



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412307>

Article received 2023.08.10
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Vasyl Lavnyy

lavnyy@gmail.com

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630*187:630*2

Динаміка таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат

В. В. Лавний¹, О. Б. Матусевич²

Досліджено динаміку таксаційних показників деревостанів у двох переважаючих типах ялинових лісів – вологій буково-ялицевій сусмеречині та вологій високогірній сусмеречині на 41 пробній ділянці загальною площею 7,225 га на території Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей. Пробні ділянки було закладено у лісостанах як природного, так і штучного походження різної повноти. Вони знаходилися у лісах різних категорій, на схилах різної експозиції та стрімкості. Вік досліджених ялинових деревостанів становив від 31 до 157 років. Запаси стовбурової деревини в ялинових деревостанах залежно від віку, класу бонітету, висоти над рівнем моря та повноти змінюються від 207 до 1044 м³·га⁻¹.

Згідно розробленої моделі прогнозу росту ялинових деревостанів I класу бонітету в умовах вологої високогірної сусмеречини, у віці 100 років вони будуть мати такі таксаційні показники: середню висоту – 29,6 м, середній діаметр – 31,8 см, суму площ поперечних перерізів – 40,4 м², густоту – 510 дерев/га, запас стовбурової деревини – 563 м³·га⁻¹. В умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини ялинові деревостани Iⁿ класу бонітету у віці 100 років будуть мати такі таксаційні показники: середню висоту – 33,4 м, середній діаметр – 39,8 см, суму площ поперечних перерізів – 41,2 м², густоту – 331 дерев/га, запас стовбурової деревини – 652 м³·га⁻¹.

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

Результати порівняння отриманої моделі динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів з існуючими таблицями ходу росту Є. І. Цурика та Г. А. Ходота показали незначні відхилення. Максимальна розбіжність (29,7%) існує за густотою ялинових деревостанів в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини.

Ключові слова: *Picea abies* (L.) Karst.; типи лісу; волога сусмеречина; клас бонітету; середня висота; середній діаметр; сума площ поперечних перерізів; густина деревостану; запас деревостану; видове число; середня зміна запасу.

Вступ (Introduction). *Picea abies* (L.) Karst. є одним із основних лісотвірних деревних видів в Українських Карпатах, тому її деревостани вивчало багато науковців. В останні десятиріччя в умовах зміни клімату як українські, так і зарубіжні вчені приділяють дослідженню ялинових лісів ще більше уваги. Внаслідок зміни клімату в Українських Карпатах,

як і в інших регіонах Європи, спостережено масштабну деградацію ялинових деревостанів. Причини всихання ялинових лісів описано у низці наукових праць (Крамарець, Криницький, 2009; Криницький, Крамарець, 2009; Дебринюк, 2011, 2017; Козловський, Крамарець, Целень, 2013; Крамарець, Мациях, 2018; Шпарик, 2019; Олійник, Зейналян, 2020;

¹ Лавний Василь Володимирович – академік Лісівничої академії наук України, віце-президент ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової роботи. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

² Матусевич Олександр Борисович – аспірант кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-258-42-05. E-mail: o.matusевич@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7086-3705>

Шпарик, Парпан, 2020). Всихання і загибель ялинових лісів призводить не лише до негативних екологічних наслідків, але й погіршує соціальні та економічні умови життя територіальних громад. Через недосконалість нормативно-законодавчої бази щодо лісового господарства неможливо вчасно вивести товарну сировину з пошкоджених деревостанів, що призводить до зменшення надходжень ділової деревини ялини і, як наслідок, до значного зниження податкових надходжень у місцевий та державний бюджети.

Важливим напрямом наукових досліджень ялинових деревостанів у Карпатах є вивчення їхньої продуктивності. Цьому питанню приділяли увагу науковці впродовж тривалого періоду часу (Малиновський, 1975; Пилик, 1976; Цурик, 1981, 1993; Сабан, 1982; Шпильчак, 1984; Король, 2004; Володимиренко, 2006; Король, Вицега, 2006; Лакида, 2008; Гриник, 2011, 2012; Гриник Г. Г., Задорожний, Гриник О. М., 2021; Гриник Г. Г., Гриник О. М., 2022). Варто зазначити, що вивчення продуктивності модальних ялинових деревостанів в Українських Карпатах здійснено лише в межах окремих гірських масивів чи в межах однієї області. Одночасне дослідження продуктивності ялинових деревостанів на всьому північно-східному макросхилі Українських Карпат в усіх трьох адміністративних областях дотепер не здійснено.

Об'єкти та методика дослідження (Objects and methods). Об'єкт дослідження – гірські ялинові ліси на території Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей. Предмет дослідження – динаміка таксаційних показників ялинових деревостанів у переважаючих типах лісу.

Мета досліджень – здійснити прогнозування динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів у двох найпоширеніших типах лісу вологої сушмеречини. Аналіз таксаційних показників смерекових деревостанів в Українських Карпатах потребує якісного експериментального матеріалу, зібраного на значній території. З цією метою було зібрано експериментальний матеріал на 41 пробній ділянці різної площі (табл. 1). Загальна площа пробних ділянок у вологій високогірній сушмеречині становила 3,73 га (20 ділянок), а у вологій буково-ялицевій сушмеречині – 3,50 га (21 ділянка).

Результати (Results). За походженням насаджень на пробних ділянках у типі лісу C_3 –См переважають природні ялинові деревостани, а в C_3 –бк-яцСм – деревостани штучного походження (рис. 1).

За стрімкістю схилів (рис. 2) 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%).

У структурі пробних ділянок за категоріями лісів переважають ялинові деревостани, які виконують протиерозійні функції: 60,9% від загальної площі у типі лісу C_3 –См і 49,0% – у типі лісу C_3 –бк-яцСм (рис. 3).

Таблиця 1. Загальна кількість пробних ділянок та їхні площі за типами лісу та філіями

Table 1. The total number of sample plots and their area by forest types and enterprises

Філія та лісництва ДП «Ліси України»	Кількість пробних ділянок (чисельник, шт.) та їхня площа (знаменник, га) за типами лісу у межах лісгосподарських підприємств		
	C_3 –Ял	C_3 –бк-яцЯл	Всього
«Боринське ЛГ» (Верхньовисоцьке л-во)	$\frac{3}{0,625}$	–	$\frac{3}{0,625}$
«Верховинське ЛГ» (Верховинське, Красницьке л-ва)	$\frac{4}{0,5245}$	$\frac{2}{0,265}$	$\frac{6}{0,7895}$
«Вигодське ЛГ» (Людвиківське, Вишківське, Свічівське л-ва)	$\frac{3}{0,47}$	$\frac{7}{1,16}$	$\frac{10}{1,63}$
«Гринявське ЛГ» (Гостівецьке, Яловичорське л-ва)	$\frac{2}{0,33}$	$\frac{4}{0,68}$	$\frac{6}{1,01}$
«Делятинське ЛГ» (Дорівське, Микуличинське л-ва)	$\frac{2}{0,45}$	$\frac{3}{0,535}$	$\frac{5}{0,985}$
«Осмолодське ЛГ» (Бистрицьке, Мшанське л-ва)	$\frac{4}{0,6135}$	$\frac{5}{0,858}$	$\frac{9}{1,4715}$
«Путильське ЛГ» (Сергіївське л-во)	$\frac{2}{0,714}$	–	$\frac{2}{0,714}$
Разом	$\frac{20}{3,727}$	$\frac{21}{3,498}$	$\frac{41}{7,225}$

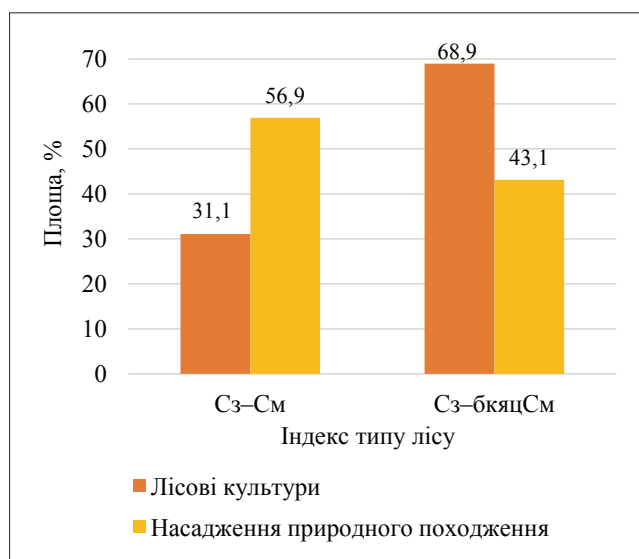


Рис. 1. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і походженням насаджень

Fig. 1. Distribution of areas of sample plots by forest types and stand origin

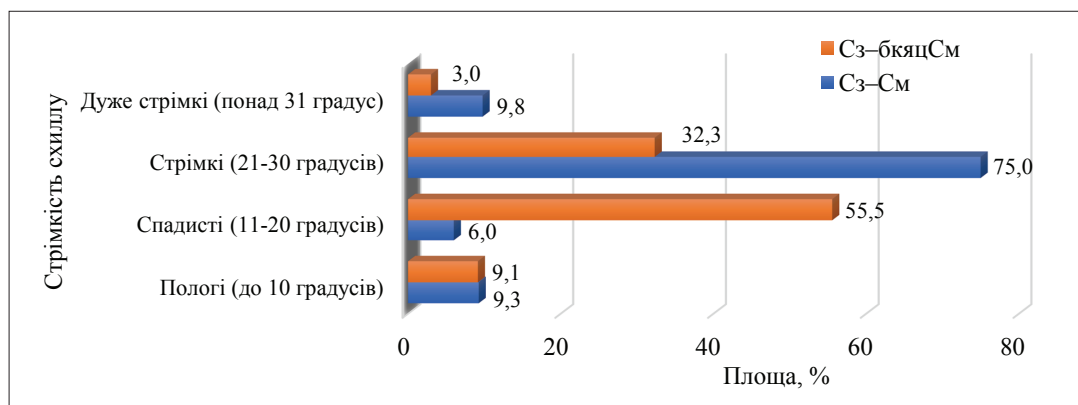


Рис. 2. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і стрімкістю схилів

Fig. 2. Distribution of areas of sample plots by forest types and slope inclination

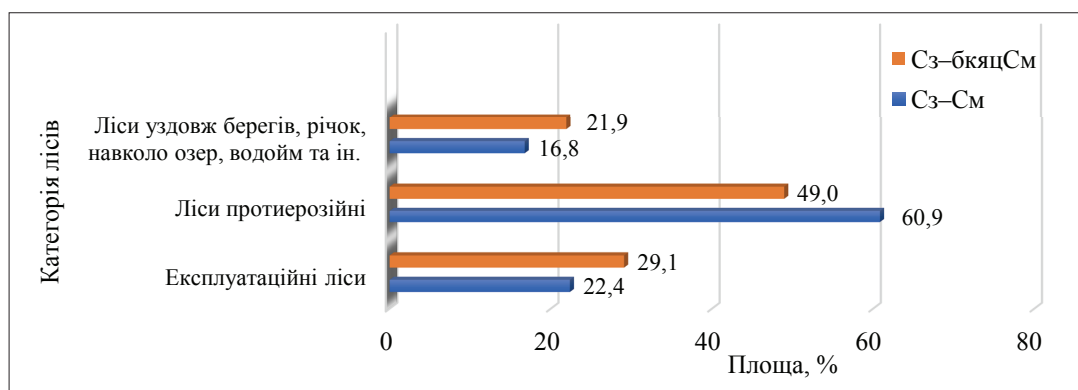


Рис. 3. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і категоріями лісів

Fig. 3. Distribution of areas of sample plots by forest types and forest categories

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

За експозицією схилів переважаючими для пробних ділянок в обох типах лісу були схили південно-східної, північно-західної та північно-східної експозицій, а для вологої високогірної сушмеречини – ще й південні (рис. 4). Решта експозицій не так явно виражені і не перевищують 15% площі від загаль-

ної кількості пробних ділянок. Основна кількість пробних ділянок у регіоні досліджень представлена у віковому діапазоні ялинових деревостанів від 21 до 120 років (рис. 5).

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

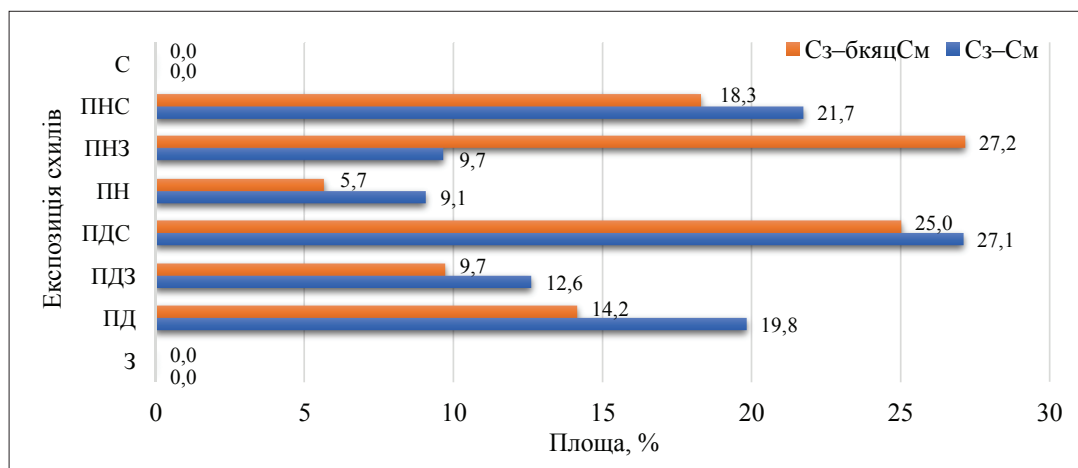


Рис. 4. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і експозиціями схилів

Fig. 4. Distribution of areas of sample plots by forest types and slope exposures

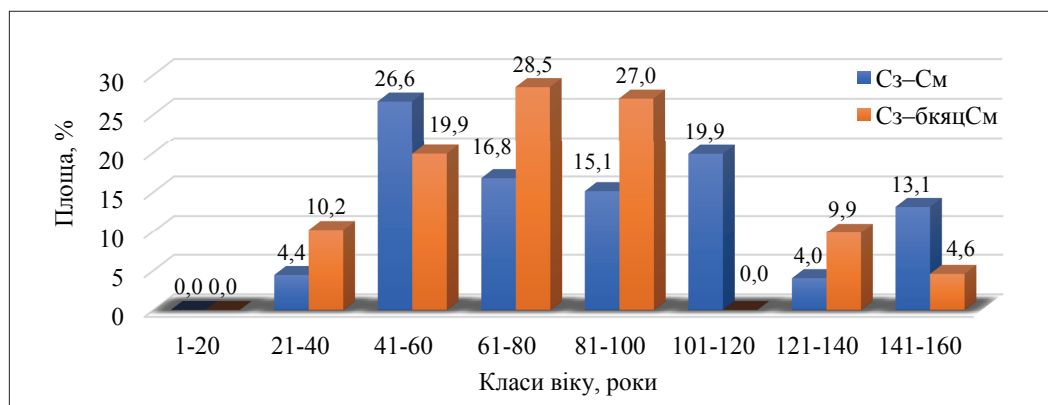


Рис. 5. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і класами віку
Fig. 5. Distribution of areas of sample plots by forest types and age classes

Розподіл пробних ділянок за класами бонітету (рис. 6) підтверджує перевагу високобонітетних ялинових деревостанів: насамперед це стосується вологій буково-ялицевої сушмеречини, 63,6% площі деревостанів якої мають І^а і вищі класи бонітету. Для деревостанів вологій високогірної сушмеречини пробні ділянки характеризуються дещо нижчою продуктивністю ялинових деревостанів (переважає частка деревостанів ІІ і ІІІ класів бонітету). Основна частина пробних ділянок у вологій

буково-ялицевої сушмеречині розміщена на висоті до 1000 м н.р.м., тобто ялинові деревостани представляють в основному середньогірський пояс ялинових лісів Українських Карпат (рис. 7). У вологій високогірній сушмеречині більшість пробних ділянок розташована на висоті 1100-1200 м н.р.м. Пробні ділянки в ялинових лісостанах північно-східного макросхилу Українських Карпат представлені як чистими, так і мішаними деревостанами (рис. 8).

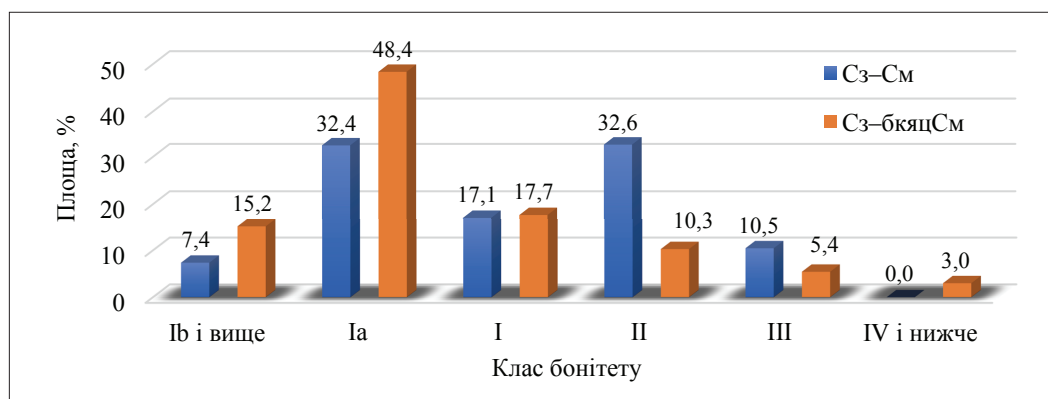


Рис. 6. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і класами бонітету
Fig. 6. Distribution of areas of sample plots by forest types and site classes

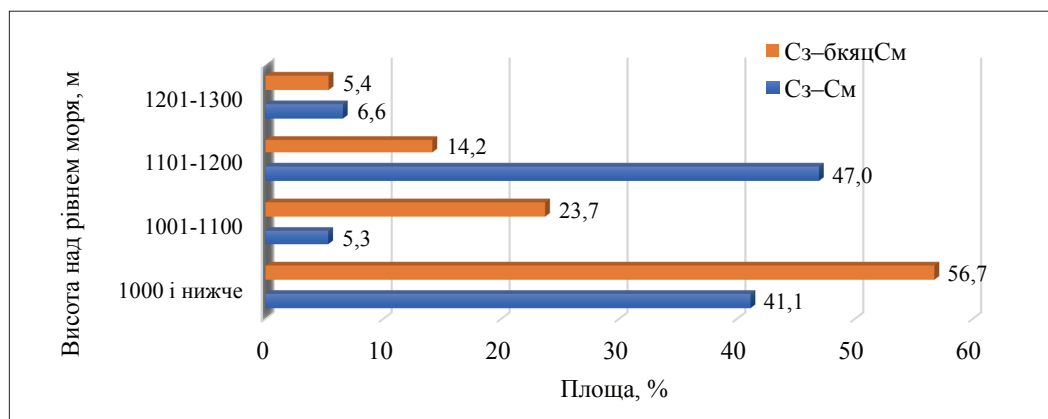


Рис. 7. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і висотою над рівнем моря
Fig. 7. Distribution of areas of sample plots by forest types and altitude above sea level

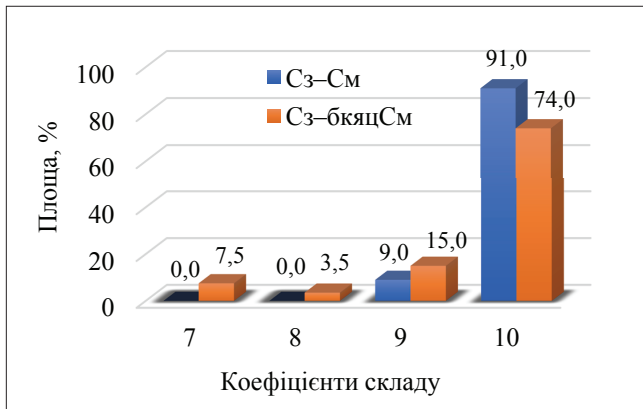


Рис. 8. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і часткою ялини в складі деревостану

Fig. 8. Distribution of areas of sample plots by forest types and share of spruce in the stand composition

Для типу лісу C₃-C_m характерним є домінування чистих ялиників з незначною домішкою ялиці білої, бука лісового та клена-явора. Складнішими за будовою є ялинові деревостани вологої буково-ялицевої сусмеречини, 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.

Продуктивнішими є ялинові деревостани в типі лісу C₃-бк-яцC_m, значення запасів стовбурової деревини в яких, залежно від віку, бонітету і висоти над рівнем моря, змінюються у межах від 237 до 1044 м³·га⁻¹.

Характеризуючи насадження пробних ділянок за відносною повнотою варто відзначити, що вони є загалом високоповнотними. Так, в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини деревостани з відносною повнотою 0,81-1,00 займають 61,4%, а частка середньоповнотних деревостанів у цьому типі лісу становить 28,3% від загальної площі пробних ділянок (рис. 9).

У типі лісу C₃-C_m переважали пробні ділянки у деревостанах з відносною повнотою 0,71-0,80, частка яких становила 39,1% від їх загальної площі.

Для прогнозування росту ялинових деревостанів у двох найпоширеніших ялинових типах лісу і класів бонітету було виокремлено експериментальний матеріал у вигляді 21 тимчасової пробної ділянки, що були закладені на території північно-східного макросхилу Українських Карпат у лісовому фонді п'яти філій ДП «Ліси України»: «Боринське ЛГ», «Верховинське ЛГ», «Вигодське ЛГ», «Делятинське ЛГ» та «Осмолодське ЛГ». Таксаційна характеристика ялинових деревостанів на цих пробних ділянках наведена в табл. 2.

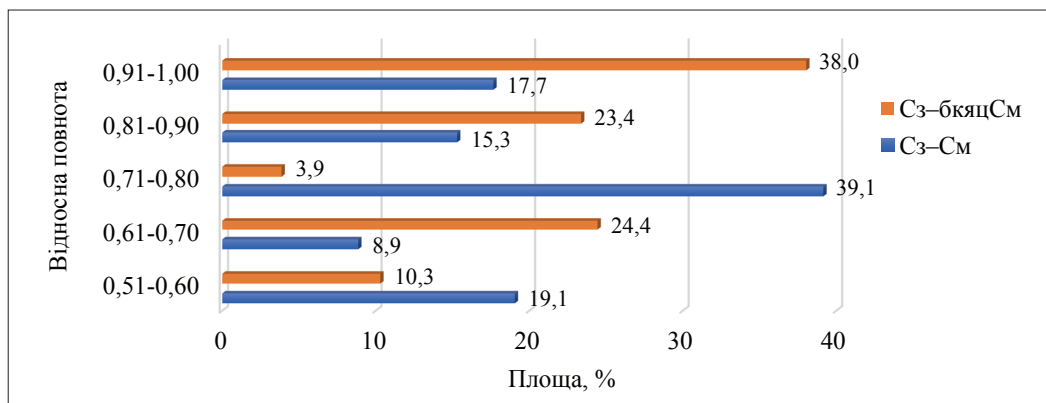


Рис. 9. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і відносною повнотою

Fig. 9. Distribution of areas of sample plots by forest types and relative stand density

Вік ялинових деревостанів на пробних ділянках у типі лісу C₃-C_m становив від 37 до 132 років. Вони представлені I класом бонітету і характеризуються як середньо- та високоповнотні. На десяти пробних ділянках типу лісу C₃-бк-яцC_m 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 сусмеречини 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 C₃-Ял та 5,7-6,6 м³·га⁻¹ – у типі лісу C₃-бк-яцC_m. Для високоповнотних нормальних деревостанів за

відносною повнотою 0,9-1,0 в умовах вологої високогірної сусмеречини 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 сусмеречини (табл. 3).

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.

Під час статистичного опрацювання результатів переліку дерев на пробних ділянках розраховано середньоарифметичний діаметр, його основне відхилення, мінливість, асиметрію, ексцес і точність дослідів. Отримані результати узагальнено в табл. 4.

Таблиця 2. Таксаційна характеристика ялинових деревостанів на пробних ділянках
Table 2. Mensurational characteristics of spruce stands on sample plots

№ з.п.	Площа, га	Кв./вид.	Склад	Вік, років	Бонітет	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Абсолютна повнота, м ² /га	Відносна повнота	Запас, м ³ ·га ⁻¹	Густота, шт./га
C ₃ –См											
1	0,20	3/30	10Ялє+Кля,Бкл,Яцб	37	I	13,5	12,4	33,9	0,82	234	1870
2	0,17	24/47	10Ялє+Ос,Бп	39	I	15,1	13,4	22,9	0,55	207	1624
3	0,07	33/13	10Ялє	42	I	15,8	13,6	39,9	0,97	312	3483
4	0,06	5/42	9Ялє1Бп+Яцб	50	I	18,1	15,9	45,0	0,96	435	2262
5	0,12	9/9	9Ялє1Бп	63	I	22,8	22,6	43,9	0,88	518	1492
6	0,18	16/8	9Ялє1Яцб+Бп	68	I	23,8	23,3	46,9	0,87	523	1094
7	0,20	17/7	10Ялє+Бкл	77	I	25,3	27,2	51,1	0,99	647	890
8	0,20	34/27	10Ялє+Бп,Кля,Яцб	87	I	27,2	30,8	46,7	0,87	632	635
9	0,18	4/22	10Ялє+Яцб,Бп	103	I	28,8	30,2	37,9	0,64	504	528
10	0,21	3/37	10Ялє+Яцб,Бп	112	I	31,6	32,4	38,4	0,63	581	467
11	0,24	32/6	8Ялє1Бкл1Яцб+Кля,Бп	132	I	34,1	43,3	31,9	0,50	468	217
C ₃ –бк-яцСм											
1	0,12	39/9	10Ялє	41	I ^a	17,3	14,8	29,5	0,76	281	1725
2	0,125	33/20	10Ялє+Бкл,Яцб,Бп	54	I ^a	22,7	23,0	53,0	1,00	769	1648
3	0,25	22/15	10Ялє	54	I ^a	23,2	22,0	29,0	0,59	346	764
4	0,16	17/5	10Ялє+Яцб	60	I ^a	25,0	28,1	46,9	0,91	589	775
5	0,18	3/22	10Ялє+Бкл, Кля, Яцб	61	I ^a	25,7	28,6	43,6	0,94	518	1272
6	0,25	8/2	10Ялє+Бкл,Яцб,Кля	65	I ^a	26,2	29,5	55,6	1,02	740	916
7	0,16	10/59	10Ялє+Бкл,Бп	68	I ^a	26,8	30,2	48,6	0,92	632	1069
8	0,188	38/24	10Ялє+Бкл	85	I ^a	30,1	34,1	59,3	1,04	862	645
9	0,24	10/1	10Ялє+Бкл,Кля	93	I ^a	32,5	34,2	43,2	0,74	650	483
10	0,35	1/6	10Ялє+Яцб, Кля	119	I ^a	34,8	41,6	51,9	0,85	857	383

Таблиця 3. Значення середньої зміни за запасом за даними пробних ділянок

Table 3. The value of the average change in the growing stock according to the data of the sample plots

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

Наведений у табл. 4 середньоарифметичний діаметр відрізняється від середньоквадратичного і залежить від величини мінливості цієї ознаки. Його значення з віком постійно збільшується.

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 більше 10 см – у віці понад 100 років, що пов'язано з суттєвішою диференціацією діаметрів стовбурів на лісових ділянках у старшому віці.

Аналіз мінливості діаметрів за коефіцієнтом варіації дає підстави стверджувати про значну мін-

ливість цього показника, оскільки його значення сягає майже 45%. Тому можна узагальнити, що ялинові деревостани на пробних ділянках характеризуються значною мінливістю діаметрів дерев, що зумовлено наявністю на цих ділянках одночасно як маломірних, так і великомірних екземплярів, і цей аспект впливає на збільшення розмаху варіації.

Аналіз показників форми кривих розподілу кількості дерев (асиметрія, ексцес) за ступенями 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 діаметра дерев. Також існує тенденція, що у деревостанах молодшого віку абсолютні значення асиметрії є значно вищими порівняно з такими у старших лісостанах, як результат незавершеної диференціації дерев на окремій стадії формування деревостану.

Таблиця 4. Статистична характеристика ялинових деревостанів на пробних ділянках за середнім діаметром

Table 4. Statistical characteristics of spruce stands on sample plots by average diameter

Номер пробної площі	Середнє значення	Основне відхилення	Коефіцієнт варіації	Асиметрія	Ексцес	Точність досліджу
C₃–См						
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
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
C₃–бк-яцСм						
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	23,78 ± 0,46	5,25 ± 0,33	22,1 ± 1,1	+ 0,264 ± 0,216	+ 0,550 ± 0,431	1,95 ± 0,12
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	26,12 ± 0,48	5,28 ± 0,34	20,2 ± 1,0	+ 0,341 ± 0,225	+ 0,401 ± 0,449	1,85 ± 0,12
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	42,16 ± 0,86	9,46 ± 0,61	22,4 ± 1,1	+ 0,038 ± 0,222	- 0,732 ± 0,444	2,03 ± 0,13

За значеннями ексцесу можна зробити висновок про несуттєву концентрацію діаметрів навколо середнього значення і наявність прямої залежності цього показника від величини середньоквадратичного відхилення. Для показника ексцесу не виявлено чіткої тенденції залежності від віку.

Показник точності досліджу, який для кожної пробної ділянки не перевищує 5%, підтверджує достовірність проведеного польового експерименту з відбору даних для дослідження.

Для моделювання динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів у вологій високогір-

ній сусмеречині і вологій буково-ялицевій сусмеречині 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. 5-6. Отримані результати підтверджують, що ялинові деревостани вологої буково-ялицевої сусмеречини відзначаються кращими показниками росту і продуктивності, ніж в умовах вологої високогірної сусмеречини. Так, відмінність за таксаційними показниками у віці 100 років становить: середня висота – +3,8 м, середній діаметр – +8,0 см, запас за відносної повноти 0,7 – +89 м³·га⁻¹, видове число – +0,003, гус-

тота – -179 шт.·га⁻¹. Вищі показники продуктивності свідчать про кращі умови росту і вищий рівень використання лісорослинного потенціалу в цьому типі лісу. 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.

Таблиця 5. Модель прогнозування динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів вологої високогірної сусмеречини (І клас бонітету, повнота 0,7)

Table 5. The model for forecasting the dynamics of forest mensurational indicators of spruce stands in the moist high-mountain fairly fertile spruce forest type (site class I, stand relative density 0.7)

Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Сума площ перерізів, м ² ·га ⁻¹	Густота, шт.·га ⁻¹	Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ за відносної повноти 0,7	Видове число	Середня зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ за рік	Поточна зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ за рік
40	16,1	14,2	29,3	1858	263	0,556	6,6	–
50	18,7	17,1	32,1	1405	322	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	522	0,480	5,8	4,4
100	29,6	31,8	40,4	510	563	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	633	0,453	5,3	3,3

Таблиця 6. Модель прогнозування динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів вологої буково-ялицевої сусмеречини (І^а клас бонітету, повнота 0,7)

Table 6. The model for forecasting the dynamics of forest mensurational indicators of spruce stands in the moist fairly fertile beech-silver fir-spruce forest type (site class I^a, stand relative density 0.7)

Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Сума площ перерізів, м ² ·га ⁻¹	Густота, шт.·га ⁻¹	Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ за відносної повноти 0,7	Видове число	Середня зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ за рік	Поточна зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ за рік
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	563	0,489	7,0	5,7
90	31,8	37,0	40,1	374	612	0,481	6,8	4,9
100	33,4	39,8	41,2	331	652	0,473	6,5	4,1
110	34,8	42,4	42,2	300	685	0,466	6,2	3,3
120	35,8	44,6	43,1	276	710	0,460	5,9	2,5

Дискусія (Discussion). Зважаючи на зміни клімату та екологічних умов в останні десятиріччя, 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. (Ходот, 1958; Цурик, 1981). Отримані результати наведено у табл. 7-11.

За результатами аналізу даних, наведеними в табл. 7, в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини ялинові деревостани 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, а після 100 років – навпаки, вона є трохи меншою порівняно з розробленою моделлю.

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 на 1,3-11,4%.

Змодельовані 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 сусмереччини

(див. табл. 9). За результатами аналізу даних, наведених в табл. 10, динаміка запасів ялинових деревостанів загалом узгоджується з таблицями ходу росту Г.А. Ходота, про що свідчать невеликі відхилення (до 8,4%). Варто зазначити, що в усіх випадках змодельовані значення запасу є трохи меншими, ніж за таблицями Г.А. Ходота, що є закономірним явищем в умовах кліматичних змін. За змодельованими значеннями, у віці 120 років за відносної повноти 0,7 продуктивність ялинників у вологій буково-ялицевій сусмереччині становить 710 м³·га⁻¹, що лише на 1,1% менше порівняно з таблицями Г.А. Ходота. 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 лісогосподарських заходів.

Таблиця 7. Порівняння динаміки середньої висоти ялинових деревостанів

Table 7. Comparison of the dynamics of average height of spruce stands

Волога буково-ялицева сусмереччина (C ₃ -бк-яцСм), I ^a клас бонітету								
Вік, років	Висота, м		Відхилення		Висота, м		Відхилення	
	Модель	Цурик, I ^a	м	%	Модель	Ходот, I ^a	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

Таблиця 8. Порівняння динаміки середнього діаметра ялинових деревостанів

Table 8. Comparison of the dynamics of average diameter of spruce stands

Волога буково-ялицева сусмереччина (C ₃ -бк-яцСм), I ^a клас бонітету								
Вік, років	Діаметр, см		Відхилення		Діаметр, см		Відхилення	
	Модель	Цурик, I ^a	см	%	Модель	Ходот, I ^a	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

Таблиця 9. Порівняння динаміки видового числа ялинових деревостанів
Table 9. Comparison of the dynamics of stem form-factor of spruce stands

Волога буково-ялицева сусмєрєчина (С ₃ -бк-яцСм), І ^а клас бонітєту								
Вік, років	Видове число		Відхилення		Видове число		Відхилення	
	Модель	Цурик, І ^а	0,001	%	Модель	Ходот, І ^а	0,001	%
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
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

Таблиця 10. Порівняння динаміки запасів ялинових деревостанів
Table 10. Comparison of the dynamics of growing stock of spruce stands

Волога буково-ялицева сусмєрєчина (С ₃ -бк-яцСм), І ^а клас бонітєту								
Вік, років	Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ , відносна повнота 0,7		Відхилення		Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ , відносна повнота 0,7		Відхилення	
	Модель	Цурик, І ^а	м ³	%	Модель	Ходот, І ^а	м ³	%
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

Також було здійснено аналіз щодо порівняння змодельованих значень таксаційних показників ялинових деревостанів з даними таблиць ходу росту вище згаданих авторів в іншому поширеному типі лісу – вологій високогірній сусмєрєчині (табл. 12-16). Так, порівняння середньої висоти свідчить про добру узгодженість між змодельованими значеннями і даними за таблицями ходу росту – максимальне відхилення не перевищує 7,9% у віці 40 років. Зі збільшенням віку ялинових деревостанів відхилення між значеннями висот зменшуються (див. табл. 12).

Змодельовані значення росту ялинових деревостанів вологої високогірної сусмєрєчини 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 змо-

дельованими значеннями по середньому діаметру дещо більше – 15,4% у віці 40 років (див. табл. 13).

За розробленою моделлю, значення видового числа стовбурів ялини європейської в умовах вологої високогірної сусмєрєчини 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% (див. табл. 14).

За змодельованими значеннями ялинові деревостани вологої високогірної сусмєрєчини мають менший запас, порівняно з таблицями ходу росту Г.А. Ходота – відхилення становлять 10,6-14,4%. Порівняно з таблицями ходу росту Є.І. Цурика, за розробленою моделлю спостережено перевищення запасу ялинових деревостанів у віці 40-60 років на 0,3-17,5%, а в деревостанах старшого віку це перевищення є меншим – на 5,0-9,5%.

За змодельованими значеннями густоти ялинові деревостани 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 відзначено 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. 16).

Таблиця 11. Порівняння динаміки густоти ялинових деревостанів

Table 11. Comparison of the dynamics of spruce stands density

Волога буково-ялицева сушмеречина (С ₃ -бк-яцСм), І ^а клас бонітету								
Вік, років	Густота, шт.·га ⁻¹		Відхилення		Густота, шт.·га ⁻¹		Відхилення	
	Модель	Цурик, І ^а	шт/га	%	Модель	Ходот, І ^а	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

Таблиця 12. Порівняння динаміки середньої висоти ялинових деревостанів

Table 12. Comparison of the dynamics of average height of spruce stands

Волога високогірна сушмеречина (С ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Висота, м		Відхилення		Висота, м		Відхилення	
	Модель	Цурик, І	м	%	Модель	Ходот, І	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 13. Порівняння динаміки середнього діаметра ялинових деревостанів

Table 13. Comparison of the dynamics of average diameter of spruce stands

Волога високогірна сушмеречина (С ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Діаметр, см		Відхилення		Діаметр, см		Відхилення	
	Модель	Цурик, І	см	%	Модель	Ходот, І	см	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
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

Продовж. табл. 13
Continuation of Table 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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

Таблиця 14. Порівняння динаміки видового числа ялинових деревостанів
Table 14. Comparison of the dynamics of stem form-factors of spruce stands

Волога високогірна сушмеречина (C ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Видове число		Відхилення		Видове число		Відхилення	
	Модель	Цурик, І	0,001	%	Модель	Ходот, І	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

Таблиця 15. Порівняння динаміки запасів ялинових деревостанів
Table 15. Comparison of the dynamics of growing stock of spruce stands

Волога високогірна сушмеречина (C ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ , відносна повнота 0,7		Відхилення		Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ , відносна повнота 0,7		Відхилення	
	Модель	Цурик, І	м. куб	%	Модель	Ходот, І	м. куб	%
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

Висновки (Conclusions). За результатами досліджень, ялинові деревостани північно-східного макросхилу Українських Карпат на пробних ділянках характеризуються значною варіабельністю діаметрів дерев, що зумовлено наявністю на них одночасно як маломірних, так і великомірних екземплярів.

Аналіз показників розподілу кількості дерев (асиметрія, ексцес) за ступенями товщини виявив характерні правосторонню асиметрію і туповершинність кривих розподілу. Значення асиметрії підтверджує 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 лісостанів.

Серед двох домінуючих типів ялинових лісів північно-східного макросхилу Українських Карпат (C_3 -бк-яцСм та C_3 -См) кращий ріст ялиників за основними таксаційними показниками спостережено в умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини.

Таблиця 16. Порівняння динаміки густоти ялинових деревостанів

Table 16. Comparison of the dynamics of spruce stands density

Волога високогірна сусмеречина (C ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Густота, шт.·га ⁻¹		Відхилення		Густота, шт.·га ⁻¹		Відхилення	
	Модель	Цурик, І	шт.·га ⁻¹	%	Модель	Ходот, І	шт.·га ⁻¹	%
40	1797	1544	+253	+14,1	1797	1526	+271	+15,1
50	1175	1135	+40	+3,4	1175	1122	+53	+4,5
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

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%, запасу деревостану – 23,3% у віці 40 років. Найбільшим воно є для показника густоти деревостану – 29,7% у віці 80-90 років.

В умовах вологої високогірної сушмеречини найбільше відхилення середньої висоти за розробленою моделлю спостережено 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%.

Список літератури (References)

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 [Volodymyrenko, V. M. (2006). *Peculiarities of growth and productivity forecast of artificial modal spruce stands of the Ukrainian Carpathians*. Abstract doctoral dissertation, National Agrarian University, Kyiv, Ukraine. Retrieved from http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?] (in Ukrainian)

Гриник, Г. Г. (2011). Лісівничо-таксаційна характеристика ялинових деревостанів Українських Карпат з урахуванням особливостей рельєфу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21.12, 12-23 [Hrynyk, H. H. (2011). Forestry and forest mensuration characteristics of spruce stands in the Ukrainian Carpathians, taking into account the features of the terrain. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21.12, 12-23. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_12/index.htm] (in Ukrainian)

Гриник, Г. Г. (2011). Лісівничо-таксаційні особливості та динаміка складу гірських ялиників Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21.15, 41-56 [Hrynyk, H. H. (2011). Forestry and forest mensuration features and dynamics of the composition of mountain spruces of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21.15, 41-56. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_15/index.htm] (in Ukrainian)

Гриник, Г. Г. (2012). Моделювання основних таксаційних показників модальних деревостанів ялини європейської в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22.13, 13-20 [Hrynyk, H. H. (2012). Modeling of the main taxing indicators of modal stands of European spruce in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 22.13, 13-20. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_13/index.htm] (in Ukrainian)

Гриник, Г. Г., Гриник, О. М. (2022). *Ріст і продуктивність деревостанів ялини європейської в Українських Карпатах залежно від особливостей 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)
- Гриник, Г.Г., Задорожний, А.І., Гриник, О.М. (2021). Стовбурова біопродуктивність ялинових деревостанів Полонинського хребта Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(6), 26-24 [Hrynyk, H.H., Zadorozhny, A.I., & Hrynyk, O.M. (2021). Stem bioproductivity of spruce stands of the Polonynsky Range of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*, 31(6), 26-34. <https://doi.org/10.36930/40310603>] (in Ukrainian)
- 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 [Debryniuk, Yu.M. (2011). Dieback of the spruce forests: causes and consequences. *Scientific bulletin of the Ukrainian State Forestry University «Urbanization processes in mountain landscapes and ways of their regulation»*, 21.16, 32-38. Retrieved from http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_16/index21_16.htm] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М. (2017). Смеречники Українських Карпат в умовах кліматичних змін. *Ліси Східної Європи у світі, що змінюється: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., м. Київ, 27-30 вересня 2017 р. Київ: Національний ун-т біоресурсів і природокористування України*, 48-49 [Debryniuk, Yu.M. (2017). Spruce forests of the Ukrainian Carpathians in the conditions of climate change. In *Forests of Eastern Europe in a changing world*, 48-49. Kyiv: National University of Life and Environmental sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- 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 [Kozlovskiy, M.P., Kramarets, V.O. & Tselen, Ya.P. (2013). Current trends and causes of drying of European spruce forests in the Beskid region and ways to improve their sanitary condition. *Scientific bases of biodiversity Conservation*, 4.11(1), 167-180. Retrieved from <http://www.ecoinst.org.ua/html/201311/fb2.pdf>] (in Ukrainian)
- 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 [Korol, M.M. (2004). *Features of formation of spruce stands in Gorgany (Ukrainian Carpathians)*. Abstract doctoral dissertation, National Agrarian University, Kyiv, Ukraine. Retrieved from http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?] (in Ukrainian)
- Король, М.М., Вицєга, Р.Р. (2006). Моделі росту смерекового деревостану. *Науковий вісник НЛТУ України*, 16.3, 18-22 [Korol, M.M., & Vytsega, R.R. (2006). Spruce stand growth models. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*, 16.3, 18-22. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16_3/index.htm] (in Ukrainian)
- 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 [Kramarets V.O., & Krynytskyu, H.T. (2009). Assessment of the state and probable threats to the survival of spruce forests of the Carpathians due to climate change. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*, 19.15, 38-50. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_15/index.htm] (in Ukrainian)
- Крамарець, В.О., Мацяк, І.В. (2018). Роль біотичних чинників у всиханні ялиників Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 17, 121-32 [Kramarets, V.O., & Matsiakh, I.P. (2018). The role of biotic factors in the spruce forests decline of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 121-132. <https://doi.org/10.15421/411827>] (in Ukrainian)
- 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 [Krynytskyu, H.T., & Kramarets, V.O. (2009). The system of forestry activities to eliminate the consequences of mass drying of spruce trees in beech and fir types of the Carpathian forests. *Forestry and Forest Melioration*, 115, 256-260. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/16451>] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І. (2008). *Штучні ялинові деревостани Українських Карпат – прогноз росту та продуктивності*. Київ: ННЦ «Інститут аграрної економіки» [Lakyda, P.I. (2008). *Artificial spruce stands of the Ukrainian Carpathians – a forecast of growth and productivity*. Kyiv: NSC «Institute of Agrarian Economics»] (in Ukrainian)
- Малиновський, К.А. (1975). *Біологічна продуктивність смерекових лісів*. Київ: Наукова думка [Malynovskiy, K.A. (1975). *Biological productivity of spruce forests*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- 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 [Oliinyk, V.S., & Zeinalian, A.M. (2020). Forestry and forest mensuration features of drying of spruce plantations in the basin of the river Bystritsa Solotvynska. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*, 30.3, 9-12. <https://doi.org/10.36930/40300301>] (in Ukrainian)
- Питикин, А.И. (1976). Продуктивность еловых лесов Карпат. *Лесное хозяйство*, 7, 23-25 [Pytykyn, A.Y. (1967). Productivity of spruce forests of the Carpathians. *Forestry*, 7, 23-25] (in Russian)
- Сабан, Я.А. (1982). *Экология горных лесов*. Москва: Лесная промышленность [Saban, Ya.A. (1982). *Ecology of mountain forests*. Moscow: Forest industry] (in Russian)
- Ходот, Г.А. (1958). Хід росту карпатських ялиників. В кн.: *Таблиці ходу росту і товарності*

- насаджень деревних порід України (с. 34-35), Київ: Держзільськогоспвидав [Khodot, H.A. (1958). The growth of Carpathian spruce trees. In *Yield Tables and marketability of tree plantations of Ukraine* (pp. 34-35). Kyiv: Derzhsilhospyvday] (in Ukrainian)
- Цурик, Є.І. (1993). Використання нормативів для таксації лісів Карпат. Львів: ЛЛІТІ [Tsuryk, Ye.I. (1993). *The use of standards for the assessment of forests in the Carpathians*. Lviv: Lviv Forestry Institute] (in Ukrainian)
- Цурик, Е.И. (1981). Ельники Карпат: строение и продуктивность. Львов: Выща школа, изд-во Львов. ун-та [Tsuryk, Ye.I. (1981). *Spruce forests of the Carpathians: structure and productivity*. Lvov: Higher School, publishing house Lvov University] (in Russian)
- Шпарик, Ю.С. (2019). Прогноз всихання ялиників в Українських Карпатах за типами лісу. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 19, 79-88 [Shparyk, Yu. S. (2019). Forecast of drying of spruce trees in the Ukrainian Carpathians by forest types. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 19, 79-88. <https://doi.org/10.15421/411929>] (in Ukrainian)
- Шпарик, Ю.С. Парпан, Т.В. (2020). Тенденції всихання ялиників Українських Карпат на прикладі вологої буково-ялицевої сусмеречини. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 136, 37-45 [Shparyk, Yu. S., & Parpan, T.V. (2020). Trends in drying of spruce trees in the Ukrainian Carpathians using the example of moist beech-fir spruce stands. *Forestry and Forest Melioration*, 136, 37-45. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.37>] (in Ukrainian)
- Шпильчак, М.Б. (1984). Еловые леса Черногоры (Восточные Карпаты), повышение их устойчивости и продуктивности: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. Харьков: Научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого [Shpylchak, M.B. (1984). *Spruce forests of Chornogora (Eastern Carpathians), increasing their sustainability and productivity*. Abstract doctoral dissertation, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Kharkov, Ukraine] (in Russian)

The dynamics of mensurational indicators of spruce stands on the north-eastern macroslope of the Ukrainian Carpathians¹

V. Lavnyy², O. Matushevych³

The dynamics of stand mensurational indicators in the two spruce-predominant forest types – beech-silver fir-spruce forests on moist fairly fertile site type and pure spruce forests on moist fairly fertile site type was studied on 41 sample plots with a total area of 7.225 ha in Ivano-Frankivsk, Lviv and Chernivtsi regions.

The sample plots were laid out in forests of both natural and artificial origin of varying stand densities. They were located in forests of different categories, on slopes of different exposure and inclination. The age of the investigated spruce stands ranged from 31 to 157 years. The growing stock in the researched spruce stands varies from 207 to 1044 m³·ha⁻¹, depending on age, site class, altitude above sea level and stand density.

According to the developed growth forecast model for spruce stands of site class I in the conditions of the pure spruce forests on moist fairly fertile site type, at the age of 100 years, they will have the following mensurational characteristics: average height – 29.6 m, average diameter – 31.8 cm, stand basal area – 40.4 m², stand density – 510 trees/ha, growing stock – 563 m³·ha⁻¹. Spruce stands of site class I^a in the conditions of the beech-silver fir-spruce forests on moist fairly fertile site type will have the following mensurational characteristics at the age of 100 years: average height – 33.4 m, average diameter – 39.8 cm, stand basal area – 41.2 m², stand density – 331 trees/ha, growing stock – 652 m³·ha⁻¹.

It was found that the average growing stock change (excluding tree mortality) at the age of 100 years by the prevailing stand relative density of 0.7 in the pure spruce forests on moist fairly fertile site type is 5.7 m³·ha⁻¹ per year, and in the beech-silver fir-spruce forests on moist fairly fertile site type – 6.6 m³·ha⁻¹ in a year. For normal stands with a stand density of 1.0, it can reach 8.1 m³·ha⁻¹ per year in the pure spruce forests on moist fairly fertile site type and 9.4 m³·ha⁻¹ per year in the beech-silver fir-spruce forests on moist fairly fertile site type, respectively.

The results of the comparison of our model of the dynamics of mensurational indicators of spruce stands with the existing yield tables of E.I. Tsuryk and G.A. Khodot show minor deviations. The maximum discrepancy exists in the spruce stands density in the conditions of the beech-silver fir-spruce forests on moist fairly fertile site type and amounts to 29.7%.

Key words: *Picea abies* (L.) Karst.; forest type; moist fairly fertile spruce forest type; site class; average height; average diameter; stand basal area; stand density; growing stock; form-factor; growing stock average change.

¹ This study was undertaken within the framework of the “SURGE-Pro” project, which was financially supported by the Volkswagen Foundation.

² Vasyl Lavnyy – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Vice-president of the FAS of Ukraine, Doctor of Agricultural sciences, Vice Rector for Research. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

³ Olexandr Matushevych – PhD student in the Department of Silviculture. Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +032-258-42-05. E-mail: o.matushevych@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7086-3705>