та тісноту зв'язку між радіальними приростами та кліматичними показниками із зміщенням в один рік. Це продиктовано тим, що окремі кліматичні показники можуть мати безпосередній вплив на величину радіального приросту не в рік його виникнення, а на наступний рік. Наприклад, суттєве зменшення кількості опадів буде мати негативний вплив на радіальний приріст дерев і в наступний рік. Результати кореляційного аналізу наведено в табл. 5.3.

З табл. 5.3 видно, що річна кількість опадів незначно впливає на радіальний приріст дерев ялини європейської, оскільки за період з 1901 по 2020 роки середній коефіцієнт кореляції становить 0,130, що свідчить про слабку тісноту зв'язку. За розподілом ділянок за висотою над рівнем моря коефіцієнт кореляції ще менший. Для північного, північно-східного, південно-східного та південного схилів кореляція пряма, що свідчить про те, що із зростанням кількості опадів зростає і радіальний приріст. Для південно-західного та північно-західного схилів напрям кореляції протилежний, тобто із збільшенням кількості опадів радіальний приріст дерев ялини зменшується, хоча за абсолютними значеннями зв'язку тут практично немає. Порівняно вищі показники зв'язку є між радіальними приростами та річною кількістю опадів, які зміщені на 1 рік, де найбільший вплив на збільшення радіального приросту мало збільшення опадів на північному схилі (0,359). Подібні закономірності характерні і для останніх 40- та 30-річних періодів, проте кореляція тут помітно вища. Зокрема, існує помірна пряма кореляція між радіальними приростами та кількістю опадів залежно від висоти над рівнем моря та експозиції схилів, на яких зростають ялинові деревостани. Це свідчить про те, що кількість опадів виявляє значний вплив на збільшення радіального приросту. Подібні закономірності виявлено і між радіальними приростами та кількістю опадів за вегетаційний період (травень-жовтень) та літні місяці (червень-серпень), проте тіснота зв'язку тут дещо нижча. Загалом кількість опадів помірно впливає на радіальний приріст дерев, однак

Коефіцієнти кореляції між річними радіальними приростами та окремими кліматичними показниками

Показник	Період, роки	Термін	Коефіцієнт кореляції								
			середній	висота над рівнем моря		експозиція схилу					
				до 1000 м	понад 1000 м	Пн	ПнСх	ПдСх	Пд	ПдЗх	ПнЗх
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Річна кількість опадів, мм	1901-2020	рік-рік	0.130	0.097	0.113	0.108	0.126	0.149	0.186	-0.021	-0.087
		рік-1	0.204	0.205	0.169	0.359	0.166	0.175	0.189	0.029	0.007
	1981-2020	рік-рік	0.254	0.173	0.310	0.164	0.298	0.281	0.212	0.294	0.012
		рік-1	0.366	0.311	0.388	0.351	0.381	0.324	0.234	0.344	0.263
	1991-2020	рік-рік	0.300	0.266	0.315	0.206	0.311	0.320	0.357	0.323	0.077
		рік-1	0.451	0.416	0.463	0.478	0.489	0.350	0.275	0.434	0.502
Кількість опадів за травень-жовтень, мм	1901-2020	рік-рік	0.084	0.096	0.050	0.119	0.056	0.133	0.137	0.009	-0.071
		рік-1	0.212	0.213	0.167	0.372	0.185	0.184	0.128	0.043	0.055
	1981-2020	рік-рік	0.119	0.070	0.156	0.105	0.159	0.151	0.025	0.159	-0.034
		рік-1	0.278	0.251	0.284	0.297	0.325	0.190	0.195	0.232	0.248
	1991-2020	рік-рік	0.174	0.178	0.162	0.171	0.154	0.194	0.179	0.188	0.053
		рік-1	0.323	0.286	0.344	0.384	0.396	0.212	0.176	0.294	0.376
Кількість опадів за червень-серпень, мм	1901-2020	рік-рік	0.057	0.134	0.000	0.080	0.026	0.142	0.236	-0.017	-0.128
		рік-1	0.192	0.193	0.139	0.348	0.142	0.174	0.181	0.080	0.010
	1981-2020	рік-рік	0.238	0.189	0.266	0.129	0.193	0.304	0.254	0.278	0.004
		рік-1	0.418	0.388	0.409	0.334	0.402	0.336	0.328	0.476	0.360
	1991-2020	рік-рік	0.318	0.278	0.339	0.201	0.283	0.356	0.333	0.325	0.193
		рік-1	0.413	0.357	0.444	0.379	0.440	0.330	0.288	0.484	0.371
Середньорічна температура повітря, °С	1901-2020	рік-рік	0.020	0.123	-0.044	0.166	0.025	0.013	0.040	-0.124	0.190
		рік-1	-0.083	-0.075	-0.093	0.081	0.003	-0.091	-0.065	-0.152	0.124
	1981-2020	рік-рік	0.153	0.064	0.223	0.249	0.271	0.151	-0.016	0.102	0.054
		рік-1	0.044	-0.042	0.127	0.232	0.187	0.024	-0.172	-0.030	0.034
	1991-2020	рік-рік	0.160	0.183	0.138	0.173	0.137	0.159	0.214	0.162	0.100
		рік-1	-0.042	-0.060	-0.009	0.158	-0.045	-0.040	-0.081	-0.031	-0.066

Продовж. табл. 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Різниця температур між середньою найвищою та найнижчою місячними температурами (континентальність клімату), °С	1901-2020	рік-рік	-0.060	0.010	-0.082	-0.126	-0.137	-0.022	-0.021	0.040	0.047
		рік-1	-0.080	-0.073	-0.113	-0.102	-0.207	0.006	0.014	0.061	0.023
	1981-2020	рік-рік	-0.139	-0.085	-0.173	-0.042	-0.181	-0.221	0.087	-0.231	-0.023
		рік-1	-0.173	-0.155	-0.177	-0.224	-0.200	-0.133	-0.003	-0.170	-0.222
	1991-2020	рік-рік	-0.315	-0.320	-0.291	-0.164	-0.314	-0.361	-0.194	-0.347	-0.267
		рік-1	-0.428	-0.361	-0.462	-0.512	-0.471	-0.395	-0.236	-0.361	-0.405
Середньорічне нагрівання: індекс вологості	1901-2020	рік-рік	-0.091	-0.022	-0.104	-0.051	-0.095	-0.113	-0.120	-0.031	0.150
		рік-1	-0.205	-0.203	-0.174	-0.301	-0.144	-0.187	-0.189	-0.078	0.042
	1981-2020	рік-рік	-0.144	-0.112	-0.159	-0.021	-0.121	-0.165	-0.200	-0.210	0.019
		рік-1	-0.287	-0.278	-0.267	-0.199	-0.240	-0.257	-0.260	-0.307	-0.203
	1991-2020	рік-рік	-0.191	-0.163	-0.201	-0.099	-0.189	-0.199	-0.263	-0.216	-0.036
		рік-1	-0.397	-0.379	-0.389	-0.357	-0.432	-0.305	-0.258	-0.386	-0.453
Літнє нагрівання: індекс вологості	1901-2020	рік-рік	-0.047	-0.061	-0.028	-0.041	-0.052	-0.099	-0.152	-0.003	0.162
		рік-1	-0.257	-0.258	-0.191	-0.324	-0.202	-0.202	-0.222	-0.094	-0.025
	1981-2020	рік-рік	0.009	0.000	0.015	0.121	0.031	-0.059	-0.043	-0.108	0.163
		рік-1	-0.327	-0.378	-0.255	-0.242	-0.260	-0.242	-0.360	-0.372	-0.307
	1991-2020	рік-рік	-0.085	-0.092	-0.070	0.002	-0.071	-0.129	-0.144	-0.128	0.045
		рік-1	-0.456	-0.433	-0.454	-0.416	-0.499	-0.361	-0.353	-0.470	-0.445
Градусо-дні із температурою понад 5 °С	1901-2020	рік-рік	-0.055	0.043	-0.080	0.062	-0.082	-0.037	-0.090	0.016	0.199
		рік-1	-0.173	-0.167	-0.192	-0.017	-0.188	-0.118	-0.099	-0.016	0.104
	1981-2020	рік-рік	0.192	0.115	0.234	0.229	0.290	0.177	0.126	0.063	0.060
		рік-1	0.069	0.013	0.104	0.126	0.199	0.073	-0.025	-0.008	-0.039
	1991-2020	рік-рік	0.114	0.141	0.071	0.019	0.086	0.113	0.236	0.076	0.050
		рік-1	-0.117	-0.063	-0.177	-0.049	-0.147	-0.098	-0.023	-0.114	-0.196
Градусо-дні із температурою до 18 °С	1901-2020	рік-рік	-0.020	-0.116	0.043	-0.162	-0.026	-0.005	-0.030	0.124	-0.188
		рік-1	0.079	0.078	0.093	-0.073	-0.001	0.097	0.067	0.151	-0.124
	1981-2020	рік-рік	-0.159	-0.064	-0.222	-0.249	-0.266	-0.145	0.014	-0.097	-0.051
		рік-1	-0.051	0.040	-0.124	-0.227	-0.181	-0.027	0.168	0.039	-0.047
	1991-2020	рік-рік	-0.166	-0.182	-0.140	-0.171	-0.134	-0.151	-0.216	-0.158	-0.099
		рік-1	0.035	0.054	0.018	-0.150	0.055	0.040	0.075	0.048	0.055

потрібно зазначити, що цей показник збільшує свій вплив за останніх 40, і в більшій мірі – 30 років.

Вплив середньорічної температури на радіальний приріст має різнонаправлений характер, проте за тіснотою тут переважає слабка кореляція (до 0,300). Так, впродовж останніх 120 років збільшення середньорічної температури повітря має негативний вплив на радіальний приріст ялини європейської на висоті понад 1000 м над рівнем моря та на південно-західних схилах. Зміщення аналізу на 1 рік показує більше зворотного зв'язку. За останніх 30 років практично для всіх аналізованих показників за висотою над рівнем моря та експозицією схилу (окрім північного) відмічається негативний вплив збільшення температури повітря.

Вплив континентальності клімату має яскраво виражений негативний вплив, тобто зі збільшенням різниці температур між найвищими та найнижчими значеннями спостерігається зменшення радіального приросту, причому за останніх 30 років кореляційний зв'язок має помірну і значну тісноту. Крім того, цей вплив яскраво проявляється на наступний рік, оскільки коефіцієнти кореляції тут мають значення від -0,236 до -0,512.

Середньорічне та літнє нагрівання мають чітко виражену зворотну кореляцію, коли зі збільшенням цих показників зменшується радіальний приріст дерев ялини. Найбільший вплив ці показники мають за останніх 30 років. Кількість градусо-днів із температурою понад 5 °C та менше 18 °C мають різнонаправлений характер, проте за абсолютними показниками зв'язок практично відсутній або слабкий, тому говорити про вплив цих кліматичних показників на радіальний приріст дерев ялини не доцільно.

Загалом, найбільш впливовими кліматичними показниками, які мають помірний або значний вплив є кількість опадів (середня за рік, за вегетаційний чи літній період), континентальність клімату та літнє нагрівання. Кількість опадів має прямий зв'язок, що свідчить про зростання радіальних приростів зі збільшенням кількості опадів. Температурні показники, навпаки, мають зворотній зв'язок, коли зі збільшенням температур чи їх похідних радіальний

приріст зменшується. Найбільший вплив ці показники мають за останніх 40-30 років, порівняно із 120-річним періодом, тобто ці чинники останнім часом мають зростаючий вплив на приріст дерев ялини європейської. Суттєвих відмінностей впливу вище названих факторів на радіальний приріст дерев ялини залежно від висоти над рівнем моря чи експозиції схилу за результатами кореляційного аналізу не виявлено.

Висновки до розділу 5

1. За даними метеостанцій, розташованих в різних частинах Українських Карпат (Турка, Славське, Яремче, Пожежевська, Селятин) середньорічна температура повітря з 1961 до 2020 років зросла в середньому на 2 °С. Подібне зростання температури спостерігалася також для середньорічних температур найхолоднішого місяця року – січня та найтеплішого місяця – липня.

2. Основною причиною всихання ялинових деревостанів були хвороби дерев ялини європейської. Впродовж семи аналізованих років від хвороб загинуло 104881,1 га деревостанів ялини європейської, що становить 73,0 % від загальної площі всохлих ялинових лісів. Друге місце за причиною загибелі займали стихійні явища (вітровали, буреломи, сніголоми, паводки та інші) – 21487,8 га і третє місце – шкідники ялини (17125,1 га). У середньому за рік площа загиблих ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат становила 28737 га.

3. Індекс санітарного стану ялинових деревостанів на 41 пробних площах коливався від 1,12 до 3,86. Цей показник залежить від низки факторів: вчасності проведення рубок формування і оздоровлення лісів, віку і повноти деревостану, класу бонітету, висоти над рівнем моря та інших чинників.

4. Для покращення санітарного стану ялинових деревостанів та підвищення їхньої біологічної стійкості необхідно вчасно і правильно проводити лісівничі заходи. У першу чергу це стосується санітарно-оздоровчих заходів. Затримка з проведенням санітарних рубок призводить до швидкого поширення шкідників і загибелі ялинових лісів на значних площах.

6. Впродовж всього ХХ століття радіальний приріст дерев ялини європейської коливався в діапазоні 1,8-2,5 мм. Починаючи із 2000-го року він показує тенденцію до зменшення за абсолютними показниками.

7. Температурні показники мали слабку тісноту зв'язку із величиною радіального приросту дерев. Найбільший вплив ці показники мали впродовж останніх 30 років (порівняно із 120-річним аналізованим періодом).

Основні результати цього розділу опубліковано у праці [93] Матусевич, О.Б. (2023). Санітарний стан ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Матеріали 73-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2022-2023 роках*, 79-82. Львів: РВВ НЛТУ України.

РОЗДІЛ 6

ЛІСІВНИЧІ ЗАСАДИ АДАПТАЦІЇ ЯЛИНОВИХ ЛІСІВ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

6.1. Адаптаційна спроможність лісів до зміни клімату та шляхи її підвищення

В останні десятиліття на нашій планеті фіксуються значні кліматичні зміни (див. п. 1.3). Укладений Міжнародний екологічний договір у вигляді Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату (Ріо-де-Жанейро), до якого приєдналися 196 країн світу, прийнята міжнародна угода у вигляді Кіотського протоколу щодо скорочення викидів парникових газів, особливий звіт Міжурядової групи експертів зі зміни клімату про наслідки глобального потепління на 1,5 °С, Карпатська конвенція та резолюції інших міжнародних форумів свідчать про те, що зміна клімату є серйозною загрозою для довкілля, зокрема, і для лісів.

Ліси Українських Карпат мають вагоме водорегулююче, ґрунтозахисне, кліматорегулююче та рекреаційне значення, є місцем існування багатьох видів флори і фауни та джерелом цінної деревини. Лісогосподарська галузь є панівним видом господарської діяльності в цьому регіоні.

Важливе державне значення лісового господарства розуміє уряд України. Про це свідчить два недавно прийнятих укази Президента України: "Про деякі заходи щодо збереження та відтворення лісів" від 07.06.2021 р. № 228/2021 і "Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 29 вересня 2022 року "Про охорону, захист, використання та відтворення лісів України в особливий період" від 29.09.2022 р. № 675/2022. На виконання Указів Президента України було прийнято дві постанови Кабінету Міністрів України – щодо запровадження електронного обліку деревини та проведення продажу деревини в електронній формі. Крім того, Кабінетом Міністрів України 29.12.2021 року було затверджено Державну стратегію управління лісами України до 2035 року [32].

Необхідність підготовки Стратегії спричинена розумінням необхідності

системного удосконалення ведення лісового господарства в Україні для забезпечення довгострокових інтересів держави на основі поєднання принципів державного регулювання з механізмами ринкових відносин з огляду на цілі децентралізації влади, збільшення кількості робочих місць, зайнятості сільського населення, мінімізації корупційних ризиків та вчинення правопорушень і першочергового забезпечення вітчизняних виробників сировиною шляхом створення прозорого ринку деревини.

Поряд з впливом природних факторів та зростаючим антропогенним тиском на ліси погіршення стану лісових насаджень зумовлено і недоліками у проведенні лісогосподарських заходів. Поступові та вибірккові системи головних рубок не знаходять широкого застосування внаслідок відсутності інвестування у природозберігаючі технології та внаслідок недосконалої нормативно-правової бази. Такі негативні тенденції зумовлюють небажану зміну порід, зниження стійкості насаджень, зменшення запасів стиглих і пристигаючих деревостанів. Велика частка ялинових лісів включена до складу територій природно-заповідного фонду і має стійку тенденцію до збільшення.

Поділ лісів України за функціональним призначенням та чинні віки стиглості ялинових деревостанів не відповідає сучасним вимогам щодо ведення лісового господарства на засадах сталого розвитку. Лісокористувачам доцільно переходити на ведення лісового господарства за цільовим діаметром дерев.

Крім того, лісогосподарські підприємства працюють при значному податковому навантаженні. Зокрема, значне навантаження на підприємства складає сплата земельного податку з лісового фонду, який державні підприємства повинні сплачувати щорічно до місцевого бюджету. Разом з тим, за використання лісових ресурсів ті ж самі державні підприємства повинні сплачувати щорічно рентну плату і таким чином мати подвійне оподаткування лісового фонду. Крім того, відповідно до постанови Кабінету Міністрів України державні підприємства повинні сплачувати податок на прибуток та базовий норматив відрахувань частки чистого прибутку державного підприємства (дивіденди) у розмірі 80 %.

Специфікою лісогосподарського виробництва є тривалий період лісовирощування, який часто перевищує 100 років, тому лісівники повинні мислити стратегічно і враховувати можливі ризики в процесі тривалого формування деревостанів. У першу чергу потрібно враховувати лісорослинні умови – родючість і вологість ґрунту, кліматичні умови, небезпеку вітровалів та буреломів лісу, поширення шкідників і хвороб лісу та інші ризики.

В умовах сучасних кліматичних змін потребують перегляду застарілі підходи до ведення лісового господарства, які не забезпечують належної біологічної стійкості ялинових лісів. Це розуміє уряд України, який 23.04. 2024 р. прийняв постанову № 454 "Деякі питання ведення лісового господарства у період дії правового режиму воєнного стану та внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 12 травня 2007 р. № 724". Ця постанова буде сприяти ширшому застосуванню рубок переформування в похідних ялинових деревостанах Українських Карпат.

Петер Бранг та ін. (2014) виділяють шість принципів лісівництва для підвищення адаптаційної спроможності лісів помірної зони Європи в умовах змін клімату: (1) збільшення видової різноманітності дерев, (2) покращення структурного різноманіття, (3) збереження та збільшення генетичної різноманітності деревних порід, (4) підвищення стійкості окремих дерев до біотичних та абіотичних стресів, (5) переформування деревостанів високого ризику та (6) регулювання запасу деревостану та підтримання його на середньому рівні [178].

Ці принципи можна втілити в життя завдяки вчасному і правильному проведенню відповідних лісівничих заходів. Ліси повинні бути спроможні і надалі забезпечувати різноманітні корисні функції (багатофункціональність). Лісогосподарські заходи щодо формування та оздоровлення ялинових лісів є інвестицією у майбутнє.

Зважаючи на те, що людина поки-що не може регулювати клімат, то лісівники повинні працювати над підвищенням біологічної стійкості ялинових лісів Українських Карпат та їх адаптацією до сучасних змін клімату. Для цього

потрібно формувати мішані різновікові ялинові деревостани, регулювати їхню густоту та просторову будову.

Повнота деревостанів не повинна бути зависокою, тому що висока повнота деревостану призводить до зниження життєвості дерев ялини європейської, погіршення розкладу лісової підстилки і, відповідно, до погіршення мінерального живлення дерев.

6.2. Заходи з адаптаційного лісівництва в ялинових лісах Українських Карпат

Для впровадження вище названих європейських принципів адаптаційного лісівництва в умовах кліматичних змін наводимо рекомендації щодо проведення **рубок догляду** в ялинових деревостанах Українських Карпат. Вони розроблені на основі нашого практичного досвіду тривалої роботи лісничим і директором лісогосподарського підприємства.

Ялина європейська як тіньовитривалий деревний вид не потерпає від її затінення листяними видами. На віковій стадії молодняку основна увага приділяється природній диференціації дерев та якості стовбурів кращих дерев ялини європейської. Якщо склад молодого деревостану відповідає типу лісу і господарській меті лісовирощування, то освітлення і прочищення можна не проводити. Необхідно надавати пріоритет біологічному саморегулюванню, щоб економити кошти. У процесі природного відбору дерева ялини самі очищаються від нижніх гілок і відбувається диференціація дерев за енергією росту.

Коли склад молодого лісу не відповідає лісівничій меті, то потрібно видаляти дерева другорядних видів та гірші екземпляри дерев ялини, хворі та пошкоджені дерева всіх порід з метою забезпечення переважання ялини в складі молодого деревостану.

Під час рубок догляду необхідно формувати мішаний ялиновий деревостан, в т.ч. з домішкою м'яколистяних деревних видів. Їхня домішка сприяє підвищенню біорізноманіття і швидшому змиканню крон молодого

деревостану, що дозволяє заглушити ріст і розвиток злакових трав і ожини на зрубках. Водночас, потрібно брати до уваги, що супутні деревні види є конкурентами за водне, мінеральне і світлове живлення, тому їхню домішку необхідно регулювати.

У вологому чистосмерековому суборі та у вологій високогірній сушмеречині в ялинові деревостани доцільно вводити як домішку сосну кедрову європейську, березу повислу і модрина європейську.

Для підвищення вітростійкості дерев ялини європейської на вітровалонебезпечних ділянках у високогірному поясі ялинових лісів необхідно формувати середньоповнотні ялинові деревостани, щоб дерева мали більшу довжину крони та кращий розвиток корневих систем [174, 198].

Після досягнення деревами ялини середньої висоти 15-17 м потрібно провести перше проріджування. На технологічній карті рубки необхідно нанести мережу постійних трелювальних волоків. Під час проріджування в ялиновому деревостані потрібно вибирати і позначати кращі дерева ялини європейської в кількості 200-250 шт./га. Це будуть так звані дерева майбутнього (М-дерева). Їх вибирають серед надпанівних і панівних дерев ялини європейської. На цих деревах необхідно провести обрізування нижніх гілок до висоти 5-6 м. Середня відстань між М-деревами рекомендується 5-7 метрів, вони мають рівномірно розташовуватися на ділянці. М-дерева повинні мати високу життєвість (добре розвинену крону і густе охоєння) та добру якість стовбура.

Поряд з цим під час проріджувань у ялинових деревостанах потрібно сприяти росту бажаних супутніх листяних деревних видів – бука лісового, клена-явора, ясена звичайного, в'яза гірського, клена гостролистого, горобини звичайної та інших видів шляхом покращення світлового режиму. Їхня домішка сприятиме швидшому розкладенню лісової підстилки і підвищуватиме біорізноманіття у ялинових лісах.

Інтенсивність проріджувань має бути слабкою або помірною, з вирубуванням не більше 60 м³/га. Відносна повнота деревостану не має знижуватися нижче 0,7. Рубку потрібно проводити верховим або комбінованим

методом. Повторюваність рубки рекомендується 5 років [200].

Під час другого і третього проріджування продовжують сприяння росту М-дерев шляхом вирубування біля них одного-двох найбільш конкуруючих дерев за водне, мінеральне і світлове живлення. Також обов'язково потрібно вирубувати хворі і пошкоджені дерева, щоб був здоровий ялиновий ліс. На місці зрубаних дерев буде з'являтися молодий підріст ялини європейської та інших видів, що сприятиме формуванню мішаного різновікового деревостану з багаторусною структурою. Також потрібно провести друге обрізування нижніх гілок на М-деревах, цього разу до висоти 10 м. Для цього потрібно використовувати спеціальні пили з довгими ручками або спеціалізоване обладнання, яке вже добре апробовано в сусідніх європейських країнах. Організаційно-технічні показники рубки під час наступних проріджувань такі ж, як і під час першого.

У процесі прохідних рубок продовжують сприяння росту М-дерев шляхом вирубування конкурентних сусідніх дерев, доки М-дерева не досягнуть цільового діаметру. Також продовжується формування багаторусної строкатої структури ялинового деревостану з домішкою бажаних деревних видів. Інтенсивність прохідної рубки рекомендується 50-60 м³/га. Відносна повнота деревостану не має знижуватися нижче 0,8. Рубку потрібно проводити комбінованим методом. Повторюваність рубки рекомендується як і для проріджувань 5 років, що дозволяє вчасно забирати хворі і пошкоджені дерева з ділянки та сприяє підвищенню біологічної стійкості ялинових деревостанів.

Для адаптації до кліматичних змін та підвищення стабільності похідних ялинових деревостанів в Українських Карпатах пріоритетним є застосування **рубок переформування** – комплексних рубок, спрямованих на поступове перетворення похідних ялиників на мішані різновікові деревостани на основі принципів наближеного до природи лісівництва, зі збереженням біорізноманіття, з урахуванням екологічних, соціальних та економічних вимог.

Метою рубок переформування є відновлення корінного деревостану на ділянці відповідно до конкретного типу лісу. Завдяки застосуванню рубок

переформування можна не лише відновити природність лісостанів, але й покращити горизонтальну структуру та якість деревостанів. Формування корінних деревостанів відновлює також родючість ґрунтів та біотопи лісостану.

Рубки переформування потрібно розпочинати у середньовікових похідних ялиниках віком 41-50 років. Це дозволяє забезпечити необхідну різновіковість і строкату вертикальну структуру майбутніх мішаних деревостанів. Тривалість рубок переформування залежить від санітарного стану дерев ялини з верхнього ярусу і становить зазвичай 30-50 років [200].

За наявності чистих похідних ялинових деревостанів (монокультур) переформування передбачає створення піднаметових культур відповідно до типу лісу. Зважаючи на домінування в на північно-східному Українських Карпат макросхилі букових і ялицевих типів лісу необхідно створювати переважно піднаметові культури бука лісового та ялиці білої.

Технологія проведення першого етапу рубки переформування залежить від сучасного санітарного стану похідного ялиника, його віку, повноти деревостану, ґрунтових та орографічних умов.

Для створення піднаметових культур доцільно застосовувати сівбу насіння бука лісового і ялиці білої, ніж їх садіння. Це не тільки зменшує фінансові затрати на формування піднаметових культур, але й сприяє кращому розвитку корневих систем молодих дерев. Підріст бука та ялиці, що виріс з насіння краще адаптується до лісорослинних умов. Можна використовувати за наявності в інших виділах і кварталах лісництва також дички бука чи інших листяних порід.

Садіння бука рекомендується здійснювати 2- або 3-річними саджанцями, щоб уникнути конкуренції з боку живого надґрунтового покриву. Значну увагу потрібно приділяти походженню садивного матеріалу, щоб він був якісний і сертифікований. У майбутньому мішаному деревостані частка бука планується 20-30%. Тому потрібно поступово посадити на одному гектарі 7-10 куртин бука під наметом похідного ялинового деревостану. Схема садіння саджанців – 1 x 1-1,5 м. У середньому густота піднаметових культур бука має становити 8000 шт. саджанців на 1 га. Таке густе садіння має наступні переваги: швидке змикання

крон саджанців; відсутність небезпеки заглушення трав'янистою рослинністю; формування прямих стовбурів і добре очищення молодих дерев бука від нижніх гілок та дозволяє можливе пошкодження окремих екземплярів під час наступних етапів переформування похідного ялинника.

Крім біогруп бука під намет похідних ялинників ще потрібно вводити домішку ялиці та інших супутніх деревних видів (або сприяти росту їхнього підросту за появи у природному поновленні).

У буково-ялицевих типах лісу потрібно створювати піднаметові культури ялиці білої. Зважаючи на її повільний ріст у молодому віці і необхідність затінення, ялицю необхідно посадити у перших "вікнах" на початку рубки переформування. Для досягнення кращого змішання деревних видів на ділянці доцільно створити більше біогруп ялиці, але меншого розміру, площею біля 200 м². Кількість саджанців ялиці – 2000-3000 шт./га. Схема садіння – 2,5 x 2,5 м або 2,5 x 1,5 м [69].

Під час наступних прийомів рубок переформування на ділянці продовжується зрубання гірших або пошкоджених дерев ялини з верхнього ярусу деревостану на всій площі таксаційного виділу з метою збільшення приросту кращих дерев ялини за діаметром стовбура та покращення біологічної стійкості ялинового деревостану. Завданням рубок переформування є отримання на кінцевій стадії різновікового, мішаного деревостану з типотвірних деревних видів із домішкою ялини європейської в кількості 20-30 % від запасу деревостану.

Необхідно планувати групове і куртинне змішання деревних видів з віковою перевагою ялиці в 15-20 років, а бука – 10-15 років порівняно з підростом ялини. З допомогою такої вікової градації прагнуть зменшити затрати на догляд за молодим поколінням дерев під наметом ялинового насадження. При проведенні рубок переформування необхідно дотримуватися таких принципів:

1. Використовувати вже наявні "вікна" чи прогалини в наметі деревостану.
2. Формувати у "вікнах" біогрупи тіньовитривалих бука і ялиці.

У разі відсутності в деревостані "вікон" потрібно запроектувати на

технологічній карті місця їх створення. Площа "вікон" не повинна перевищувати 300 м². Інтенсивність рубки рекомендується 20-25 % від запасу деревостану. Починати рубку дерев потрібно з центральної частини виділу, перші "вікна" створюють на межі пасік (посередині між трелювальними волоками), щоб під час наступних прийомів у процесі звалювання і трелювання дерев не пошкодити посаджені у перших "вікнах" піднаметові культури чи наявний підріст. Технологія рубки повинна враховувати особливості рельєфу місцевості.

Трелювальні трактори і вантажні автомобілі повинні їздити лише на трелювальних волоках без заїзду на іншу територію виділу, щоб не пошкодити наявний самосів і підріст деревних видів і не допустити ущільнення ґрунту.

Повторюваність рубок переформування має становити 5 років. Під час наступних етапів рубок переформування потрібно розширювати вікна довкола куртин ялиці і бука та поступово відновлювати домішку ялини європейської у молодому поколінні деревостану [72].

У процесі рубок переформування потрібно враховувати необхідність забезпечення стійкості похідного ялинового деревостану до вітровалів і буреломів (залишають рости дерева з добре розвиненими кронами та стабільні групи дерев).

Проведення рубок переформування, зокрема, введення листяних порід у хвойні насадження покращує кругообіг мінеральних речовин. Особливу користь приносять деревні види з глибокою кореневою системою, які поглинають основи та поживні речовини з глибших шарів ґрунту.

Рубки переформування проводяться в усіх категоріях лісів та вікових групах деревостанів. Вирубуються лише окремі дерева або їх групи, що сприяє природному лісовідновленню за умови безперервного існування лісу. Тобто на відміну від суцільних рубок при рубках переформування лісове середовище завжди зберігається і покращується.

Німецький досвід показав, що посаджені під час першого етапу рубок переформування дерева бука чи ялиці на час завершення рубки вже досягають висоти 20-25 м, що забезпечує багатоярусну структуру молодого корінного

деревостану. Найдовше потрібно залишати рости дерева ялини з довгими, добре розвиненими кронами біля лісових доріг і трелювальних волоків, щоб їх можна було пізніше звалити та вивезти з ділянки з найменшою шкодою для молодого покоління дерев. Чим довше вдасться зберегти окремі дерева ялини з верхнього ярусу похідного деревостану, тим більшою буде різновіковість дерев на ділянці після завершення рубок переформування, що дозволить забезпечити у майбутньому перехід на вибіркочу систему лісогосподарювання в цьому деревостані [69].

Перелік ділянок, на яких можливо проведення рубок переформування, визначається під час лісовпорядкування.

Під час **рубок головного користування** в ялинових лісах потрібно ширше застосовувати вибіркочу систему лісогосподарювання. У неексплуатаційних категоріях лісів потрібно цілком відмовитись від суцільнолісосічних рубок, а проводити заготівлю деревини в них шляхом застосування добровільно-вибіркочих та групово-поступових рубок головного користування.

Вибіркова система лісогосподарювання сприятиме формуванню біологічно стійких, якісних та високопродуктивних ялинових деревостанів і забезпечуватиме природне поновлення молодого покоління лісу. Якомога довше вирощування молодого покоління дерев ялини у затінку материнського деревостану є важливим для покращення природного добору серед підросту і очищення дерев від нижніх гілок, а також для зменшення загрози пошкодження молодих дерев несприятливими природними факторами.

На жаль, зараз вибіркоча система лісогосподарювання ще є малопоширеною в лісах України, її частка становить менше одного відсотка від загальної площі рубок головного користування. Цю ситуацію потрібно якнайшвидше змінювати. Законодавчо для цього є всі підстави – вибіркоча система рубок дозволена Правилами рубок головного користування у гірських лісах Карпат.

При вибіркочій формі лісогосподарювання у деревостані одночасно ростуть дерева різного віку, діаметра та висоти, тобто характерною є велика

строкатість вертикальної і горизонтальної будови деревостану на найменших площах. Визначальним є тривалість (довговічність) такого змішання дерев. При цій формі ведення лісового господарства лісові землі завжди залишаються вкриті лісовою рослинністю, а вікова і просторова структура деревостану є подібною (сталю) впродовж багатьох століть. Тобто при вибірковій формі лісогосподарювання у деревостані немає обороту рубки. Під час кожного прийому добровільно-вибіркової рубки у деревостані періодично вирубують частину дерев певних категорій, а решту залишають рости. Це дає можливість зберігати ландшафтну картину і естетичну привабливість території та дозволяє лісостанам постійно виконувати свої корисні функції [72].

Під час добровільно-вибіркової рубки у стиглих ялинових лісостанах лісокористувачі одночасно повинні вирішувати завдання забезпечення природного поновлення деревостану, сприяння росту підросту, покращення якості стовбурів, формування потрібної вертикальної та горизонтальної структури лісостану, відбору і підтримки росту М-дерев та рубки стиглих дерев, що досягли потрібного цільового діаметра. Тобто, одночасно на кожній ділянці проводяться рубки догляду та рубка головного користування.

Цільовий діаметр М-дерев ялини європейської рекомендується 41-45 см для деревостанів І і нижчих класів бонітету та 46-50 см для деревостанів І^а і вищих класів бонітету. Інтенсивність добровільно-вибіркової рубки має бути слабкою – до 15 % від запасу деревостану. Повторюваність рубки – 10 років.

Лісогосподарські заходи з адаптації ялинових лісів до кліматичних змін вимагають внесення змін і вдосконалення нормативно-правової бази щодо проведення рубок формування і оздоровлення лісів та правил рубок головного користування в лісах України з врахуванням європейського досвіду – відмова від створення монокультур; перехід на вирощування та формування наближених до природних змішаних багатоярусних ялинових деревостанів, з використанням в ролі домішки місцевих деревних видів, стійких до кліматичних змін; максимальне використання природного поновлення для відтворення лісів.

Для попередження ерозії та збереження родючості ґрунту важливо

дотримуватися природозберігаючих технологій лісозаготівлі і збільшувати густоту та якість лісових доріг.

Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом передбачає наближення законодавства України до законодавства Європейського Союзу. Сторони повинні сприяти реалізації довгострокових цілей сталого розвитку. Це стосується і лісового господарства, зокрема, збереження та захисту біологічного і ландшафтного різноманіття.

На міжнародних конференціях щодо захисту лісів Європи було затверджено критерії та індикатори сталого лісового господарства. Серед шести критеріїв один присвячений саме «Підтриманню, збереженню та підвищенню рівня біорізноманіття в лісових екосистемах». До кількісних та якісних критеріїв тут належать: видовий склад деревостанів, частка природних лісів, площа стиглих і перестійних деревостанів, частка лісів природно-заповідного фонду, наявність мертвої деревини на різних стадіях розкладу та генетичних резерватів переважаючих деревних видів.

Ключовими компонентами збереження біорізноманіття у лісах є мікрооселища, тому працівникам лісогосподарських підприємств України потрібно зберігати у кожному таксаційному кварталі дерева з дуплами, гніздами птахів, а також залишати в лісництвах невеликі ділянки лісу (площею 10-20 гектарів) без господарського використання для формування там старовікових лісів. На таких «заповідних» ділянках дерева зможуть рости до віку природної смертності і стануть оселищем для багатьох видів організмів (дереворуйнівних грибів, мікроорганізмів, мохів, лишайників, водоростей, комах, ссавців та птахів). Потрібно також забезпечити екологічні коридори між ділянками старовікових лісів, щоб була можливість міграції живих організмів.

Еталоном природного розвитку лісів служать ялинові праліси, які збереглися в Україні на дуже малій площі і мають важливе екологічне значення. Вони служать носієм цінної генетичної інформації, найповніше виконують захисну і водоохоронну функції лісу, є природною лабораторією для наукових досліджень та моделлю для ведення сталого лісового господарства. Праліси

також є місцем існування для багатьох ендемічних, рідкісних і зникаючих видів флори та фауни. Крім того, вони мають надзвичайно важливе естетичне і рекреаційне значення.

Питання біорізноманіття лісів має враховуватися лісовпорядкуванням під час складання проектів організації та розвитку лісового господарства в кожному підприємстві. До функцій лісовпорядкування згідно ст. 46 Лісового кодексу України входить, зокрема, виявлення пралісів, квазіпралісів, природних лісів, типових та унікальних природних комплексів, місць зростання та оселення рідкісних та таких, що перебувають під загрозою зникнення видів тваринного і рослинного світу, які підлягають заповіданню та включенню до екологічної мережі.

Метою ведення кліматично орієнтованого лісового господарства в ялинових лісах Українських Карпат має бути гармонійне поєднання екологічних, економічних і соціальних функцій лісового господарства і забезпечення тим самим сталого розвитку гірських регіонів.

Висновки до розділу 6

1. У сучасних умовах кліматичних змін потребують перегляду застарілі підходи до ведення лісового господарства, які не забезпечують належної біологічної стійкості ялинових лісів.

2. У корінних ялинових деревостанах освітлення і прочищення можна не проводити. Після досягнення деревами ялини середньої висоти 15-17 м необхідно провести перше проріджування. Під час його проведення в ялиновому деревостані потрібно вибрати і позначити кращі дерева ялини європейської в кількості 200-250 шт./га.

3. Інтенсивність проріджувань має бути слабкою або помірною, з вирубуванням не більше 60 м³/га. Відносна повнота деревостану не має знижуватися нижче 0,7. Рубку потрібно проводити верховим або комбінованим методом. Повторюваність рубки – 5 років.

4. Інтенсивність прохідної рубки рекомендується 50-60 м³/га. Відносна

повнота деревостану не має знижуватися нижче 0,8. Рубку потрібно проводити комбінованим методом. Повторюваність рубки рекомендується як і для проріджувань 5 років

5. Рубки переформування у похідних ялинниках потрібно розпочинати у віці 41-50 років. Площа "вікон" не повинна перевищувати 300 м². Інтенсивність рубки рекомендується 20-25 % від запасу деревостану. Повторюваність рубки – 5 років.

6. У неексплуатаційних категоріях ялинових лісів потрібно цілком відмовитись від суцільнолісосічних рубок, а застосовувати добровільно-вибіркові та групово-поступові рубки головного користування. Вибіркова система лісогосподарювання сприятиме формуванню біологічно стійких, якісних та високопродуктивних ялинових деревостанів.

7. Цільовий діаметр М-дерев ялини європейської рекомендується 41-45 см для деревостанів І і нижчих класів бонітету та 46-50 см для деревостанів І^а і вищих класів бонітету. Інтенсивність добровільно-вибіркової рубки головного користування має бути слабкою – до 15 % від запасу деревостану. Повторюваність рубки – 10 років.

Основні положення цього розділу опубліковано у працях [73] Лавний, В.В., Матусевич, О.Б., Шпатгельф, П. (2021). Перші мартелоскоп-стаціонари в лісах України. *Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання використання та збереження природних ресурсів прикордонних територій України і Польщі» (м. Львів, 11.05.2021 р.)*. Львів: СПОЛОМ, 2021. С. 50-52. (Особистий внесок: збір та обробка експериментальних даних, участь у написанні тез). [170] Шпатгельф, П., Лавний, В.В., Матусевич, О.Б. (2021). Integrate+ як інструмент збереження біорізноманіття у лісах. *Матеріали 71-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2020-2021 роках*. Львів: РВВ НЛТУ України, 2021. С. 76-79. (Особистий внесок: збір та обробка

експериментальних даних, участь у написанні тез). [74] Лавний, В.В., Матусевич, О.Б. (2022). Праліси Українських Карпат як лабораторія для наближеного до природи лісівництва. *Науково-практичний семінар «Університети як осередки сталості та екологізації освіти»: матеріали семінару. Національний лісотехнічний університет України. Львів: НЛТУ України, 2022. С. 38-40. (Особистий внесок: участь у написанні тез). [211] Spathelf, P., Lavnyy, V., Matysevych, O., Danchuk, O., 2024. German-Ukrainian Efforts Towards Building Climate-Resilient Forests in Western Ukraine – First Results of Alternative Regeneration Systems. Southeast Eur for 15(1): early view. <https://doi.org/10.15177/seefor.24-04>. (Особистий внесок: збір експериментальних даних, аналіз результатів досліджень, участь у написанні статті).*

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено результати аналізу динаміки площі і запасів деревини ялинових деревостанів впродовж 1988-2018 рр., проаналізовано типологічну структуру ялинових лісів, наведено характеристику ялинових деревостанів за основними лісівничо-таксаційними ознаками, зроблено прогноз росту ялинників для двох переважаючих типів лісу, оцінено санітарний стан ялинових лісів, з'ясовано особливості радіального приросту дерев ялини європейської та рекомендовано лісівничі заходи щодо адаптації ялинових лісостанів до кліматичних змін.

1. Загальна площа ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат станом на 01.01.2018 р. становила 389613 га. Найбільш поширеними вони є в Івано-Франківській області, де займають 258011 га (66,2 % від загальної площі лісів). Впродовж останніх 30 років площа ялинників у регіоні досліджень зменшилася на 204387 га (-34,4 %). У динаміці загального запасу максимальне його значення спостережено в 2002 році – 158,141 млн. м³.

2. Серед груп віку переважають середньовікові ялинові деревостани, площа яких становить 183106 га (47,0 % від їхньої загальної площі). Найвищий середній вік ялинові деревостани мають в Івано-Франківській обл. (72 роки), а найменший – у Львівській обл. (52 роки). У лісовому фонді окремих лісгосподарських підприємств виявлено старовікові ялинові деревостани віком 300 і більше років, які після обстеження можна віднести до пралісів, квазіпралісів чи природних лісів.

3. Загалом на північно-східному макросхилі Українських Карпат спостережено збільшення продуктивності ялинових деревостанів за середнім запасом – з 229 м³/га у 1988 р. до 344 м³/га у 2018 році. Водночас у регіоні досліджень зафіксовано зниження середнього запасу стиглих ялинових деревостанів – з 472 м³/га у 1988 р. до 348 м³/га в 2018 році. У 2018 р. у групі віку перестійних ялинових деревостанів було зосереджено 6,305 млн. м³ деревини на площі 15,411 тис. га. Середній запас деревини у перестійних ялинниках у 2018 р.

становив $409 \text{ м}^3/\text{га}$.

4. На північно-східному макросхилі Українських Карпат ялина європейська утворює такі переважаючі типи лісу: вологий чистосмерековий субір ($\text{В}_3\text{-См}$); волога високогірна суслеречина ($\text{С}_3\text{-См}$); волога букова суслеречина ($\text{С}_3\text{-бкСм}$); волога ялицева суслеречина ($\text{С}_3\text{-яцСм}$); волога буково-ялицева суслеречина ($\text{С}_3\text{-бк-яцСм}$) та волога буково-ялицева смеречина ($\text{D}_3\text{-бк-яцСм}$). Загальна площа ялинових деревостанів у них становить $284276,9$ га, що складає $95,8 \%$ від загальної площі ялинової групи типів лісу.

5. В умовах вологого чистосмерекового субору переважають ялинники II-IV класів, вологих сугрудів – I-I^a , а вологих грудів – I-I^b класів бонітету. Найпродуктивнішими є ялинові деревостани вологої буково-ялицевої смеречини, для яких середній клас бонітету становить $\text{I}^a,8$. У найпоширенішому типі лісу – вологий буково-ялицевій суслеречині найвищий середній клас бонітету ($\text{I}^a,9$) ялинові деревостани мають у лісовому фонді Чернівецької області.

6. Найвищі значення зміни запасів стовбурової деревини мають деревостани вологої буково-ялицевої смеречини – від $10,6$ до $12,2 \text{ м}^3/\text{га}$, а найнижчі – вологого чистосмерекового субору – від $1,7$ до $3,2 \text{ м}^3/\text{га}$ за рік. В умовах вологих сугрудів зміна запасу деревостану залежно від класу бонітету та їхньої повноти коливається від $4,6$ до $10,8 \text{ м}^3/\text{га}$ за рік.

7. Середні запаси у категорії стиглих ялинових деревостанів є найвищими в умовах вологої буково-ялицевої смеречини в Чернівецькій обл. і становлять близько $500 \text{ м}^3/\text{га}$. Для Львівської обл. характерним є переважання низько- та середньоповнотних ялинових деревостанів цього типу лісу, що зумовлює їх меншу продуктивність. Для сугрудових лісорослинних умов запаси деревостанів становлять, в середньому, $400\text{-}450 \text{ м}^3/\text{га}$. Найнижчі середні запаси ялинових деревостанів спостережено у вологому чистосмерековому суборі – $300\text{-}400 \text{ м}^3/\text{га}$.

8. У межах категорій захисності чисті ялинові насадження вологих суборів та сугрудів виконують переважно захисні функції і належать до категорії протиерозійних лісів. Ялинові деревостани вологої буково-ялицевої смеречини більше представлені в категорії експлуатаційних лісів.

9. Основною причиною всихання ялинових деревостанів були хвороби. Впродовж семи аналізованих років (1988, 1993, 1998, 2003, 2008, 2013 і 2018) від хвороб загинуло 104881,1 га деревостанів ялини європейської, що становить 73,0 % від загальної площі всохлих ялинових лісів. Друге місце за причиною загибелі займали стихійні явища (вітровали, буреломи, сніголоми, паводки та інші) – 21487,8 га і третє – шкідники ялини (17125,1 га). У середньому за рік всихання ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат становило 28737 га.

10. Індекс санітарного стану ялинових деревостанів на 41 пробній площі змінювався від 1,12 до 3,86 і залежав від низки факторів: вчасності проведення рубок формування і оздоровлення лісів, віку і повноти деревостану, класу бонітету, висоти над рівнем моря тощо.

11. Упродовж всього ХХ ст. радіальний приріст дерев ялини європейської коливався в діапазоні 1,8-2,5 мм. Починаючи із 2000-го року виявлено тенденцію до його зменшення. Річна кількість опадів незначно впливає на радіальний приріст дерев ялини європейської. Впродовж 1901-2020 рр. середній коефіцієнт кореляції між цими показниками становить лише 0,130, що свідчить про дуже слабку тісноту зв'язку. Зміни температурних показників також слабкою мірою впливали на величину радіального приросту дерев ялини. Найбільший їхній вплив виявився впродовж останніх 30 років (порівняно із 120-річним аналізованим періодом).

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. У корінних ялинових деревостанах освітлення і прочищення проводити недоцільно. Після досягнення деревами ялини середньої висоти 15-17 м необхідно провести перше проріджування. Під час його проведення в ялиновому деревостані потрібно відібрати і позначити кращі дерева ялини європейської в кількості 200-250 шт./га.

2. Інтенсивність проріджувань має бути слабкою або помірною, зі зрубанням не більше 60 м³/га. Відносна повнота деревостану після рубки не

повинна становити менше 0,7. Рубку потрібно проводити верховим або комбінованим методом. Повторюваність рубки – 5 років.

3. Інтенсивність прохідної рубки рекомендується в межах 50-60 м³/га. Відносна повнота деревостану не повинна бути меншою 0,8. Рубку потрібно проводити комбінованим методом. Повторюваність рубки рекомендується як і для проріджувань – 5 років.

4. Рубки переформування у похідних ялиниках потрібно розпочинати у віці 41-50 років. Площа "вікон" не повинна перевищувати 300 м². Інтенсивність рубки рекомендується в межах 20-25 % від запасу деревостану. Повторюваність рубки – 5 років.

5. У неексплуатаційних категоріях ялинових лісів потрібно цілком відмовитись від суцільнолісосічних рубок, а застосовувати добровільно-вибіркові та групово-поступові рубки головного користування або рубки переформування. Вибіркова система лісогосподарювання сприятиме формуванню біотично стійких, якісних та високопродуктивних ялинових деревостанів. Інтенсивність добровільно-вибіркової рубки головного користування повинна бути слабкою – до 15 % від запасу деревостану, а групово-поступової – помірною (16-25 % від запасу деревостану). Повторюваність рубки – 10 років.

6. Цільовий діаметр М-дерев ялини європейської рекомендується в межах 41-45 см для деревостанів І і нижчих класів бонітету та 46-50 см – для деревостанів І^а і вищих класів бонітету.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Байцар, А.Л. (2012). Типи верхньої межі лісу в Українських Карпатах та їх охорона. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 40(1), 101-107.
2. Білоус, А.М., Кашпор, С.М., Миронюк, В.В., Свинчук, В.А., & Леснік, О.М. (2021). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вініченко».
3. Білоус, З.П., Вайнагій, І.В., Голубець, М.А., & Харамбура, Я.Й. (1975) *Біологічна продуктивність смерекових лісів Карпат*. Київ: Наукова думка.
4. Бродович, Р.І., Гудима, В.М., Бродович, Ю.Р., & Кацуляк, Ю.Д. (2013). Природне відновлення головних лісоутворювальних порід карпатського регіону та шляхи його інтенсифікації. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(5), 162-168.
5. *Визначник рослин Українських Карпат* (1977). Київ: Наукова думка.
6. Вітер, Р.М. (2008). Негативні стихійні явища у лісових насадженнях на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 18(6), 30-35.
7. Володимиренко, В.М. (2006). *Особливості росту та прогноз продуктивності штучних модальних ялинових деревостанів Українських Карпат*: автореф. дис. ... канд.. с.-г. наук: 06.03.02. Київ, Національний аграрний університет.
8. Гаврусевич, А.М., Іванюк, А.П., & Калуцький, І.Ф. (2007). Підвищення вітростійкості деревостанів у високогірному пасмі смерекових лісів Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 17(7), 52-55.
9. Генсірук, С.А. (2007). Причини всихання ялинових лісів Карпат і заходи для припинення їх деградації. *Наукове товариство ім. Шевченка. Онлайн журнал товариства*. <https://ntsh.org/content/prichini-vsihannya-yalinovih-lisiv-karpat-i-zahodi-dlya-privinennya-yih-deg>
10. Герушинський, З.Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда.
11. Гірс, О.А. & Киричок, Л.С. (2010). *Нормативи динаміки товарної структури ялинових деревостанів*. Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць, 20 (13), 142-147.

12. Голубець, М.А., & Половніков, Л.І. (1975). Загальні закономірності нагромадження фітомаси в смерекових лісах. *Біологічна продуктивність смерекових лісів Карпат*, 464. Київ: Наукова думка.
13. Голубець, М.А. (1978). *Ельники Українських Карпат*. Київ: Наукова думка.
14. Голубець, М.А. (Ред.). (2001). *Екологічна ситуація на північно-східному макросхилі Українських Карпат*. Львів: Поллі.
15. Голубець, М.А. (2003). Геоботанічне районування Українських Карпат – основа раціонального природокористування. *Праці Наукового товариства ім. Шевченка*, т. XII, 283-292.
16. Голубець, М.А., Дейнека, А.М., & Целень, Я.П. (2005). Смерекові ліси Українських Карпат: історія формування, сучасний стан, причини всихання, способи порятунку. *Матеріали виїзного засідання колегії Держкомлісгоспу України за участю НАН України по проблемі всихання ялинових насаджень в Карпатському регіоні*, 3-7. Львів.
17. Голубець, М.А. (2007). *Ретроспектива і перспектива лісової типології*. Львів: Поллі.
18. Голубець, М.А. (2010). *Типологічне впорядкування різноманітності лісових угруповань України*. Львів: Манускрипт.
19. Голубчак, О.І. (2005). Основні етапи та напрямки розвитку молодих деревостанів у низькогір'ї Горган (Українські Карпати). *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 4, 65-69.
20. Голубчак, О.І. (2008). *Формування молодих деревостанів Горган (результати дослідження та практичні рекомендації)*. Львів: НУ "Львівська політехніка".
21. Гриник, Г.Г. (2009). Аналіз впливу зміни кліматичних показників на санітарний стан ялинових деревостанів в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21(1), 271-285.
22. Гриник, Г.Г. (2011). Лісівничо-таксаційна характеристика ялинових деревостанів Українських Карпат з урахуванням особливостей рельєфу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21(12), 12-23.
23. Гриник, Г.Г. (2011). Лісівничо-таксаційні особливості та динаміка складу

гірських ялинників Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21(15), 41-56.

24. Гриник, Г.Г. (2012). Моделювання основних таксаційних показників модальних деревостанів ялини європейської в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22(13), 13-20.

25. Гриник, Г.Г., Задорожний, А.І., & Гриник, О.М. (2021). Стовбурова біопродуктивність ялинових деревостанів Полонинського хребта Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(6), 26-34.

26. Гриник, Г.Г., & Гриник, О.М. (2022). *Ріст і продуктивність деревостанів ялини європейської в Українських Карпатах залежно від особливостей рельєфу*. Львів: Сполом.

27. Гром, М.М. (2010). *Лісова таксація*. Львів: РВВ УкрДЛТУ.

28. Дебринюк, Ю.М. (1998). Породозміна як засіб підвищення продуктивності лісових насаджень. *Науковий вісник УкрДЛТУ: Проблеми та перспективи розвитку лісового господарства*, 9(2), 99-102.

29. Дебринюк, Ю.М. (2008). Розповсюдження та формова різноманітність *Picea abies* [L.] Karst. *Науковий вісник НЛТУ України*, 18(2), 7-17.

30. Дебринюк, Ю.М. (2011). Всихання смерекових лісів: причини та наслідки. *Науковий вісник НЛТУ України: Урбанізаційні процеси в гірських ландшафтах і шляхи їхнього регулювання*, 21(16), 32-38.

31. Дебринюк, Ю.М. (2017). Смеречники Українських Карпат в умовах кліматичних змін. *Ліси Східної Європи у світі, що змінюється: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, (Київ, 27-30 вересня 2017 р.)*, 48-49. Київ: Національний ун-т біоресурсів і природокористування України.

32. *Державна стратегія управління лісами України до 2035 року*. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2021 р. № 1777-р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#Text>

33. Дідух, Я.П. (2009). Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дія. *Вісник Національної академії наук України*, (2), 34-44.

34. Дідух, Я.П. (2010). Якими будуть наші ліси? *Український ботанічний*

журнал, 17(3), 321-343.

35. Дідух, Я.П., Чорней, І.І., Буджак, В.В., ... Норенко К.М. (2016). *Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат*. Чернівці: Друк арт.

36. *Друге національне повідомлення України з питань зміни клімату* (2006). Київ: Інтерпрес ЛТД.

37. *ДСТУ 3404-96* (1997). Лісівництво. Терміни та визначення. Чинний від 20.09.96. Вид. офіційне. Київ: Держстандарт України.

38. Зейналян, А.М., & Олійник, В.С. (2021). Вплив метеорологічних явищ на стійкість ялинників Горган в Українських Карпатах. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 139, 3-9. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.139.2021.3>

39. Зейналян, А.М. (2021). Структурні зміни деревостанів ялинових (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) лісів Горган, які всихають. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(6), 35-40. <https://doi.org/10.36930/40310604>

40. Зейналян, А.М. (2022). Лісівничий стан усихаючих ялинників у Горганах (Українські Карпати). *Scientific Collection «InterConf» (111): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Innovative Development in the Global Science», (June 6-8, 2022)*, 414-416. Boston, USA: Independently Published.

41. Зейналян, А.М. (2022). Природне відновлення лісотвірних порід у усихаючих ялинниках Горган (Українські Карпати). *Scientific Collection «InterConf» (112): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Scientific Progressive Methods and Tools», (June 16-18, 2022)*, 286-289. Riga, Latvia: Avots.

42. Іванюк, А.П. (1995). *Природа вітровалів та їх вплив на продуктивність лісу в гірських і передгірських умовах Українських Карпат* : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.00.20. Львів, УкрДЛТУ.

43. Калінін, М.І., Калущкий, І.Ф., & Іванюк, А.П. (1997). *Вітровали в гірських та передгірських регіонах Українських Карпат*. Львів: Манускрипт.

44. Калущкий, І.Ф. (1998). *Вітровали на північно-східному мегасхилі в Українських Карпатах*. Львів: Манускрипт.

45. Калуцький, І.Ф. (2005). Лісівничо-екологічна суть вітровалів та методологія їх пізнання. *Наукові основи ведення сталого лісового господарства : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, 129-132. Івано-Франківськ.
46. Калуцький, І.Ф., & Олійник, В.С. (2007). *Стихійні явища в гірськолісових умовах Українських Карпат (вітровали, наводки, ерозія ґрунту)*. Львів: Камула.
47. Кирилюк, М.І. (1998). Водорегулююча роль лісу Українських Карпат. *Науковий вісник Чернівецького університету: Географія*, 31, 3-8.
48. Кияк, В., Данилик, І., Шпаківська І., ... Рабик І. (2022). *Збереження біорізноманіття у гірських і рівнинних регіонах України в умовах кліматичних змін*. Львів: Простір-М.
49. Клапчук, В.М., Геник, В.А., & Киселюк, О.І. (1993). Умови виникнення вітровалів у Карпатах. *Лісовий журнал*, 1, 9-10.
50. Козловський, М.П. (2006). Стовбурові нематоди як чинник зниження стійкості та всихання смереки. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 30, 321-326.
51. Козловський, М.П., Крамарець, В.О., & Целень, Я.П. (2013). Сучасні тенденції та причини всихання лісостанів ялини європейської в Бескидському регіоні й шляхи покращення їхнього санітарного стану. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*, 4(11), №1, 167-180.
52. Козловський, М.П. (2016). Стовбурова нематода *Bursaphelenchus mucronatus* як чинник всихання хвойних дерев у Карпатах і Поліссі. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 14, 185-190.
53. Копій, Л.І. (2002). Екологічні принципи оптимізації лісистості в районі Карпат. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 12(4), 31-39.
54. Король, М.М. (2004). *Особливості формування ялинових деревостанів у Горганах (Українські Карпати)* : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.02. Київ, Національний аграрний університет.
55. Крамарець, В.О. (2008). Природне поновлення в ялинових лісостанах заповідного урочища "Маківка". *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 6, 78-81.

56. Крамарець, В.О., & Криницький, Г.Т. (2009). Оцінка стану та ймовірних загроз виживанню ялинових лісів Карпат у зв'язку із змінами клімату. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19(15), 38–50.
57. Крамарець, В.О., & Мацяк, І.П. (2018). Роль біотичних чинників у всиханні ялиників Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 17, 121-132.
58. Крамарець, В.О. (2021). *Ялиники Українських Карпат: стан та підвищення біотичної стійкості*: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.03. Львів, НЛТУ України.
59. Криницький, Г.Т. (2003). Стан лісів Українських Карпат, екологічні проблеми та перспективи. *Праці Наукового товариства ім. Т.Г. Шевченка*, т. XII, 54-65.
60. Криницький, Г.Т. (2005). Критична ситуація в смерекових лісах. *Лісовий і мисливський журнал*, 4, 17-19.
61. Криницький, Г.Т., Калущий, І.Ф., Гаврусевич, А.М., & Іванюк, А.П. (2006). Чинники формування вітровалів та підвищення біологічної стійкості насаджень у зоні впливу рекреаційного комплексу "Буковель". *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 32, 20-27.
62. Криницький, Г.Т., & Крамарець, В.О. (2009). Система лісівничих заходів щодо ліквідації наслідків масового всихання ялиників у буково-ялицевих типах лісу Карпат. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 115, 256-260.
63. Криницький, Г.Т., & Лавний, В.В. (2012). Плентервальд і Даурервальд як основа наближеного до природи лісівництва. *Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем : тези 62-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2011 році*, 73-75.
64. Криницький, Г.Т., Лавний, В.В., & Целень, Я.П. (2021). Вибіркова система лісогосподарювання – теорія, практика і перспективи для України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*.

Серія: лісівництво та декоративне садівництво, 171, 38-48.

65. Криницький, Г.Т., Лавний В.В., Мазепа В.Г., Копій, Л.І., Дебринюк, Ю.М., Лісовий М.М., & Лентяков В.В. (2024). *Лісівництво. Українсько-англійський термінологічний словник*. Львів: Манускрипт.

66. Лавний, В.В. (2007). Вплив орографічних і лісівничих факторів на вітровали лісу в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України, 17(3), 48-53.*

67. Лавний, В.В., & Сухарюк, Д.Д. (2007). Особливості вітровалів та буреломів лісу в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України, 17(7), 65-70.*

68. Лавний, В.В. (2009). Сильні вітри в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України, 19(14), 239-246.*

69. Лавний, В.В., & Шніцлер, Г. (2014). Досвід проведення рубок переформування в ялинових лісах Німеччини. *Наукові праці Лісівничої академії наук України, 12, 73-78.*

70. Лавний, В.В., & Дичкевич, В.М. (2017). Лісівничо-таксаційна оцінка лісів Горган. *Наукові праці Лісівничої академії наук України, 15, 19-26.*

71. Лавний, В.В., & Пелюх, О.Р. (2019). Поширення та аналіз стану похідних ялинових деревостанів в Українських Карпатах. *Наукові праці лісівничої академії наук України, 19, 60-67.*

72. Лавний, В.В. (2021). *Лісівничо-екологічні засади відновлення корінних деревостанів на вітровальних ділянках в Українських Карпатах*. Львів: Галицька Видавнича Спілка.

73. Лавний, В.В., Матусевич, О.Б., & Шпатгельф, П. (2021). Перші мартелоскоп-стаціонари в лісах України. *Актуальні питання використання та збереження природних ресурсів прикордонних територій України і Польщі: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, (Львів, 11 травня 2021 р.), 50-52.* Львів: СПОЛОМ.

74. Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2022). Праліси Українських Карпат як лабораторія для наближеного до природи лісівництва. *Університети як осередки сталості та екологізації освіти: матеріали науково-практичного семінару, 38-40.* Львів: НЛТУ України.

75. Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2022) Типологічна структура і продуктивність ялинових лісів Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 66-78.
76. Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2023). Динаміка таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 98-112. <https://doi.org/10.15421/412307>
77. Лакида, П.І. (2002). *Фітомаса лісів України*. Тернопіль: Збруч.
78. Лакида, П.І., & Володимиренко, В.М. (2008). *Штучні ялинові деревостани Українських Карпат – прогноз росту та продуктивності*. Київ: ННЦ «Інститут аграрної економіки».
79. Лакида, П.І., Василюшин, Р.Д., Матушевич, Л.М., & Зібцев, С.В. (2009). Енергетичне використання біомаси лісів України в умовах глобальних змін клімату. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19(14), 18-22.
80. Лакида, П.І., Карпук, А.І., & Василюшин, Р.Д. (2017). Економічні та екологічні виклики змін клімату для лісів східноєвропейської частини середньопшотної зони. *Науковий вісник НЛТУ України*, 27(8), 97-100.
81. Левченко, В.В., & Рошнівський, Б.В. (2010). Природне поновлення лісу під пологом букових насаджень Українських Карпат. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: лісівництво та декоративне садівництво*, 147, 138-148.
82. Ліпінський, В.М., Дячук, В.Д., Бабіченко, Б.М., Бондаренко, З.С., & Рудішина, С.Ф. (2003). *Клімат України*. Київ: Вид-во Раєвського.
83. Ліпінський, В.М., Осадчий, В.І., & Бабіченко, В.М. (2007). Активізація стихійних метеорологічних явищ на території України – прояв глобальних змін клімату. *Український географічний журнал*, 2, 11-20.
84. *Лісовий кодекс України* (1994). Введено в дію Постановою ВР N 3853-12 від 21.01.94. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text>
85. Логвинов, К.Т., Раевский, А.Н., & Айзенберг, М.М. (1973). *Опасные гидрометеорологические явления в Украинских Карпатах*. Л.: Гидрометеиздат.

86. Лосюк, В.П., Погрібний, О.О., Томич, М.В., Часковський, О.Г., Ванджурак, П.І., & Дебринюк, Ю.М. (2021). Стан і структура природних ялинових лісів Покутських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 22, 52-67.
87. Лукашук, Г.Б. (2003). Лісовідновні процеси на зрубках Горган. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 13(3), 240-245.
88. Лукашук, Г.Б. (2007). Популяційна стратегія видів та її вплив на формування рослинних угруповань на зрубках Горган. *Науковий вісник НЛТУ України*, 17(7), 76-81.
89. Мазепа, В.Г., & Шишканинець, І.Ф. (2013). Тенденції до зміни клімату на фоні циклічних коливань активності Сонця в районі верхньої течії річки Латориця. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(5), 88-94.
90. Малиновський, А.К. (2002). Темнохвойний флороценотип Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 1, 84-88.
91. Малиновський, А.К., & Малиновський, К.А. (2003). Антропогенні зміни верхньої межі смерекових і букових лісів у Карпатах. *Зелені Карпати*, 1-2, 49-50.
92. Матусевич, О.Б. (2022). Лісівнича характеристика і таксаційна оцінка ялинових деревостанів північно-східного макросхилу Українських Карпат у панівних типах лісу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(5), 28-35. <https://doi.org/10.36930/40320504>
93. Матусевич, О.Б. (2023). Санітарний стан ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Матеріали 73-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2022-2023 роках*, 79-82. Львів: РВВ НЛТУ України.
94. Матусевич, О.Б., & Лавний, В.В. (2023). Типологічна різноманітність ялинових лісів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Секція 2: Післявоєнне відновлення рослинних ресурсів та екологічна безпека країни (м. Київ, 25 травня, 2023 р.)*, 392-393.

95. Миклуш, С.І., Вицега, Р.Р., & Гриник, Г.Г. (2004). Горизонтальна структура смерекових деревостанів Українських Карпат. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 14(5), 297-305.
96. Миклуш, С.І., Король, М.М., & Миклуш, Ю.С. (2014). Форма та продуктивність старовікових ялинових деревостанів Горган. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 12, 154-158.
97. Олійник, В.С. (2000). Методичні особливості вивчення і оцінки гідрологічної ролі гірських лісів Карпат. *Науковий вісник НАУ. Серія: лісівництво*, 25, 159-166.
98. Олійник, В.С. (2008). *Водоохоронно-захисна роль гірських лісів Українських Карпат, їх антропогенні зміни та шляхи оптимізації* : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.03. Львів, НЛТУ України.
99. Олійник, В.С. (2010). Основні результати 50-річних стаціонарних експериментальних лісогідрологічних досліджень у Карпатах. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 8, 38-45.
100. Олійник, В.С. (2012). Процеси формування водного режиму ялинових лісів Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22(1), 9-14.
101. Олійник, В.С. (2013). *Гідрологічна роль лісів Українських Карпат*. Івано-Франківськ: НАІР.
102. Олійник, В.С., & Рак, А.Ю. (2016). Суцільні та часткові вітровали лісу в Горганах (на прикладі ДП «Вигодське ЛГ»). *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(5), 8-15.
103. Олійник, В.С., & Рак, А.Ю. (2018). Шляхи посилення захисних властивостей і стійкості лісів Скибових Горган. *Науковий вісник НЛТУ України*, 28(5), 9-14.
104. Олійник, В.С., & Зейналян, А.М. (2020). Висотно-поясні особливості всихання ялинників на північно-східному мегасхилі Українських Карпат. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 136. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.19>
105. Олійник, В.С., & Зейналян, А.М. (2020). Лісівничо-таксаційні особливості всихання ялинових насаджень у басейні річки Бистриця Солотвинська. *Науковий вісник НЛТУ України*, 30(3), 9-12. <https://doi.org/10.36930/40300301>

106. Олійник, В.С., & Ткачук, О.М. (2021). *Захисна роль лісів Передкарпаття*. Івано-Франківськ: НАІР.
107. Олійник, В.С., & Зейналян, А.М. (2021). Основні чинники всихання ялиників на північно-східному мегасхилі Українських Карпат. *Лісівнича наука: стан, проблеми, перспективи розвитку: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, (м. Харків, 23-24 червня, 2021р.)*, 56-58. Харків: УкрНДІЛГА.
108. Ониськів, Н.И., Гаврусевич, А.Н., & Гниденко, В.И. (1987). *Особенности создания лесных культур в Карпатах*. Киев: УСХА.
109. Оптимальні системи, методи і способи лісовідновлення в розрізі лісових формацій Українських Карпат (2011). *Наукові основи збалансованого ведення лісового господарства в Карпатському регіоні*, 92-104. Івано-Франківськ.
110. Осадчий, В.І. & Бабіченко, В.М. (2012). Динаміка стихійних метеорологічних явищ в Україні. *Український географічний журнал*, 4, 8-14.
111. Остапенко, Б.Ф. & Герушинский, З.Ю. (1975). Типологический анализ лесов. *Экология*, 3, 36-41.
112. Паламарчук, Л.В., Гнатюк, Н.В., Краковська, С.В., Шедеменко, І.П., & Дюкель, Г.О. (2010). Сезонні зміни клімату в Україні в ХХІ столітті. *Наукові праці УкрНДГМІ*, 259, 104-120.
113. Парпан, В.І., & Олійник, В.С. (2009). Паводкорегулювальна роль гірських лісів Карпат та шляхи їх оптимізації. *Екологія та ноосферологія*, т. 20(1-2), 121-127.
114. Парпан, В.І., Парпан, Т.В. (2008). Основні принципи сучасної парадигми гірського лісознавства та лісівництва Українських Карпат. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 114, 7-12.
115. Парпан, В.І., Шпарик, Ю.С., Слободян, П.Я., Парпан, Т.В., Коржов, В.Л., Бродович, Р.І., & Чебан, І.Д. (2014). Особливості ведення лісового господарства в похідних ялиниках Українських Карпат. *Наукові праці лісівничої академії наук України*, 12, 20-28.
116. Парпан, Т.В. (2008). Стабільність природних чистих ялинових лісів в

Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 18(7), 91-96.

117. Пителин, А.И. (1967). *Особенности роста и текущий прирост ельников разной густоты в Закарпатье*: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Брянск, Брянский технологический институт.

118. Пителин, А.И. (1976). Продуктивность еловых лесов Карпат. *Лесное хозяйство*, 7, 23-25.

119. Погребняк, П.С. (1993). *Лісова екологія і типологія лісів: вибрані праці*. Київ: Наукова думка.

120. *Порядок здійснення лісовпорядкування* (2023). Постанова Кабінету Міністрів України № 112 від 7 лютого 2023 р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/112-2023-%D0%BF#Text>

121. *Правила відтворення лісів* (2007). Постанова Кабінету Міністрів України № 303 від 1 березня 2007 р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/303-2007-%D0%BF#Text>

122. *Правила поліпшення якісного складу лісів* (2007). Постанова Кабінету Міністрів України № 724 від 12 травня 2007 р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/724-2007-%D0%BF#Text>

123. *Правила рубок головного користування в гірських лісах Карпат* (2008). Постанова Кабінету Міністрів України № 929 від 22 жовтня 2008 р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/929-2008-%D0%BF#Text>

124. Приходько, Н.Ф., Парпан, Т.В., Ткачук, О.М., Приходько, М.М. (2020). Радіальний приріст ялини європейської (*Picea abies* L.) в осередку її всихання (Горгани, Українські Карпати). *Науковий вісник НЛТУ України*, 30(3), 41-46.

125. *Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання* (2006). СОУ 02.02.-37-476:2006. Чинний від 2007-05-01. Київ: Мінагрополітики України.

126. Пукман, В.В., & Гриник, Г.Г. (2010). Моніторинг ялинових деревостанів: дослідження зв'язків між лісівничо-таксаційними і кліматичними чинниками та їх вплив на санітарний стан. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20(1), 51-63.

127. Рак, А.Ю., & Олійник, В.С. (2016). Закономірності поширення всихання ялинових насаджень у Горганах. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 129, 175-180.

128. *Рамкова Конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат*. Конвенцію ратифіковано Законом № 1672-IV (1672-15) від 07.04.2004 р. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_164#Text
129. *Рекомендації з ведення лісового господарства в похідних ялинниках Українських Карпат*. (2013). Івано-Франківськ: УкрНДГірліс.
130. Рижило, Л.Є., & Гербут, Ф.Ф. (1996). Основні напрямки ведення господарства в похідних ялинових насадженнях Карпат. *Науковий вісник УкрДЛТУ: Лісівницькі дослідження в Україні*, 5, 162-166.
131. Сабан, Я.А. (1982). *Экология горных лесов*. Москва: Лесн. пром-сть.
132. Сабан, Я.А. (1988). *Продуктивность и возобновление леса в горных условиях*. Львов: Вища школа.
133. Сабан, Я.О. & Чорний О.С. (1974). Хід росту ялинових монокультур Карпат. *Підвищення ефективності лісових підприємств*, 18-22. Львів: Каменяр.
134. *Санітарні правила в лісах України* (2016). Постанова Кабінету Міністрів України № 756 від 26 жовтня 2016 р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/756-2016-%D0%BF#Text>
135. Слободян, П.Я. (2010). Обґрунтування необхідності збільшення площ корінних ялинників Івано-Франківської області. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20(9), 51-55.
136. Слободян, П.Я. (2012). Вплив лісогосподарських заходів на стан ялинників Карпат. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 120, 143-148.
137. Слободян, П.Я. (2012). Проблеми похідних ялинників Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22(10), 45-50.
138. Слободян, Я.М., Шпильчак, Т.Г., & Слободян, П.Я. (1999). Вплив мікроклімату на розвиток осередків всихання ялинових лісів Карпат. *Науковий вісник УкрДЛТУ : лісівницькі дослідження в Україні*, 9(10), 193-197.
139. Слободян, Я.М., & Слободян, П.Я. (2009). Короїди та їхня роль в усиханні похідних ялинників, уражених кореневою губкою. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19(9), 58-62.
140. Стойко, С.М. (1993). Наслідки антропогенної трансформації лісових

- екосистем Карпат та шляхи елімінації шкідливих екологічних процесів. *Український ліс*, 2, 11-17.
141. Стойко, С.М. (1993). Підвищення стійкості лісових екосистем проти вітровалів та сніголомів. *Природа Карпатського національного парку*, 178-186. Київ: Наукова думка.
142. Стойко, С.М. (1993). Чисті смерекові ліси. *Природа Карпатського національного парку*, 99-103. Київ: Наукова думка.
143. Стойко, С.М. (2004). Типи верхньої межі лісу в Українських Карпатах, її охорона та заходи ренутарізації. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 95-101.
144. Стойко, С.М. (2006). Екологічні засади формування в Україні лісів, наближених до природних фітоценозів. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 150-річчю витоків кафедри лісівництва НЛТУ України*, 84-86. Львів: РВВ НЛТУ України.
145. Стойко, С.М. (2009). Потенційні екологічні наслідки глобального потепління клімату в лісових формаціях Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19(15), 214-224.
146. Стойко, С.М. (2011). Вплив глобальної зміни клімату на лісові формації Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 9, 21-28.
147. Ткач, В.П., & Букша, І.Ф. (2018). Стратегічні напрямки адаптації до зміни клімату в лісовому господарстві України. *Основні проблеми й тенденції подальшого розвитку лісового господарства в Українських Карпатах: матеріали науково-практичної конференції*, 41-49. Івано-Франківськ: НАІР.
148. Третяк, П., & Червневий, Ю. (2018). *Ріст дерев карпатських лісів (у басейні річки Дністер)*. Львів: Львівська політехніка.
149. Тышкевич, Г.Л. (1962). *Еловые леса Советских Карпат*. Москва: АН СССР.
150. Фізик, І.В., & Копій, Л.І. (2013). Лісівничо-екологічні засади ведення лісового господарства у смерекових лісах Закарпаття. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 11, 102-105. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nplanu_2013_11_17
151. Фурдичко, О.І. (1994). Проблеми смерекових лісів у Карпатах. *Лісовий*

журнал, 4, 6.

152. Фурдичко, О.І. (2002). *Карпатські ліси: проблеми екологічної безпеки і сталого розвитку*. Львів: Біблос.
153. Ходот, Г.А. (1958). Хід росту карпатських ялиників. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України, 35. Київ.
154. Ходот, Г.А. (1959). Исследование хода роста карпатских ельников: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Киев, Украинская сельскохозяйственная академия.
155. Хомюк, П.Г., Лавний, В.В., Гаврилюк, С.А., Матусевич, О.Б., & Савчин, В.М. (2023). Динаміка площ і таксаційних показників ялинових деревостанів Українських Карпат. *Матеріали 73-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2022-2023 роках*, 116-119. Львів: РВВ НЛТУ України.
156. Цилюрик, А.В., & Шевченко, С.В. (1989). *Грибы лесных биоценозов*. Киев: Вища школа.
157. Цилюрик, А.В., & Шевченко, С.В. (2008). *Лісова фітопатологія*. – Київ: КВІЦ.
158. Цурик, Е.И. (1976). К вопросу о типах роста карпатских ельников. *Лесной журнал*, 1, 10-15.
159. Цурик, Е.И. (1978). Особенности роста и динамика товарности условно-разновозрастных карпатских ельников. *Лесной журнал*, 3, 138-143.
160. Цурик, Е.И. (1981). *Ельники Карпат: строение и продуктивность*. Львов: Вища школа.
161. Цурик, Є.І. (1993). *Використання нормативів для таксації лісів Карпат*. Львів: ЛЛТІ.
162. Черневий, Ю.І. (2011). Особливості структури лісового покриву середньогірного ландшафту Горган (Українські Карпати). *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 11, 70-73.
163. Чернявський, М.В., Швіттер, Р., & Ковалишин, Р.В. (2006). *Наближене до природи лісівництво в Українських Карпатах*. Львів: Піраміда.

164. Швиденко, А.З., Савич, Ю.Н., Строчинский, А.А., Поляков, В.К., & Канунников, Н.Е. (1987). *Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии*. Киев: Урожай.
165. Швиденко, А.З., Букша, І.Ф., Краковська, С.В. (2018). *Уразливість лісів України до змін клімату*. Київ: Ніка Центр.
166. Шпарик, Ю.С., Парпан, Т.В., Слободян, П.Я., Савчин, Т.І., & Буній, В.Я. (2013). Всихання ялиників на північно-східному мегасхилі Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(5), 141-147.
167. Шпарик, Ю.С. (2019). Прогноз всихання ялиників в Українських Карпатах за типами лісу. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 19, 79-88. <https://doi.org/10.15421/411929>
168. Шпарик, Ю.С., Криницький, Г.Т. & Дебринюк, Ю.М. (2020). Тенденції динаміки типів лісорослинних умов і породного складу деревостанів Українських Карпат у зв'язку зі змінами клімату. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 20, 82-92.
169. Шпарик, Ю.С., & Парпан, Т.В. (2020). Тенденції всихання ялиників Українських Карпат на прикладі вологої буково-ялицевої суsumerечини. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 136, 37-45. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.37>
170. Шпатгельф, П., Лавний, В.В., & Матусевич, О.Б. (2021). Integrate+ як інструмент збереження біорізноманіття у лісах. *Матеріали 71-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2020-2021 роках*, 76-79. Львів: РВВ НЛТУ України.
171. Шпильчак, М.Б. (1984). *Еловые леса Черногоры (Восточные Карпаты), повышение их устойчивости и продуктивности*: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. Харьков, УкрНИИЛХА.
172. Base, R., Hofmeister, J., Vitkova, L., Brabec, M., Begovic, K., ... Svoboda M. (2023). Response of habitat quality to mixed severity disturbance regime in Norway spruce forests. *Journal of Applied Ecology*, 60, 1352-

1363. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14409>

173. Bergh, J., Nilsson, U., Allen, H.L., Johansson, U., & Fahlvik, N. (2014). Long-term responses of Scots pine and Norway spruce stands in Sweden to repeated fertilization and thinning. *Forest Ecology and Management*, 320, 118-128.

174. Bolte, A., Ammer, C., Lof, M., Madsen, P., Nabuurs, G.-J., Schall, P., Spathelf, P., ... Rock, J. (2009). Adaptive forest management in central Europe: climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24(6), 473-482.

175. Bowditch, E., Santopuoli, G., Binder F., del Rio M., la Porta N., Kluvankova T., Lesinski, J., ... Motta, R. (2020). What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe. *Ecosystem Services*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101113>

176. Brang, P.(1998). Early seedling establishment of *Picea abies* in small forest gaps in the Swiss Alps. *Canadian Journal of Forest Research*, 28(4), 626-639. <https://doi.org/10.1139/x98-035>

177. Brang, P. (2008). Klimawandel als waldbauliche Herausforderung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 159(10), 362-373. <https://doi.org/10.3188/szf.2008.0362>

178. Brang, P., Spathelf, P., ... Larsen, J.B. (2014). Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry*, 87(4), 492-503. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu018>

179. Bürgi, A., & Brang, P. (2001). Das Klima ändert sich – Wie kann sich der Waldbau anpassen? *Wald und Holz*, 3, 43-46.

180. Caudullo, G., Tinner, W., & de Rigo, D. (2016). *Picea Abies in Europe: Distribution, Habitat, Usage and Threats*. European Atlas of Forest Tree Species: Luxembourg.

181. Butler, P.G., Richardson, C.A., Scourse, J.D., Witbaard, R., Schone, B.R., Fraser, N.M., Wanamaker A.D., Bryant, Jr., C.L., Harris, I., ... Robertson, I. (2009). Accurate increment identification and the spatial extent of the common signal in five *Arctica islandica* chronologies from the Fladen Ground, northern North Sea.

Paleoceanography and Paleoclimatology, 24(2), PA2210,
<https://doi.org/10.1029/2008PA001715>

182. Čermák, P., Rybníček, M., Žid T., Andreassen, K., Børja, I., & Kolář, T. (2017). Impact of climate change on growth dynamics of Norway spruce in south-eastern Norway. *Silva Fennica*, 51(2). <https://doi.org/10.14214/sf.1781>

183. Čermák, P., Rybníček, M., & Žid, T. (2019). Site and age-dependent responses of *Picea abies* growth to climate variability. *European Journal of Forest Research*, 138, 445-460. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01182-6>

184. EUFORGEN (2013). *Distribution map of Norway spruce (Picea abies)*. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), European Forest Institute, Barcelona, Spain.

185. Felton, A., Nilsson, U., Sonesson, J., Felton, A. M., Roberge, J.-M., Ranius, T., ... Kristina Wallertz. (2016). Replacing monocultures with mixed-species stands: Ecosystem service implications of two production forest alternatives in Sweden. *The Royal Swedish Academy of Sciences, Ambio*, 45 (Suppl. 2), 124-139. <http://doi.org/10.1007/s13280-015-0749-2>

186. Gminska-Nowak, B., Tiwari, A., & Wazny, T. (2022). Gönpa Gang – The First Application of Dendrochronological Dating to Study the Traditional Architecture of Upper Mustang (Nepal). *Forests*, 13(1), 95. <https://doi.org/10.3390/f13010095>

187. Gordeeva, E., Weber, N., & Wolfslehner, B. (2022). The New EU Forest Strategy for 2030 – An Analysis of Major Interests. *Forests*, 13(9), 1503. <https://doi.org/10.3390/f13091503>

188. Guz, M.M. (2009). Current state of spruce stands in Ukrainian Carpathians. *Dendrology*, 61, 33-38.

189. Hilmers, T. Avdagić, A., Bartkowicz, L., Bielak, K., Binder, F., Bončina, ..., Pretzsch, H. (2019). The productivity of mixed mountain forests comprised of *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, and *Abies alba* across Europe. *An International Journal of Forest Research*, 92 (5), 512-522. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz035>

190. Jansen, S., Konrad, H. & Geburek, T. (2017). The extent of historic translocation of Norway spruce forest reproductive material in Europe. *Annals of Forest Science* 74,

56. <https://doi.org/10.1007/s13595-017-0644-z>
191. Kholiavchuk, D., Gurgiser, W., & Mayr, S. (2024). Carpathian Forests: Past and Recent Developments. *Forests*, *15*(1), 65. <https://doi.org/10.3390/f15010065>
192. Kölling, C., Zimmermann, L., & Walentowski, H. (2007). Klimawandel: Was geschieht mit Buche und Fichte? *Allg. Forst und Jagdztg*, *178*, 584-588.
193. Koprowski, M., & Zielski, A. (2006). Dendrochronology of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from two range centres in lowland Poland. *Trees*, *20*(3), 383-390. <https://doi.org/10.1007/s00468-006-0051-9>
194. Kramarets, V., & Matsiakh, I. (2018). The role of biotic factors in spruce decline in the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the forestry academy of sciences of Ukraine*, *17*, 121-132. <https://doi.org/10.15421/411827>
195. Krejza, J., Cienciala, E., Světlík, J., Bellan, M., Noyer, E., Horáček, P., ... Marek, M.V. (2021). Evidence of climate-induced stress of Norway spruce along elevation gradient preceding the current dieback in Central Europe. *Trees* *35* (1), 103-119. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-02022-6>
196. Lamedica, S., Lingua, E., Popa, I., Motta, R., & Carrer, M. (2011). Spatial Structure in Four Norway Spruce Stands with Different Management History in the Alps and Carpathians. *Silva Fennica*, *45*(5), 865-873.
197. Larsen, J.B., Angelstam, P., & Bauhus, J. (2022). Closer-to-Nature Forest Management. *From Science to Policy*, *12*. European Forest Institute, Joensuu, Finland. <https://doi.org/10.36333/fs12>
198. Máliš F., Konôpka B., Šebe V., Pajtík J., Merganičová K. 2021. Short-Term Dynamics of Vegetation Diversity and Aboveground Biomass of *Picea abies* (L.) H. Karst. 2021. Forests after Heavy Windstorm Disturbance. *Forests* *12*(1): 97. DOI: 10.3390/f12010097
199. Mohr, J., Thom, D., Hasenauer, H., & Seidl, R. (2024). Are uneven-aged forests in Central Europe less affected by natural disturbances than even-aged forests? *Forest Ecology and Management*, *559*, 121816. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121816>
200. Ott, E., Frehner, M., Frey, H.-U., & Lüscher, P. (1997). *Gebirgsnadelwälder. Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung*. Bern, Stuttgart,

Wien: Haupt.

201. Poliakova, L., & Abruscato, S. (2023). *Supporting the recovery and sustainable management of Ukrainian forests and Ukraine's forest sector*. FOREST EUROPE, Bonn, Germany.

202. Popa, A., Popa, I., Roibu, C.-C., & Badea, O.N. (2022). Do Different Tree-Ring Proxies Contain Different Temperature Signals? A Case Study of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) in the Eastern Carpathians. *Plants*, 11(18), 2428. <https://doi.org/10.3390/plants11182428>

203. Pretzsch, H., Biber, P., Uhl, E., & Dauber, E. (2015). Long-term stand dynamics of managed spruce–fir–beech mountain forests in Central Europe: structure, productivity and regeneration success. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 88(4), 407–428. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpv013>

204. Rigling, A., Brang, P., ... Bugmann, H. (2008). Klimawandel als Prüfstein für die Waldbewirtschaftung. *Schweizerische Zeitschrift Fur Forstwesen*, 159(10), 316-325.

205. Rybníček, M., Čermák, P., Žid, T., & Kolář, T. (2010). Radial growth and health condition of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in relation to climate (Silesian Beskids, Czech Republic). *Geochronometria*, 36, 9-16. <https://doi.org/10.2478/v10003-010-0017-1>

206. Saražin, J., Resente, G.A., Balzano, A., De Luis, M., Merela, M., & Čufar, K. (2018). Dendrochronology of sessile oak (*Quercus petraea*) on the transition between the sub-Mediterranean and temperate Continental climatic zones in Slovenia. *Les/Wood*, 67(2), 5-20. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2018.v67n02a01>

207. Semenova, I., & Vicente-Serrano, S.M. (2024). Long-term variability and trends of meteorological droughts in Ukraine. *International Journal of Climatology*, 44(6), 1849-1866. <https://doi.org/10.1002/joc.8416>

208. Soshenskyi, O., Zibtsev, S., Gumeniuk, V., Goldammer, J.G., Vasylyshyn, R. & Blyshchik, V. (2021). The current landscape fire management in Ukraine and strategy for its improvement. *Environmental & Socio-economic Studies*, 9(2), 39-51. <https://doi.org/10.2478/enviro-2021-0009>

209. Sopushynskyy, I., Kharyton, I., Teischinger, A., Mayevskyy, V., & Hrynyk, H.

- (2016). Wood density and annual growth variability of *Picea abies* (L.) Karst. growing in the Ukrainian Carpathians. *European Journal of Wood and Wood Products*, 75(3), 419-428. <https://doi.org/10.1007/s00107-016-1079-1>
210. Spathelf, P. (2009). Sustainable Forest Management in a Changing World: a European Perspective. Berlin: Springer Verlag. *Series: Managing Forest Ecosystems*, 19.
211. Spathelf, P., Lavnyy, V., Matysevych, O., & Danchuk, O. (2024). German-Ukrainian Efforts Towards Building Climate-Resilient Forests in Western Ukraine – First Results of Alternative Regeneration Systems. *South-east European forestry*, 15(1). <https://doi.org/10.15177/seefer.24-04>
212. Speer, J.H. (2009). *Fundamentals of Tree-Ring Research*. Springer.
213. Spiecker, H., & Kahle, H.-P. (2023). Climate-driven tree growth and mortality in the Black Forest, Germany – Long-term observations. *Global Change Biology*, 29(20), 5908-5923. <https://doi.org/10.1111/gcb.16897>
214. Spînu, A.P., Petrit, I.C., Mikoláš, M., Janda, P., Vostarek, O., Cada, V., Svoboda, M. (2020). Moderate-to High-Severity Disturbances Shaped the Structure of Primary *Picea Abies* (L.) Karst. Forest in the Southern Carpathians. *Forests* 11(12), 1315. <https://doi.org/10.3390/f11121315>
215. Sproull, G.J., Adamus, M., Bukowski, M., Krzyżanowski, T., Szewczyk, J., Statwick, J., & Szwagrzyk, J. (2015). Tree and stand-level patterns and predictors of Norway spruce mortality caused by bark beetle infestation in the Tatra Mountains. *Forest Ecology and Management*, 354, 261-271. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.006>
216. Stadelmann, G., Bugmann, H., Meier, F., Wermelinger, B., & Bigler, C. (2013). Effects of salvage logging and sanitation felling on bark beetle (*Ips typographus* L.) infestations. *Forest Ecology and Management*, 305, 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.003>
217. Svoboda, M., Janda, P., Bace, R., Fraver, S., Nagel, T.A., Rejzek, J., Mikolas, M., Douda, J., Boublik, K., Samonil, K., Cada, V., Trotsiuk, V., Teodosiu, M., Bouriaud, O., Biris, A.I., Sykora, O., Uzel, P., Zelenka, J., Sedlak, V., ... Lehejcek, J. (2014).

Landscape-level variability in historical disturbance in primary *Picea abies* mountain forests of the Eastern Carpathians, Romania. *Journal of Vegetation Science*, 25, 386-401. <https://doi.org/10.1111/jvs.12109>

218. Synek, M., Janda, P., Mikoláš, M., Nagel, T.A., Schurman, J.S., ... Svoboda, M. (2020). Contrasting patterns of natural mortality in primary *Picea* forests of the Carpathian Mountains. *Forest Ecology and Management* 457. 117734. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117734>

219. Trotsiuk, V., Svoboda, M., Janda, P., Mikolas, M., Bace, R., Rejzek, J., Samonil, P., Chaskovskyy, O., Korol, M., & Myklush, S. (2014). A mixed severity disturbance regime in the primary *Picea abies* (L.) Karst. forests of the Ukrainian Carpathians. *Forest Ecology and Management*, 334, 144-153.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.09.005>

220. Valkonen, S., Giacosa, L. A., Heikkinen, J. (2020). Tree mortality in the dynamics and management of uneven-aged Norway spruce stands in southern Finland. *European Journal of Forest Research*, 139, 989-998. <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01301-8>

221. Vanomsen, P. (2006). *Der Einfluss der Durchforstung auf die Verankerung der Fichte hinsichtlich ihrer Sturmresistenz*. Zürich: ETH.

222. Verkerk, P.J., Delacote, P., Hurmekoski, E., Kunttu, J., Matthews, R., Mäkipää, R., Mosley, F., Perugini, L., Reyer, C., Roe, S., & Trømborg, E. (2022). Forest-based climate change mitigation and adaptation in Europe. *From Science to Policy*, 14. European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/fs14>

223. Vyshnevskiy, V.I., & Donich, O.A. (2021). Climate change in the Ukrainian Carpathians and its possible impact on river runoff. *Acta Hydrologica Slovaca*, 22(1), 3-14. <https://dx.doi.org/10.31577/ahs-2021-0022.01.0001>

224. Wermelinger, B. (2004). Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202(1-3), 67-82. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.018>

225. Wilson, L., New, S., Daron, J., & Golding, N. (2021). Climate change impacts for Ukraine. Exeter, Devon, UK: Met Office.

https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/services/government/met-office_climate-change-impacts-for-ukraine_report_08dec2021_english.pdf

226. Yue, C., Kahle, H.-P., Klädtke, J., & Kohnle, U. (2023). Forest stand-by-environment interaction invalidates the use of space-for-time substitution for site index modelling under climate change. *Forest Ecology and Management*, 527, 120621. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120621>

227. Zibtsev, S.V., Soshenskyi, O., Myroniuk, V., & Gumeniuk, V. (2020). Wildfire in Ukraine: An Overview of Fires and Fire Management System. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11(2), 15-31. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.015>

ДОДАТКИ

Категорії санітарного стану дерев на пробних площах

Таблиця А.1

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 1

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	3	4	0	1	4	6	18	3,9
12	8	4	1	4	5	22	44	4,4
16	7	8	3	2	2	22	44	4,1
20	14	13	0	1	2	7	37	2,6
24	28	9	3	2	2	3	47	1,9
28	27	6	2	0	1	1	37	1,5
32	31	1	0	0	2	0	34	1,3
36	19	2	6	0	0	0	27	1,5
40	7	0	2	0	0	0	9	1,4
44	8	1	1	0	0	0	10	1,3
48	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	153	48	18	10	18	61	308	2,59
Відсотків	49,8	15,6	5,8	3,2	5,8	19,8	100	

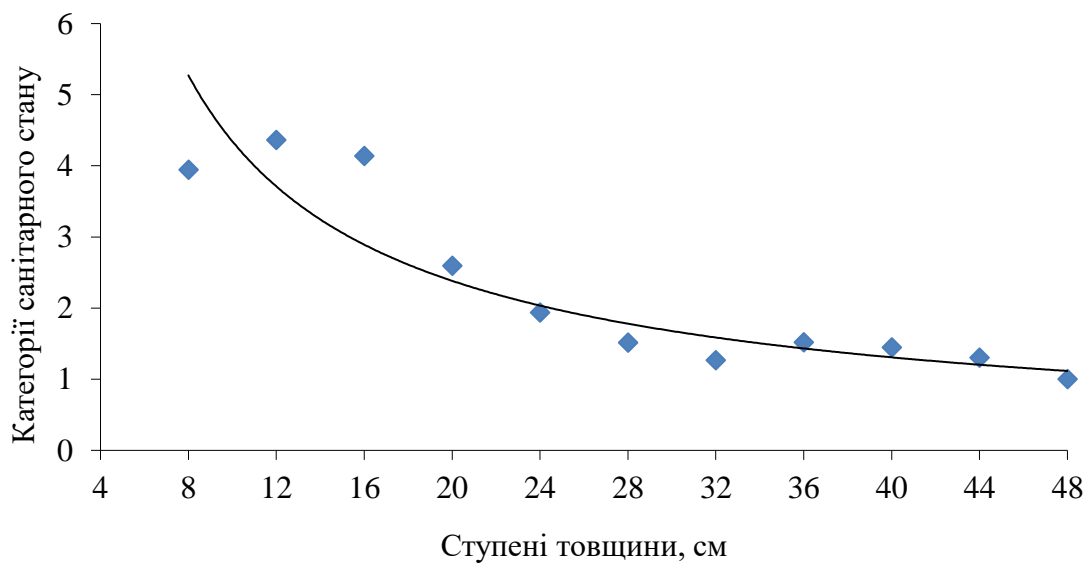


Рис. Д. 1. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 1

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 2

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	0	0	1	0	1	9	11	5,6
12	6	1	2	0	7	33	49	5,0
16	4	9	2	2	10	27	54	4,6
20	24	14	9	5	4	9	65	2,7
24	21	5	1	0	2	5	34	2,2
28	35	8	0	1	1	1	46	1,4
32	13	1	2	0	0	2	18	1,8
36	2	0	0	0	0	0	2	1,0
40	2	0	0	0	0	0	2	1,0
Всього	107	38	17	8	25	86	281	3,23
Відсотків	38,2	13,5	6,0	2,8	8,9	30,6	100	

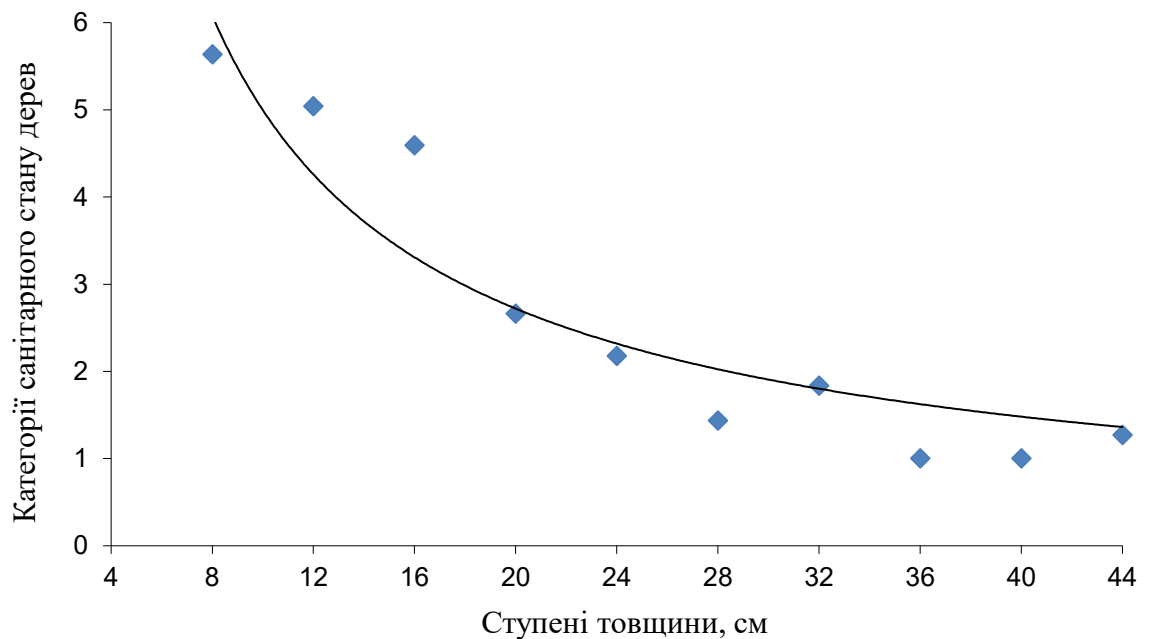


Рис. Д. 2. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану на пробній площі № 2

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 3

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	1	1	3	0	7	22	34	5,3
12	9	6	2	2	1	14	34	3,6
16	33	4	1	0	0	6	44	1,8
20	43	3	1	0	1	1	49	1,3
24	32	4	0	0	1	0	37	1,2
28	29	1	0	0	0	0	30	1,0
32	21	1	1	0	0	0	23	1,1
36	8	1	1	0	0	0	10	1,3
40	1	0	0	0	0	0	1	1,0
44	0	0	0	0	0	0	0	5,3
48	1	0	0	0	0	0	1	3,6
Всього	178	21	9	2	10	43	263	1,41
Відсотків	67,7	8,0	3,4	0,8	3,8	16,3	100	

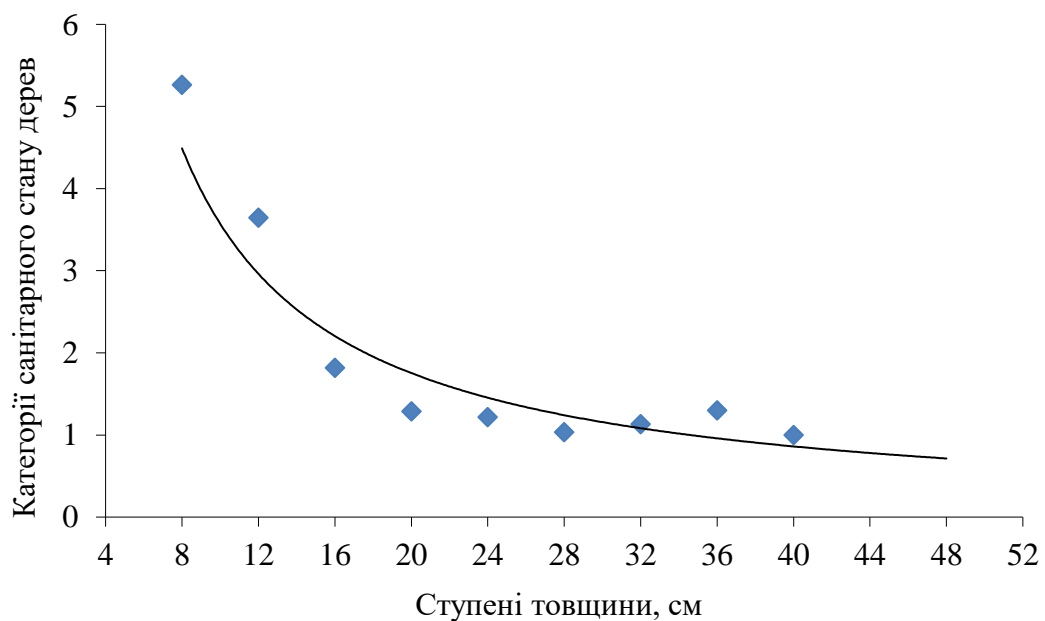


Рис. Д. 3. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 3

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 4**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	5	9	2	4	18	19	57	4,4
12	28	16	5	2	7	14	72	2,8
16	50	8	1	3	2	4	68	1,7
20	63	4	0	0	2	3	72	1,4
24	55	3	0	0	1	1	60	1,2
28	22	1	0	0	0	0	23	1,0
32	8	2	0	1	0	0	11	1,5
36	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	232	43	8	10	30	41	364	1,87
Відсотків	63,8	11,8	2,2	2,7	8,2	11,3	100	

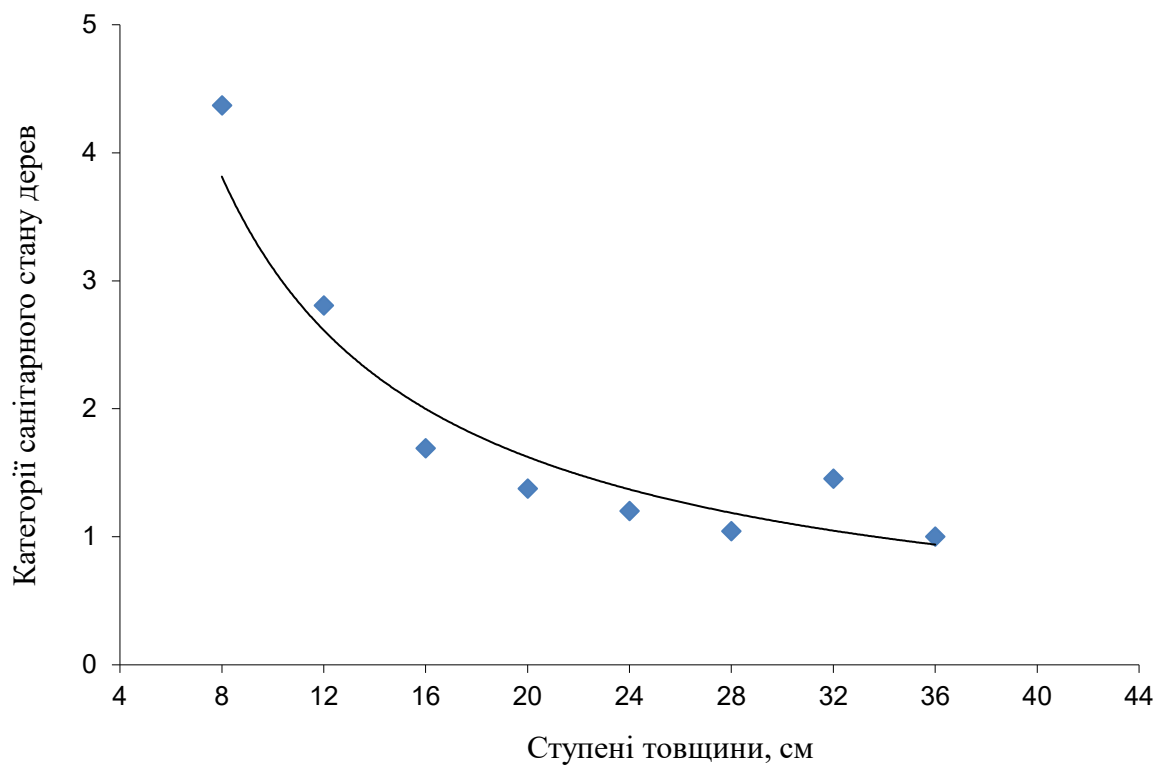


Рис. Д. 4. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 4

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 5

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	6	5	0	0	11	31	53	4,8
12	22	14	1	0	11	10	58	2,9
16	32	7	0	0	2	1	42	1,5
20	33	1	0	0	0	3	37	1,4
24	30	0	0	0	0	0	30	1,0
28	22	0	0	0	0	0	22	1,0
32	3	0	0	0	0	0	3	1,0
36	1	0	0	0	0	0	1	1,0
40	1	1	0	0	0	0	2	1,5
Всього	150	28	1	0	24	45	248	2,42
Відсотків	60,5	11,3	0,4	0	9,7	18,1	100	

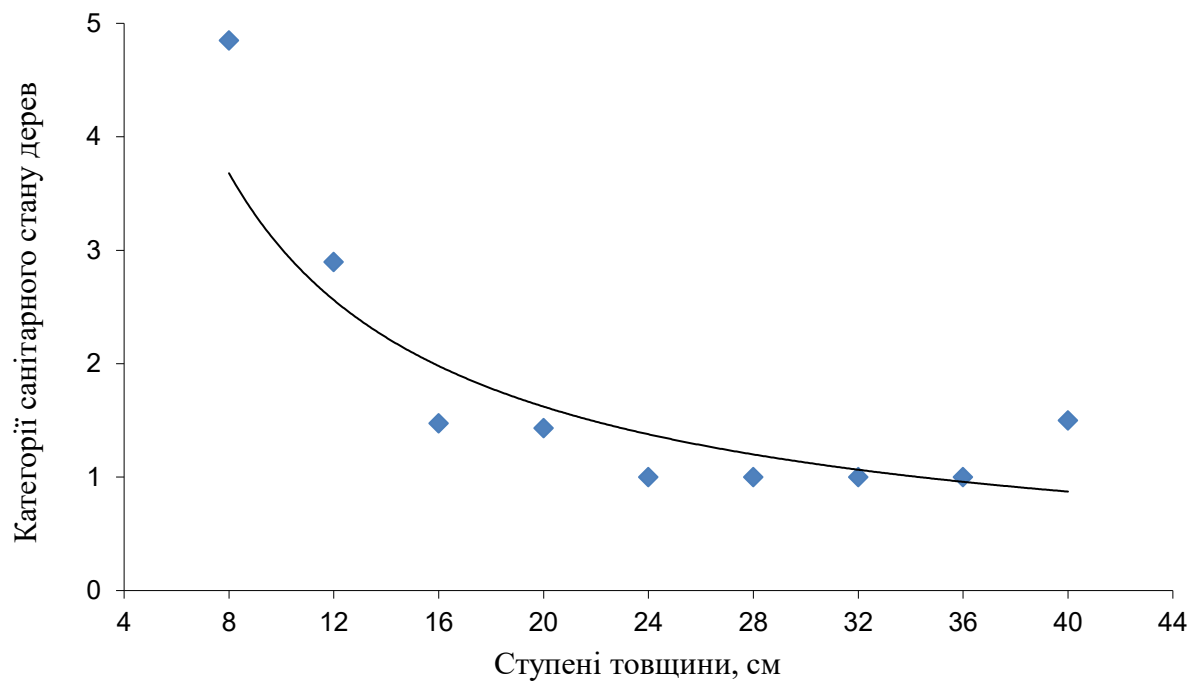


Рис. Д. 5. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 5

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 6

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	82	15	4	3	2	19	125	2,1
12	78	5	0	1	0	4	88	1,3
16	60	3	0	0	0	2	65	1,2
20	36	0	0	0	0	0	36	1,0
24	9	0	0	0	0	0	9	1,0
28	8	0	0	0	0	0	8	1,0
32	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	274	23	4	4	2	25	332	1,53
Відсотків	82,6	6,9	1,2	1,2	0,6	7,5	100	

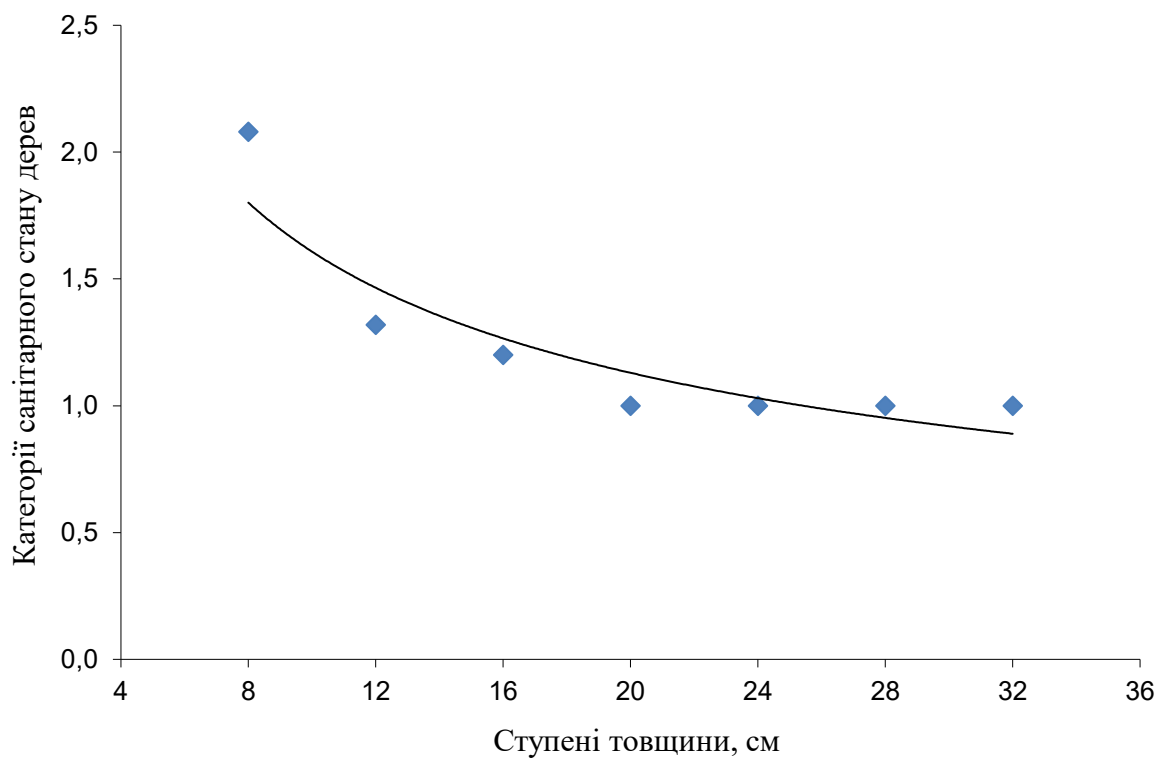


Рис. Д. 6. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 6

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 7

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	153	11	1	0	1	20	186	1,6
12	93	2	0	0	0	3	98	1,2
16	69	1	0	0	0	0	70	1,0
20	13	1	0	0	0	0	14	1,1
24	7	0	0	0	0	0	7	1,0
Всього	337	15	1	0	1	23	377	1,36
Відсотків	89,3	4,0	0,3	0	0,3	6,1	100	

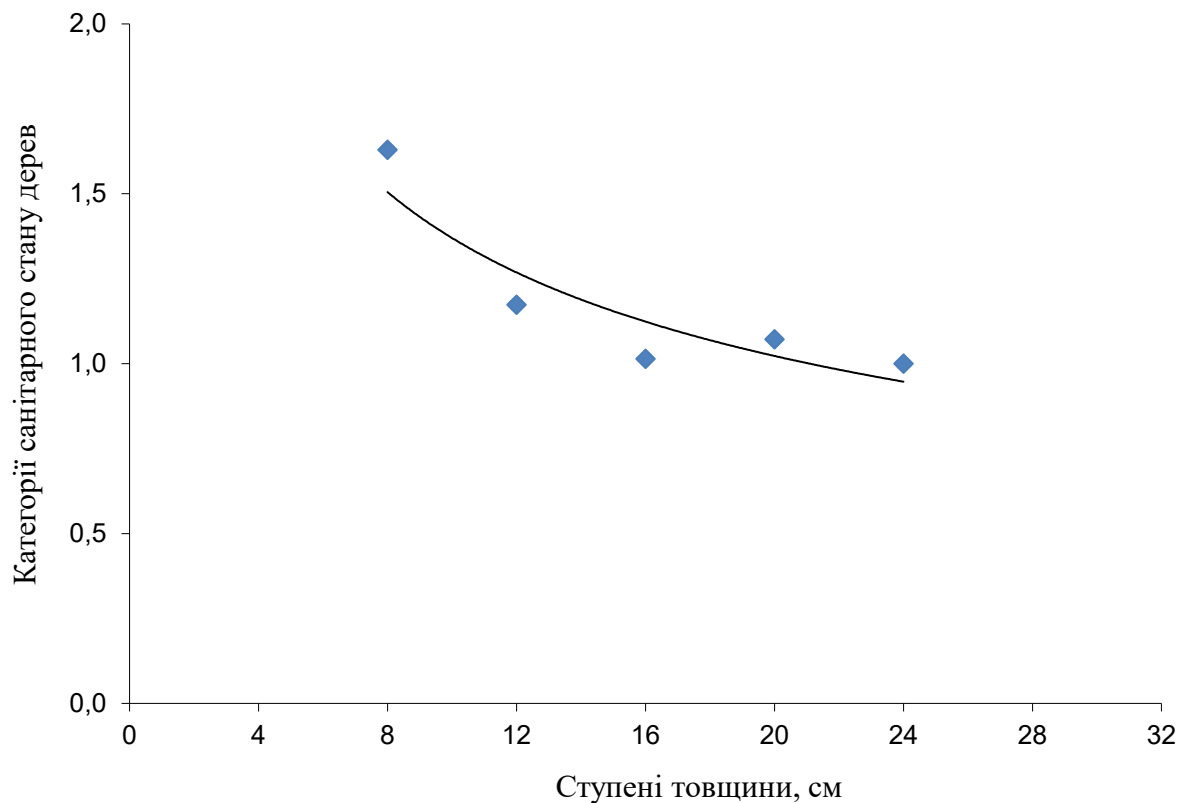


Рис. Д. 7. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 7

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 8

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	2	0	1	0	0	20	23	5,4
12	6	0	1	0	1	22	30	4,9
16	11	6	1	0	0	13	31	3,4
20	22	4	0	0	0	10	36	2,5
24	29	6	0	0	0	1	36	1,3
28	28	2	1	0	0	0	31	1,1
32	27	1	0	0	0	0	28	1,0
36	11	0	0	0	0	0	11	1,0
40	7	0	0	0	0	0	7	1,0
44	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	144	19	4	0	1	66	234	2,54
Відсотків	61,6	8,1	1,7	0	0,4	28,2	100	

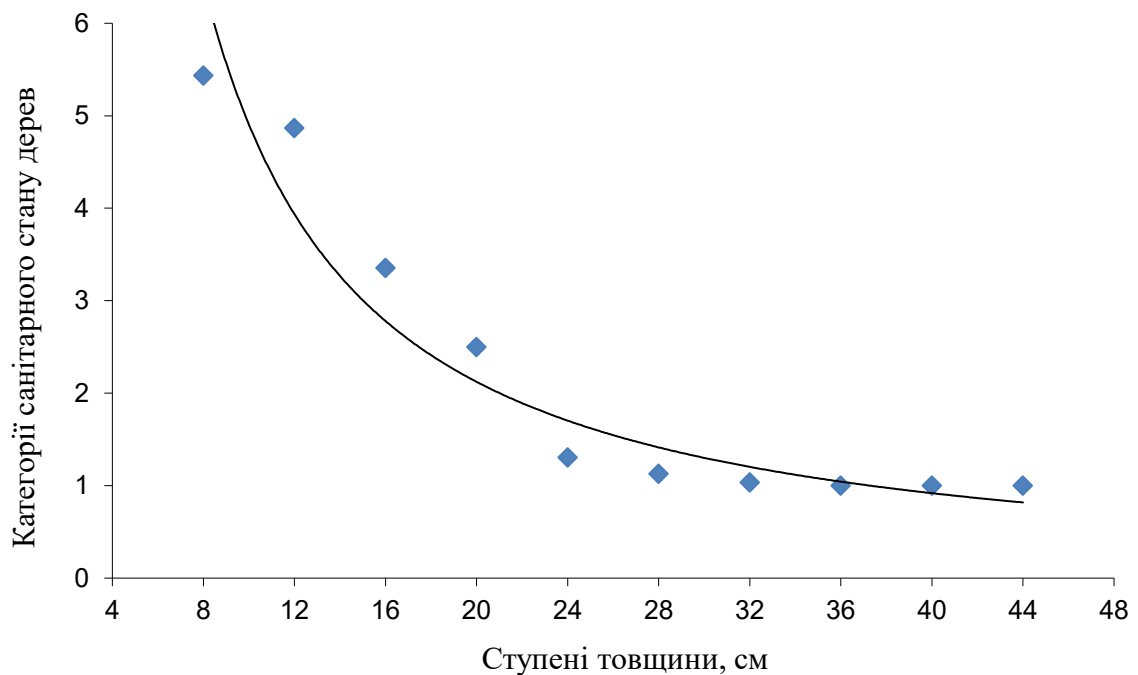


Рис. Д. 8. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 8

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 9

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	49	7	3	0	3	14	76	2,3
12	34	5	1	0	0	3	43	1,5
16	19	2	0	0	0	0	21	1,1
20	9	3	0	0	0	1	13	1,6
24	16	1	0	0	0	0	17	1,1
28	8	0	0	0	0	0	8	1,0
32	1	1	0	0	0	0	2	1,5
36	3	0	0	0	0	1	4	2,3
40	6	1	0	0	0	0	7	1,1
44	4	0	0	1	0	0	5	1,6
48	2	0	0	0	0	0	2	1,0
52	4	0	0	0	0	1	5	2,0
56	3	0	0	0	0	0	3	1,0
60	1	0	0	0	0	0	1	1,0
64	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	160	20	4	1	3	20	208	1,69
Відсотків	77,0	9,6	1,9	0,5	1,4	9,6	100	

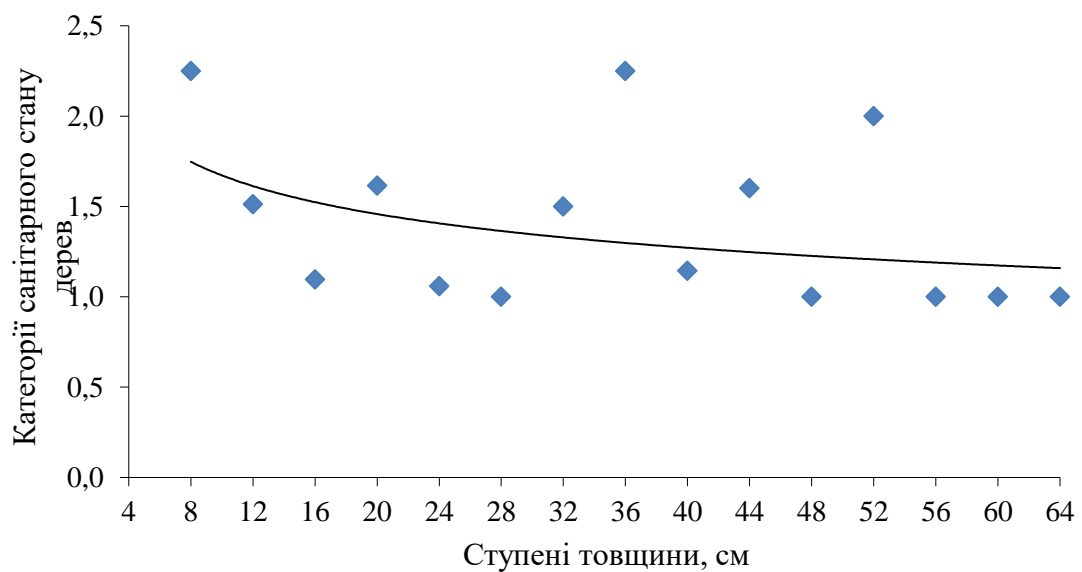


Рис. Д. 9. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 9

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 10

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	2	1	0	1	2	31	37	5,5
12	6	2	0	0	4	26	38	4,9
16	19	5	1	0	3	12	40	3,0
20	36	7	1	0	0	9	53	2,0
24	32	0	0	0	0	2	34	1,3
28	34	1	0	0	0	1	36	1,2
32	15	0	0	0	0	1	16	1,3
36	6	0	0	0	0	0	6	1,0
40	1	0	0	0	0	0	1	1,0
44	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	152	16	2	1	9	82	262	2,79
Відсотків	58,0	6,1	0,8	0,4	3,4	31,3	100	

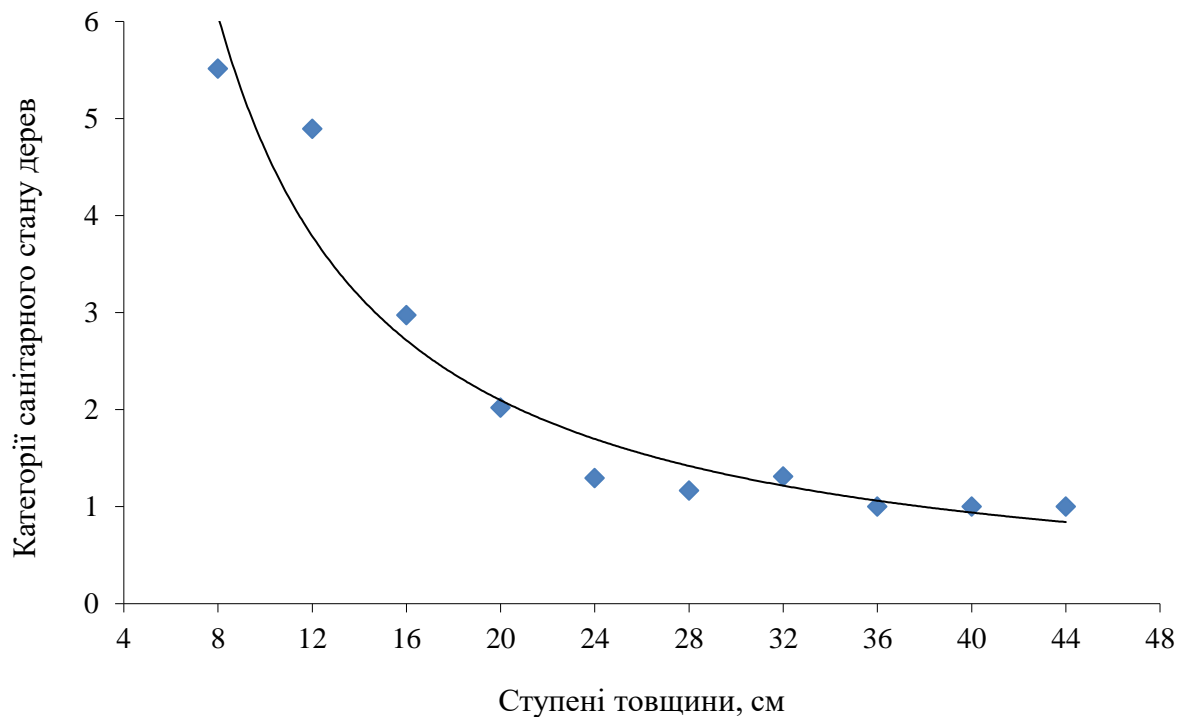


Рис. Д. 10. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 10

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 11

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	3	11	6	1	0	9	30	3,4
12	1	1	1	0	3	9	15	5,0
16	12	7	4	0	2	1	26	2,1
20	10	5	1	0	2	7	25	3,0
24	25	3	1	0	1	2	32	1,6
28	23	2	0	0	1	0	26	1,2
32	21	2	0	1	0	0	24	1,2
36	17	0	1	0	0	0	18	1,1
40	15	2	0	0	0	0	17	1,1
44	0	0	0	0	0	0	0	-
48	3	0	0	0	0	0	3	1,0
52	2	2	0	0	0	0	4	1,5
Всього	132	35	14	2	9	28	220	2.11
Відсотків	60,0	15,9	6,4	0,9	4,1	12,7	100	

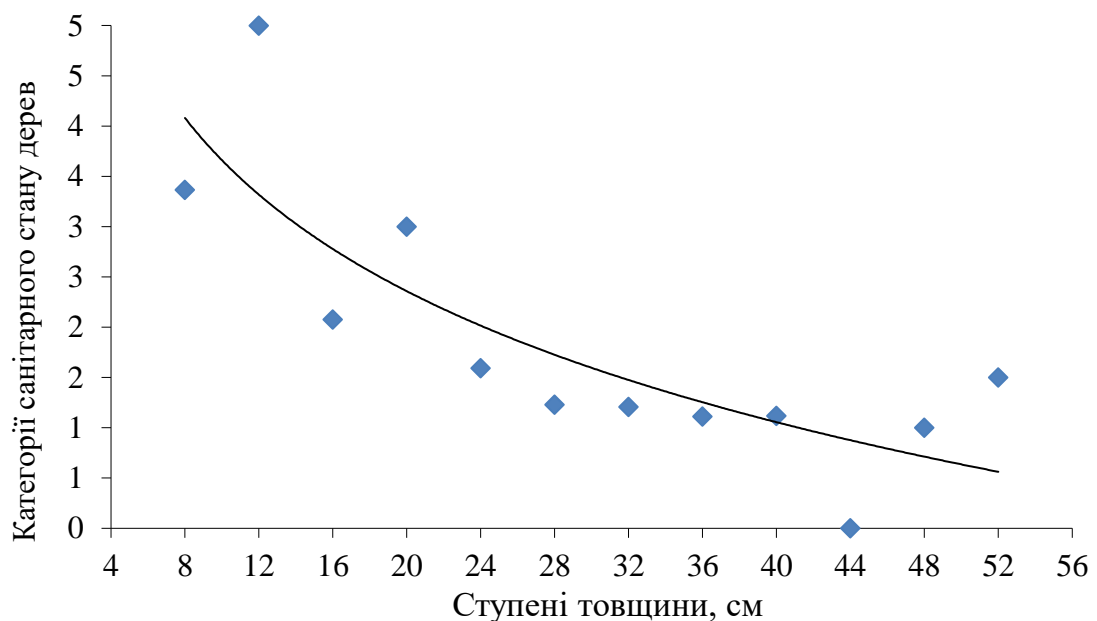


Рис. Д. 11. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 11

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 12

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	36	42	3	5	31	16	133	3,0
12	69	7	0	0	5	15	96	2,1
16	56	3	0	0	5	5	69	1,7
20	44	0	0	0	0	0	44	1,0
24	11	0	0	0	0	0	11	1,0
28	2	0	0	0	0	0	2	1,0
32	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	219	52	3	5	41	36	356	2,17
Відсотків	61,6	14,6	0,8	1,4	11,5	10,1	100	

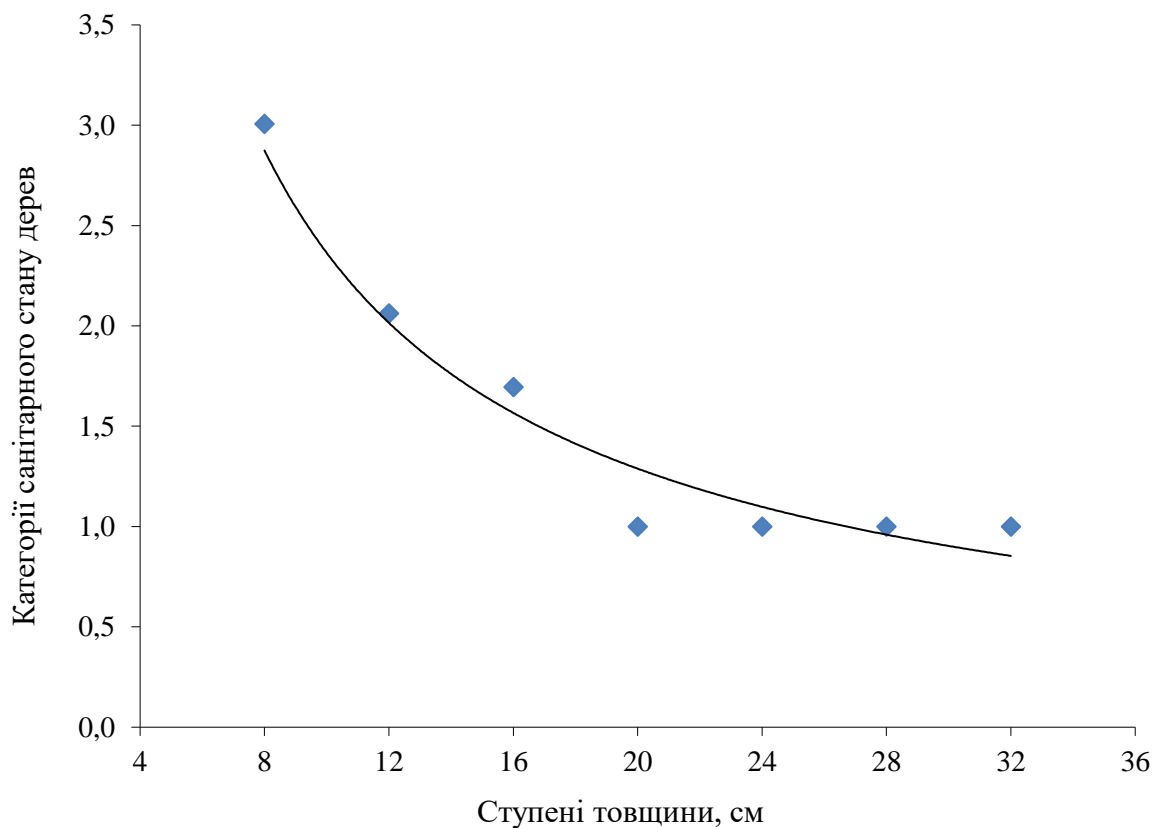


Рис. Д. 12. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 12

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 13**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	0	0	0	0	1	3	4	5,8
12	0	0	0	0	0	9	9	6,0
16	0	3	0	0	2	5	10	4,6
20	7	1	2	1	1	8	20	3,6
24	11	3	1	0	1	8	24	3,0
28	15	2	0	0	0	3	20	1,9
32	19	2	0	0	0	0	21	1,1
36	22	0	0	0	1	0	23	1,2
40	14	0	0	0	1	0	15	1,3
44	7	1	0	0	0	0	8	1,1
48	4	0	0	1	0	0	5	1,6
52	1	3	0	0	0	0	4	1,8
56	0	1	0	0	0	0	1	2,0
Всього	100	16	3	2	7	36	164	2,44
Відсотків	61,0	9,7	1,8	1,2	4,3	22,0	100	

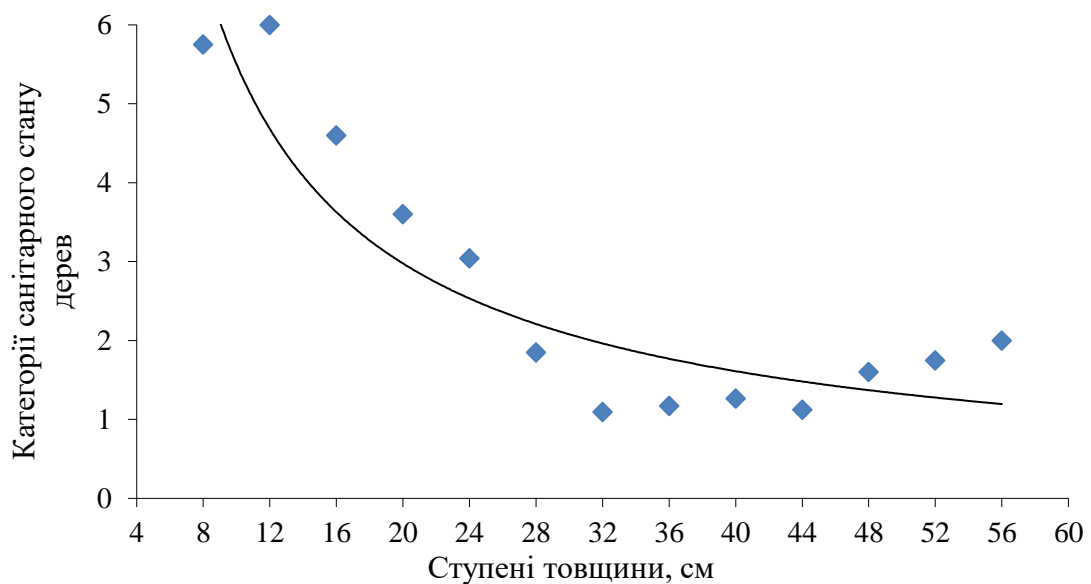


Рис. Д. 13. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 13

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 14

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	130	10	1	0	3	12	156	1,5
12	109	5	2	1	4	15	136	1,8
16	41	1	0	0	0	6	48	1,6
20	8	0	0	0	0	3	11	2,4
24	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	289	16	3	1	7	36	352	1,66
Відсотків	82,1	4,5	0,9	0,3	2,0	10,2	100	

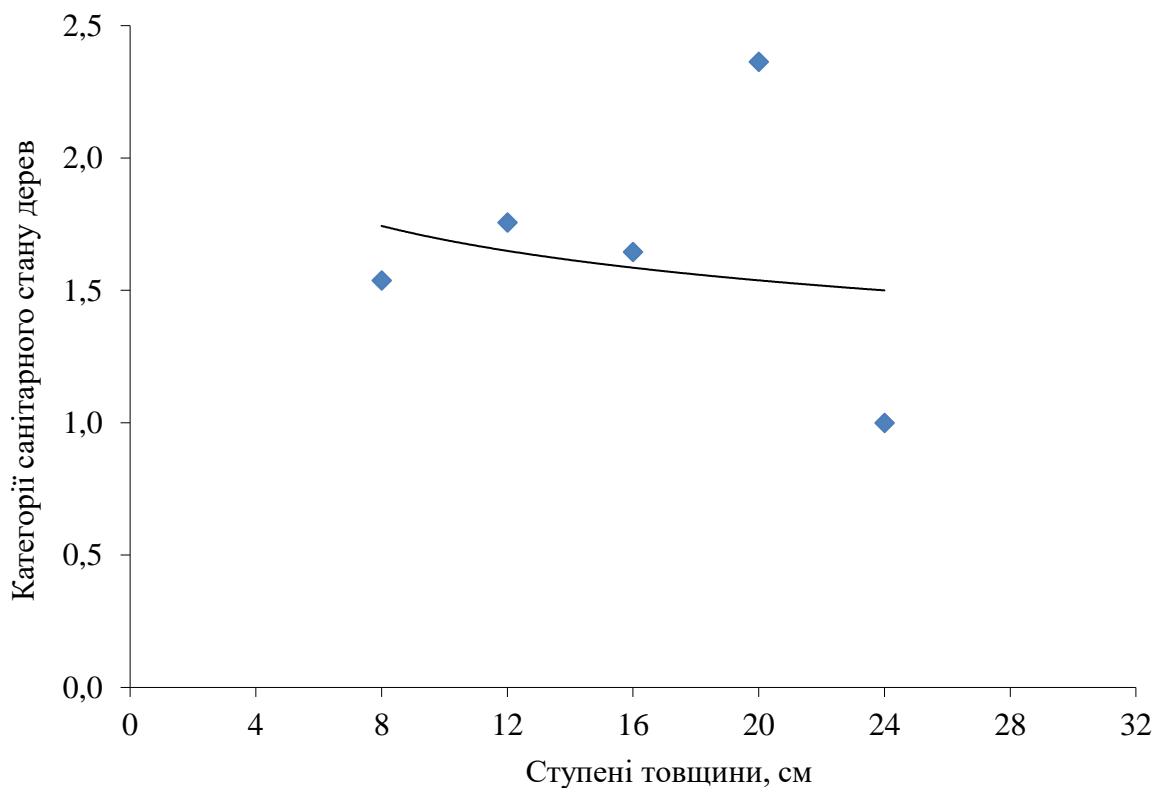


Рис. Д. 14. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 14

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 15

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	57	10	1	1	7	4	80	1,8
12	66	6	1	0	0	1	74	1,2
16	46	0	0	0	0	0	46	1,0
20	7	1	0	0	0	0	8	1,1
24	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	177	17	2	1	7	5	209	1,37
Відсотків	84,7	8,1	1,0	0,5	3,3	2,4	100	

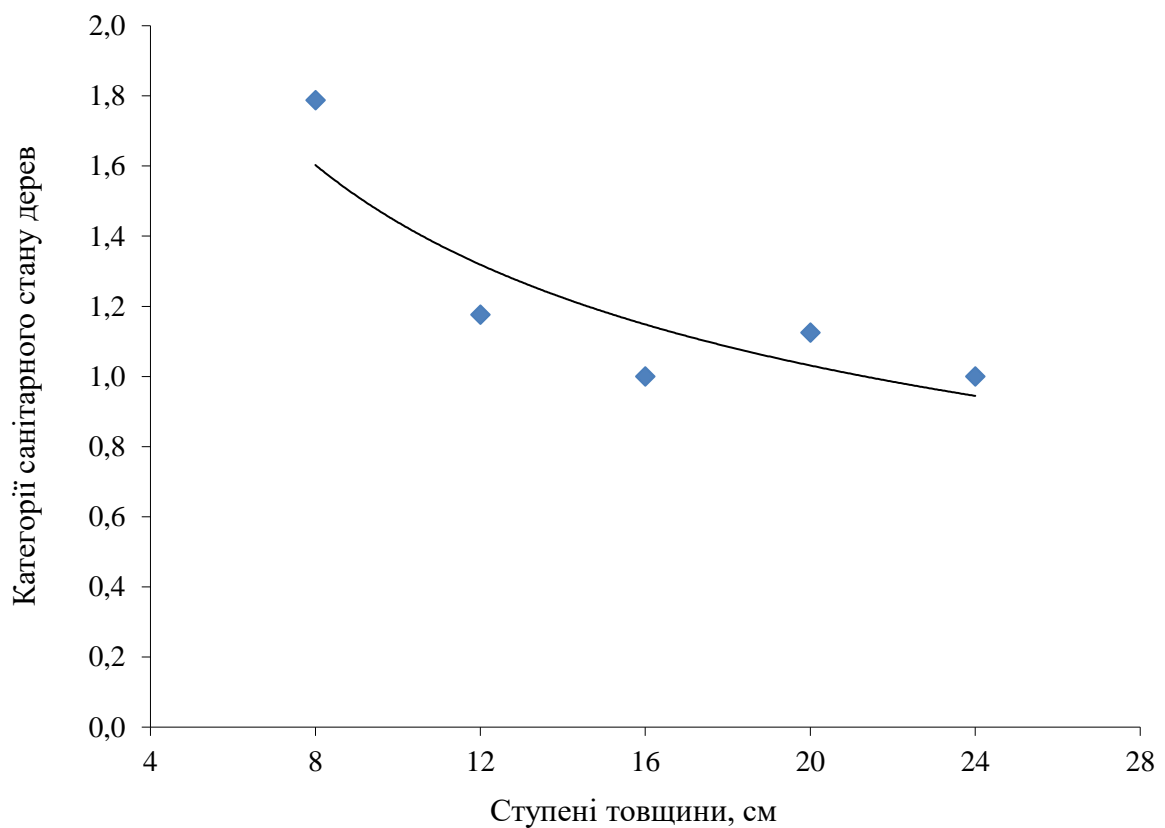


Рис. Д. 15. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 15

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 16

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	9	3	1	2	2	4	21	2,9
12	9	2	0	0	5	14	30	4,1
16	15	1	0	1	4	6	27	2,9
20	11	3	1	0	0	4	19	2,3
24	4	1	1	0	1	3	10	3,2
28	6	0	0	0	0	2	8	2,3
32	6	1	0	0	0	0	7	1,1
36	5	1	1	0	0	0	7	1,4
40	8	2	1	0	0	1	12	1,8
44	6	3	0	0	0	0	9	1,3
48	3	0	0	0	0	1	4	2,3
52	2	1	0	0	0	0	3	1,3
56	4	1	0	0	0	1	6	2,0
60	0	1	0	0	0	1	2	4,0
64	1	0	1	0	0	0	2	2,0
68	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	90	20	6	3	12	37	168	2,63
Відсотків	53,6	11,9	3,6	1,8	7,1	22,0	100	

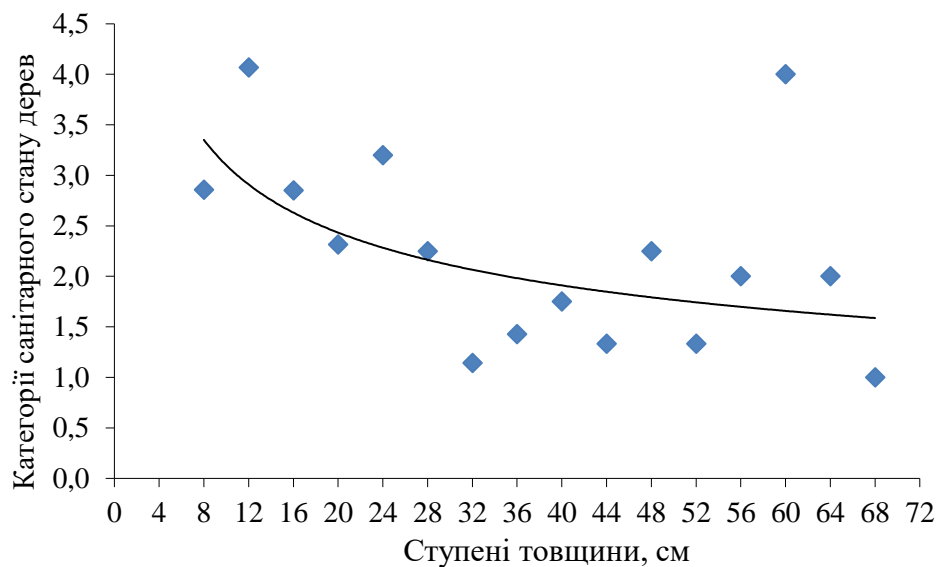


Рис. Д. 16. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 16

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 17

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	2	0	0	0	0	11	13	5,2
12	0	1	0	0	0	15	16	5,8
16	0	2	1	0	1	10	14	5,1
20	7	2	0	0	1	11	21	3,9
24	9	2	0	0	0	9	20	3,4
28	13	1	1	0	0	2	17	1,8
32	19	1	1	0	0	0	21	1,1
36	21	3	0	0	0	1	25	1,3
40	14	1	0	0	0	0	15	1,1
44	7	1	0	0	0	0	8	1,1
48	4	2	0	0	0	0	6	1,3
52	0	0	0	0	0	0	0	0
56	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	97	16	3	0	2	59	177	2,84
Відсотків	54,9	9,0	1,7	0	1,1	33,3	100	

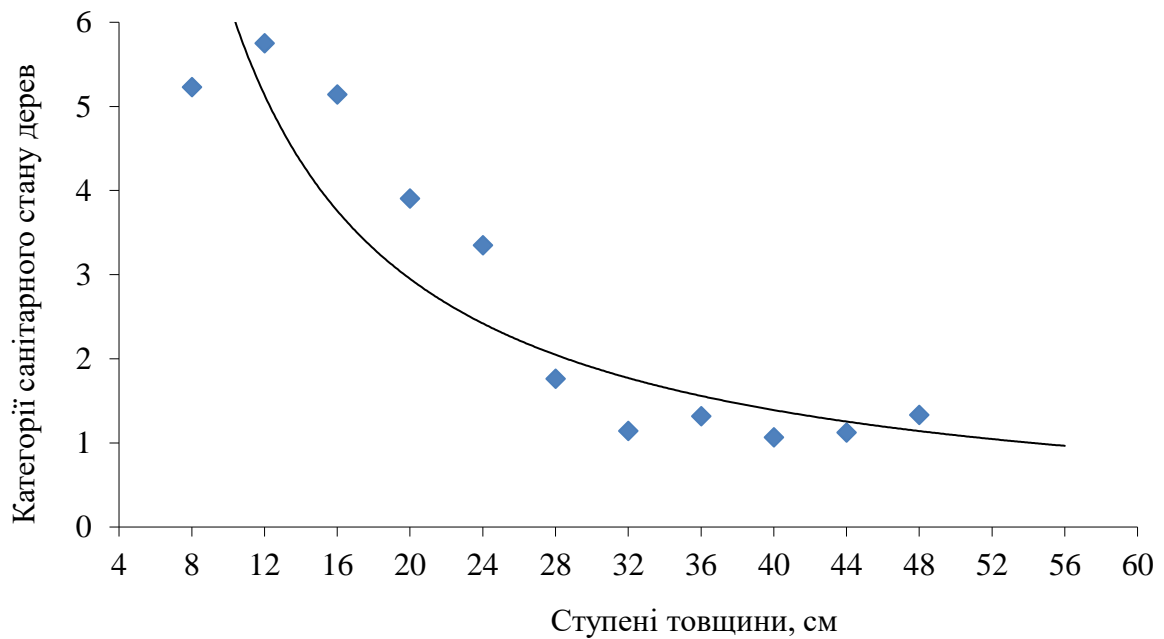


Рис. Д. 17. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 17

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 18

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	1	2	0	0	0	14	17	5,2
12	6	9	1	1	3	18	38	4,1
16	9	5	1	1	0	5	21	2,7
20	18	3	0	0	0	3	24	1,8
24	19	0	2	0	0	1	22	1,4
28	24	2	1	1	0	2	30	1,6
32	24	1	0	0	0	1	26	1,2
36	9	0	0	0	0	0	9	1,0
40	3	1	0	0	0	1	5	2,2
44	3	1	0	0	0	0	4	1,3
Всього	116	24	5	3	3	45	196	2,43
Відсотків	59,2	12,2	2,6	1,5	1,5	23,0	100	

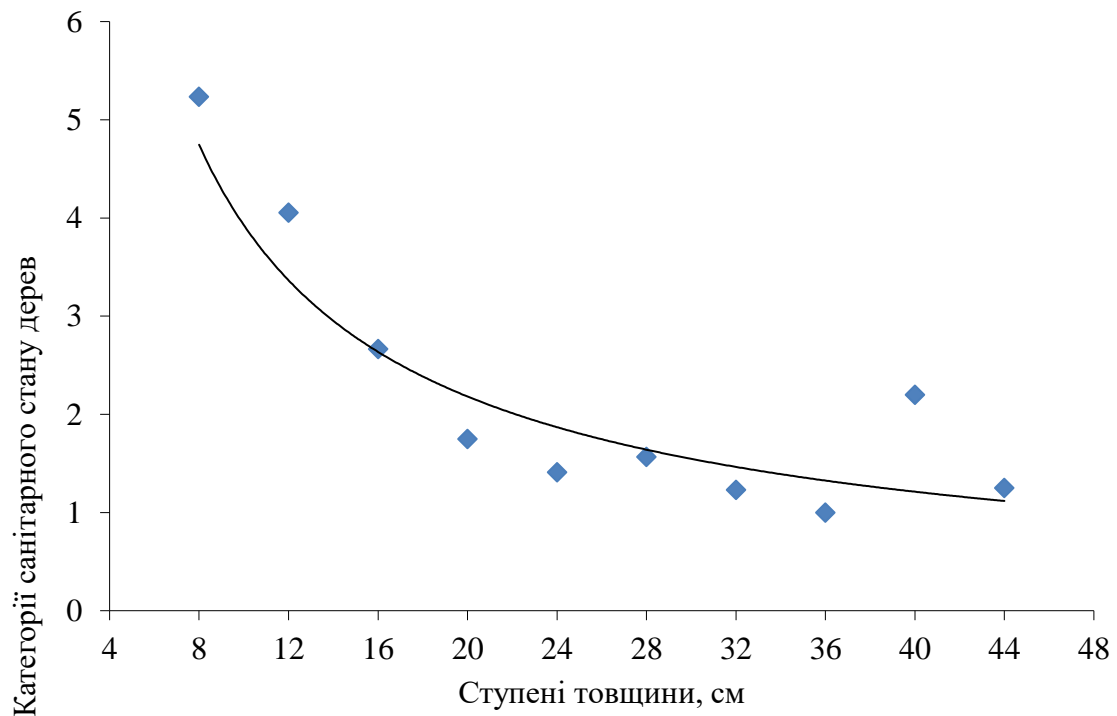


Рис. Д. 18. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 18

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 19

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	28	8	1	2	2	11	52	2,5
12	27	2	1	1	1	14	46	2,8
16	11	5	0	0	0	7	23	2,7
20	10	1	0	0	0	3	14	2,1
24	18	3	2	0	0	2	25	1,7
28	5	3	0	0	0	3	11	2,6
32	7	1	0	0	0	1	9	1,7
36	3	1	0	0	0	1	5	2,2
40	0	0	0	0	0	0	0	0,0
44	1	0	0	0	0	1	2	3,5
48	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	111	24	4	3	3	43	188	2,43
Відсотків	59,0	12,8	2,1	1,6	1,6	22,9	100	

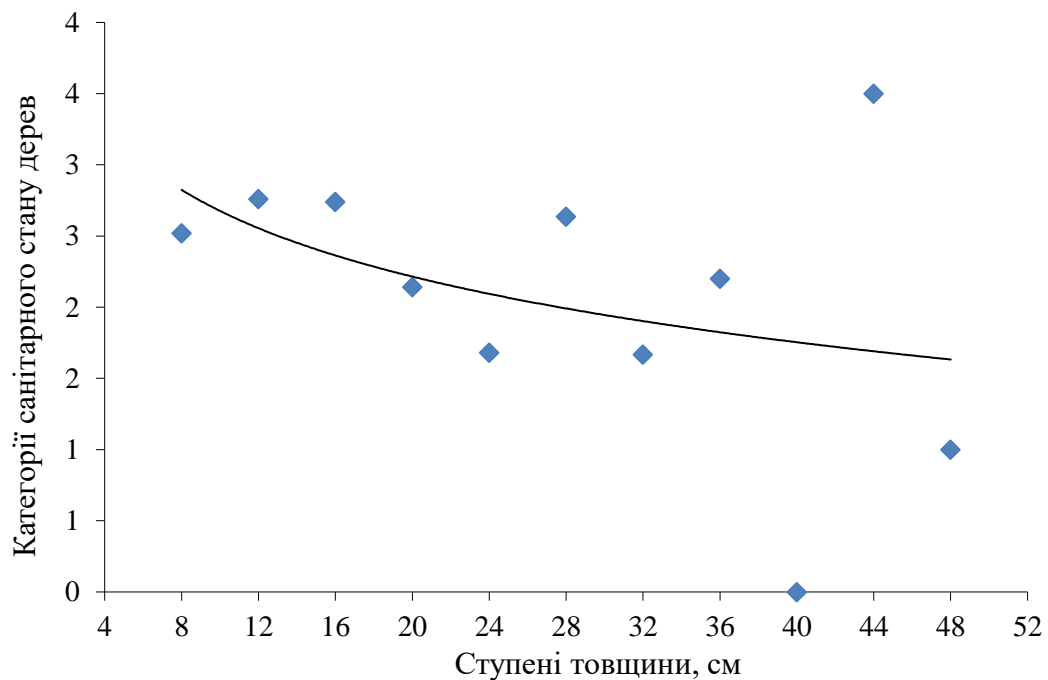


Рис. Д. 19. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 19

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 20

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	0	0	0	0	0	7	7	6,0
12	0	0	1	0	1	8	10	5,6
16	3	3	1	0	0	9	16	4,1
20	3	1	0	0	0	9	13	4,5
24	10	0	1	0	1	14	26	3,9
28	20	2	0	0	1	5	28	2,1
32	16	5	0	0	0	2	23	1,7
36	12	3	0	0	0	2	17	1,8
40	16	0	0	0	0	1	17	1,3
44	5	1	0	0	0	0	6	1,2
48	2	0	0	0	0	0	2	1,0
52	2	0	0	0	0	0	2	1,0
56	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	90	15	3	0	3	57	168	2,89
Відсотків	53,7%	8,9	1,8	0	1,8	33,9	100	

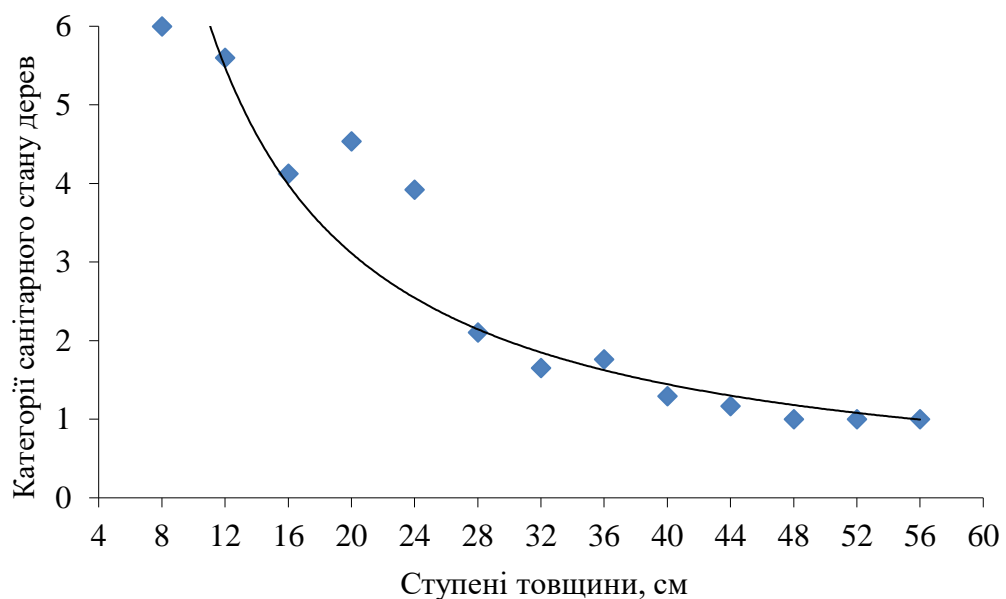


Рис. Д. 20. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 20

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 21**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	0	1	0	0	1	35	37	5,9
12	3	1	0	1	0	24	29	5,3
16	12	0	1	1	1	3	18	2,3
20	17	1	0	0	0	6	24	2,3
24	13	0	0	0	0	3	16	1,9
28	15	1	0	0	0	1	17	1,4
32	18	0	1	0	0	1	20	1,4
36	15	0	0	0	0	0	15	1,0
40	17	0	0	0	0	0	17	1,0
44	5	0	0	0	0	1	6	1,8
48	1	0	0	0	0	0	1	1,0
52	2	0	0	0	0	0	2	1,0
56	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	119	4	2	2	2	74	203	2,93
Відсотків	58,5	2,0	1,0	1,0	1,0	36,5	100	

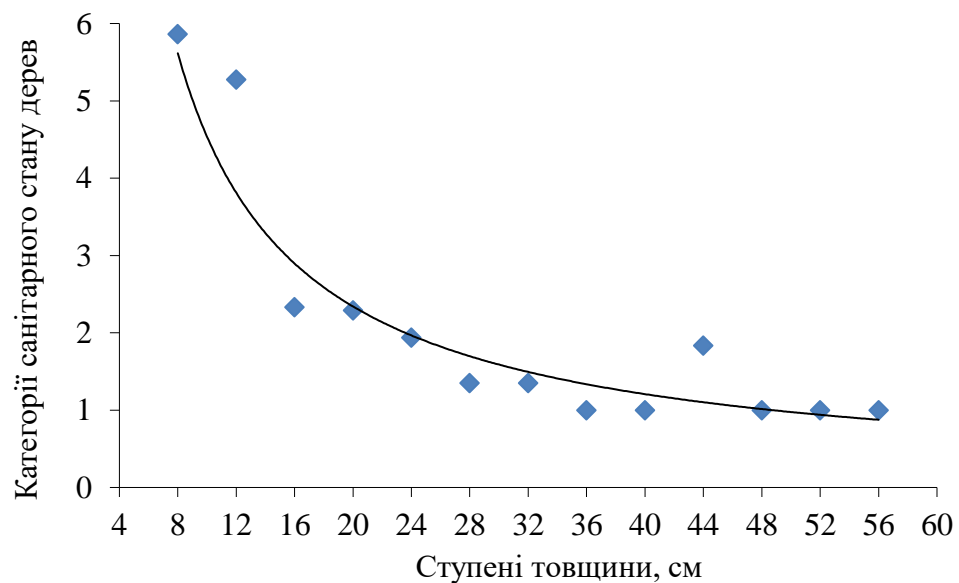


Рис. Д. 21. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 21

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 22

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	3	0	0	0	0	4	7	3,9
12	5	2	0	0	0	8	15	3,8
16	18	5	1	1	1	8	34	2,6
20	22	3	1	0	0	13	39	2,8
24	25	3	2	1	1	11	43	2,6
28	21	4	2	0	2	6	35	2,3
32	28	3	1	1	1	3	37	1,7
36	16	1	0	0	0	1	18	1,3
40	8	0	0	0	0	0	8	1,0
44	1	0	0	0	0	0	1	1,0
48	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	148	21	7	3	5	54	238	2,40
Відсотків	62,2	8,8	2,9	1,3	2,1	22,7	100	

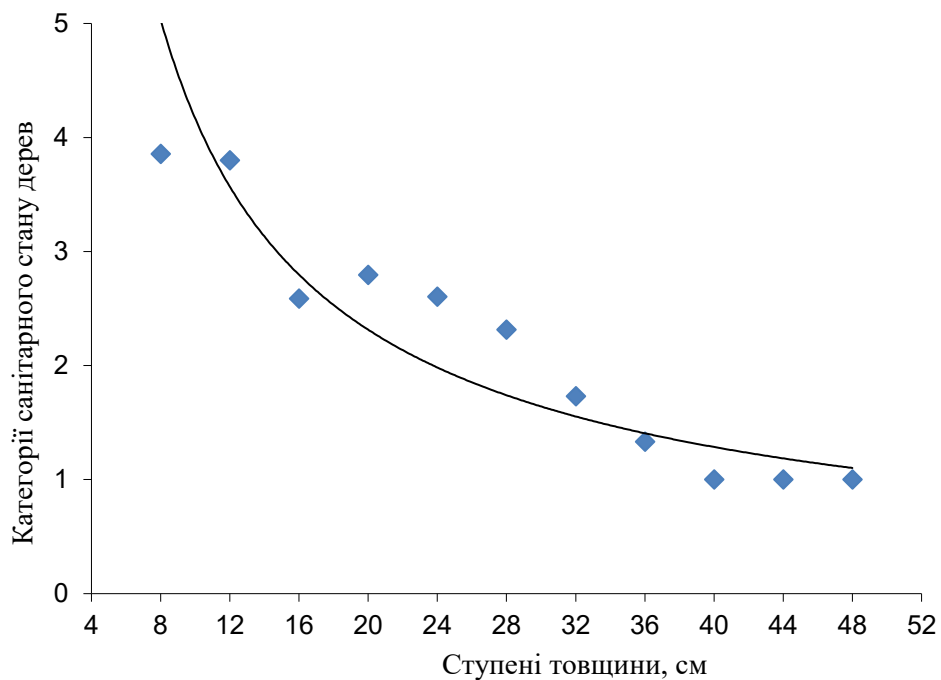


Рис. Д. 22. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 22

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 23**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	0	1	0	0	3	35	39	5,8
12	11	0	0	0	3	44	58	5,0
16	13	3	0	0	0	22	38	4,0
20	18	3	2	0	0	9	32	2,6
24	13	1	0	0	0	4	18	2,2
28	12	1	1	0	1	2	17	2,0
32	17	0	0	1	0	1	19	1,4
36	11	0	0	0	0	1	12	1,4
40	11	0	0	0	0	0	11	1,0
44	3	2	0	0	0	0	5	1,4
Всього	109	11	3	1	7	118	249	3,56
Відсотків	43,8	4,4	1,2	0,4	2,8	47,4	100	

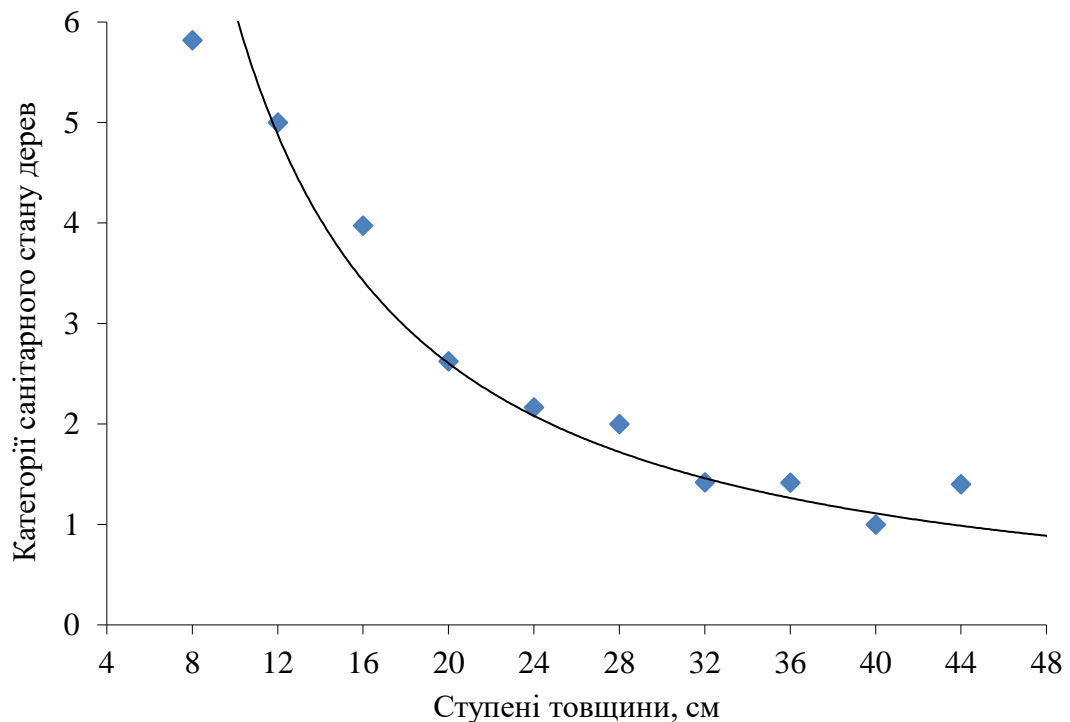


Рис. Д. 23. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 23

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 24

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	12	1	0	0	0	22	35	4,2
12	10	0	1	0	0	26	37	4,6
16	8	1	0	0	0	30	39	4,9
20	10	4	1	0	1	14	30	3,7
24	8	0	0	0	4	19	31	4,6
28	10	4	0	0	2	3	19	2,4
32	8	0	0	0	1	3	12	2,6
36	7	0	0	1	0	3	11	2,6
40	7	1	0	0	0	4	12	2,8
44	4	0	0	0	0	1	5	2,0
48	2	2	0	1	0	0	5	2,0
52	0	1	0	0	0	0	1	2,0
56	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	87	14	2	2	8	125	238	3,86
Відсотків	36,6	5,9	0,8	0,8	3,4	52,5	100	

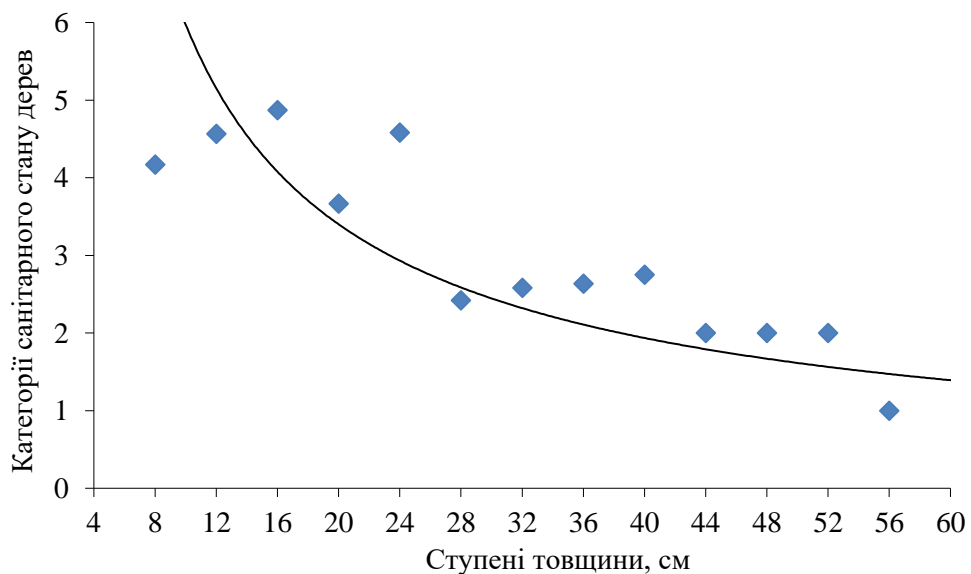


Рис. Д. 24. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 24

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 25

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	11	3	0	0	2	34	50	4,6
12	21	2	0	0	2	18	43	3,3
16	26	3	0	0	0	3	32	1,6
20	30	0	0	0	0	0	30	1,0
24	30	0	0	0	0	0	30	1,0
28	31	1	0	0	0	0	32	1,0
32	12	0	0	0	0	0	12	1,0
36	4	0	0	0	0	0	4	1,0
40	0	1	1	0	0	0	2	2,5
Всього	165	10	1	0	4	55	235	2,29
Відсотків	70,2	4,3	0,4	0	1,7	23,4	100	

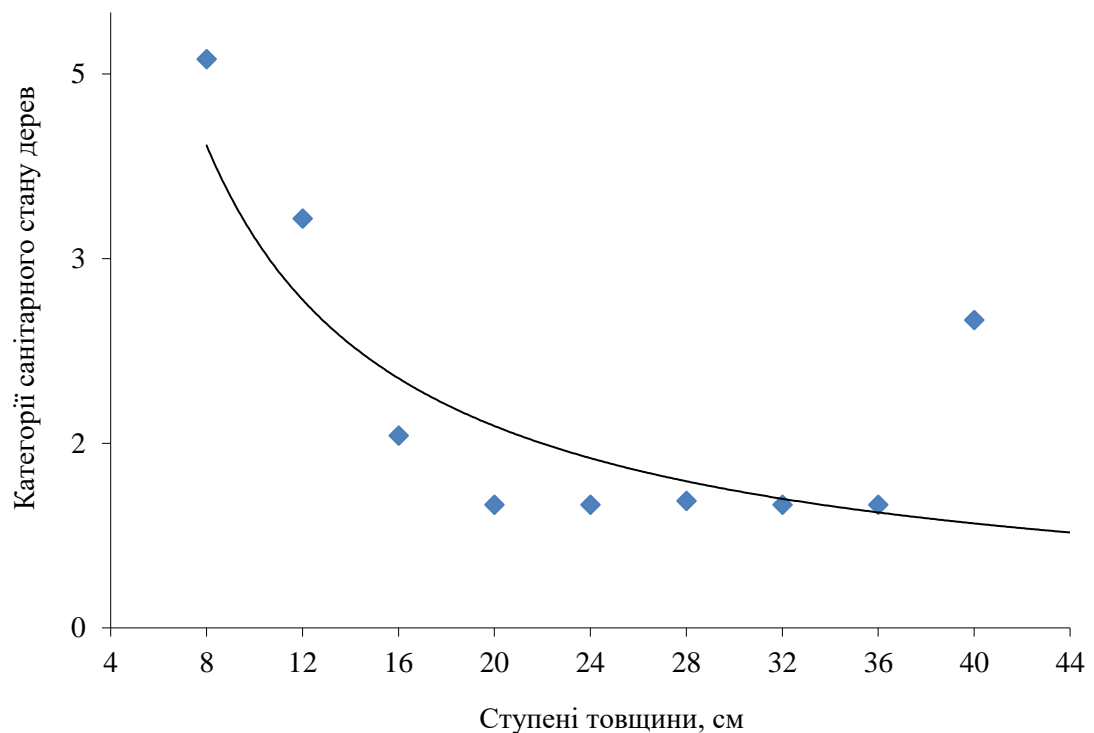


Рис. Д. 25. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 25

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 26

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	4	0	0	0	0	5	9	3,8
12	2	1	1	0	0	7	11	4,5
16	13	3	2	0	0	10	28	3,0
20	9	2	0	0	0	5	16	2,7
24	13	1	0	0	0	0	14	1,1
28	16	1	0	0	0	1	18	1,3
32	13	1	0	0	0	2	16	1,7
36	19	0	0	0	0	0	19	1,0
40	13	1	0	0	0	2	16	1,7
44	10	0	0	0	0	0	10	1,0
48	12	1	0	0	0	0	13	1,1
52	1	1	0	0	0	0	2	1,5
Всього	125	12	3	0	0	32	172	2,03
Відсотків	72,7	7,0	1,7	0	0	18,6	100	

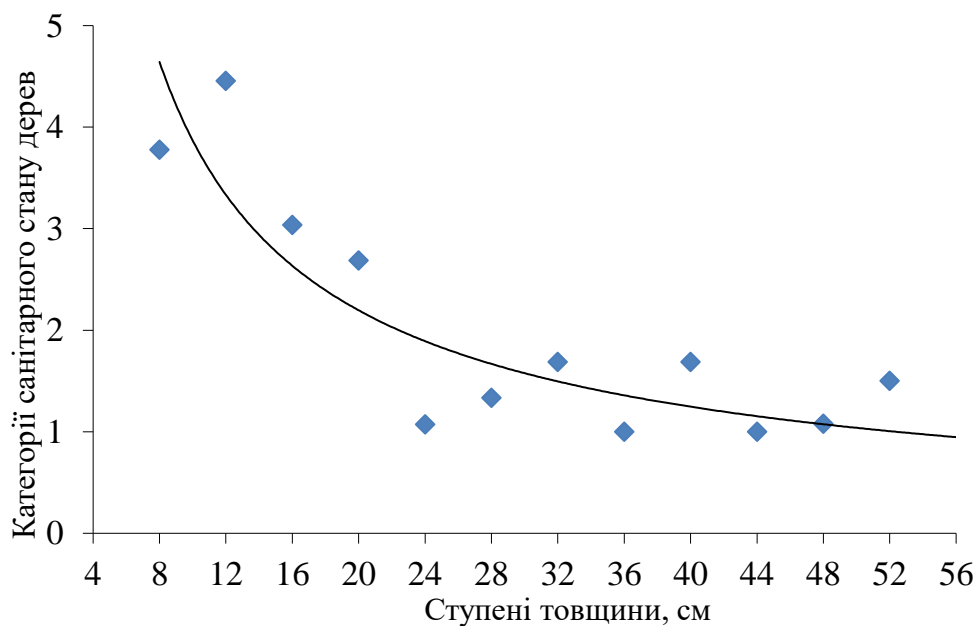


Рис. Д. 26. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 26

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 27

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	1	1	0	0	0	27	29	5,7
12	6	2	0	0	2	29	39	5,0
16	18	1	2	0	1	17	39	3,4
20	19	2	1	0	0	2	24	1,6
24	30	2	0	0	0	1	33	1,2
28	18	0	0	0	0	2	20	1,5
32	18	0	0	0	0	1	19	1,3
36	12	3	0	0	0	0	15	1,2
40	4	0	0	0	0	0	4	1,0
44	2	0	0	0	0	0	2	1,0
Всього	128	11	3	0	3	79	224	2,89
Відсотків	57,2	4,9	1,3	0	1,3	35,3	100	

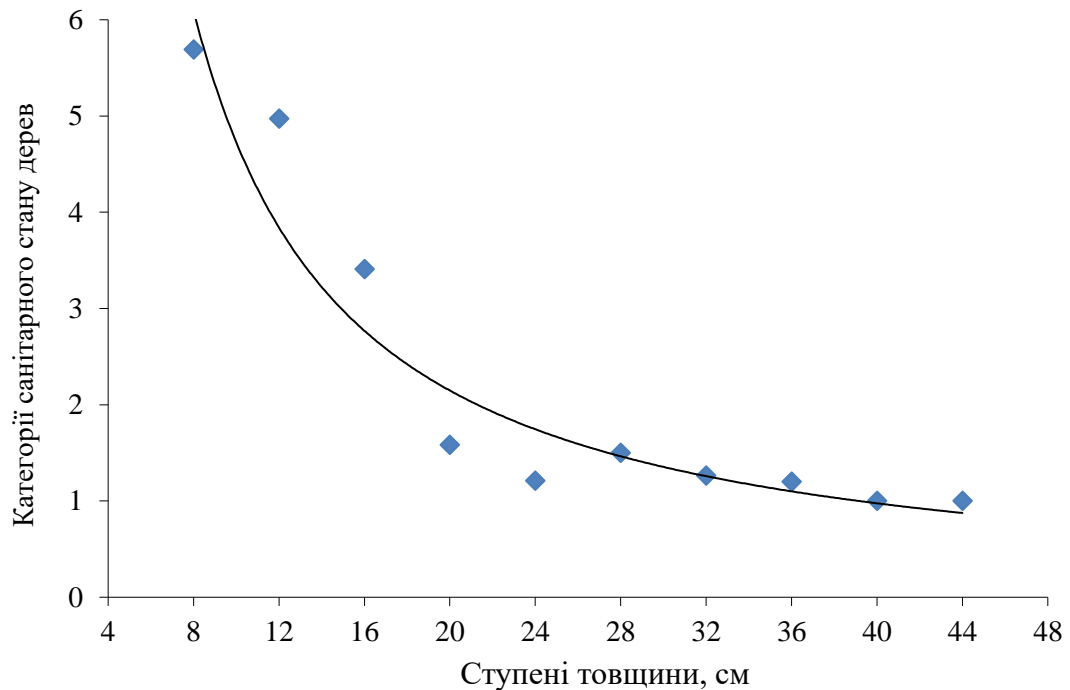


Рис. Д. 27. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 27

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 28**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	1	4	0	0	0	13	18	4,8
12	6	3	0	0	1	14	24	4,2
16	8	1	0	0	1	5	15	3,0
20	8	1	0	0	1	0	10	1,5
24	29	0	0	0	0	2	31	1,3
28	13	1	0	0	0	1	15	1,4
32	15	0	0	0	0	0	15	1,0
36	12	0	0	0	1	0	13	1,3
40	6	1	0	0	0	2	9	2,2
44	3	2	0	0	0	0	5	1,4
48	4	2	0	0	0	0	6	1,3
52	1	0	0	0	0	0	1	1,0
56	0	0	0	0	0	0	0	-
60	0	0	0	0	0	0	0	-
64	0	1	0	0	0	0	1	2,0
Всього	106	16	0	0	4	37	163	2,33
Відсотків	65,0	9,8	0	0	2,5	22,7	100	

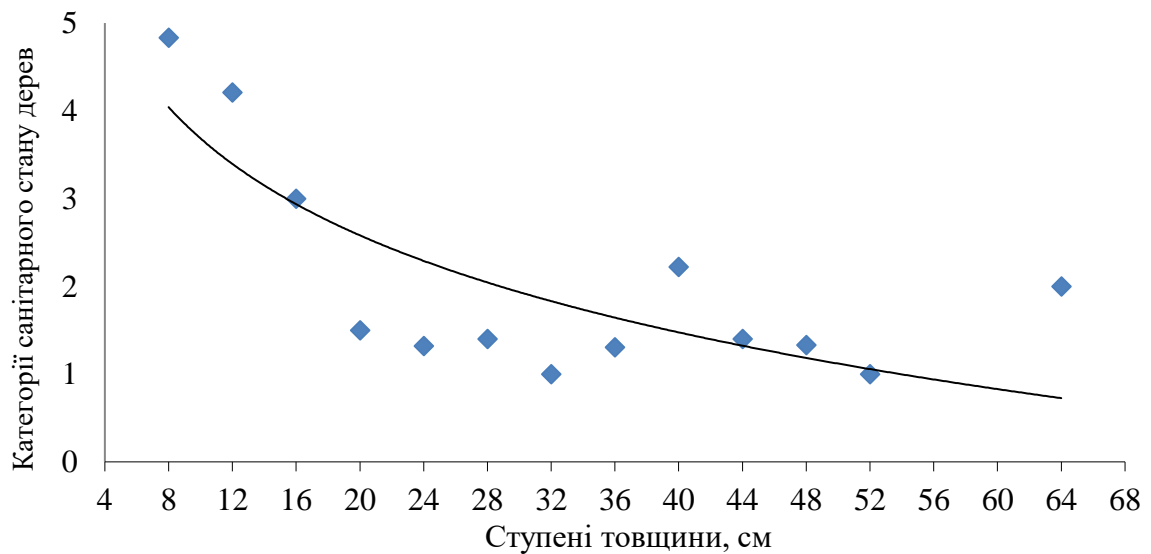


Рис. Д. 28. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 28

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 29

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	80	2	1	0	2	26	111	2,3
12	52	0	0	0	1	2	55	1,3
16	56	0	0	0	0	0	56	1,0
20	28	0	0	0	0	0	28	1,0
24	5	0	0	0	0	0	5	1,0
28	4	0	0	0	0	0	4	1,0
32	0	1	0	0	0	0	1	2,0
Всього	225	3	1	0	3	28	260	1,60
Відсотків	86,4	1,2	0,4	0	1,2	10,8	100	

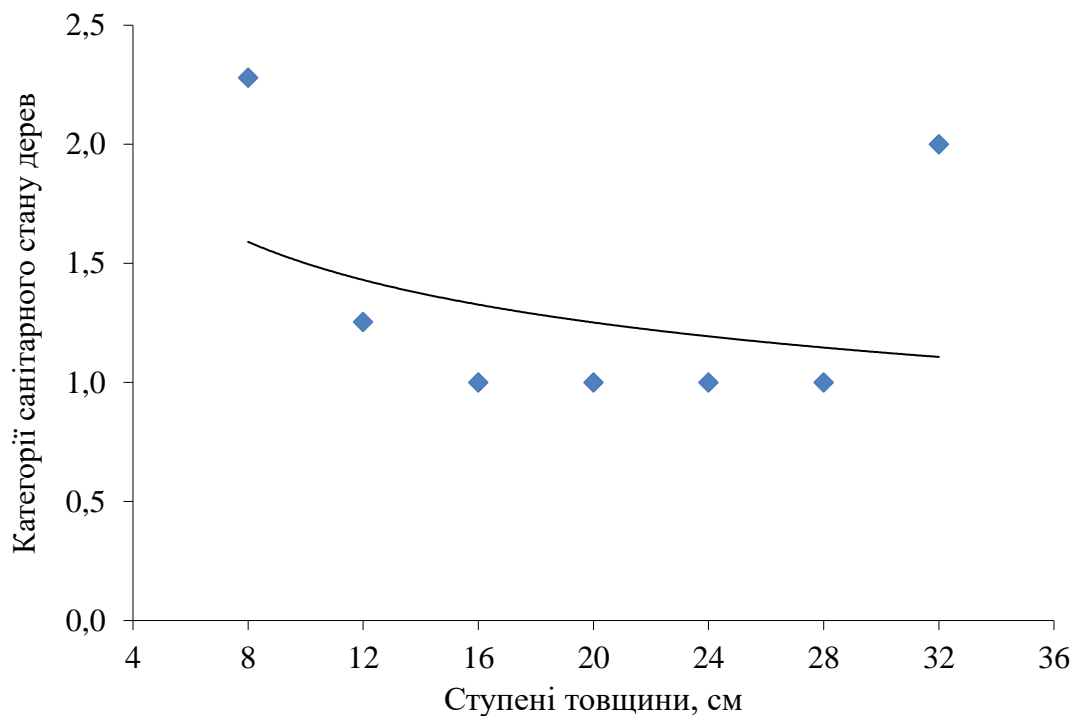


Рис. Д. 29. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 29

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 30

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	15	5	0	0	1	5	26	2,3
12	27	1	1	0	1	4	34	1,8
16	28	1	0	0	0	1	30	1,2
20	30	0	0	0	0	1	31	1,2
24	29	1	1	0	0	0	31	1,1
28	9	0	0	0	0	0	9	1,0
32	1	2	0	0	0	0	3	1,7
Всього	139	10	2	0	2	11	164	1,47
Відсотків	84,8	6,1	1,2	0	1,2	6,7	100	

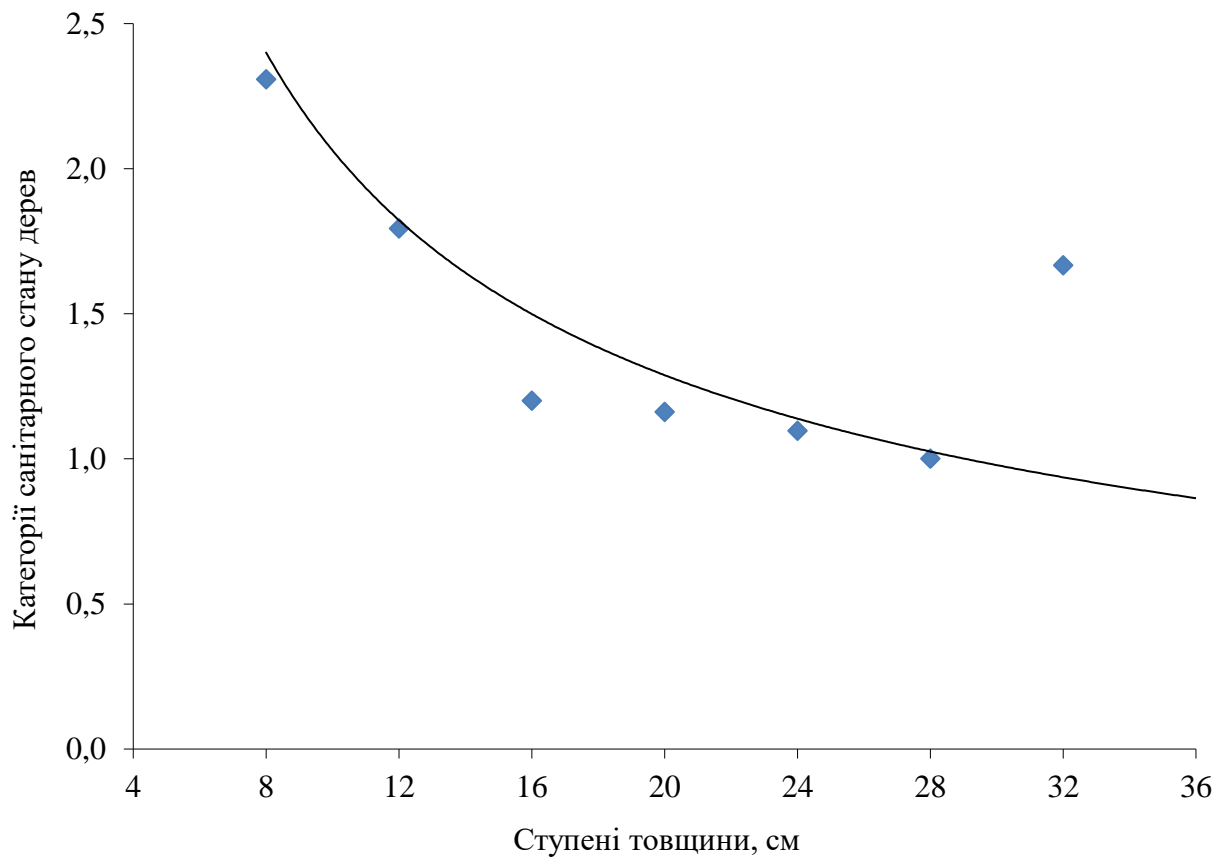


Рис. Д. 30. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 30

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 31

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	106	8	1	0	4	2	121	1,3
12	94	4	0	0	2	3	103	1,3
16	66	3	0	0	0	3	72	1,3
20	44	0	0	0	0	1	45	1,1
24	20	0	0	0	0	0	20	1,0
28	6	0	0	0	0	0	6	1,0
32	1	0	0	0	0	0	1	1,0
36	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	338	15	1	0	6	9	369	1,23
Відсотків	91,6	4,1	0,3	0	1,6	2,4	100	

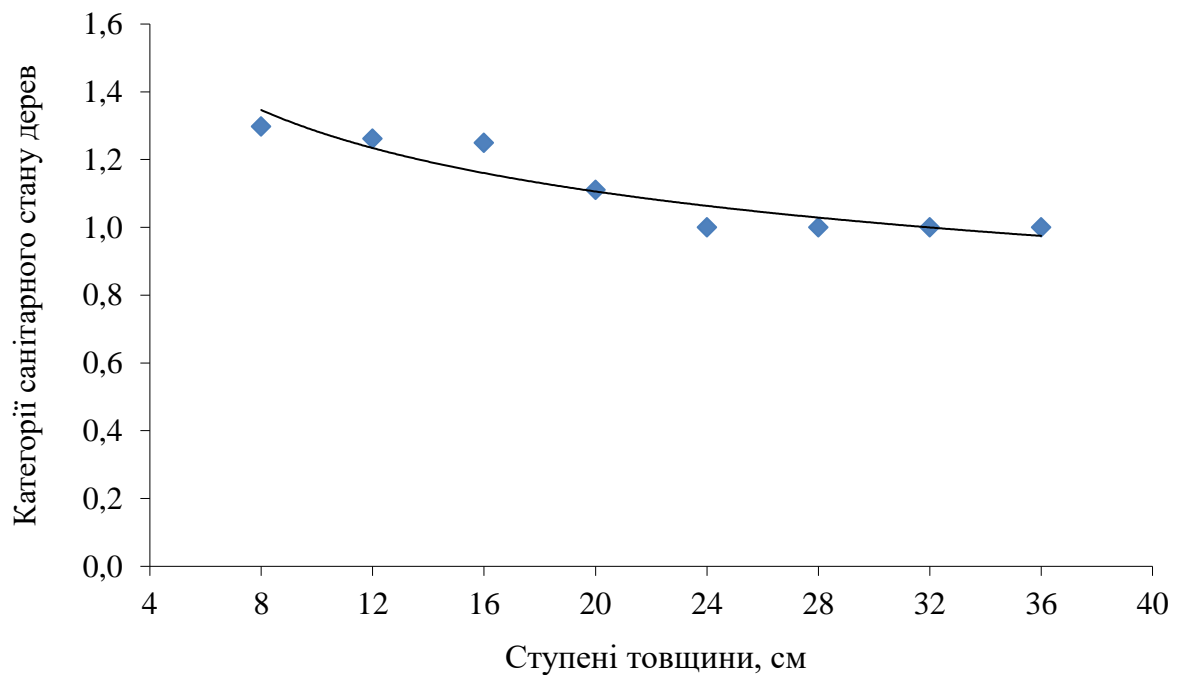


Рис. Д. 31. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 31

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 32

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	19	7	2	0	6	42	76	4,2
12	61	14	0	0	4	15	94	2,1
16	63	2	0	0	0	2	67	1,2
20	56	1	0	0	0	0	57	1,0
24	50	5	0	0	0	0	55	1,1
28	18	1	1	0	0	1	21	1,4
32	5	2	0	0	0	0	7	1,3
36	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	273	32	3	0	10	60	378	2,0
Відсотків	72,2	8,5	0,8	0	2,6	15,9	100	

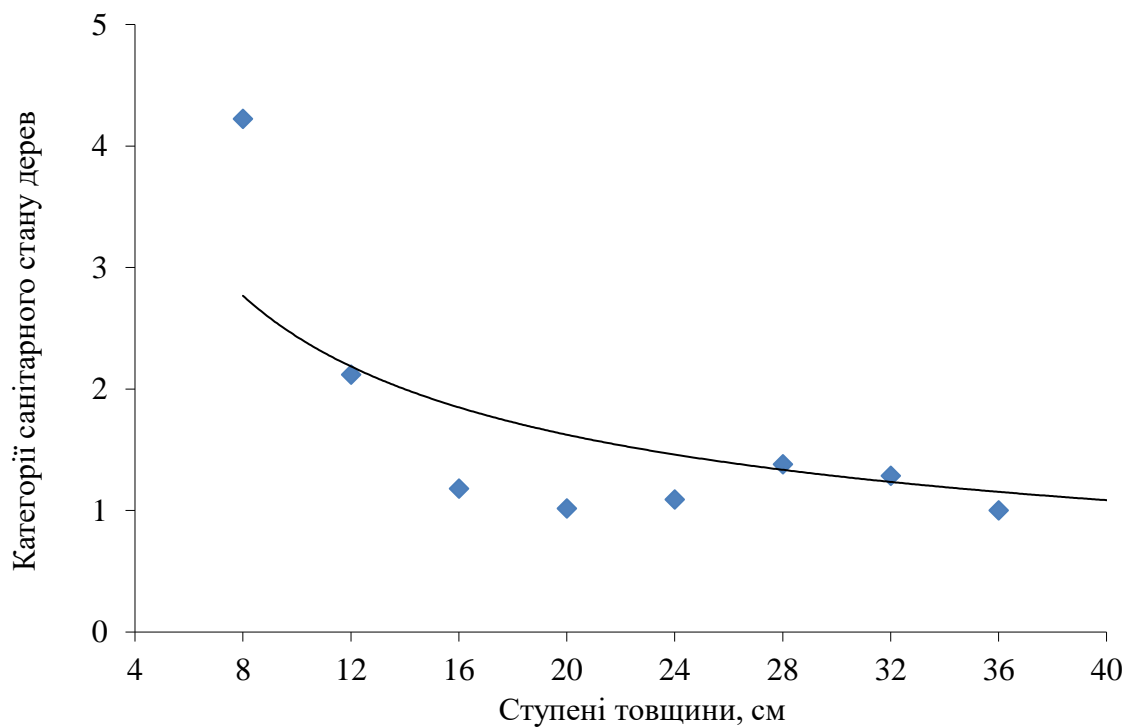


Рис. Д. 32. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 32

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 33

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	2	0	0	0	0	4	6	4,3
12	10	0	0	0	0	12	22	3,7
16	22	3	0	0	0	5	30	1,9
20	15	1	1	0	0	4	21	2,1
24	24	2	0	0	0	4	30	1,7
28	28	3	0	0	0	0	31	1,1
32	15	0	0	0	0	0	15	1,0
36	13	1	0	0	0	0	14	1,1
40	6	0	0	0	0	0	6	1,0
44	2	3	0	0	0	0	5	1,6
48	0	1	0	0	0	0	1	2,0
Всього	137	14	1	0	0	29	181	1,89
Відсотків	75,7	7,7	0,6	0	0	16,0	100	

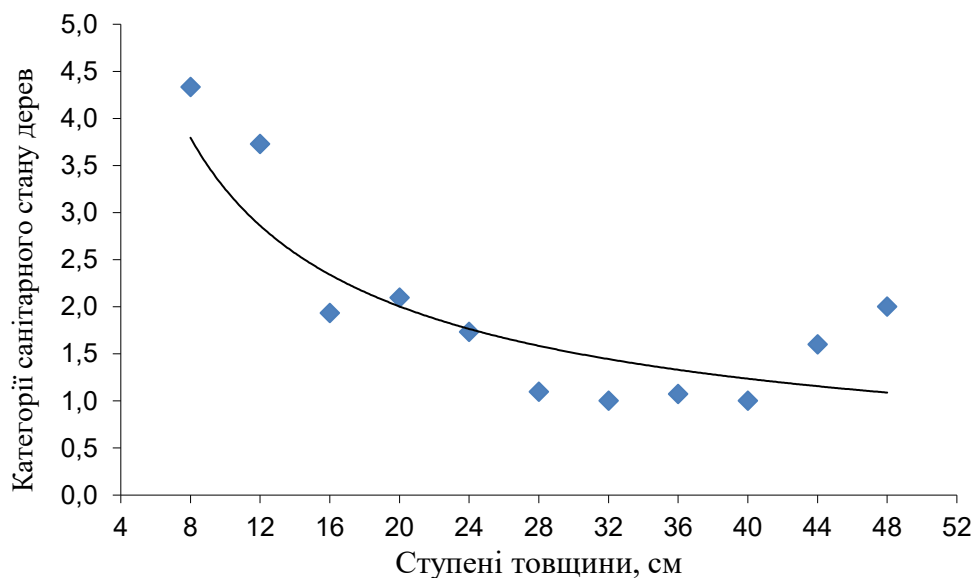


Рис. Д. 33. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 33

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 34**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	1	2	1	0	0	19	23	5,3
12	15	4	1	0	0	11	31	3,0
16	23	1	1	0	0	7	32	2,2
20	36	1	0	0	0	0	37	1,0
24	44	0	0	0	0	1	45	1,1
28	30	0	0	0	0	0	30	1,0
32	12	1	0	0	0	0	13	1,1
36	1	1	0	0	0	0	2	1,5
40	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	163	10	3	0	0	38	214	1,96
Відсотків	76,1	4,7	1,4	0	0	17,8	100	

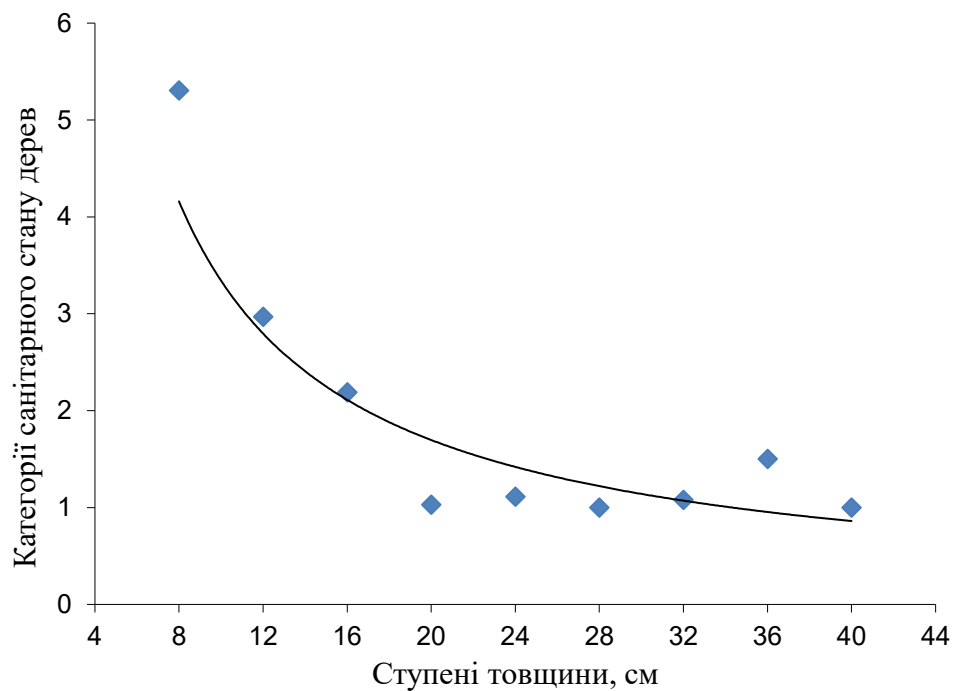


Рис. Д. 34. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 34

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 35**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	7	0	0	0	0	41	48	5,3
12	21	1	1	0	2	14	39	3,1
16	39	0	1	0	1	6	47	1,8
20	34	2	1	0	0	2	39	1,4
24	32	1	0	0	0	0	33	1,0
28	31	1	0	0	0	0	32	1,0
32	13	0	0	0	0	0	13	1,0
36	0	0	0	0	0	0	0	0,0
40	1	0	0	0	0	0	1	1,0
44	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	179	5	3	0	3	63	253	2,34
Відсотків	70,7	2,0	1,2	0	1,2	24,9	100	

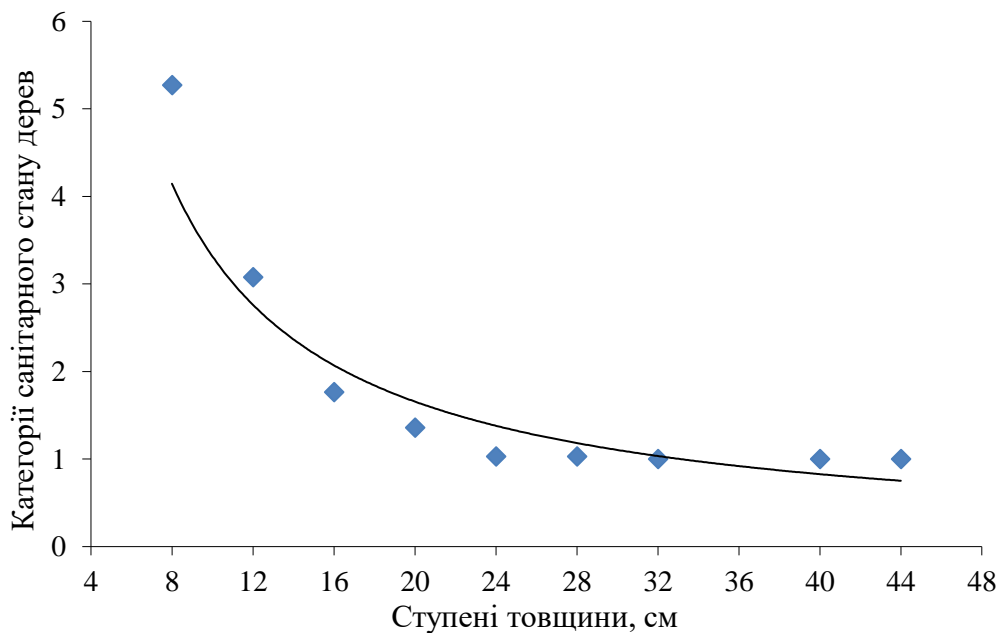


Рис. Д. 35. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 35

Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на пробній площі № 36

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	7	0	0	0	2	15	24	4,5
12	14	1	0	1	1	2	19	1,9
16	13	0	0	0	0	0	13	1,0
20	16	0	0	0	0	2	18	1,6
24	23	0	0	0	0	0	23	1,0
28	19	0	0	0	0	0	19	1,0
32	21	0	0	0	0	0	21	1,0
36	19	0	0	0	0	0	19	1,0
40	5	2	0	0	0	0	7	1,3
44	3	0	0	0	0	0	3	1,0
Всього	140	3	0	1	3	19	166	1,68
Відсотків	84,4	1,8	0	0,6	1,8	11,4	100	

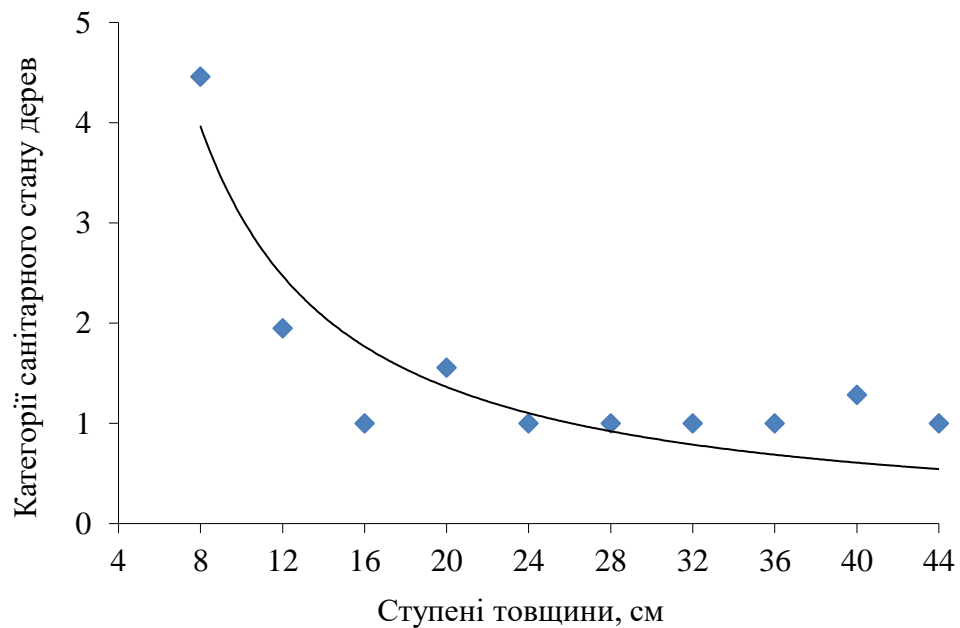


Рис. Д. 36. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 36

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 37**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	4	0	0	0	1	4	9	3,7
12	4	1	0	0	0	5	10	3,6
16	8	0	0	0	0	0	8	1,0
20	8	0	0	0	0	0	8	1,0
24	7	0	0	0	0	1	8	1,6
28	11	2	0	0	0	1	14	1,5
32	10	1	0	0	0	1	12	1,5
36	9	2	0	0	0	1	12	1,6
40	12	0	0	0	0	1	13	1,4
44	8	1	1	0	0	0	10	1,3
48	16	1	0	0	0	1	18	1,3
52	11	1	0	0	0	0	12	1,1
56	11	0	0	0	0	0	11	1,0
60	4	0	0	0	0	0	4	1,0
64	2	0	0	0	0	0	2	1,0
68	1	0	0	0	0	0	1	1,0
72	1	0	0	0	0	0	1	1,0
76	0	0	0	0	0	0	0	0,0
80	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	128	9	1	0	1	15	154	1,58
Відсотків	83,2	5,8	0,6	0	0,6	9,8	100	

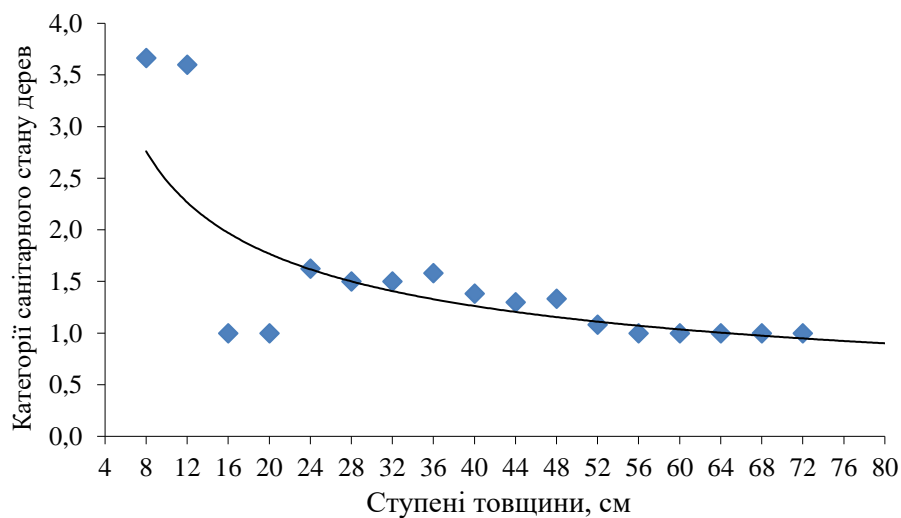


Рис. Д. 37. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 37

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 37**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	4	0	0	0	1	4	9	3,7
12	4	1	0	0	0	5	10	3,6
16	8	0	0	0	0	0	8	1,0
20	8	0	0	0	0	0	8	1,0
24	7	0	0	0	0	1	8	1,6
28	11	2	0	0	0	1	14	1,5
32	10	1	0	0	0	1	12	1,5
36	9	2	0	0	0	1	12	1,6
40	12	0	0	0	0	1	13	1,4
44	8	1	1	0	0	0	10	1,3
48	16	1	0	0	0	1	18	1,3
52	11	1	0	0	0	0	12	1,1
56	11	0	0	0	0	0	11	1,0
60	4	0	0	0	0	0	4	1,0
64	2	0	0	0	0	0	2	1,0
68	1	0	0	0	0	0	1	1,0
72	1	0	0	0	0	0	1	1,0
76	0	0	0	0	0	0	0	0,0
80	1	0	0	0	0	0	1	1,0
Всього	128	9	1	0	1	15	154	1,58
Відсотків	83,1	5,8	0,6	0	0,6	9,7	100	

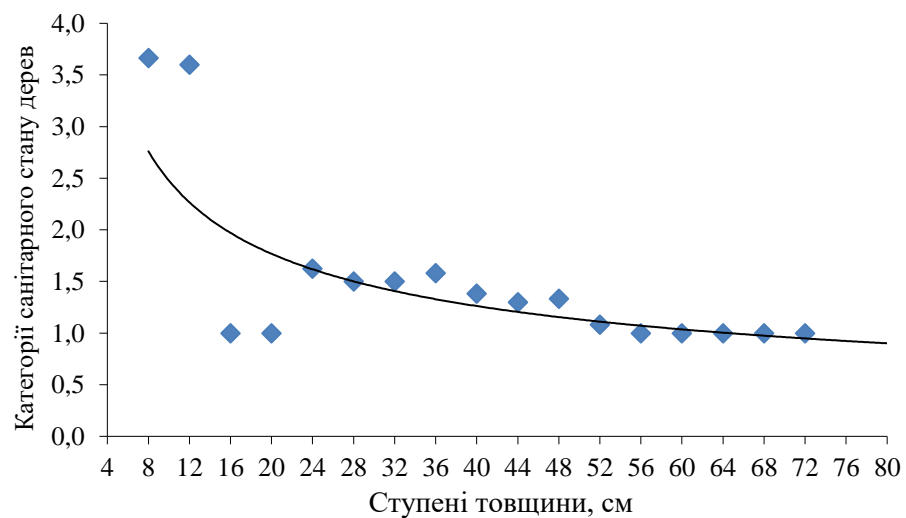


Рис. Д. 37. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 37

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 38**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	3	1	0	0	0	5	9	3,9
12	3	0	0	0	0	7	10	4,5
16	5	0	0	0	0	6	11	3,7
20	0	1	0	0	0	3	4	5,0
24	4	0	0	0	0	0	4	1,0
28	8	1	0	0	0	2	11	2,0
32	12	1	0	0	0	0	13	1,1
36	12	2	0	0	0	1	15	1,5
40	21	0	0	0	0	0	21	1,0
44	13	0	0	0	0	0	13	1,0
48	18	1	0	0	0	0	19	1,1
52	14	2	0	0	0	0	16	1,1
56	6	1	0	0	0	0	7	1,1
60	2	1	0	0	0	0	3	1,3
64	1	1	0	0	0	0	2	1,5
Всього	122	12	0	0	0	24	158	1,84
Відсотків	77,2	7,6	0	0	0	15,2	100	

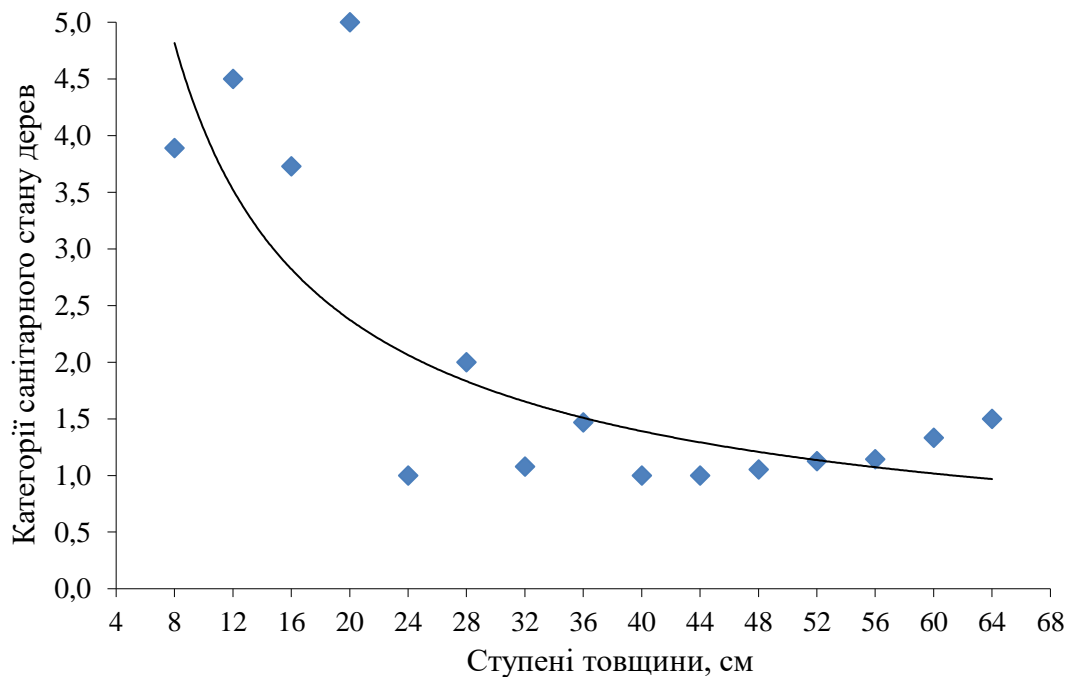


Рис. Д. 38. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 38

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 39**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	91	2	3	0	0	1	97	1,1
12	79	0	3	1	0	0	83	1,1
16	35	0	0	1	0	1	37	1,2
20	24	0	0	0	0	0	24	1,0
24	11	0	0	0	0	0	11	1,0
28	5	0	0	0	0	0	5	1,0
Всього	245	2	6	2	0	2	257	1,12
Відсотків	95,3	0,8	2,3	0,8	0	0,8	100	

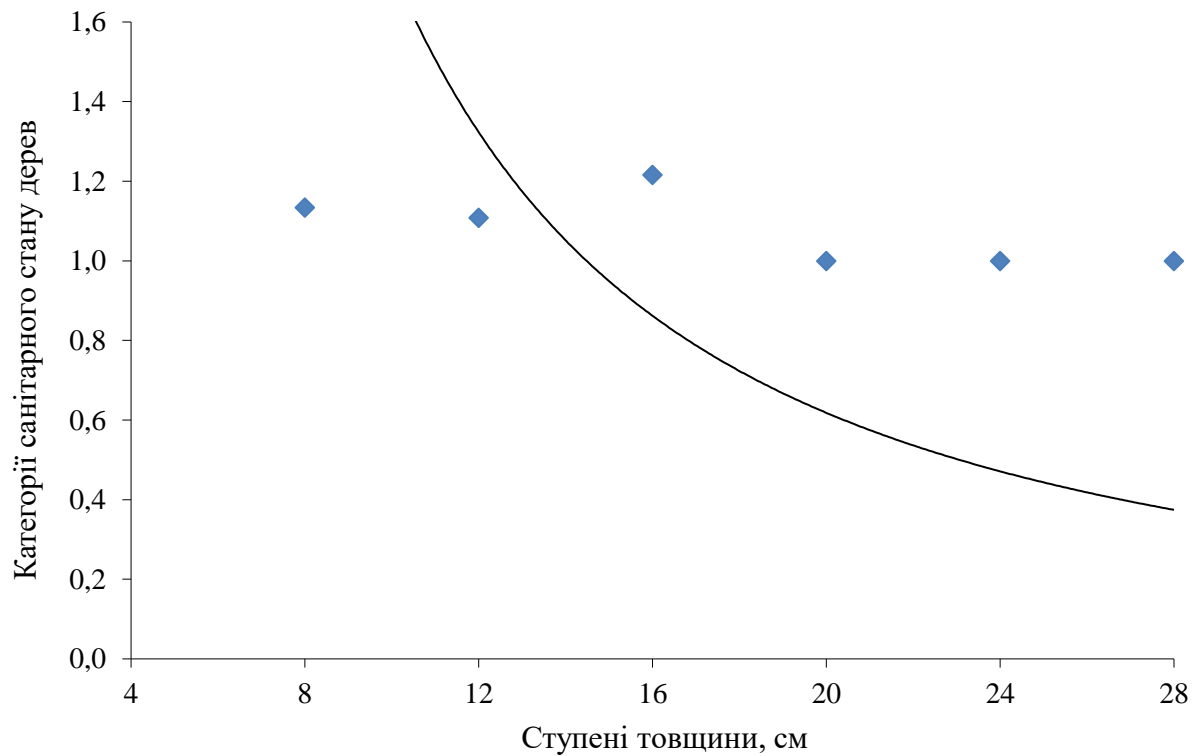


Рис. Д. 39. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 39

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 40**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	74	2	1	0	0	21	98	2,1
12	27	0	2	1	0	2	32	1,5
16	24	1	0	0	0	1	26	1,2
20	17	0	0	0	0	0	17	1,0
24	17	0	0	0	0	0	17	1,0
28	9	1	1	0	0	0	11	1,3
32	3	2	0	0	0	0	5	1,4
36	2	0	0	1	0	0	3	2,0
40	3	1	0	0	0	0	4	1,3
44	0	0	0	0	0	0	0	0,0
48	0	0	0	0	0	0	0	0,0
52	1	1	0	0	0	0	2	1,5
Всього	177	8	4	2	0	24	215	1,66
Відсотків	82,3	3,7	1,9	0,9	0	11,2	100	

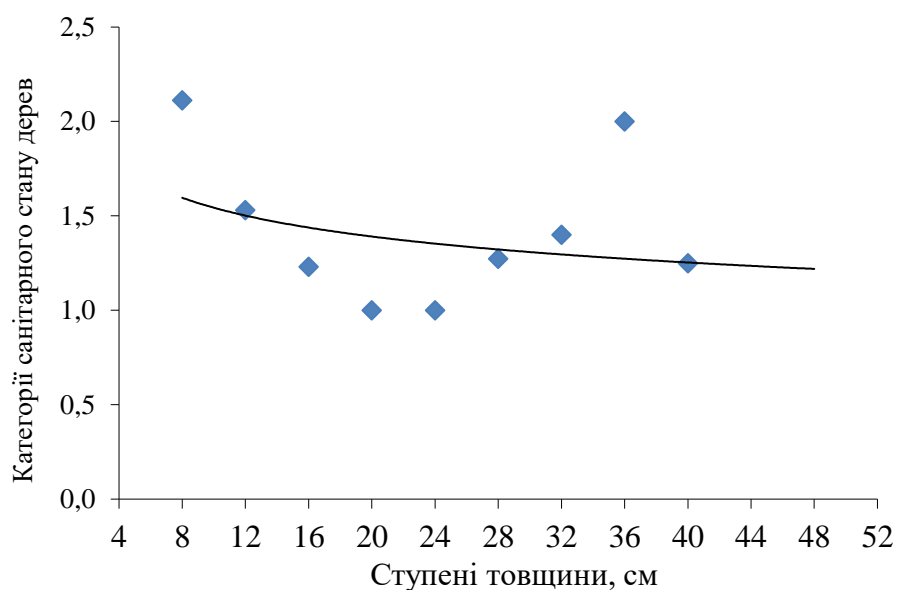


Рис. Д. 40. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 40

**Розподіл дерев ялини європейської за категоріями санітарного стану на
пробній площі № 41**

Ступені товщини, см	Категорія санітарного стану						Всього дерев, шт.	Сер. кат. сан. стану
	без ознак ослаблення	ослаблені	дуже ослаблені	відмираючі	свіжий сухостій	старий сухостій		
8	9	2	0	1	1	15	28	4,0
12	27	1	2	0	0	10	40	2,4
16	29	1	0	0	0	8	38	2,1
20	46	0	1	0	0	0	47	1,0
24	43	0	0	0	0	1	44	1,1
28	18	0	0	0	0	0	18	1,0
32	6	0	0	0	0	0	6	1,0
36	5	0	0	0	0	1	6	1,8
Всього	183	4	3	1	1	35	227	1,85
Відсотків	80,7	1,8	1,3	0,4	0,4	15,4	100	

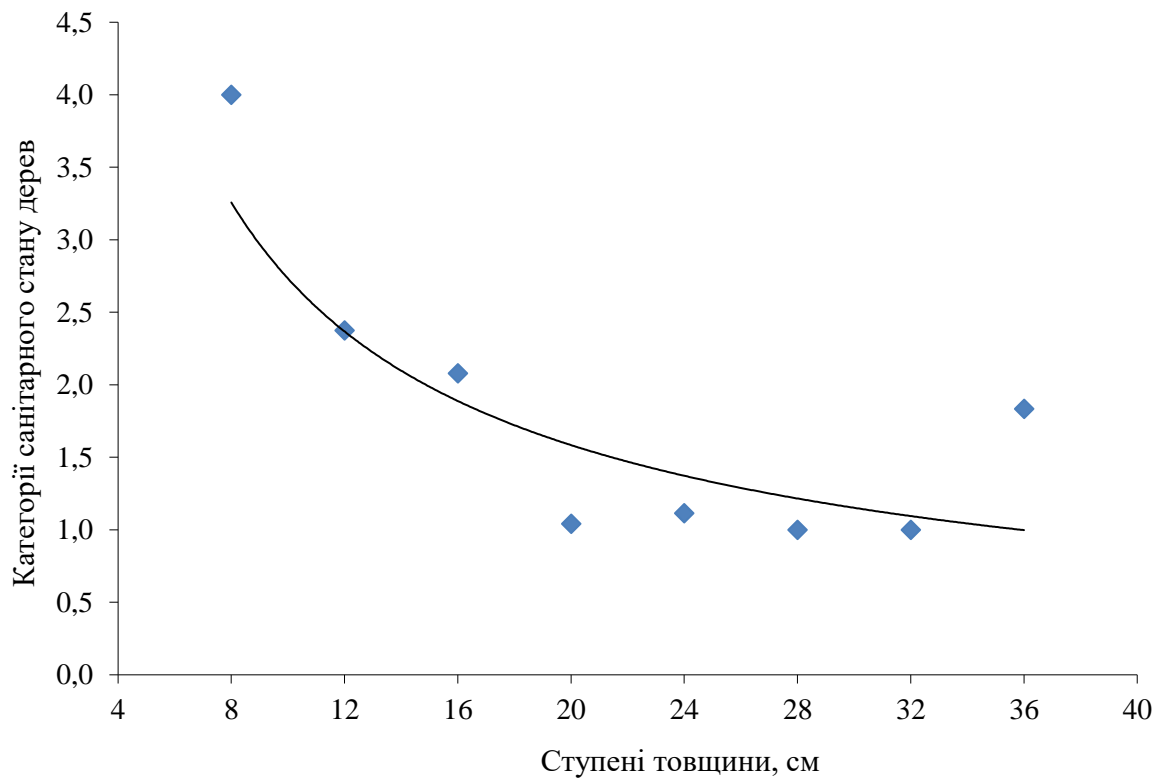


Рис. Д. 41. Розподіл дерев ялини за категоріями санітарного стану та ступенями товщини на пробній площі № 41

Додаток Б

**Основні статистичні показники радіальних приростів дерев ялини
європейської з пробних площ (1/100 мм)**

Індекс керна	Радіальний приріст, 1/100 мм				
	Мінімум	Максимум	Середнє значення	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
1	2	3	4	5	6
UA-01-93	148	911	442.3±23.52	171.2±16.63	38.7±4.29
UA-01-96	245	601	367.9±11.69	85.9±8.27	23.3±2.36
UA-01-125	236	661	402.2±14.57	105.1±10.31	26.1±2.73
UA-01-152	195	675	370.3±15.34	112.7±10.84	30.4±3.18
UA-02-3	89	372	202.3±8.85	74.6±6.26	36.9±3.49
UA-02-22	137	712	334.1±14.91	111.6±10.55	33.4±3.49
UA-02-66	88	461	219.3±12.41	104.6±8.78	47.7±4.83
UA-02-153	106	299	190.1±6.19	50.7±4.38	26.7±2.47
UA-02-180	38	513	242.8±16.07	137.3±11.36	56.5±5.99
UA-03-013	50	817	311.4±24.01	178.1±16.98	57.2±7.01
UA-03-021	124	469	313.2±14.24	105.6±10.07	33.7±3.56
UA-03-100	75	550	253.3±15.61	128.7±11.04	50.8±5.36
UA-03-138	77	1008	367.4±31.49	220.4±22.26	60±7.95
UA-03-170	121	1057	357.8±29.01	211.2±20.51	59±7.46
UA-04-002	56	748	321.8±31.74	205.7±22.44	63.9±9.4
UA-04-031	78	783	346±29.96	209.7±21.18	60.6±8.06
UA-04-056	84	784	382±29.49	195.6±20.85	51.2±6.74
UA-04-086	86	698	330.5±23.83	152.6±16.85	46.2±6.09
UA-04-181	64	774	452.6±24.13	146.8±17.07	32.4±4.14
UA-05-001	86	560	222.4±17.58	133.9±12.43	60.2±7.34
UA-05-032	94	616	266.7±14.9	116.4±10.54	43.6±4.64
UA-05-080	76	740	271.9±22.19	167.5±15.69	61.6±7.65
UA-05-097	104	567	270.2±16.53	124.8±11.69	46.2±5.17
UA-05-181	113	1321	342.1±26.9	201.3±19.02	58.8±7.23
UA-06-066	302	1180	506±47.49	212.4±33.58	42±7.72
UA-06-147	213	604	438.7±18.07	100.6±12.78	22.9±3.06
UA-06-160	265	683	455.2±21.3	114.7±15.06	25.2±3.51
UA-06-171	155	618	340.8±22.13	127.1±15.64	37.3±5.19
UA-06-182	124	736	395.3±31.48	196.6±22.26	49.7±6.88
UA-07-010	152	632	371.6±25.03	134.8±17.7	36.3±5.36

1	2	3	4	5	6
UA-07-014	137	521	283.4±20.35	122.1±14.39	43.1±5.95
UA-07-057	140	589	295.2±21.9	131.4±15.49	44.5±6.2
UA-07-059	253	747	390.7±19.37	104.3±13.7	26.7±3.75
UA-07-092	161	526	342.1±15.53	93.2±10.98	27.2±3.43
UA-08-013	123	579	291.5±13.12	99.9±9.28	34.3±3.54
UA-08-029	123	1179	359.4±22.18	173.2±15.68	48.2±5.28
UA-08-050	232	921	380.4±16.19	119±11.45	31.3±3.29
UA-08-080	161	939	325.1±26.07	160.7±18.43	49.4±6.91
UA-08-114	149	870	326.1±17.7	130.1±12.52	39.9±4.41
UA-09-008	52	402	168.4±5.96	71.5±4.21	42.5±2.92
UA-09-017	64	376	158.5±4.95	58.1±3.5	36.7±2.49
UA-09-030	98	1126	215.1±11.92	130.6±8.43	60.7±5.16
UA-09-059	70	848	207.5±13.06	142.5±9.24	68.7±6.21
UA-09-194	64	681	203.3±9.67	108.5±6.83	53.4±4.22
UA-10-034	64	840	259.2±23.33	166.6±16.5	64.3±8.61
UA-10-064	130	928	306.8±25.67	188.6±18.15	61.5±7.84
UA-10-118	113	1069	343.8±32.64	233.1±23.08	67.8±9.3
UA-10-159	119	596	282.5±16.82	121.3±11.89	42.9±4.92
UA-10-209	114	796	375.4±22.46	157.2±15.88	41.9±4.92
UA-11-030	24	269	92.1±4.15	55.5±2.93	60.3±4.19
UA-11-032	64	469	172.8±7.17	79.8±5.07	46.2±3.5
UA-11-033	22	605	109.6±5.76	83.9±4.07	76.6±5.48
UA-11-088	44	414	154.4±7.56	79.6±5.34	51.6±4.29
UA-11-095	5	344	110.6±5.37	72.5±3.8	65.6±4.69
UA-12-028	152	615	347.9±20.22	114.4±14.3	32.9±4.54
UA-12-029	122	515	318.6±21.38	122.8±15.12	38.5±5.4
UA-12-034	236	665	462.3±22.49	119±15.9	25.7±3.65
UA-12-096	182	550	350.2±15.56	89.4±11	25.5±3.34
UA-12-203	217	682	454.7±26.06	137.9±18.43	30.3±4.41
UA-13-020	89	506	235±12.13	108.5±8.58	46.2±4.36
UA-13-070	48	571	226.3±15.03	142.6±10.63	63±6.29
UA-13-103	67	610	261.4±15.83	145.1±11.19	55.5±5.44
UA-13-119	110	945	308.4±19.67	173.7±13.91	56.3±5.76
UA-13-168	42	579	199.2±14.27	139.1±10.09	69.8±7.12
UA-14-051	130	713	260±24.42	144.5±17.27	55.6±8.45

1	2	3	4	5	6
UA-14-052	96	574	273±20.28	121.7±14.34	44.6±6.21
UA-14-053	66	475	244±20.31	125.2±14.36	51.3±7.27
UA-14-198	119	629	234.1±13.27	82.9±9.39	35.4±4.48
UA-14-278	101	584	274±18.55	120.2±13.11	43.9±5.64
UA-14-323	80	524	236.7±16.97	107.3±12	45.3±6.01
UA-15-001	56	437	192.4±13.02	84.4±9.21	43.9±5.64
UA-15-049	76	426	207±15.05	102.1±10.64	49.3±6.27
UA-15-068	84	393	194.2±9.76	65.5±6.9	33.7±3.94
UA-15-072	66	474	241.9±16.93	112.3±11.97	46.4±5.92
UA-15-173	128	413	232.1±10.46	65.3±7.39	28.1±3.42
UA-16-070	30	459	176.4±11.09	117.4±7.84	66.6±6.11
UA-16-080	22	494	193.2±12.41	144.2±8.78	74.6±6.6
UA-16-089	10	494	152.6±9.54	130.8±6.75	85.7±6.94
UA-16-101	50	663	290.5±13.14	128.7±9.29	44.3±3.77
UA-16-112	180	582	411.3±12.75	97.1±9.02	23.6±2.31
UA-17-009	103	558	242±12.14	114.5±8.58	47.3±4.27
UA-17-018	148	642	280.5±12.04	111±8.51	39.6±3.48
UA-17-056	41	538	242.3±11.24	106±7.95	43.7±3.85
UA-17-093	106	770	257.5±13.91	125.2±9.84	48.6±4.63
UA-17-117	60	588	239.1±12.32	115.6±8.71	48.3±4.41
UA-18-007	11	760	218.6±22.67	212.7±16.03	97.3±12.48
UA-18-00A	46	794	255.6±19.68	184.6±13.91	72.2±7.78
UA-18-00B	67	824	230.2±16.94	163.4±11.98	71±7.38
UA-18-015	23	520	213.2±10.07	101.7±7.12	47.7±4.03
UA-18-135	116	615	252.8±10.14	94±7.17	37.2±3.21
UA-19-039	37	582	364.6±21.35	143.2±15.09	39.3±4.74
UA-19-084	149	665	361.6±18.86	125.1±13.34	34.6±4.11
UA-19-144	74	552	251.5±9.55	91.1±6.75	36.2±3.01
UA-19-148	45	615	207.7±11.26	106.8±7.96	51.4±4.74
UA-19-149	94	633	272.2±10.59	101.6±7.49	37.3±3.11
UA-20-013	44	447	173±6.89	79.2±4.87	45.8±3.36
UA-20-018	86	453	207.4±8.77	95.3±6.2	45.9±3.56
UA-20-022	24	472	129.8±10.44	113.4±7.38	87.4±9.05
UA-20-023	26	400	106.4±6.13	72.5±4.33	68.1±5.65
UA-20-024	96	489	186.7±8.02	84.9±5.67	45.5±3.62

1	2	3	4	5	6
UA-21-004	22	517	155.9±11.42	122.5±8.08	78.6±7.75
UA-21-016	123	653	290.7±14.26	125.9±10.08	43.3±4.07
UA-21-050	117	826	328.1±21.43	185.6±15.15	56.6±5.92
UA-21-180	116	531	236±12.86	113.6±9.1	48.1±4.66
UA-22-056	31	731	325.8±23.89	170.6±16.89	52.4±6.46
UA-22-064	29	508	251.6±13.14	100.9±9.29	40.1±4.24
UA-22-073	20	748	235.9±17.66	142.4±12.49	60.4±6.97
UA-22-134	59	898	284.6±19.49	151±13.78	53.1±6.06
UA-22-165	80	607	240.7±15.24	116.1±10.78	48.2±5.42
UA-23-054	22	726	412.3±29.34	194.6±20.74	47.2±6.05
UA-23-055	145	699	466.5±24.74	156.5±17.5	33.5±4.14
UA-23-091	53	791	377.7±22.76	151±16.1	40±4.9
UA-23-104	185	900	471.5±26.36	176.8±18.64	37.5±4.47
UA-23-187	200	599	379±13.87	89.9±9.81	23.7±2.73
UA-24-012	26	899	444.6±33.38	216.3±23.6	48.7±6.45
UA-24-018	232	707	433.8±15.94	103.3±11.27	23.8±2.74
UA-24-048	58	874	473.2±33.94	209.2±24	44.2±5.98
UA-24-089	91	612	415.4±20.77	139.3±14.68	33.5±3.91
UA-24-106	94	845	435±26.39	179±18.66	41.1±4.96
UA-25-004	166	554	339.3±16.88	112±11.94	33±3.88
UA-25-007	166	539	339±10.96	78.3±7.75	23.1±2.41
UA-25-010	115	725	301.1±17.62	129.5±12.46	43±4.84
UA-25-082	139	871	378.4±22.54	147.8±15.94	39.1±4.82
UA-25-120	185	648	385.1±16.14	102.1±11.42	26.5±3.16
UA-26-002	83	508	214.3±10.95	112.2±7.74	52.4±4.5
UA-26-014	58	622	194.2±10.47	107.8±7.4	55.5±4.85
UA-26-073	101	724	234.4±12.8	126.7±9.05	54.1±4.87
UA-26-089	43	419	175.2±11.4	97.4±8.06	55.6±5.85
UA-27-015	144	952	353.4±27.39	199.4±19.37	56.4±7.01
UA-27-062	126	808	350.3±21.23	156±15.01	44.5±5.06
UA-27-087	201	757	370±20.13	153.3±14.23	41.4±4.45
UA-27-096	159	746	358.4±19.6	146.7±13.86	40.9±4.46
UA-27-106	152	699	334.9±20.74	151±14.67	45.1±5.2
UA-28-004	79	386	172.2±5.37	59.1±3.8	34.3±2.45
UA-28-018	8	344	111.8±6.3	76.4±4.46	68.3±5.54

1	2	3	4	5	6
UA-28-029	7	498	229.3±10.7	113.2±7.56	49.4±4.03
UA-28-077	42	1028	193.5±15.62	155.4±11.04	80.3±8.64
UA-29-106	77	548	273.4±17.75	119.1±12.55	43.6±5.4
UA-29-172	59	530	259.1±16.17	109.7±11.44	42.3±5.14
UA-29-177	66	500	215.7±16.14	98.2±11.42	45.5±6.29
UA-29-182	84	453	248.6±14.61	94.7±10.33	38.1±4.72
UA-29-193	74	572	271±17.87	113±12.63	41.7±5.41
UA-30-019	18	125	62.7±2.08	21.1±1.47	33.7±2.6
UA-30-045	28	217	72±3.24	34.7±2.29	48.2±3.85
UA-30-048	23	702	90.6±8.89	83.9±6.29	92.6±11.44
UA-30-051	29	303	123.5±7.27	67.8±5.14	54.9±5.27
UA-30-052	42	569	103.8±6.53	65.6±4.62	63.2±5.96
UA-31-001	234	766	527.4±29.26	146.3±20.69	27.7±4.21
UA-31-003	177	776	508.2±35.78	192.7±25.3	37.9±5.65
UA-31-006	148	1385	498±55.44	288.1±39.21	57.9±10.18
UA-31-049	165	814	484.5±37.72	213.4±26.68	44±6.48
UA-32-009	66	826	448.9±42.4	257.9±29.98	57.5±8.62
UA-32-032	125	727	384.5±24.84	140.5±17.56	36.5±5.13
UA-32-037	148	660	400.7±28.23	149.4±19.96	37.3±5.64
UA-32-087	113	772	361.9±31.81	193.5±22.49	53.5±7.8
UA-32-133	154	664	341.6±20.39	120.6±14.41	35.3±4.72
UA-33-001	59	653	234.3±15.79	126.3±11.16	53.9±5.99
UA-33-002	33	906	281.7±24.31	201.9±17.19	71.7±8.69
UA-33-056	80	713	250±17.27	141.4±12.22	56.6±6.26
UA-33-088	85	559	245.3±12.26	101.8±8.67	41.5±4.1
UA-33-106	104	475	256±11.65	92.5±8.24	36.1±3.61
UA-34-001	191	868	466.9±32	186.6±22.63	40±5.57
UA-34-009	283	790	498.5±28.15	151.6±19.91	30.4±4.34
UA-34-025	155	633	411.7±22.65	132.1±16.02	32.1±4.28
UA-34-028	260	852	534±30.36	166.3±21.47	31.1±4.39
UA-34-052	130	707	348.6±30.07	164.7±21.26	47.2±7.33
UA-35-020	128	726	283±19.37	141±13.7	49.8±5.92
UA-35-040	154	813	320.5±16.09	116±11.37	36.2±3.99
UA-35-049	92	855	267.6±24.15	182.3±17.07	68.1±8.86
UA-35-153	87	616	298.4±20.04	151.3±14.17	50.7±5.84

1	2	3	4	5	6
UA-35-222	112	709	284.4±19.75	150.4±13.96	52.9±6.13
UA-36-005	89	663	308.3±19.08	155±13.49	50.3±5.37
UA-36-024	102	628	275.8±16.4	143±11.6	51.8±5.21
UA-36-027	71	516	248.4±15.38	130.5±10.88	52.5±5.45
UA-36-142	69	618	248.4±17.66	146.7±12.49	59.1±6.56
UA-36-147	128	654	279.5±15.92	131.3±11.26	47±4.84
UA-37-009	64	426	160.5±6.68	76.7±4.72	47.8±3.55
UA-37-010	89	666	201.9±8.1	91.3±5.73	45.2±3.37
UA-37-017	11	382	165.4±8.6	109.1±6.08	66±5.03
UA-37-019	104	1127	300.5±18.4	187.6±13.01	62.4±5.77
UA-37-033	14	307	138.9±4.09	53.8±2.89	38.7±2.37
UA-38-001	25	545	205.8±9.41	104.8±6.65	50.9±3.98
UA-38-005	107	550	247.8±8.38	91.4±5.92	36.9±2.7
UA-38-032	73	662	223.3±11	113.8±7.78	51±4.3
UA-38-036	114	498	265.7±8.85	90.7±6.26	34.1±2.61
UA-38-079	33	442	200.9±6.93	72.7±4.9	36.2±2.74
UA-39-024	324	822	589.7±35.48	162.6±25.09	27.6±4.57
UA-39-052	235	1174	585.6±66.41	273.8±46.96	46.8±9.62
UA-39-078	118	1227	630.6±107.63	430.5±76.1	68.3±16.79
UA-39-083	378	1087	767.1±42.13	173.7±29.79	22.6±4.07
UA-39-136	167	1110	681±59.42	252.1±42.02	37±6.96
UA-40-025	109	658	354.4±25.79	150.4±18.24	42.4±6
UA-40-035	153	706	446.8±23.11	136.7±16.34	30.6±3.99
UA-40-058	143	712	363.8±22.89	141.1±16.19	38.8±5.08
UA-40-070	94	518	257.1±12.53	85.9±8.86	33.4±3.81
UA-40-077	103	555	225.9±9.71	100±6.87	44.3±3.59
UA-41-005	148	637	402.9±17.78	120.6±12.57	29.9±3.38
UA-41-001	161	737	357.6±19.69	136.4±13.92	38.1±4.42
UA-41-019	144	621	345.6±16.52	116.8±11.68	33.8±3.75
UA-41-042	57	681	384.8±22.66	145.1±16.02	37.7±4.72
UA-41-146	114	899	415.3±25.11	174±17.76	41.9±4.97

Додаток В

Порівняння динаміки основних таксаційних показників ялинових деревостанів в умовах вологості високогірної сушмеречини та вологості буково- ялицевої сушмеречини

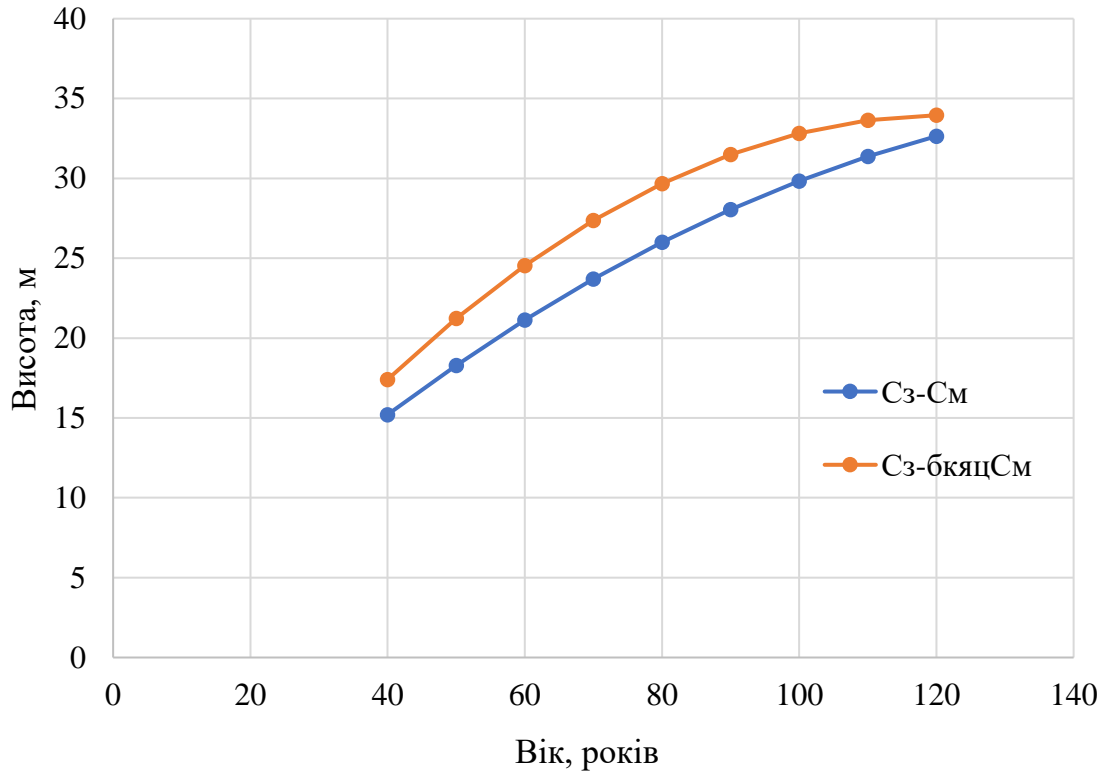


Рис. В.1. Порівняння динаміки росту ялинових деревостанів за середньою висотою

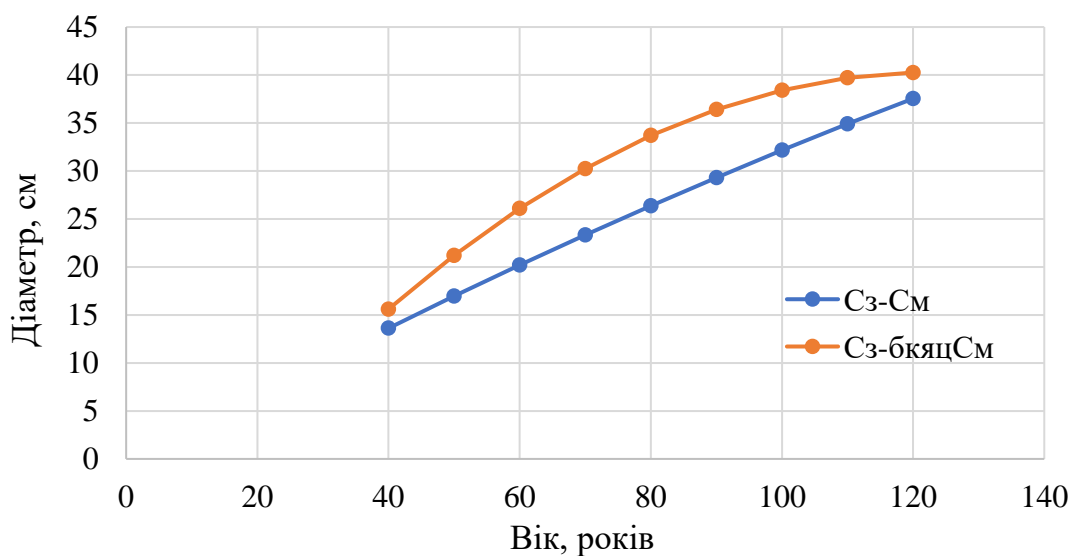


Рис. В.2. Порівняння динаміки ялинових деревостанів за середнім діаметром

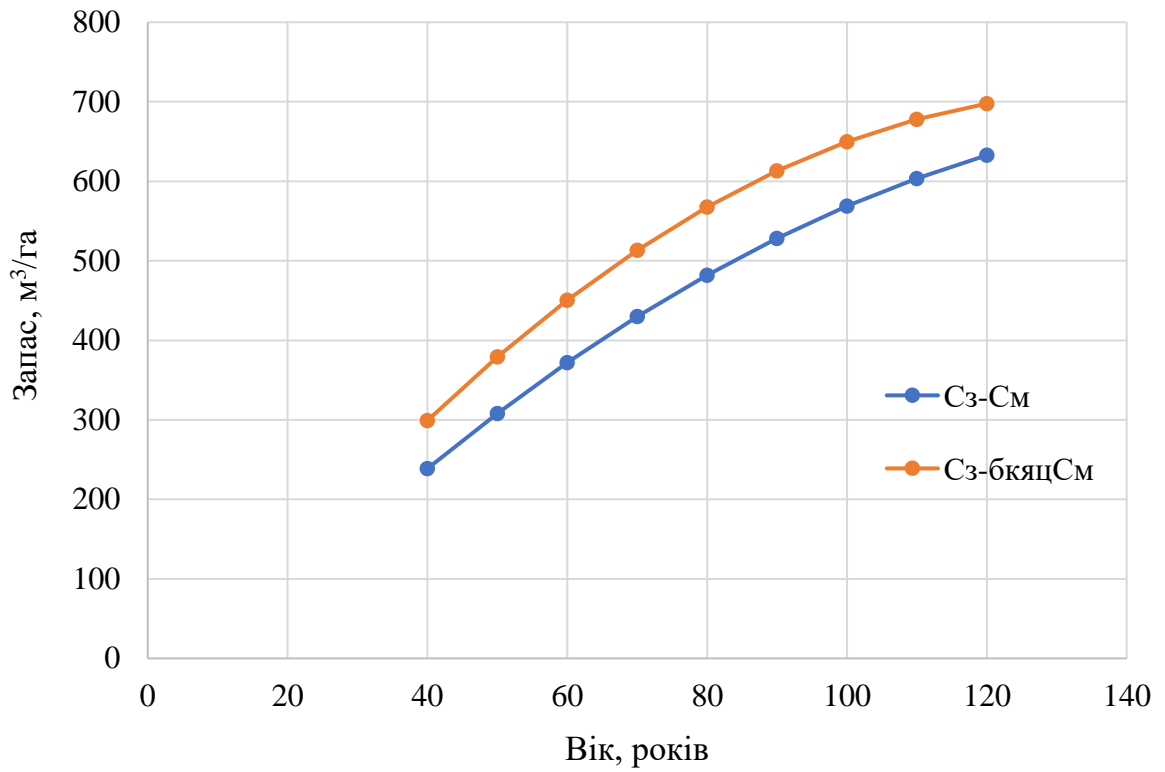


Рис. В.3. Порівняння динаміки ялинових деревостанів за запасом

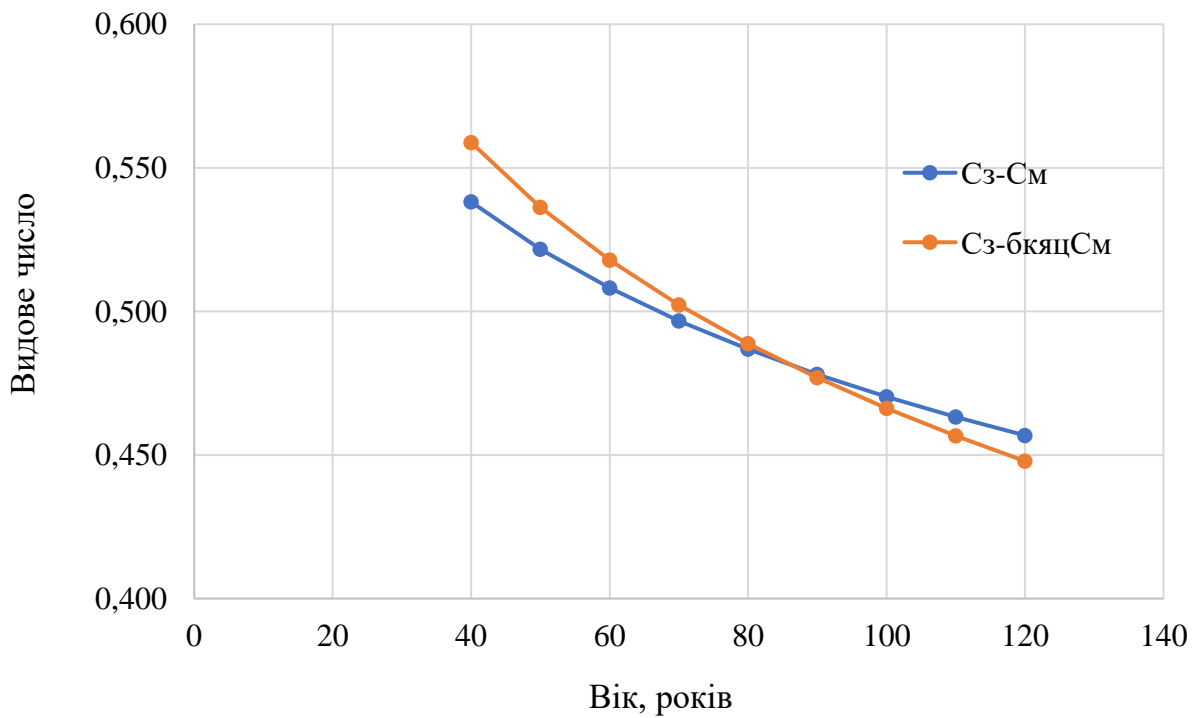


Рис. В.4. Порівняння динаміки росту ялинових деревостанів за видовим числом

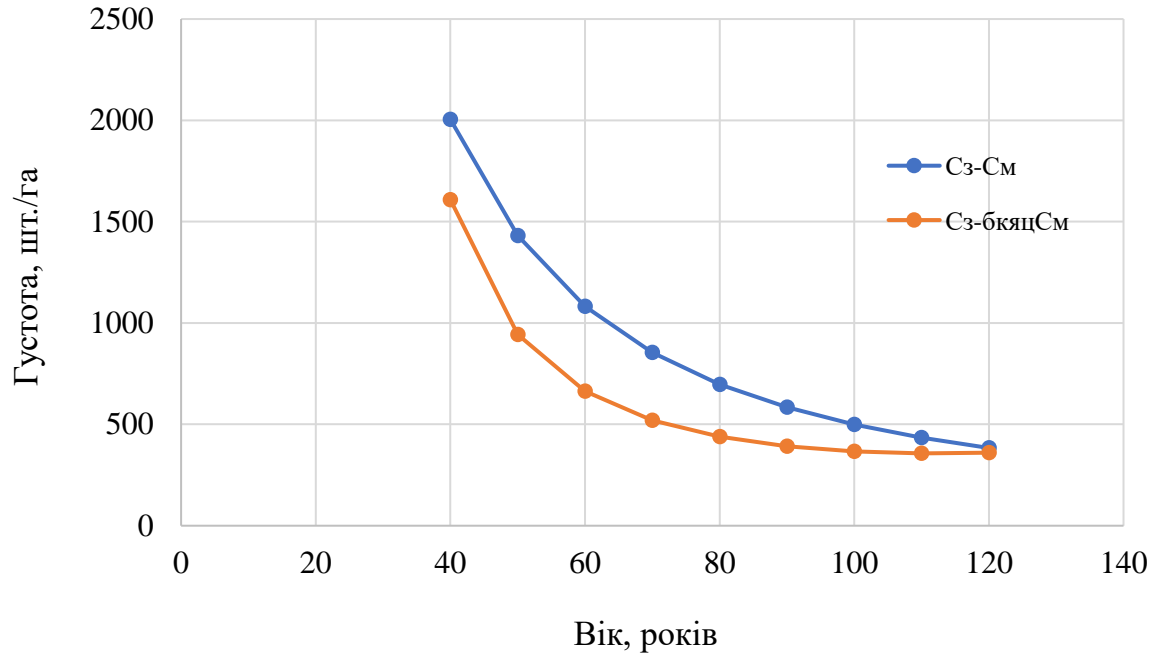


Рис. В.5. Порівняння динаміки росту ялинових деревостанів за густотою дерев

Додаток Г

Коефіцієнти кореляції між середніми радіальними приростами дерев ялини на пробних площах

	UA-01	UA-02	UA-03	UA-04	UA-05	UA-06	UA-07	UA-08	UA-09	UA-10	UA-11	UA-12	UA-13	UA-14	UA-15	UA-16	UA-17	UA-18	UA-19	UA-20	UA-21	UA-22	UA-23	UA-24	UA-25	UA-26	UA-27	UA-28	UA-29	UA-30	UA-31	UA-32	UA-33	UA-34	UA-35	UA-36	UA-37	UA-38	UA-39	UA-40	UA-41	
UA-01	1,000	0,850	0,780	0,501	0,775	0,283	0,139	0,580	0,248	0,819	0,678	0,303	0,701	0,231	0,465	0,573	-0,015	0,526	0,234	0,423	0,668	0,637	0,333	0,477	0,609	0,042	0,796	0,588	0,520	0,422	0,213	0,053	0,842	0,240	0,796	0,802	0,783	0,693	0,011	-0,414	0,443	
UA-02	0,850	1,000	0,778	0,541	0,777	0,012	0,164	0,786	-0,217	0,919	0,537	0,599	0,595	0,477	0,741	0,142	0,194	0,554	-0,099	0,235	0,679	0,713	0,503	0,769	0,682	0,349	0,949	0,399	0,697	0,165	0,527	0,462	0,700	0,449	0,900	0,816	0,693	0,718	0,353	-0,044	0,601	
UA-03	0,780	0,778	1,000	0,745	0,690	-0,369	0,363	0,647	0,081	0,917	0,690	0,750	0,501	0,644	0,920	0,299	-0,105	0,485	0,211	0,351	0,525	0,595	0,654	0,839	0,765	0,184	0,853	0,522	0,843	0,378	0,731	0,860	0,841	0,858	0,705	0,664	0,743	0,669	0,538	-0,367	0,726	
UA-04	0,501	0,541	0,745	1,000	0,751	-0,309	0,440	0,662	0,138	0,611	0,389	0,777	0,170	0,861	0,912	0,372	-0,664	0,370	0,745	0,475	0,212	0,442	0,833	0,860	0,817	0,279	0,561	0,522	0,938	0,666	0,791	0,969	0,632	0,963	0,621	0,269	0,559	0,620	0,419	-0,118	0,684	
UA-05	0,775	0,777	0,690	0,751	1,000	0,190	0,228	0,821	-0,268	0,850	0,444	0,882	0,847	0,699	0,823	0,219	-0,181	0,816	-0,061	0,218	0,827	0,813	0,788	0,846	0,864	0,609	0,883	0,325	0,826	0,185	0,830	0,723	0,859	0,785	0,907	0,811	0,671	0,692	0,307	-0,141	0,756	
UA-06	0,283	0,012	-0,369	-0,309	0,190	1,000	-0,133	-0,068	0,292	-0,278	0,204	0,861	0,560	-0,066	-0,341	0,618	0,492	0,519	-0,013	0,530	0,735	0,279	0,109	-0,097	0,076	0,180	-0,132	-0,160	-0,171	0,090	0,762	-0,302	0,048	0,274	0,193	0,573	0,412	0,162	0,527	0,346	0,072	
UA-07	0,139	0,164	0,363	0,440	0,228	-0,133	1,000	0,355	-0,012	0,350	0,106	0,212	-0,341	0,647	0,358	-0,002	-0,238	0,125	0,519	-0,170	-0,254	-0,121	0,376	0,221	0,244	-0,139	0,236	0,303	0,500	0,190	0,009	0,453	0,158	0,575	0,006	-0,313	-0,084	0,109	-0,127	0,089	0,182	
UA-08	0,580	0,786	0,647	0,662	0,821	-0,068	0,355	1,000	-0,163	0,757	0,539	0,632	0,665	0,702	0,729	0,507	0,099	0,759	0,145	0,332	0,767	0,735	0,783	0,681	0,777	0,455	0,774	0,481	0,799	0,276	0,634	0,758	0,782	0,702	0,756	0,756	0,570	0,709	0,328	0,017	0,704	
UA-09	0,248	-0,217	0,081	0,138	-0,268	0,292	-0,012	-0,163	1,000	0,366	0,688	0,163	-0,470	-0,108	0,100	-0,345	-0,246	-0,196	0,492	0,760	-0,488	-0,411	0,029	-0,031	0,200	-0,058	0,144	-0,396	0,074	0,400	-0,146	-0,257	-0,296	-0,114	0,019	-0,405	0,370	-0,056	0,042	-0,233	0,273	
UA-10	0,139	0,164	0,363	0,440	0,228	-0,133	1,000	0,355	-0,012	0,350	0,106	0,212	-0,341	0,647	0,358	-0,002	-0,238	0,125	0,519	-0,170	-0,254	-0,121	0,376	0,221	0,244	-0,139	0,236	0,303	0,500	0,190	0,009	0,453	0,158	0,575	0,006	-0,313	-0,084	0,109	-0,127	0,089	0,182	
UA-11	0,678	0,537	0,690	0,389	0,444	0,207	0,106	0,539	0,688	0,731	1,000	0,478	0,444	0,440	0,482	0,033	0,513	0,437	0,273	0,824	-0,369	0,317	0,542	0,428	0,600	0,739	0,729	-0,032	0,530	0,480	0,539	0,464	0,392	0,435	0,553	0,412	0,737	0,099	0,140	-0,250	0,532	
UA-12	0,303	0,599	0,750	0,777	0,882	0,861	0,212	0,632	0,163	0,585	0,478	1,000	0,638	0,737	0,862	0,816	-0,236	0,777	0,710	0,801	0,717	0,354	0,784	0,878	0,832	0,621	0,840	0,427	0,762	0,807	0,889	0,739	0,721	0,817	0,836	0,324	0,682	0,848	0,419	0,688	0,590	
UA-13	0,701	0,595	0,501	0,170	0,847	0,560	-0,341	0,665	-0,470	0,615	0,444	0,638	1,000	-0,026	0,139	-0,620	0,889	0,800	-0,170	0,330	0,764	0,818	0,218	0,278	0,528	0,501	0,760	0,806	0,132	0,401	0,580	-0,012	0,839	0,120	0,787	0,711	0,696	0,744	0,282	0,069	0,330	
UA-14	0,231	0,477	0,644	0,861	0,699	-0,066	0,647	0,702	-0,108	0,514	0,440	0,737	-0,026	1,000	0,735	0,390	-0,615	0,520	0,732	0,341	0,035	0,114	0,814	0,703	0,782	0,023	0,604	0,532	0,880	0,610	0,628	0,850	0,550	0,953	0,451	-0,112	0,314	0,469	0,484	0,235	0,561	
UA-15	0,465	0,741	0,920	0,912	0,823	-0,341	0,358	0,729	0,100	0,798	0,482	0,862	0,139	0,735	1,000	0,350	-0,765	0,238	0,816	0,487	0,141	0,461	0,733	0,890	0,834	0,240	0,887	0,639	0,923	0,675	0,815	0,923	0,811	0,957	0,775	0,239	0,606	0,760	0,469	-0,005	0,700	
UA-16	0,573	0,142	0,299	0,372	0,219	0,618	-0,002	0,507	-0,345	0,535	0,033	0,816	-0,620	0,390	0,350	1,000	-0,757	-0,660	0,078	-0,668	0,121	0,031	0,528	0,463	0,655	-0,776	0,609	0,341	0,437	-0,333	0,731	0,299	-0,311	0,535	0,545	-0,258	0,050	-0,275	0,575	0,089	0,601	
UA-17	-0,015	0,194	-0,105	-0,664	0,181	0,492	-0,238	0,099	-0,246	-0,124	0,513	-0,236	0,889	-0,615	-0,765	-0,757	1,000	0,943	-0,017	0,552	0,525	0,310	-0,549	-0,715	-0,380	0,819	0,002	0,850	-0,749	0,444	-0,388	-0,733	0,607	-0,628	0,047	0,545	0,607	0,778	-0,129	-0,018	-0,365	
UA-18	0,526	0,554	0,485	0,370	0,816	-0,196	0,472	0,437	0,777	0,889	0,520	0,238	0,889	0,520	0,238	1,000	0,943	0,002	0,216	0,495	0,216	0,495	0,216	0,495	0,216	0,495	0,216	0,495	0,216	0,495	0,216	0,495	0,216	0,495	0,216	0,495	0,216	0,495	0,216	0,495	0,216	0,495
UA-19	0,234	-0,099	0,211	0,745	-0,061	-0,013	0,519	0,145	0,492	0,154	0,273	0,710	-0,170	0,732	0,816	0,078	-0,017	0,216	1,000	0,565	-0,459	-0,164	0,741	0,838	0,580	0,259	0,070	0,157	0,886	0,562	0,604	0,762	-0,204	0,823	0,145	-0,412	0,094	0,332	0,214	-0,173	0,472	
UA-20	0,423	0,235	0,351	0,475	0,218	0,530	-0,170	0,332	0,760	0,347	0,824	0,801	0,330	0,341	0,487	-0,668	0,552	0,495	0,565	1,000	-0,428	0,168	0,604	0,610	0,588	0,831	0,357	-0,363	0,552	0,560	0,860	0,306	0,378	0,479	0,374	0,214	0,627	0,061	0,247	-0,152	0,650	
UA-21	0,668	0,679	0,525	0,212	0,827	0,735	-0,254	0,767	-0,488	0,765	-0,339	0,717	0,764	0,035	0,141	0,121	0,525	0,306	-0,459	-0,428	1,000	0,851	0,380	0,224	0,566	-0,208	0,828	0,564	0,230	-0,164	0,691	-0,008	0,844	0,201	0,894	0,854	0,000	0,475	0,253	0,267	0,474	
UA-22	0,637	0,713	0,595	0,442	0,813	0,279	-0,121	0,735	-0,411	0,685	0,317	0,354	0,818	0,114	0,461	0,091	0,310	0,785	-0,164	0,168	0,851	1,000	0,466	0,373	0,455	0,688	0,705	0,194	0,471	-0,023	0,492	0,156	0,774	0,070	0,825	0,791	0,587	0,645	0,363	-0,155	0,630	
UA-23	0,333	0,503	0,654	0,833	0,788	0,109	0,376	0,783	0,029	0,572	0,542	0,784	0,218	0,814	0,733	0,528	-0,549	0,618	0,741	0,604	0,380	0,466	1,000	0,767	0,877	0,344	0,661	0,536	0,881	0,696	0,860	0,853	0,718	0,880	0,677	0,295	0,502	0,633	0,400	0,157	0,701	
UA-24	0,477	0,769	0,839	0,860	0,846	-0,097	0,221	0,681	-0,031	0,700	0,428	0,878	0,278	0,703	0,890	0,463	-0,715	0,386	0,838	0,610	0,224	0,373	0,767	1,000	0,865	0,309	0,832	0,689	0,892	0,805	0,868	0,832	0,820	0,854	0,761	0,181	0,670	0,854	0,419	0,154	0,698	
UA-25	0,609	0,682	0,765	0,817	0,864	0,076	0,244	0,777	0,200	0,686	0,600	0,832	0,528	0,782	0,834	0,655	-0,380	0,654	0,580	0,588	0,566	0,455	0,877	0,865	1,000	0,161	0,737	0,633	0,885	0,656	0,834	0,847	0,734	0,873	0,772	0,558	0,707	0,770	0,345	0,059	0,696	
UA-26	0,042	0,349	0,184	0,279	0,609	0,180	-0,139	0,455	-0,058	-0,047	0,739	0,621	0,501	0,023	0,240	-0,776	0,819	0,670	0,259	0,831	-0,208	0,688	0,344	0,309	0,161	1,000	0,116	0,226	0,222	0,387	0,540	0,228	0,681	0,154	0,303	0,639	0,747	0,442	-0,017	-0,135	0,224	
UA-27	0,796	0,949	0,853	0,561	0,883	-0,132	0,236	0,774	0,144	0,945	0,729	0,840	0,760	0,604	0,887	0,609	0,002	0,658	0,070	0,357	0,828	0,705	0,661	0,832	0,737	0,116	1,000	0,507	0,807	0,310	0,798	0,780	0,935	0,774	0,906	0,900	0,709	0,733	0,153	-0,178	0,709	
UA-28	0,588	0,399	0,522	0,522	0,325	-0,160	0,303	0,481	-0,396	0,536	-0,032	0,427	0,806	0,532	0,639	0,341	0,852	0,810	0,157	-0,363	0,564	0,194	0,536	0,689	0,633	0,226	0,507	1,000	0,658	0,280	0,414	0,598	0,715	0,563	0,454	0,48						



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, тел. (032) 237-80-94
E-mail: nltu@ukr.net Web: http://www.nltu.edu.ua Код ЄДРПОУ 02070996

СЧ.БЧ. 24 № 61-242 На № _____ від _____

ДОВІДКА

**про використання результатів дисертаційної роботи
Матусевича Олександра Борисовича**

Основні теоретичні положення та результати дисертаційної роботи Матусевича О.Б. на тему "Ялинові ліси північно-східного макросхилу Українських Карпат в умовах кліматичних змін" використовуються у навчальному процесі Інституту лісового і садово-паркового господарства під час викладання таких навчальних дисциплін:

1. "Лісознавство" для студентів спеціальностей 205 "Лісове господарство" та 206 "Садово-паркове господарство".
2. "Лісівництво" для студентів спеціальності "Лісове господарство".
3. "Рекреаційне лісівництво" для студентів спеціальності "Садово-паркове господарство".
4. "Наближене до природи лісівництво" для студентів спеціальності "Лісове господарство".

Практична цінність впровадження результатів наукових досліджень Матусевича О.Б. у навчальний процес полягає у тому, що вони містять науково обґрунтовані підходи і рекомендації щодо адаптації ялинових лісів Українських Карпат до кліматичних змін.

Завідувач кафедри лісівництва

Г.Т. Криницький

Директор ННІ ЛСПГ

С.І. Миклуш

Проректор з науково-педагогічної та міжнародних зв'язків



М.М. Борис

**ДЕРЖЛІСАГЕНТСТВО
ДЕРЖАВНЕ СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ГОСПОДАРСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ЛІСИ УКРАЇНИ»
(ДП «ЛІСИ УКРАЇНИ»)
ПОДІЛЬСЬКИЙ ЛІСОВИЙ ОФІС**

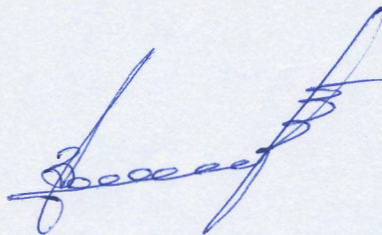
вул.Олімпійського Вогню, 67, с.Прибузьке, Хмельницький р-н.,Хмельницька обл., 31343
www.e-forest.gov.ua e-mail: Podilskyi.lo@c-forest.gov.ua код згідно з ЄДРПОУ 44768034

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО

Цією довідкою підтверджується, що аспірант Національного лісотехнічного університету України Матусевич Олександр Борисович впродовж 2021-2022 років проводив науково-дослідні роботи з вивчення ялинових лісів у найбільш поширених типах лісу на території Чернівецької області.

Основні результати його дисертаційних досліджень та рекомендації щодо проведення рубок формування і оздоровлення лісів в ялинових деревостанах північно-східного макросхилу Українських Карпат використовуються у філіях "Берегометське лісомисливське господарство", "Путильське лісове господарство" та "Чернівецьке лісове господарство".

Заступник директора



П.С. Золотий

17.04.2024 р.

ДЕРЖЛІСАГЕНТСТВО
ДЕРЖАВНЕ СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ГОСПОДАРСЬКЕ
ПІДПРИЄМСТВО «ЛІСИ УКРАЇНИ»
(ДП «Ліси України»)
КАРПАТСЬКИЙ ЛІСОВИЙ ОФІС

вул. Собранецька, 156, м. Ужгород, 88017, e-mail: Karpatskyi.lo@e-forest.gov.ua

№ _____

На № _____ від _____ 2024

Національний лісотехнічний
університет України
м. Львів, вул. Генерала Чупринки,
103, 79057
nitu@ukr.net

Довідка

про впровадження результатів дисертаційних досліджень
Матусевича Олександра Борисовича на тему
«Ялинові ліси північно-східного макросхилу Українських Карпат в
умовах кліматичних змін»

Довідкою підтверджується, що аспірант кафедри лісівництва Національного лісотехнічного університету України Матусевич Олександр Борисович впродовж 2021-2022 років проводив науково-дослідні роботи з вивчення ялинових лісів у найбільш поширених типах лісу на території Івано-Франківської та Львівської областей.

Відповідно до інформації філій «Болехівське лісове господарство», «Верховинське лісове господарство», «Вигодське лісове господарство» «Осмолодське лісове господарство» дослідження щодо вивчення санітарного стану та продуктивності ялинових деревостанів у найбільш поширених типах лісу – вологій буково-ялицевій сусмеречині та у вологій високогірній сусмеречині були спрямовані на встановлення, в умовах сучасних тенденцій кліматичних змін, особливостей розподілу ялинових деревостанів за типами лісу, гіпсометричним рівнем, категорії захисності, походженням, класами і групами віку, складом і стрімкістю схилів.

Підготовлені в результаті дисертаційних досліджень рекомендації щодо підвищення біологічної стійкості та шляхів адаптації



змін клімату, а також настанови щодо проведення рубок формування і оздоровлення лісів у ялинових деревостанах північно-східного макросхилу Українських Карпат використовуються у практичних цілях для прийняття організаційно-технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності лісогосподарської діяльності на ряді філій Івано-Франківської і Львівської областей, які розташовані в зоні ялинових лісів.

З повагою

Директор

Ігор ЧЕБАН