

4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ



Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412409>
Article received 2024.04.19
Article accepted 2024.09.05

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Stepan Myklush
msi_s@ukr.net

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630*5

Лісівничо-таксаційна характеристика природних ялинових деревостанів вологої буково-ялицевої сусмеречини Українських Карпат

С.І. Миклуш¹, Ю.С. Миклуш², П.Г. Хомюк³, Ю.М. Дебринюк⁴

Ялинові деревостани в Українських Карпатах ростуть у суборах, сугрудах і грудах, переважно на висотах 600-1300 м н.р.м., виконують захисні, рекреаційно-оздоровчі та експлуатаційні функції. У найпоширенішому типі лісу – вологій буково-ялицевій сусмеречині, який формується на південно-західному і північно-східному мегасхилах Українських Карпат, ростуть чисті ялинові та мішані буково-ялицево-ялинові деревостани. Найбільші площі деревостанів за участі ялини європейської зосереджені на висотах від 900 до 1100 м н.р.м. – 48,3%, а їхній загальний запас становить 51,7% від загального запасу деревини у цьому типі лісу. У цьому ж висотному діапазоні найвищий середній запас становить близько $470 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за середнього значення для всіх ялиників цього типу лісу – $427 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Запаси старовікових ялинових деревостанів на висоті 1100-1200 м н.р.м. перевищують $600 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Зі зростанням висоти над рівнем моря збільшуються площі насаджень старшого віку, зменшуються їхні відносна повнота і запаси. Найпродуктивніші природні ялинові деревостани у природоохоронних лісах характеризуються найбільшими запасами за повноти 0,85-0,90 та 0,70-0,80 – в експлуатаційних лісах, але в них після 100-річного віку переважають деревостани з повнотою 0,50-0,60. Зі збільшенням висоти над рівнем моря площа чистих за складом ялинових деревостанів зростає, а частка у складі бука лісового та ялиці білої після висоти 800 м н.р.м. поступово зменшується. Виявлено певні відмінності у зміні середніх висот і діаметрів ялинових лісостанів на різних висотах над рівнем моря. Зокрема, ялинові

- ¹ Миклуш Степан Іванович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор ННІ лісового і садово-паркового господарства. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-237-10-45, +38-067-791-36-77. E-mail: msi_s@ukr.net ORCID: 0000-0002-9762-1190
- ² Миклуш Юрій Степанович – кандидат сільськогосподарських наук професор, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-239-27-46, +38-067-750-38-26. E-mail: y.myklush@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1940-1045>
- ³ Хомюк Петро Григорович – кандидат сільськогосподарських наук професор, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-239-27-46. E-mail: khompetro@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4409-9180>
- ⁴ Дебринюк Юрій Михайлович – академік Лісівничої академії наук України, академік-секретар ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісових культур і лісової селекції. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-235-30-12, +38-067-195-78-36. E-mail: debrynyuk_ju@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

молодняки на висоті 800-900 м н.р.м. характеризуються найменшими таксаційними показниками. Встановлено, що найбільший збіг показників росту досліджуваних ялинових деревостанів спостерігається з даними досліджень, що виконані Є.І. Цуриком для деревостанів І класу бонітету, а найменший – з даними О.І. Пітікіна для густих ялинових деревостанів у вологій буково-ялищевої сусмеречині, які характеризуються найбільшими запасами та за даними Г.Г. Гриника і О.М. Гриник – з найменшими запасами. За умови вирощування насаджень за відносної повноти 0,8 у віці 120 років досліджувані деревостани на висоті 900-1100 м н.р.м. можуть нагромаджувати запас деревини до $900 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$; децю менші запаси – на висоті 801-900 м і найменші – на висоті 700-800 м над рівнем моря. В умовах вологої буково-ялищевої сусмеречини на висоті 900-1100 м н.р.м. формуються найсприятливіші умови для вирощування найпродуктивніших, біотично стійких, мішаних за складом буково-ялищево-смерекових деревостанів.

Ключові слова: типи лісорослинних умов; деревостани природного походження; продуктивність; висота над рівнем моря; лісогосподарські заходи.

Вступ (Introduction). Ялинові деревостани Українських Карпат, як одні із найпоширеніших в регіоні, що виконують різнопланові функції, тривалий час є важливим об'єктом лісівничих досліджень (Schwappach, 1912; Wierdak, 1927; Tyszkiewicz, 1934; Zlatnik, 1935; Генсірук, 1957; Голубець, 1978, 2007; Цурик, 1981; Сабан, 1982; Дебринюк, Форгіль, Леснік, 2013; Brang et al., 2014). З середини минулого століття актуальність вивчення структури, росту і продуктивності ялинових лісостанів зросла внаслідок інтенсивного прояву низки екологічних проблем – сильних паводків, зсувів ґрунту, вітровалів і буреломів (Лавний, Сухарюк, 2007), збільшення кількості осередків хворіб і шкідників лісу (Дебринюк, 2011; Рак, Олійник, 2016). Ці аспекти, поряд із розробленням заходів зі збереження ялинових насаджень, стали причиною збільшення досліджень їхньої структури та продуктивності, які істотно визначають біотичну стійкість лісостанів та виконання ними захисних і сировинних функцій (Миклуш та ін., 2022).

Ялина європейська або смерека (*Picea abies* (L.) Karst.) в регіоні досліджень формує чисті і мішані за складом деревостани на різних експозиціях схилів та висотах над рівнем моря, де відзначається певними особливостями структури і росту залежно від типів лісу. Виконані О.Б. Матусевичем (2022) дослідження поширення ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат підтверджують, що вони формуються переважно у шести типах лісу вологих едотопів – від чистосмерекового субору до буково-ялищевої смеречини на висотах від 800 до 1300 м н.р.м. за тенденції до підвищення верхньої межі поширення ялинових лісостанів. Незважаючи на те, що проблеми всихання ялиників, їх адаптації до змін клімату у гірських умовах Карпат залишаються актуальними (Дебринюк, 2010, 2011; Лавний, Дичкевич, 2017; Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020), важливим аспектом є також дослідження їхньої структури і продуктивності на різних висотах над рівнем моря, розроблення моделей росту ялиників за основними лісівничо-таксаційними показниками.

Деревостани оптимальної структури і складу ефективніше виконують захисні та експлуатацій-

ні функції, а заходи з підвищення їхньої продуктивності базуються на характері росту насаджень у відповідних лісорослинних умовах. Для гірських лісостанів також важливо враховувати висоту над рівнем моря, експозицію і стрімкість схилу (Голубець, 1978).

Дослідниками (Dinca et al., 2020) встановлено певні відмінності у рості лісостанів на південних і північних схилах Південних Карпат Румунії. Зокрема ними встановлено, що в ялиці білої об'єм і поточний приріст за об'ємом були вищими на північних схилах, а у берези повислої та вільхи чорної – на південних, тоді як у показниках росту ялиників на протилежних схилах не виявлено суттєвих відмінностей. Проте ялиця біла та особливо – бук лісовий відзначаються інтенсивнішим ростом на більших висотах над рівнем моря через покращення умов та меншу конкуренцію з боку ялини європейської (Pretzsch et al., 2020). За даними S. Vincent (1936), на гіпсометричному рівні 700-900 м н.р.м. ялина найкраще росте на західних і північних схилах, тоді як у поясі оптимальних екологічних умов (900-1000 м) експозиція схилу не впливає на показники її росту.

Для характеристики росту і продуктивності ялинових деревостанів дослідниками опрацьовано низку нормативів, в яких відображено ріст ялиників за типами лісу, типами лісорослинних умов, класами бонітету, експозиційно-орографічними характеристиками. Так, О.І. Пітікін (1987) проаналізував ріст і продуктивність повних ялинових насаджень за типами лісу та густотою; Г.А. Ходот (1959), Є.І. Цурик (1981) вивчали ріст повних ялинових деревостанів за класами бонітету. Характер росту і продуктивності ялинових деревостанів у Карпатах, які формуються під впливом лісогосподарських заходів з урахуванням експозиційно-орографічних характеристик, досліджували Г. Гриник, О. Гриник (2022). Ними акцентовано увагу на характері ходу росту модальних ялинових деревостанів І класу бонітету в типах лісорослинних умов C_2 – C_3 та вказано на певні відмінності у рості лісостанів на різних експозиціях схилів та висотах над рівнем моря в межах 300-800, 800-1100 і 1100-1600 м.

Необхідно зазначити, що район буково-ялицево-смерекових лісів за геоботанічно-лісівничим районуванням П.І. Молоткова (1966) приурочений як до південно-західного, так і до північно-східного мегасхилів, охоплюючи північні схили Свидовця, Чорногори, Мармарошський масив, частину Покутсько-Буковинських Карпат і Горган, Сколівські Бескиди. Тут мішані буково-ялицево-смерекові лісостани піднімаються до висоти 1200 м н.р.м.

За характером росту М.А. Голубець (1978) поділив карпатські ялинові ліси на дві групи. До першої з них відніс лісостани смуги мішаних ялицево-буково-смерекових лісів у висотному діапазоні 700-1200 м н.р.м., які характеризуються швидким ростом і найвищою продуктивністю; до другої – ялинники на висотах більше 1200 м н.р.м.

Усю формацію ялини європейської (*Piceetea Abietae*) в Українських Карпатах М.А. Голубець поділив на шість субформацій, дві з яких віднесено до смерекових лісів за участю бука та ялиці. Корінні лісостани субформації ялицево-буково-смерекові ліси (*Abieto-Fageto-Piceeta*) займають переважно північно-східні схили в межах 700-1000 м н.р.м. за участю 10-20% ялиці в першому ярусі; другий середньозімкнутий ярус сформований буком лісовим. Для цих природних угруповань найкращі умови росту складаються на висотах 700-900 м н.р.м., тоді як ялицево-ялинові ліси можуть займати більш висотні місцеположення – 800-1100 (1300) м н.р.м.

Субформація буково-ялицево-смерекові ліси (*Fageto-Abieto-Piceeta*), порівняно з попередньою, займає смугу з м'якшим кліматом, більшою кількістю опадів, меншими коливаннями температури повітря та вологості ґрунту, що зумовило збільшення частки ялиці в першому ярусі до 35-40% та формування другого зімкнутого букового ярусу на висотах 700-900 (1000) м н.р.м.

С.М. Стойко (2009), опираючись на закономірності висотної поясності, масштабні антропогенні зміни у природному рослинному покриві та дослідження європейських науковців (Wierdak, 1927; Zlatnik, 1935), які акцентували увагу на ступінчастій послідовності фітоценотичних комплексів у гірських умовах, виділив 10 висотних рослинних смуг, з яких сьомою є смуга буково-ялицево-смерекових лісів з висотами над рівнем моря на південно-західному мегасхилі в межах 900-1100 м, а на північно-східному мегасхилі – 800-1000 м. Наступною дослідник виділив смугу (вегетативну ступінь) смерекових лісів з висотою над рівнем моря на південно-західному мегасхилі 1100-1500 м та північно-східному – 1000-1600 м н.р.м.

Для повних ялинових лісостанів Українських Карпат opracовані нормативи росту та продуктивності на бонітетній основі, за типами лісу та густотою (Ходот, 1959; Питикин, 1987), а також за класами бонітету в межах гірських поясів з поділом на середньогірський та верхньогірський (Цурик, 1981), тобто до висоти 1100 м н.р.м. у

першому та вище ніж 1100 м – у другому випадку. Г. Гриник, О. Гриник (2022) акцентували увагу на усереднених характеристиках росту модальних ялинових деревостанів та вказали на певні особливості їхнього росту залежно від експозиції, стрімкості схилу та висоти над рівнем моря. З цього погляду, важливо з'ясувати характер зміни основних лісівничо-таксаційних показників ялинових насаджень під впливом лісогосподарських заходів на різних висотах над рівнем моря в межах окремих типів лісу.

Об'єкт дослідження – природні ялинові деревостани Карпатського регіону в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини. **Предмет дослідження** – зміна лісівничо-таксаційних показників природних ялинових деревостанів з висотою над рівнем моря. **Мета роботи** – дослідити характер зміни основних лісівничо-таксаційних показників природних ялинових деревостанів в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини на різних висотах над рівнем моря.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі **основні завдання дослідження**: встановити особливості розподілу площ ялинових деревостанів в досліджуваному типі лісу за висотою над рівнем моря; проаналізувати особливості їхнього росту за основними таксаційними характеристиками; визначити лісівничі підходи до формування продуктивних і стійких ялинових деревостанів.

Практична значимість результатів дослідження полягає у глибшому розумінні формування таксаційних показників ялинових деревостанів у найпоширенішому типі лісу, що можна використати для opracовування заходів з відтворення корінних ялинників у регіоні досліджень.

Встановлення особливостей росту ялинових деревостанів з підвищенням висоти над рівнем моря дасть змогу здійснити їхню диференціацію за висотними межами, розробити відповідні заходи для формування продуктивних і біотично стійких лісостанів, можливість організувати багатоцільове ведення лісового господарства.

Матеріал і методи досліджень (Materials and methods). Основну увагу приділено opracовуванню актуальної лісівничо-таксаційної інформації щодо росту і продуктивності ялинових лісостанів на різних висотах над рівнем моря, отриманню нових результатів стосовно росту ялинників і порівнянні їх з раніше опублікованими даними. З цією метою особливості формування основних лісівничо-таксаційних показників природних ялинових деревостанів на різних висотах над рівнем моря в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини аналізували за матеріалами власних досліджень та публічної бази даних лісовпорядкування за 2018 рік, яка включає понад 4 тис. таксаційних виділів та охоплює площу 15969,4 га. Вони представлені як південно-західним, так і північно-східним мегасхилами. Назви типів лісів наведено за проф. З.Ю. Герушинським (1996). Матеріали досліджень

опрацьовано лісівничо-таксаційними та біометричними методами.

Для висотних діапазонів основні лісівничо-таксаційні показники деревостанів сукупностей таксаційних виділів усереднено в межах класів віку як середньоарифметичні величини. Для біометричного аналізу брали вибіркові сукупності, які включали не менше семи одиниць основного елемента лісу в межах аналізованих десятиріч.

Результати дослідження (Results). Виділені лісовпорядкуванням ялинові насадження природного походження в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини на північному схилі Українських Карпат поділені за висотними групами над рівнем моря з діапазоном у 100 м (табл. 1). Загалом лісовпорядкуванням виділено ялинові лісостани в умовах досліджуваного типу лісу на площі майже 16 тис. га, які охоплюють висоти від 400 до 1600 м,

що не повною мірою відповідає характеру поширення, біологічним та екологічним умовам росту бука лісового, ялиці білої та ялини європейської і формуванню типу лісу – вологої буково-ялицевої сусмеречини, яка за даними дослідників (Генсірук, 1957; Голубец, 1978, 2007; Голубец, Гаврусевич, Загайкевич, 1988; Герушинський, 1996) займає висотні місцезонації в межах 700-1200 м. За даними Г. Гриника, О. Гриник (2022), на висотах 801-1099 м н.р.м. зосереджено 43,3% площ ялинових лісостанів, а в діапазоні цих висот у типі лісорослинних умов C_3 ялинові лісостани сформувались на 33,0% площ.

Беручи до уваги сприятливі висотні умови для росту мішаних лісостанів за участю бука, ялиці та ялини, аналіз росту мішаних деревостанів здійснено для чотирьох висотних діапазонів – 701-800; 801-900; 901-1000 і 1101-1200 м н.р.м. (див. табл. 1).

Таблиця 1. Розподіл площ і запасів ялинових лісостанів в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини за висотою над рівнем моря

Table 1. Distribution of area and standing volume of spruce forest stands in the conditions of moist beech-fir fairly fertile spruce forest type according to altitude above sea level

Висота над рівнем моря, м	Кількість ділянок, шт.	Площа		Запас		Середній запас, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$
		га	%	тис. м^3	%	
701-800	851	1966,0	15,0	722,81	12,5	368
801-900	941	2536,4	19,3	1049,33	18,2	414
901-1000	768	3196,5	24,3	1492,42	25,9	467
1001-1100	600	3152,5	24,0	1485,12	25,8	471
1101-1200	461	2283,8	17,4	1012,96	17,6	444
Разом	3621	13135,2	100,0	5762,64	100,0	427

Сформовані в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини на висотах від 701 до 1200 м н.р.м. корінні і похідні деревостани за участю ялини європейської представлені 3621 ділянкою на площі 13135,2 га із середнім запасом 427 $\text{м}^3/\text{га}$.

Найбільшу кількість таксаційних ділянок в аналізованому типі лісу (941 шт.) виділено лісовпорядкуванням на висоті 801-900 м н.р.м., що у два рази більше, ніж на висоті 1101-1200 м. Найбільшими площами ялинові лісостани представлені на висотах 901-1000 та 1001-1100 м н.р.м., де їхня частка за площею становить 24,3% та 24,0% відповідно, тобто вони займають майже половину від загальної площі таких насаджень у досліджуваному висотному діапазоні.

На висоті 901-1000 м н.р.м. зафіксовано більші сумарні запаси стовбурової деревини – 1492 тис. м^3 , а в насадженнях, які розташовані дещо вище (1001-1100 м), загальні запаси деревини лише на 7 тис. метрів кубічних менші.

У досліджуваному типі лісу лісовпорядкуванням виділено таксаційні виділи з лісостанами віком до 200 років, але їхня кількість з віком понад 140 років незначна. Перестійні лісостани виділені переважно на території Карпатського біосферного заповідника та Природного заповідника «Горгани», а також у протиерозійних лісах. Зокрема, на висотах 801-900 м ялинові лісостани віком понад 140 років збереглися на 12 ділянках загальною площею 62,8 га, а найбільше старовікових насаджень зосереджено на висотах 1101-1200 м н.р.м. (49 ділянок площею 371,7 га). Найстарші ялинові лісостани у досліджуваному типі лісу мають вік 310 років (дві ділянки), і ростуть на висоті 1000 м н.р.м.

Для характеристики особливостей росту ялинових насаджень на різних висотах над рівнем моря в умовах C_3 -*бк-яц* C_m вираховано середні значення основних таксаційних показників деревостанів у висотному діапазоні 701-1200 м. Як приклад, такий розрахунок наводимо для ялинових лісостанів

висотного діапазону 1101-1200 м н.р.м. (табл. 2). Так, найбільші площі ялинових лісостанів зосереджені у віковому діапазоні 110-120 років. У цьому ж віці встановлені найбільші запаси деревини – 474,32 тис. м³ або більше 600 м³ на 1 га. Середні висота і діаметр ялинових лісостанів зі збільшен-

ням віку загалом зростають, а відносна повнота після 70-80 років стабільно знижується. Зниження повноти зумовлено як впливом зміни клімату, так і антропогенним втручанням (прохідні та санітарні рубки). Разом із зниженням повноти зменшується і запас деревини на одиницю площі.

Таблиця 2. Площі та основні середні таксаційні показники ялинових насаджень за класами віку на висоті 1101-1200 м н.р.м.

Table 2. Areas and key average inventory indices of spruce stands by age classes at an elevation of 1,101-1,200 meters above sea level

Класи віку	Площа, га	Запас, тис. м ³	Середні					
			вік, років	частка ялини, од.	висота, м	діаметр, см	повнота	запас, м ³ ·га ⁻¹
I	42,3	0,44	8,9	7,2	2,4	3,1	0,74	13
II	24,4	0,57	13,7	8,0	3,6	4,3	0,75	17
III	24,7	1,61	25,0	6,6	8,3	10,2	0,72	67
IV	18,9	3,53	36,0	7,4	14,0	16,2	0,73	178
V	7,2	2,91	46,5	9,0	19,6	19,2	0,84	349
VI	29,3	11,52	55,9	8,9	22,9	23,9	0,77	380
VII	46,5	21,87	65,8	8,9	25,2	26,8	0,81	466
VIII	158,2	29,09	75,6	8,9	27,1	29,3	0,75	474
IX	122,7	61,04	86,1	9,4	28,5	32,9	0,71	483
X	264,9	126,19	95,8	8,7	28,9	34,1	0,63	437
XI	364,6	173,45	105,9	8,8	29,6	35,5	0,62	453
XII	420,4	300,87	117,1	8,8	29,9	37,2	0,60	443
XIII	217,0	97,22	127,5	8,4	30,9	38,9	0,59	426
XIV	171,0	80,82	138,1	8,2	29,9	38,3	0,59	441
XV	54,9	21,79	147,7	7,7	28,4	37,2	0,56	379
XVI	164,9	70,48	159,2	8,8	30,1	41,9	0,52	392
XVII	53,2	16,36	169,0	7,7	30,3	43,4	0,51	374

Аналізуючи розподіл площ ялинових лісостанів за класами віку за досліджуваними віковими діапазонами можна стверджувати, що зі зростанням висоти над рівнем моря збільшується площа насаджень старшого віку. Так, у діапазоні висот 701-800 м н.р.м. найбільшу площу (324 га) займають лісостани дев'ятого класу віку; у діапазоні висот 801-900 м та 901-1000 м – 386 та 427 га відповідно займають лісостани десятого класу віку; у висотному діапазоні 1101-1200 м н.р.м. найбільшу площу (420 га) посідають лісостани XII класу віку.

Найбільшими загальними запасами деревини на різних висотах над рівнем моря характеризуються ялинові лісостани тих старших класів віку, які представлені більшими, ніж молодняки та середньовікові деревостани, площами. Середні запаси деревини у цих класах віку, зазвичай, не значно відрізняються від середніх запасів на відповідних висотах над рівнем моря.

Так, найбільшими середніми запасами деревини (579 м³·га⁻¹) характеризуються насадження XV класу віку у висотному діапазоні 901-1000 м н.р.м.,

тоді як найбільші середні запаси на висоті 1101-1200 м характерні для насаджень IX класу віку ($483 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), тобто є майже на третину меншими. Близькими до цього показника є найбільші середні значення запасу деревини (496 і $499 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) на висотах 701-800 м та 801-900 м н.р.м. відповідно.

Варто відзначити, що найпродуктивніші лісостани в умовах досліджуваного типу лісу спостережено на окремих ділянках у біосферному заповіднику та Природному заповіднику «Горгани» на висоті 950-1000 м н.р.м. У віці 150-190 років деревостани загалом характеризуються запасами 850-

$870 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а в експлуатаційних лісах найбільші запаси становлять $710\text{-}770 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ у цьому ж діапазоні висот над рівнем моря.

Характер формування запасів деревостанів значною мірою визначається інтенсивністю господарського впливу на них. Так, в експлуатаційних лісах найпродуктивніші деревостани характеризуються відносною повнотою 0,70-0,80, у природоохоронних – 0,85-0,90. У молодому віці (до 40 років) ялинові деревостани типу лісу на аналізованих висотах над рівнем моря характеризуються подібною відносною повнотою (рис. 1).

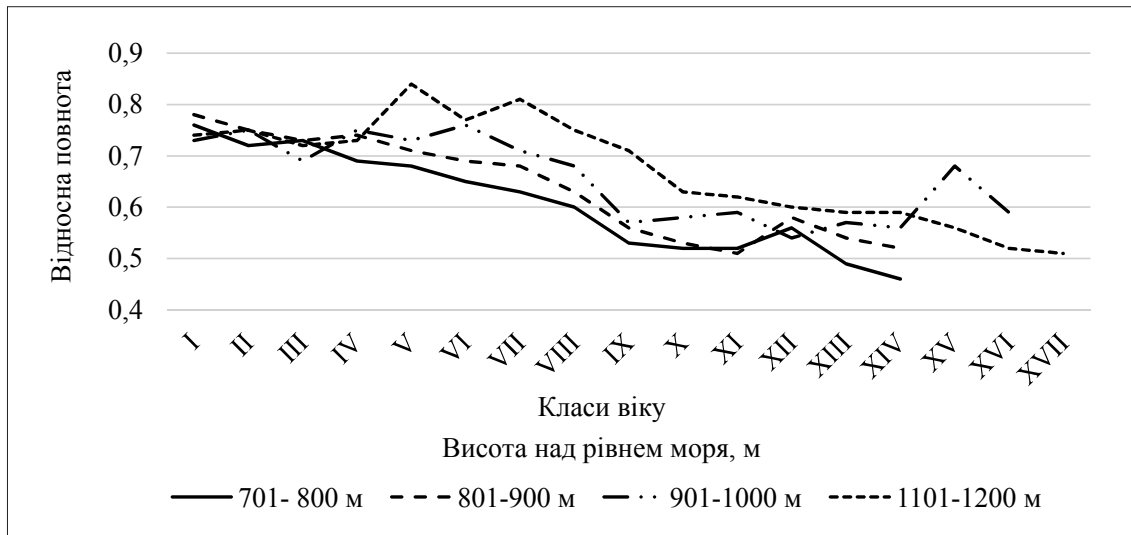


Рис. 1. Зміна відносної повноти ялинових деревостанів за класами віку

Fig. 1. Changes in the relative density of spruce stands by age classes

Незважаючи на те, що для ялинових деревостанів на досліджуваних висотах виявлено загальну тенденцію до зменшення їхньої повноти зі збільшенням віку, найбільш інтенсивного господарського впливу зазнали насадження, розташовані на нижчих гіпсометричних рівнях, зокрема на висоті 701-800 м. У лісостанах на висоті 1101-1200 м н.р.м. у віковому проміжку 50-100 років відносна повнота поступово зменшується – у середньому від 0,84 до 0,63. Поряд з цим, на висоті 701-800 м за цей же віковий період повнота зменшується від 0,68 до 0,52, тобто з підняттям на кожні 100 м н.р.м. відносна повнота деревостанів зростає в середньому на 0,02-0,04 од. Після 100-річного віку ялинові деревостани формуються переважно за відносної повноти 0,50-0,60, а характер та інтенсивність антропогенного впливу на лісостани значною мірою визначається виконуваними ними функціями. Так насадження, які знаходяться на заповідних територіях, і після 100 років характеризуються високою відносною повнотою.

Інтенсивність господарського впливу на ялинові деревостани позначається передусім на формуванні їхньої структури і складу (рис. 2). Так, до 40-річного віку в ялинових деревостанах вологої буково-ялицевої сушмеречини частка деревного

виду не перевищує 8 одиниць. Впродовж вікового проміжку 40-90 років в усіх аналізованих висотних діапазонах частка ялини поступово зростає. Вірогідно, що залежно від стану деревостанів, у них були виконані заходи з підвищення їхньої стійкості та продуктивності, а також заходи, зумовлені ринковим попитом на деревину, що позначилось на збільшенні частки ялини та, відповідно, на зменшенні частки бука та ялиці у складі деревостану. Після 90-річного віку спостережено тенденцію до зменшення частки ялини європейської у складі деревостанів усіх висотних діапазонів, але деревостани за найбільшої її частки формуються на висоті 1101-1200 м н.р.м., де склалися найсприятливіші умови для росту цього деревного виду.

Аналіз повидільної бази даних лісовпорядкування вказує на те, що зі збільшенням висоти над рівнем моря від 700 до 1200 м частка площ чистих ялинових деревостанів збільшується з 36 до 50%. Найсуттєвіше збільшення частки площ лісостанів за значної участі ялини у складі спостерігається після висоти 1100 м н.р.м. Так, починаючи з висоти 701-800 і до 1100 м частка площ деревостанів за участю ялини в 9 та 10 од. у складі збільшується у середньому на 3% (2,7-3,3%), а до висоти над рівнем моря 1200 м – майже на 10%.

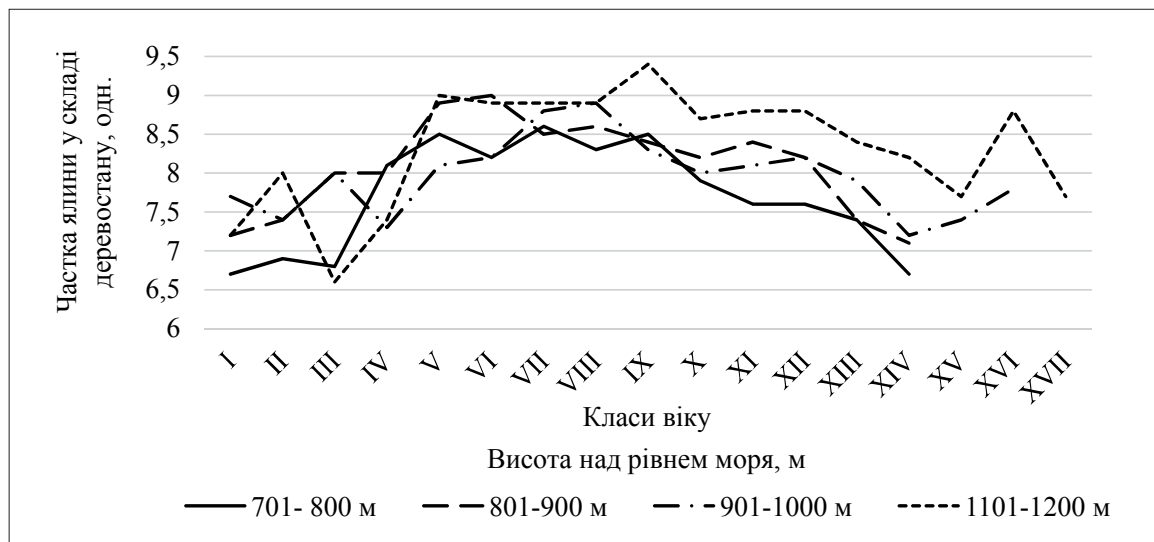


Рис. 2. Зміна частки ялини у складі деревостанів за класами віку на різних висотах над рівнем моря

Fig. 2. Variation in the proportion of spruce within forest stands composition by age classes at different elevations above sea level

Варто також відзначити, що досліджувані деревостани характеризуються невисокою (1-2 од.) часткою ялиці білої у складі ялинових лісостанів досліджуваного типу лісу на різних висотах над рівнем моря, а частку бука лісового (майже 20%) відзначено у насадженнях на висоті 701-800 м н.р.м. На більших висотах його участь у складі є значно меншою внаслідок виконання господарських заходів.

З урахуванням цього аспекту, лісогосподарські заходи необхідно виконувати у такий спосіб, який дає змогу забезпечити належні умови для росту не лише ялини європейської, але й бука лісового та ялиці білої, що забезпечить формування корінних продуктивних та біотично стійких деревостанів. На думку М. А. Голубця (1978), в ялинових деревостанах на висотах 700-900 (1000) м н.р.м. необхідно збільшивши частку ялиці до 3-4 од. та забезпечити формування другого букового ярусу. За зміни середньої температури (в умовах потепління клімату) для бука лісового та ялиці білої складаються сприятливі умови для збільшення інтенсивності росту, тоді як ялина європейська, в основному, сповільнює свій ріст (Pretzsch et al., 2020). Поряд з цим, поєднання ялини європейської з буком лісовим та ялицею білою сприяє формуванню корінних мішаних деревостанів, які характеризуються добрим ростом та високою продуктивністю (Лавний, 2021; Голубец и др., 1988).

Для виявлення особливостей росту за висотою, діаметром і запасами досліджуваних ялинових насаджень на різних висотах над рівнем моря виконано їхнє порівняння з основними таксаційними показниками повних ялинових деревостанів, отриманих О.І. Пітікіним (1987) для густих деревостанів в умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини; Є.І. Цуриком (1981) – для повних ялинових деревостанів I класу бонітету середньогірського поясу;

Г. Гриника, О. Гриник (2022) – для модальних деревостанів схилів північної експозиції на висоті 801-1100 м н.р.м.

Встановлені за матеріалами лісовпорядкування усереднені в межах класів віку значення висот ялинових деревостанів на різних висотах над рівнем моря показують значну їхню подібність у межах досліджуваного вікового діапазону (рис. 3). Незважаючи на певний діапазон зміни середньої висоти окремих деревостанів під впливом господарських заходів, відхилення між середніми висотами деревостанів на висотах від 801 до 1200 м н.р.м., порівняно з висотами деревостанів на 701-800 м н.р.м., лише в окремих випадках перевищують 1,0 м. Відмінність у середніх висотах деревостанів у межах 701-800 та 801-900 м не перевищують 0,9 м. Зі збільшенням висоти над рівнем моря аж до 1200 м різниця в висотах зростає (в основному у віковому діапазоні 60-100 років). Зокрема, найбільші відхилення за висотою, порівняно з першим висотним діапазоном, зафіксовано для деревостанів на висоті 901-1000 м н.р.м., які у 100-річному віці становлять 1,4 м. Для деревостанів на висоті 1101-1200 м н.р.м. у 90-річному віці ця різниця ще помітніша і становить 1,7 м.

Проаналізовані відмінності у висотах деревостанів практично не перевищують 5,0%, і лише у 90-річному віці є дещо більшими – 6,3%. Також з'ясовано, що найбільші відхилення середніх висот деревостанів характерні для молодняків на висотах 901-1000 та 1101-1200 м н.р.м. – 0,9 м або 14%, тобто менш інтенсивний ріст у висоту, ймовірно, зумовлений характером виконаних у молодняках рубок догляду за лісом.

Аналізуючи результати досліджень щодо зміни середньої висоти ялинових насаджень на різних гіпсометричних рівнях, найменші відхилення виявлені порівняно з даними, отриманими Г. Гриником, О. Гриник (2022) для модальних деревостанів.

Отримані дані є близькими до результатів досліджень Є.І. Цурика (1981), а найбільші відмінності практично впродовж усього 100-річного вікового діапазону зафіксовано з результатами досліджень, отриманими О.І. Пітікінім (1987) для густих повних ялинових насаджень в умовах вологої буково-

ялицевої сушмеречини. Зокрема, найбільші відхилення відзначено у віці до 50 років, де вони змінюються від 38 до 10,5%. Отже, можна стверджувати, що вирощування лісостанів у зімкнутому стані дає змогу формувати деревостани більшої висоти, а, відповідно, і вищої продуктивності.

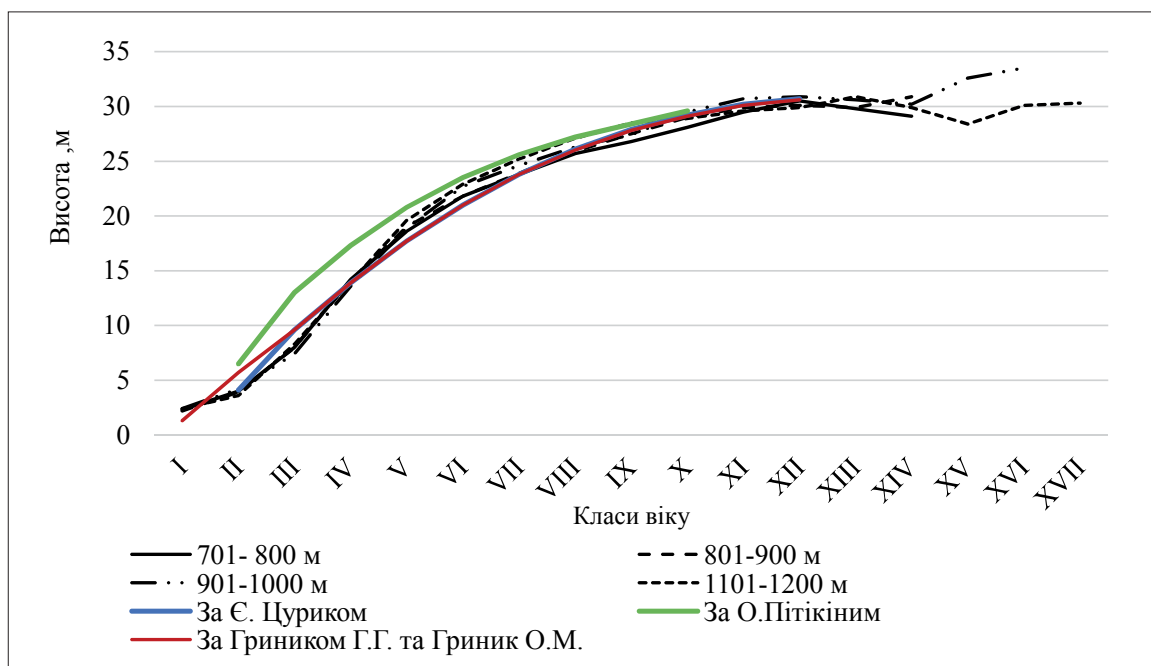


Рис. 3. Зміна середніх висот ялинових деревостанів на різних висотах над рівнем моря та порівняння з даними інших авторів

Fig. 3. Variation in the average heights of spruce stands at different elevations above sea level in comparison to data from other authors

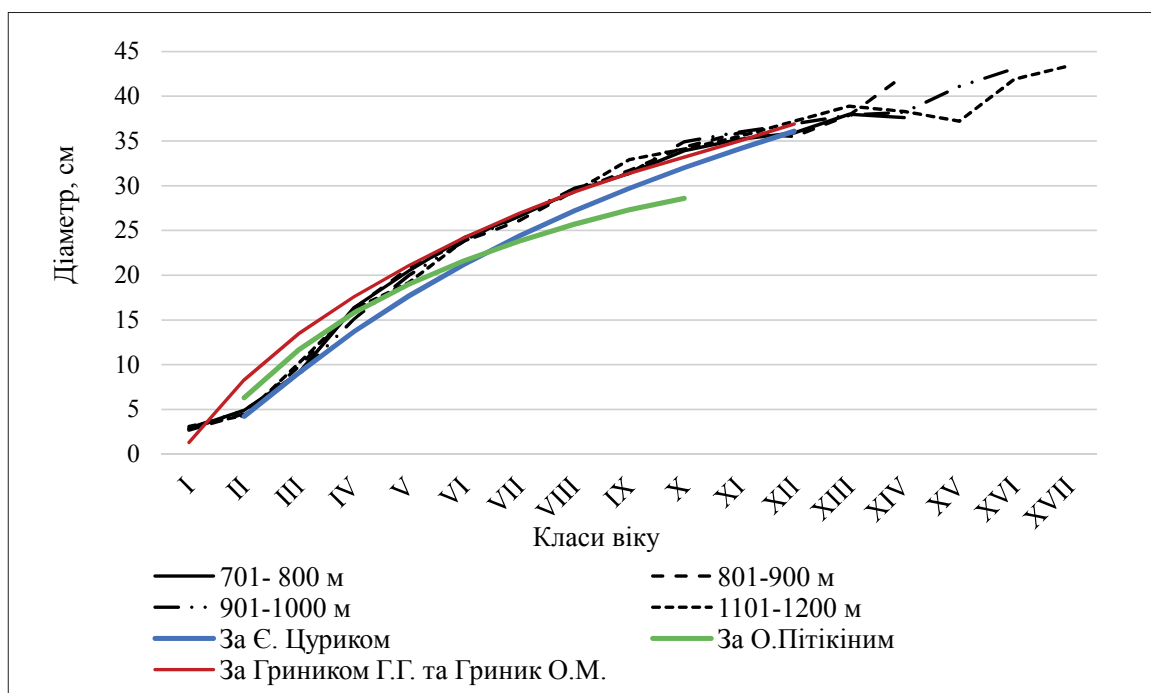


Рис. 4. Зміна середніх діаметрів ялинових деревостанів на різних висотах над рівнем моря та порівняння з даними інших авторів

Fig. 4. Variation in average diameters of spruce stands at different elevations above sea level, compared with data from other authors

Зміна значень середнього діаметра за класами віку в ялинових лісостанах на різних висотах над рівнем моря відбувається подібно до зміни висот (рис. 4). Найбільші відхилення між середніми значеннями діаметрів на різних висотах не перевищують 1,5 см або 5%, за винятком окремих відхилень у 10-12% у першому та другому класах віку, що, ймовірно, зумовлено інтенсивними господарськими заходами. Варто також відзначити, що різниця між середніми діаметрами деревостанів за класами віку на висотах 701-800 м та 1101-1200 м не перевищує 5%, тобто відмінності у рості за діаметром є навіть меншими, ніж за висотою.

Загалом, найбільші відмінності між діаметрами за таблицями ходу росту та досліджуваними діаметрами ялинових деревостанів на різних висотах над рівнем моря спостережено у лісостанах віком до 50 років. При цьому повні деревостани характеризуються, починаючи з 40-річного віку, меншими значеннями діаметрів (різниця може становити до 30%), але до 120-річного віку ця різниця зменшується до 2-3%. Порівняно з модальними деревостанами, найбільші відмінності за середнім діаметром спостережено до 40-річного віку: досліджувані деревостани характеризуються меншими середніми діаметрами, ніж за даними Г. Гриника, О. Гриник (2022).

Основним завданням проведення лісогосподарських заходів у конкретному деревостані є формування такої їхньої структури, яка забезпечує доцільне поєднання деревних видів та забезпечення належних умов для їхнього росту відповідно до конкретного типу лісу, тобто формування корін-

ного деревостану високої продуктивності. Вплив виконаних заходів відображає характер зміни запасів деревостанів на різних висотах над рівнем моря (рис. 5).

Отже, досліджувані деревостани, незалежно від висоти над рівнем моря, характеризуються меншими запасами, ніж повні ялинові деревостани (Цурик, 1981), що зумовлено їхнім ростом за зниженої відносної повноти. Разом з тим, практично до 80-річного віку досліджувані ялинові деревостани характеризуються вищими запасами, ніж модальні за даними Г. Гриника, О. Гриник (2022). Невисокі середні запаси 80-річних і старшого віку ялинових деревостанів можна пояснити їхнім вирощуванням за відносної повноти менше 0,7, а несуттєві відмінності між середніми запасами зумовлені різними відносними повнотами насаджень на відповідних діапазонах висот над рівнем моря.

Для порівняння особливостей нагромадження запасів ялиновими деревостанами на різних висотах над рівнем моря, беручи до уваги їхню різну відносну повноту, приведемо їхні деревні запаси до відносної повноти 0,8 (рис. 6).

Отже, найвищими запасами за повноти 0,8 характеризуються деревостани висотного діапазону 901-1000 м н.р.м., вираховані запаси деревини яких у 50-річному віці становлять $500 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а в 120 років їхні запаси можуть перевищувати $900 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. При забезпеченні високої біотичної стійкості ялини європейської, лісорослинні умови цього висотного діапазону є найсприятливішими для інтенсивного росту деревного виду та нагромадження ним стовбурової деревини.

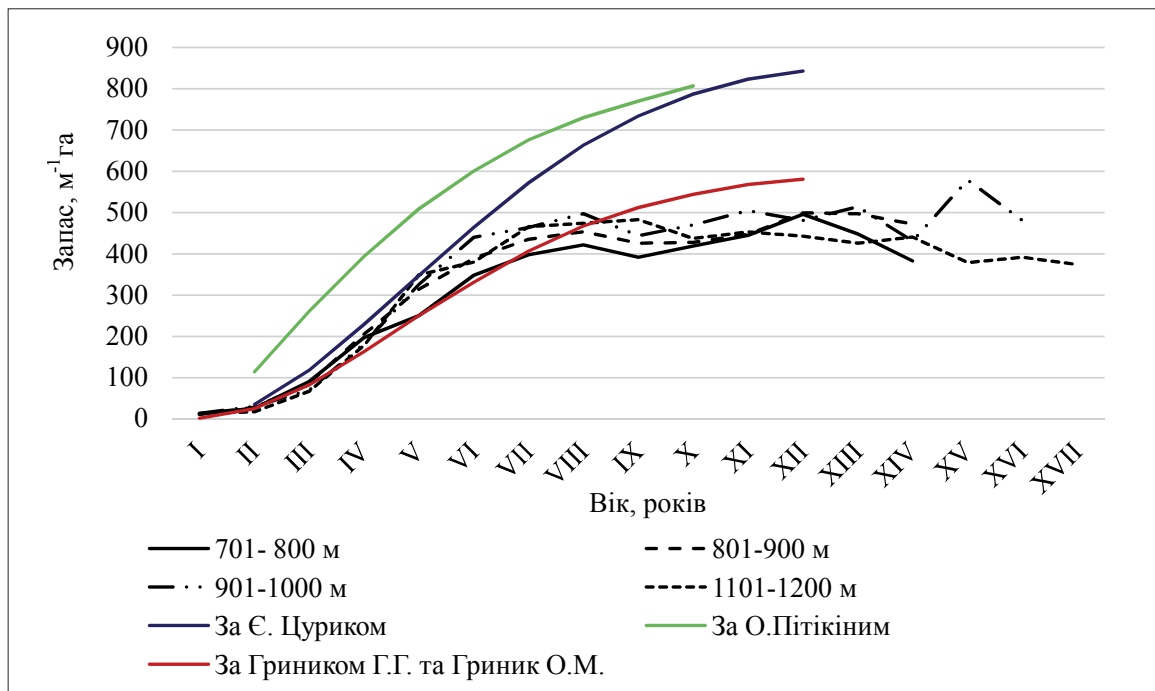


Рис. 5. Зміна запасів ялинових деревостанів на різних висотах над рівнем моря та порівняння з даними інших авторів

Fig. 5. Variation in spruce stand volumes at different elevations above sea level and in comparison with data from other authors

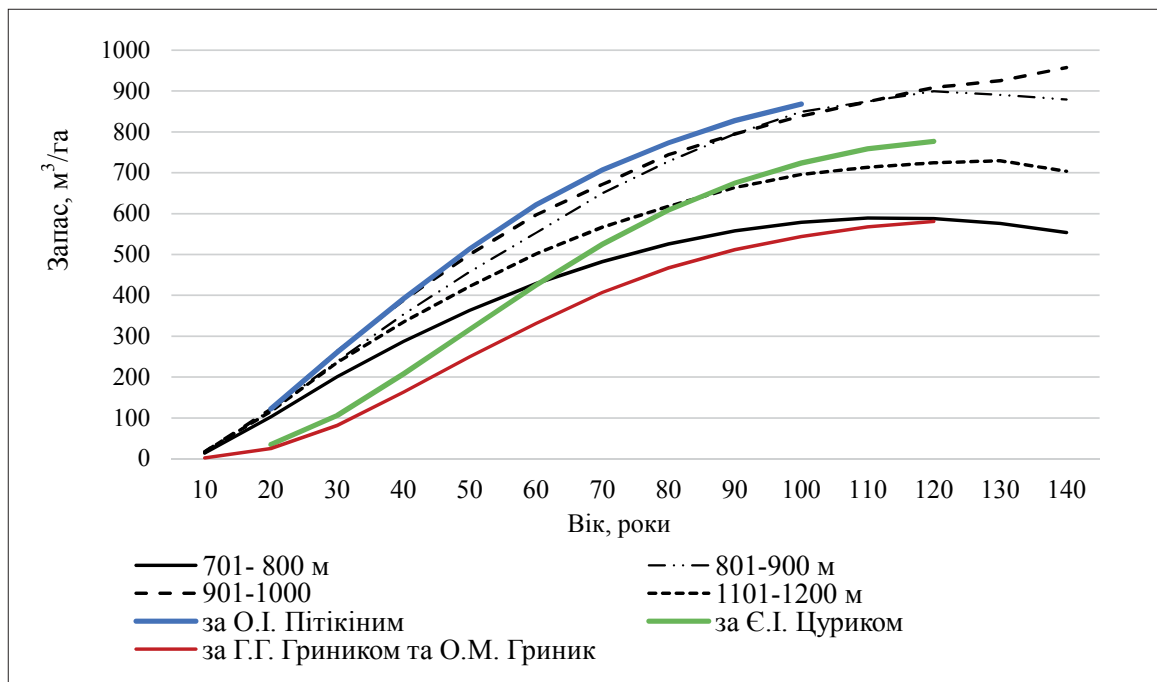


Рис. 6. Зміна запасів ялинових деревостанів на різних висотах над рівнем моря за їх відносної повноти 0,8 та порівняння з опублікованими даними

Fig. 6. Changes in spruce stand volumes at various elevations above sea level at a relative density of 0.8, compared with published data

Трохи нижчими запасами характеризуються деревостани висотного діапазону 801-900 м, де різниця між запасами деревостанів інших висотних діапазонів не перевищує 50 м³·га⁻¹. Лісорослинні умови для росту ялини тут залишаються такими ж сприятливими, але вплив зміни клімату на цій висоті (зменшення кількості опадів, підвищення середньої температури повітря протягом вегетаційного періоду) є відчутнішим, і ялина тут більшою мірою схильна до втрати біотичної стійкості.

Запаси деревостанів висотного діапазону 1101-1200 м н.р.м. у 120-річному віці можуть перевищувати 700 м³·га⁻¹, однак цей показник є меншим на 10-20% порівняно з таким у деревостанів на висоті 901-1000 м н.р.м., різниця між запасами яких у цьому віці перевищує 130 м³·га⁻¹. На цій висоті на зниження продуктивності ялини впливає, насамперед, зменшення тривалості вегетаційного періоду.

Найменшими запасами відзначаються ялиники на висоті 701-800 м, що пов'язано з кліматичними змінами. У цьому висотному діапазоні ялина не є біотично стійким деревним видом, а ялинові типи лісу, ймовірно, трансформувались в ялицеві чи букові.

Запаси ялинових деревостанів у межах аналізованих висотних діапазонів є меншими, ніж запаси повних деревостанів – як за даними О.І. Пітікіна (1987), так і частково за даними Є.І. Цурика (1981) (див. рис. 6). До основних причин формування в досліджуваних умовах менших запасів ялинових деревостанів, порівняно з повними, необхідно віднести меншу їхню відносну повноту, меншу густоту їх формування у різні вікові періоди, а також

відповідну частку бука лісового у складі деревостанів, стовбури яких характеризуються меншими обсягами деревини порівняно з ялиною чи ялицею.

Поряд з цим, запаси модальних ялинових деревостанів (Г. Гриник, О. Гриник, 2022) є на порядок меншими, ніж встановлені нами для ялиників різних висотних діапазонів.

Вирахувані за повноти 0,8 запаси ялинових деревостанів, які в 100-річному віці перевищують 800 м³·га⁻¹ підтверджують, що в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини формуються сприятливі умови для вирощування високопродуктивних деревостанів, тобто відповідними лісгосподарськими заходами можна ефективно використовувати едафо-кліматичний потенціал типу лісорослинних умов. Під час виконання лісгосподарських заходів необхідно, насамперед, забезпечувати формування корінних деревостанів за участю всіх трьох головних лісотвірних деревних видів, що дасть змогу вирощувати біологічно стійкі деревостани, склад і структура яких, поряд із високими запасами деревини, забезпечать ефективне і тривале виконання ними екологічних та захисних функцій.

Необхідно також зазначити, що збільшення висоти над рівнем моря, внаслідок поступової зміни клімату, відображається на складі деревостанів та, відповідно, на формуванні їхньої структури. Виявлені відмінності в особливостях формування лісівничо-таксаційних показників деревостанів за переважання ялини європейської, що ростуть на різних висотах над рівнем моря, дають змогу здійснити доволі точне оцінювання їхньої

продуктивності в межах різних висотних діапазонів. Проте для формування близької до оптимальної структури лісостанів та поєднання в деревостані частки різних деревних видів доцільно використати дослідні матеріали пробних площ, зокрема постійних.

Дискусія (Discussion). Важливим лісівничим аспектом є уточнення висоти розташування мішаних природних лісостанів за участю бука, ялиці та смереки, що ростуть в умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини. Ця обставина часто є причиною дискусій, особливо в тому випадку, коли тип лісу виділяють на висотах менше 700 м н.р.м. У цьому випадку доцільно звернутися до результатів наукових напрацювань інших авторів з подібним об'єктом досліджень.

Так, за С.М. Стойком (2009), смуга буково-ялицево-смерекових лісів характеризується мішаними, біотично стійкими і високопродуктивними лісостанами, в яких первинний склад деревостанів, внаслідок монокультурного господарювання, збережено на обмеженій площі. Тут смуга смерекових лісів сформована у прохолодній кліматичній зоні, де превалюють монодомінантні фітоценози. Це дає підстави припустити, що в Українських Карпатах визначальний вплив на формування складу насаджень та їхню структуру, поряд з висотою над рівнем моря, має інтенсивність лісогосподарського впливу. Тобто, мішані деревостани за участю бука лісового, ялиці білої та ялини європейської з підняттям на висоту понад 1000 м н.р.м. поступово трансформуються у чисті ялинові.

Серед смерекових типів лісу Українських Карпат найрозповсюдженішими є саме вологі буково-ялицеві сушмеречини, які охоплюють 53% площі ялинових лісів, і трапляються повсюдно на висотах 750-1200 м н.р.м. (Герушинський, 1996). Д.В. Воробйов (1953) також відзначав наявність цього типу лісу на схилах різних експозицій, але наводив дещо менший висотний діапазон його поширення – в межах 750-1050 м н.р.м.

За геоботанічно-лісівничим районування П.І. Молоткова (1966), район буково-ялицево-смерекових лісів приурочений як до південно-західного, так і до північно-східного мегасхилів, де мішані буково-ялицево-смерекові лісостани піднімаються до висоти 1200 м н.р.м.

М.А. Голубець (1978) поділив карпатські ялинові ліси за особливостями росту на дві групи. До першої з них відніс мішані ялицево-буково-смерекові лісостани найвищої продуктивності у висотному діапазоні 700-1200 м н.р.м., до другої – ялинники на висотах більше 1200 м н.р.м., ріст яких менш інтенсивний. У межах природного поширення найкращий ріст *Picea abies* дослідник відзначив саме на висотах 900-1000 м н.р.м.

С.М. Стойко (2009) ліси за участю бука, ялиці та смереки виділив в одну (сьому) вегетаційну ступінь буково-ялицево-смерекових лісів, яка в межах північно-східного мегасхилу займає висоти

800-1000, а в межах південно-західного – 900-1100 м н.р.м.

Тому, беручи до уваги наведені дані, а також результати власних досліджень, найнижчим діапазоном поширення буково-ялицево-смерекових лісів може бути висотний діапазон 700-800 м н.р.м., місцезона якого приурочені переважно до північних схилів.

Поряд з цим, на висотах до 700 м н.р.м. лісовпорядкуванням зафіксовано 585 ділянок загальною площею 1621,8 га, на якій ростуть деревостани за участю ялини, ялиці та бука, і які помилково віднесено до вологої буково-ялицевої сушмеречини. Наявність такої неточності зумовлено антропогенним втручанням у хід природного процесу природного поновлення деревостанів. З високою вірогідністю можна припустити, що після рубки ялицево-букового чи буково-ялицевого деревостану по свіжому зрубі були створені культури ялини. На ділянках типу лісу природним шляхом появився підріст ялиці та бука, що стало причиною поступового формування мішаного буково-ялицево-смерекового деревостану. Оскільки в Карпатському регіоні рядового способу змішування під час запровадження штучних насаджень практично не дотримуються, то при натурному огляді складається враження, що ялина, поряд з буком та ялицею, має природне походження. І лише прийняття до уваги чинника висоти розташування лісостану над рівнем моря дає змогу уникнути помилки під час встановлення типу лісу для мішаного буково-ялицево-смерекового насадження.

Найімовірніше, стосовно розглянутого нами випадку, до висоти 700 м н.р.м. мають місце ялицеві субучини або букові суяличини залежно від висоти над рівнем моря та орографічних умов.

Таким чином, наведений аналіз результатів досліджень мішаних лісостанів за участю бука лісового, ялиці білої та ялини європейської дає підстави стверджувати, що нижня межа поширення природних лісостанів за участю цих деревних видів (тип лісу – волога буково-ялицева сушмеречина) не може бути нижчою, ніж 700 м н.р.м.⁵

Певної уваги потребує питання смерекових насаджень за участю ялиці та бука, що сформувалися на висотах більше 1200 м н.р.м. Лісостани такого складу трапляються окремими локалітетами, що зумовлено, насамперед, специфікою орографічних умов (наприклад, улоговини, де формується специфічний мікроклімат, відмінний від відкритих ділянок). Наявність бука та ялиці у складі смерекових лісостанів на значних висотах також може бути зумовлено антропогенним чинником (лісові культури). Тобто, кліматичні умови в окремих локалітетах на висотах 1300 м н.р.м. і більше виявились сприятливими для виживання бука та ялиці у складі смерекового лісостану.

⁵ Разом з тим зі зміною клімату могла відбутись певна трансформація у ґрунтово-кліматичних умовах та складі деревної рослинності, що могло позначитись на формуванні типів лісу.

Аналіз сучасної лісоврядкувальної повидільної бази даних ялинових лісостанів показав використання різних назв одного і того самого типу лісу. Лісовпорядкувальні експедиції використовують різну методику визначення і встановлення типів лісу, тому актуальним завданням для науковців є формування єдиного загальноприйнятого кадастру типів лісу для Українських Карпат. Результати наших досліджень показали, що, незважаючи на кліматичні зміни, в регіоні досліджень переважають ті ж самі типи лісу, що були описані проф. З.Ю. Герушинським (1996).

Поряд з цим, результати останніх досліджень (Шпарик, 2019; Шпарик та ін., 2020) підтверджують наявність трансформаційних процесів у лісорослинних зонах, внаслідок чого відбувається зміна типів лісу. Зокрема, суслеречини на висотах 700-800 м н.р.м., які в свій час були діагностовані З.Ю. Герушинським (1996), трансформуються в ялицеві або букові типи лісу, а ялина зі складу деревостанів випадає, передусім – через періодичне висушування верхнього 50-сантиметрового шару ґрунту, в якому знаходиться майже половина кореневої системи цього деревного виду. Зміна типів лісу, «підняття» ялини у вищі місцеположення над рівнем моря, вносить суттєві корективи у ріст, формування та нагромадження деревини природними ялиновими лісостанами.

Висновки (Conclusions). В умовах вологості буково-ялицевої суслеречини ялина європейська формує чисті і мішані, за різної частки деревного виду у складі, деревостани з перевагою середньовікових лісостанів із запасами на окремих ділянках понад 800 м³·га⁻¹.

Із збільшенням віку відносна повнота ялинових деревостанів у всіх досліджуваних вікових періодах зменшується. Найінтенсивніше зменшення характерне для деревостанів висотного діапазону 701-800 м (з 0,77 до 0,47), що зумовлено як інтенсивним господарським впливом, так і можливо кліматичними змінами. Найменші зміни відносної повноти зафіксовано в ялинниках на висотах 901-1000 (з 0,72 до 0,55) та 1101-1200 (з 0,73 до 0,51) м над рівнем моря.

Частка ялини у складі деревостанів зростає впродовж вікового періоду 40-90 років, після чого спостережено зменшення її частки в усіх висотних діапазонах. Деревостани за найбільшою участю ялини формуються на висоті 1101-1200 м (9,4-7,8 од.), з найменшою – на висотах 701-800 (8,6-6,6 од.).

У межах аналізованих висотних діапазонів зміна середніх висот ялинових деревостанів впродовж усіх вікових періодів є доволі подібною. Найменш інтенсивним ростом у висоту характеризуються молодняки на висотах 901-1000 та 1101-1200 м н.р.м. (близько 14%) порівняно з показником середньоарифметичної висоти у деревостанів інших гіпсометричних рівнів, що, ймовірно, зумовлено характером виконаних у молодняках рубок догляду за лісом.

Значення середніх діаметрів в ялинових лісостанах як за віковими періодами, так і за висотними діапазонами, несуттєво відрізняються між собою на різних висотах над рівнем моря (відхилення не перевищують 5%).

Тенденції до зміни запасу стовбурової деревини в ялинових лісостанах є доволі подібними для всіх досліджуваних висотних діапазонів, що зумовлено інтенсивною господарською діяльністю в них. Внаслідок антропогенного впливу фактичні запаси ялинових деревостанів є меншими (на 300 м³·га⁻¹ і більше) порівняно з повними і модальними лісостанами ялини. Найвищими запасами за повноти 0,8 (до 500 м³·га⁻¹ у 50-річному віці) характеризуються ялинові деревостани на висоті 901-1000 м н.р.м., а в 120 років їхні запаси можуть перевищувати 900 м³·га⁻¹. Найменшими запасами (до 600 м³·га⁻¹ у 120 років) характеризуються ялинники на висоті 701-800 м, що пов'язано, ймовірно, з кліматичними змінами.

Список літератури (References)

- Воробьев, Д.В. (1953). *Типы лесов Европейской части СССР*. Киев: Изд-во АН УССР. [Vorobyov, D.V. (1953). *Types of forests in the European part of the USSR*. Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR] (in Russian)
- Генсирук, С.А. (1957). *Еловые леса Восточных Карпат*. Львов: Изд-во ЛЛТИ. [Hensiruk, S.A. (1957). *Spruce stands of the Eastern Carpathians*. Lviv: LLTI Print] (in Russian)
- Герушинський, З.Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда. [Herushynsky, S.Y. (1996). *Typology of Forests in the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Pyramida] (in Ukrainian)
- Голубець, М.А. (2007). *Ретроспектива та перспектива лісової типології*. Львів: Поллі. [Holubets, M.A. (2007). *Retrospective and perspective of forest typology*. Lviv: Polly] (in Ukrainian)
- Голубец, М.А. (1978). *Еловые леса Украинских Карпат*. Киев: Наукова думка. [Holubets, M.A. (1978). *Spruce forests of the Ukrainian Carpathians*. Kyiv: Scientific thought] (in Russian)
- Голубец, М.А., Гаврусевич, А.Н., Загайкевич, И.К. и др. (1988). *Украинские Карпаты. Природа*. Киев: Наукова думка. [Golubets, M.A., Gavrusovich, A.N., Zagaikevich, I.K. and others (1988). *Ukrainian Carpathians. Nature*. Kyiv: Scientific opinion] (in Russian)
- Гриник, Г.Г., Гриник, О.М. (2022). *Ріст і продуктивність ялини європейської в Українських Карпатах залежно від рельєфу*. Львів: Сполом. [Hrynyk, H.H., & Hrynyk, O.M. (2022). *Growth and productivity of European spruce stands in the Ukrainian Carpathians depending on the topography*. Lviv: Spolom] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М. (2010). *Всихання ялинових лісів внаслідок зміни клімату. Праці Наукового*

- товариства імені Тараса Шевченка: матеріали Косівського відділення НТШ, 3, 163-171. [Debryniuk, Iu. M. (2010). Drying-out of spruce forests as a result of climate change. *Proceedings of the Taras Shevchenko Scientific Society: materials of the Kosiv branch of the National Academy of Sciences*, 3, 163-171] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М. (2011). Всихання смерекових лісів: причини та наслідки. *Науковий вісник НЛТУ України «Процеси урбанізації в гірських ландшафтах та шляхи їх регулювання»*, 21(16), 32-38. [Debryniuk, Iu. M. (2011). Drying-out of spruce forests: causes and consequences. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University "Urbanization processes in mountain landscapes and ways of their regulation"*, 21(16), 32-38. Retrieved from http://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_16/index.htm] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М., Форгіль, Я.С., Леснік, В.В. (2013). Ялина як об'єкт плантаційного лісорозведення в смерекових типах лісу Івано-Франківської області. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 23(5), 168-175. [Debryniuk, Iu. M., Forgil, Ya. S., & Lesnik, V. V. (2013). Spruce as an object of plantation afforestation in spruce forest types of Ivano-Frankivsk region. *Scientific bulletin of the Ukrainian State Forestry University*, 23(5), 168-175. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_5/index.htm] (in Ukrainian)
- Лавний, В.В. (2021). Лісівничо-екологічні основи відновлення корінних насаджень на вітровалах в Українських Карпатах. Львів: Галицька видавнича спілка. [Lavnyy, V. V. (2021). *Silvicultural and ecological principles of primary stands regeneration on windthrow areas in the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Galician Publishing Union] (in Ukrainian)
- Лавний, В.В., Дичкевич, В.М. (2017). Лісівничо-таксаційна оцінка лісів Горган. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 15, 19-26. [Lavnyy, V., & Dychkevych, V. (2017). Silvicultural and biometric assessment of the Gorgany forests. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 15, 19-26. <https://doi.org/10.15421/411702>] (in Ukrainian)
- Лавний, В.В., Сухарюк, Д.Д. (2007). Особливості вітровалів та буреломів лісу в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 17(7), 65-70. [Lavnyy, V. V., & Sukharyuk, D. D. (2007). Peculiarities of windthrows and wind breakage in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 17(7), 65-70. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2007/17_7/index.htm] (in Ukrainian)
- 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. [Matusevich, O. B. (2022). Forest characteristics and tax assessment of spruce stands of the northeastern macroslope of the Ukrainian Carpathians in dominant forest types. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 32(5), 28-35. <https://doi.org/10.36930/40320504>] (in Ukrainian)
- Миклуш, С.І., Миклуш, Ю.С., Дебринюк, Ю.М., Приступа, Р.М. (2022) Зміни у структурі лісового фонду ДП «Рахівське лісове дослідне господарство» з інтервалом у 70 років. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 153-163. [Myklush, S. I., Myklush, Yu. S., Debryniuk, Yu. M. & Pristupa, R. M. (2022) Changes in the structure of the forest fund of the SE "Rakhiv Forest Experimental Farming" with an interval of 70 years. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 24, 153-163. <https://doi.org/10.15421/412214>] (in Ukrainian)
- Молотков, П.І. (1966). *Буковые леса Карпат и хозяйство в них*. Москва: Лесная промышленность. [Molotkov, P. I. (1966). *Beech forests of the Carpathians and farming in them*. Moscow: Forestry industry] (in Russian)
- Питикин, А.И. (1987) Рост еловых лесов разной полноты в Карпатах. В кн.: *Нормативно-справочные материалы по таксации лесов Украины и Молдовы*. Киев: Урожай, 184-191. [Pitikin, A. I. (1987). Growth of spruce forests of different densities in the Carpathians. In *Regulatory and reference materials for the taxation of forests in Ukraine and Moldova* (pp. 184-191). Kyiv: Harvest] (in Russian)
- Рак, А.Й., Олійник, В.С. (2016). Закономірності поширення всихання ялинових насаджень у Горпанах. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 129, 175-180. [Rak, A. Y., & Olijnyk, V. S. (2016). Peculiarities of spreading of spruce stands drying in Gorgany. *Forestry and Forest Melioration*, 129, 175-180. Retrieved from <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0000705604>] (in Ukrainian)
- Сабан, Я.А. (1982). *Экология горных лесов*. Москва: Лесная промышленность. [Saban, Ya. A. (1982). *Ecology of mountain forests*. Moscow: Forestry industry] (in Russian)
- Стойко, С.М. (2009). *Дубові ліси Українських Карпат: екологічні особливості, відтворення, охорона*. Львів: Меркартор. [Stoyko, S. M. (2009). *Oak forests of the Ukrainian Carpathians: ecological features, reproduction, protection*. Lviv: Mercartor] (in Ukrainian)
- Ходот, Г.А. (1959). Ход роста сомкнутых еловых лесов Карпат. *Научные труды Львовского лесотехнического института, том 1*, 201-204. [Khodot, G. A. (1959) The course of growth of closed Carpathian spruce forests. *Scientific works of the Lviv Forestry Institute, vol. 1*, 201-204] (in Russian)
- Шпарик, Ю.С. (2019). Емпіричні підходи до прогнозування площі та запасу ялинових (*Picea abies* (L.) Karst.) лісів Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29(3), 18-22. [Shparik, Y. S. (2019). Empirical approaches to forecasting area and wood volume of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forests in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*, 29(3), 18-22. <https://doi.org/10.15421/40290303>] (in Ukrainian)
- Шпарик, Ю.С., Криницький, Г.Т., Дебринюк, Ю.М. (2020). Тенденції динаміки типів лісорослин-

- них умов і породного складу деревостанів Українських Карпат у зв'язку зі змінами клімату. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 20, 82-92. [Shparik, Yu.S., Krynytskyu, H.T., & Debryniuk, Iu.M. (2020). Trends in the dynamics of types of forest growth conditions and species composition of stands of the Ukrainian Carpathians in the context of climate changes. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 82-92. <https://doi.org/10.15421/412008>] (in Ukrainian)
- Цурик, Є.І. (1981). *Смерекові ліси Карпат (структура і продуктивність)*. Львів: Вища школа. [Tsurik, E.I. (1981). *Spruce forests of the Carpathians (Structure and productivity)*. Lviv: Higher school] (in Russian)
- Brang, P., Spathelf, P., Larsen, J.B., Bo Larsen, J., Bauhus, J., Bončina, A., ... Svoboda, M. (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>
- Dinca, L., Murariu, G., Enescu, C.M., Achim, F., Georgescu, L., Murariu, A., ... Holonec, L. (2020). Productivity differences between southern and northern slopes of Southern Carpathians (Romania) for Norway spruce, silver fir, birch and black alder. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48, 1070-1084. <https://doi.org/10.15835/nbha48211824>
- Pretzsch, H., Hilmers, T., Biber, P., Avdagić, A., Binder, F., Bončina, A. ... Tognetti, R. (2020). Evidence of elevation-specific growth changes of spruce, fir, and beech in European mixed mountain forests during the last three centuries. *Canadian Journal of Forest Research*, 50(7), 689-703. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0368>
- Schwappach, A. (1912). *Ertragstabellen der wichtigeren Holzarten in tabellarischer und graphischer Form*. Bearbeitet von Professor Dr. Schwappach. Neudamm. [Schwappach, A. (1912). *Yield tables of the most important wood species in tabular and graphic form*. Prepared by Professor Dr. Schwappach. Neudamm] (in German)
- Tyszkiewicz, S. (1934). Przyczynek do wyjaśnienia kwestii dwu zasięgu świerka w Polsce. *Rozprawy i sprawozdania IBL, ser. A(4)*, 5-6, 45-56. [Tyszkiewicz, S. (1934). A contribution to explaining the question of the two ranges of spruce in Poland. *Papers and reports of IBL, series A (4)*: 5-6, 45-56] (in Polish)
- Vincent, S. (1936). *Topografie lesů v Československé Republice*. Č. 2. Rachowsko. Praha. [Vincent, S. (1936). *Topography of forests in the Czechoslovak Republic*. No. 2. Rachowska. Prague] (in Czech)
- Wierdak, Sz. (1927). Rozsiedlenie świerka, jodły i buka w Małopolsce. *Sylvan*, 5, 347-370. [Wierdak, Sz. (1927). Distribution of spruce, fir and beech in Lesser Poland. *Sylvan*, 5, 347-370] (in Polish)
- Zlatnik, A. (1935). Studie o státních lesích na Podkarpatské Rusi. *Sb. vyzkum. ustavu zemed.*, 127, 32-47. [Zlatnik, A. (1935). Study on state forests in Subcarpathian Rus. *Coll. research. agricultural constitution*, 127, 32-47] (in Czech)
- Silvicultural and inventory characteristics of natural spruce forest stands in the moist beech-fir fairly fertile spruce forest type of the Ukrainian Carpathians**
- S. Myklush¹, Yu. Myklush², P. Khomiuk³, Iu. Debryniuk⁴
- Spruce forests in the Ukrainian Carpathians thrive in moist and boggy forest types, predominantly at altitudes of 600-1,300 metres above sea level. These forests fulfil crucial protective, recreational, and utilitarian roles. The most prevalent forest type is the moist beech-silver fir fairly fertile spruce type, which is commonly found on the south-western and north-eastern mega-slopes of the Ukrainian Carpathians. This forest type includes pure spruce forests as well as mixed beech-silver fir-spruce forests. The largest concentrations of spruce forests are found at altitudes between 901 and 1,100 metres above sea level, which constitute 48.3% of the total area. These forests also represent 51.7% of the total standing volume in this type. Within this altitude range, the average growing stock is approximately 470 m³·ha⁻¹, surpassing the overall average of 427 m³/ha for all spruce forests of this type. Old-growth spruce forests, typically located
-
- ¹ Stepan Myklush – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Director of Educational and Research Institute of Forestry and Park Gardening, Professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-237-10-45, +38-067-791-36-77. E-mail: msi_s@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9762-1190>
- ² Yuriy Myklush – PhD in Agricultural Sciences, associate professor at the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-239-27-46, +38-067-750-38-26. E-mail: y.myklush@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1940-1045>
- ³ Petro Khomiuk – PhD in Agricultural Sciences, associate professor at the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-032-239-27-46. E-mail: khompetro@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4409-9180>
- ⁴ Iurii Debryniuk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Academician-Secretary of the Ukrainian Forestry Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forest Crops and Forest Selection. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-235-30-12, + 38-067-195-78-36. E-mail: debrynuk_ju@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

in protected natural areas, exhibit anti-erosion properties and are found at altitudes of 1,101-1,200 metres above sea level, where growing stocks can exceed $600 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. As altitude increases, older stands become more common though their relative density and growing stocks generally decrease. The most productive natural spruce forests within conservation areas are characterised by the highest growing stocks at a stand relative density of 0.85-0.90, whereas managed forests typically show relative density of 0.70-0.80. Stands older than 100 years often have relative density of 0.50-0.60. The proportion of pure spruce stands increases with altitude, while the presence of beech and silver fir decreases above 800 metres. Notable differences are observed in the average heights and diameters of spruce stands at various elevations, with younger spruce stands at 801-900 metres showing the smallest metrics. A comparative analysis of growth metrics for spruce stands at different elevations reveals that data for these stands closely align with E. I. Tsuruk's research for stands of site index class I. Conversely, the data exhibit the least congruence with O. I. Pitikin's findings for dense spruce stands in moist beech-spruce forest types, which are known for their highest growing stocks as well as with H. Hrynyk and O. Hrynyk's data for stands with the lowest growing stocks. At 120 years of age, spruce stands at altitudes of 901-1100 metres, under conditions of relative den-

sity of 0.8, can accumulate growing stocks of up to $900 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, with slightly lower growing stocks at an altitude of 801-900 metres and the lowest one at an altitude of 701-800 metres. Thus, the moist beech-fir fairly fertile spruce forest type at an altitude of 901-1100 metres above sea level provides the most favourable conditions for the cultivation of the most productive, biotically resilient, and mixed-composition beech-fir stands of this forest type. This altitude range supports optimal growth conditions and sustainability for these forest ecosystems, making it a key area for forest management and conservation efforts. These forests are crucial not only for their timber yield but also for their ecological functions, such as maintaining biodiversity, regulating water cycles, and providing habitat for various species. Furthermore, the specific altitude ranges facilitate diverse microclimates and soil conditions that enhance the resilience and productivity of these forests. Conservation strategies in these regions are essential to protect these valuable ecosystems, especially considering the impacts of climate change and human activities. Enhanced forest management practices and monitoring are necessary to ensure the sustainability and health of spruce forests in the Ukrainian Carpathians.

Key words: forest site types; naturally originated stands; stand productivity; hypsometric altitude; forestry practices.