



П. І. ЛАКИДА¹, В. М. ЛОВИНСЬКА²

**ФІТОМАСА КОМПОНЕНТІВ КРОНИ ДЕРЕВ *PINUS SYLVESTRIS* L.
ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ**

1. Національний університет біоресурсів та природокористування України, Навчально-науковий інститут лісового і садово-паркового господарства
2. Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Представлено результати моделювання фітомаси компонентів крони дерев сосни звичайної, що формує штучні лісові насадження на території Північного Степу України. Наведено результати кореляційного аналізу та основні статистичні характеристики розподілу компонентів фітомаси крони модельних дерев. Виявлено тісний прямий кореляційний зв'язок між масами деревної зелені, гілок і хвої та значенням діаметра стовбура дерев. Розроблено математичні моделі, що описують фітомасу досліджуваних компонентів залежно від таксаційних ознак дерев сосни звичайної. Отримані регресійні моделі залежності компонентів крони від біометричних параметрів демонструють вищі коефіцієнти детермінації для рівнянь розрахунку фітомаси деревної зелені та хвої, тоді як для фітомаси гілок вони є менш значущими. Наведено результати розроблення нормативно-довідкового забезпечення для оцінювання компонентів фітомаси крони дерев сосни звичайної в абсолютно сухому стані. Значення фітомаси деревної зелені, гілок і хвої збільшується зі збільшенням значення діаметра, тоді як зі збільшенням висоти стовбура для всіх досліджуваних компонентів крони виявлено їхнє зменшення.

К л ю ч о в і с л о в а: сосна звичайна, модель фітомаси, крона, деревна зелень, гілки, хвоя.

Вступ. Ліси відіграють ключову роль у регулюванні кругообігу речовин у біосфері, що визначається можливістю накопичувати й тривалий час утримувати хімічні елементи в компонентах надземної й підземної фітомаси дерев. Для моделювання кругообігу речовин у біосфері та прогнозування довгострокової динаміки лісових екосистем знання про фітомасу та продукцію органічної маси лісонасаджень є вкрай важливими. Продуктивність лісів є багатомірним об'єктом досліджень, який вимагає комплексного підходу під час вивчення всіх її складових. Фітомасу головних лісоутворювальних порід на сьогодні досконало вивчено для різних регіонів України, унаслідок чого вченими, які працюють у цьому напрямку, створено нормативно-інформаційну базу для оцінювання її компонентів залежно від варіювання лісорослинних умов. Компоненти фітомаси крони, які є носіями асиміляційних органів, мають ключову роль у життєдіяльності рослин, синтезують органічні речовини та беруть участь у процесах газообміну, депонуванні CO₂ та киснетвірній продуктивності (Molchanov 1971).

Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є найбільш поширеною із хвойних порід в усій Європі та, зокрема, в Україні. Біопродуктивність компонентів крони сосни досліджувало багато вчених, зокрема українських. Динаміку біопродуктивності надземної фітомаси крони соснових деревостанів зони Полісся, Лісостепу, Степу (Нижньодніпровські піски) наведено в роботах П. І. Лакиди, А. Є. Шамрая, І. П. Терелі та інших (Lakyda 2002, Lakyda & Shamrai 2013, Terela et al. 2014).

Вивченням біологічної продуктивності асиміляційної частини соснових насаджень у країнах близького та далекого зарубіжжя займались А. А. Молчанов (Molchanov 1971), А. І. Уткін (Utkin 2003), В. А. Усольцев (Usoltsev 2007), А. З. Швиденко (Shvidenko et al. 2008) та багато інших дослідників (Claesson et al. 2001, Xiao & Ceulemans 2004, Mikšys et al. 2007, Tahvanainen & Forss 2008, Turski et al. 2008, Jelonek et al. 2011, 2012, Jagodziński et al. 2018).

В. А. Усольцев (Usoltsev 2007) сформував базу даних пробних площ для сосни звичайної, яка містить інформацію про фітомасу й таксаційні характеристики її дерев та деревостанів для території Західного Сибіру та Казахстану. Цей же автор дослідив та аналітично описав закономірності вертикально-фракційного розподілу фітомаси крон дерев у природних та штучних сосняках залежно від віку, морфології дерев, а також походження деревостану.

Результати подібних досліджень є вагомим внеском під час вирішення складних питань регулювання та розроблення концепції управління лісовими екосистемами в умовах трансформації навколишнього середовища. Але, з огляду на різні лісорослинні умови природно-кліматичних зон, несумісність методичних підходів, а часто й невідповідність та недостатню кількість досліджуваних компонентів фітомаси, такі результати неможливо використати для оцінювання біопродуктивності в певному регіоні.

На території Північного Степу України, а саме в Дніпропетровському регіоні, деревостани сосни звичайної займають 24,6 % вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, формуючи переважно чисті насадження та виконуючи санітарно-гігієнічні функції. Відсутність нормативів оцінювання компонентів фітомаси дерев та деревостанів для цієї деревної породи у вказаному регіоні й визначила напрямок нашої роботи.

Отже, метою дослідження стало розроблення комплексу нормативно-довідкового забезпечення оцінювання компонентів фітомаси крони сосни звичайної Північного Степу України.

Матеріали й методи. Для дослідження надземних компонентів фітомаси крони (гілок, кори гілок і хвої) соснових деревостанів використано дані, отримані за результатами дослідження на 20 тимчасових пробних площах (ТПП) на території Північного Степу України в межах лісового фонду державних підприємств Дніпровського обласного управління лісового і мисливського господарства. Оцінювання фракцій надземної фітомаси крони дерев здійснено за методикою проф. П. І. Лакиди (Lakyda 2002). На ТПП проводили відбір модельних дерев (МД) за принципом їхньої репрезентативності щодо розподілу за ступенями товщини з урахуванням значень висот дерев.

Було сформовано робочий масив даних таксаційних показників для модельних дерев із включенням таких характеристик: вік (a), діаметр (d), висота (h), маса деревної зелені ($q_{дз}$), маса гілок ($q_{гил}$), маса хвої ($q_{хв}$) та таксаційний показник тимчасових пробних площ – відносна повнота деревостану (P).

Для розрахунку фітомаси окремих фракцій компонентів крони модельних дерев застосовували регресійні рівняння. З метою оцінювання залежності формування фітомаси фракцій деревної зелені (ДЗ), гілок у свіжозрубаному стані, хвої в абсолютно сухому стані від діаметра та висоти дерева було проаналізовано придатність ряду рівнянь ступеневого виду ($y = ax^b$) із уведенням у нього різних факторів впливу – віку (a), діаметра на висоті 1,3 м ($d_{1,3}$), висоти дерева (h), протяжності ($l_{кр}$) та діаметра ($d_{кр}$) крони, а також повноти деревостану (P). Прийнятність зв'язку визначали за достовірності апроксимації кривої регресійної моделі R^2 .

Результати та обговорення. З метою визначення інформативних факторів впливу на результат оцінювання компонентів фітомаси крони дерев сосни – маси деревної зелені ($q_{дз}$), маси гілок ($q_{гил}$), маси хвої ($q_{хв}$), на першому етапі досліджень ми аналізували таксаційні ознаки обраних модельних дерев та дослідних площ, а саме вік (a), висоту (h), діаметр стовбура дерева на висоті грудей ($d_{1,3}$), а також відносну повноту деревостану (P), які підлягали процесу статистичної обробки даних. Значення основних статистик для модельних дерев сосни звичайної наведено в табл. 1.

Розподіл показників віку та діаметра стовбура на висоті 1,3 м, а також ексцес висоти дерева відповідають вимогам нормального розподілу, оскільки отримані значення є нижчими за теоретичні ($A \leq 0,723$; $E \leq 0,843$). Від'ємне значення асиметрії знайдено для показника висоти дерева, що свідчить про зсув кривої розподілу ліворуч. Статистичний розподіл показників фітомаси деревної зелені $q_{дз}$, гілок $q_{гил}$ та хвої $q_{хв}$ модельних дерев не задовольняє умови нормального розподілу (значення асиметрії та ексцесу перевищують теоретичні).

Таблиця 1

Статистична характеристика розподілу таксаційних показників та компонентів фітомаси крони сосни звичайної

Ознака	Значення			Статистики		
	мінімальне	максимальне	середнє	σ	A	E
a, років	9	90	53	23,2	-0,513	-0,673
$d_{1,3}$, см	4	41,7	20,6	7,67	0,189	0,748
h, м	4,2	30	18,9	6,27	-1,101	0,650
$q_{дз}$	2,5	94	21,7	17,15	2,270	6,753
$q_{гил}$	0,5	86	15	14,90	2,830	9,888
$q_{хв}$	0,95	38,4	6,8	5,96	3,125	13,545
P	0,48	1,44	0,72	0,24	1,736	2,594

Для визначення коефіцієнтів математичних моделей необхідним є попередній аналіз кореляційних зв'язків між незалежними показниками (табл. 2).

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції компонентів фітомаси крони з основними таксаційними показниками дерев

Таксаційний показник дерев	Компонент фітомаси крони		
	Маса деревної зелені $q_{дз}$, кг	Маса гілок $q_{гил}$, кг	Маса хвої $q_{хв}$, кг
a, роки	0,35*	0,37*	0,24
$d_{1,3}$, см	0,70*	0,62*	0,60*
h, м	0,33*	0,32*	0,24

*Дані є значущими на 5%-му рівні ($p < 0,05$).

Для компонентів фітомаси крони спостерігається наявність прямого кореляційного зв'язку з усіма таксаційними показниками. Найтісніший зв'язок виявлено між компонентами деревної зелені, гілок і хвої з діаметром стовбура дерева на висоті 1,3 м (див. табл. 2).

Характеристику рівнянь залежності фракцій фітомаси крони від діаметра та висоти стовбура, діаметра та довжини крони, віку дерева, а також відносної повноти деревостану наведено в табл. 3. Виявлено, що зв'язок окремих компонентів фітомаси крони із різними факторами впливу описується алометричними регресійними рівняннями з $R^2 = 0,41...0,80$.

Таблиця 3

Моделі для оцінювання фітомаси параметрів крони дерев сосни звичайної

Номер моделі	Вид рівняння	Коефіцієнт детермінації
<i>Деревна зелень (свіжозрубаний стан)</i>		
1	$q_{дз} = 0,552 \cdot a^{0,249} \cdot d^{1,815} \cdot h^{-1,447} \cdot d_{кр}^{0,693} \cdot l_{кр}^{0,288}$	0,80
2	$q_{дз} = 0,438 \cdot d^{2,826} \cdot h^{-1,628}$	0,72
3	$q_{дз} = 0,306 \cdot d^{2,531} \cdot h^{-1,096} \cdot P^{0,755}$	0,80
4	$q_{дз} = 0,041 \cdot d^{1,770} \cdot l_{кр}^{0,375}$	0,60
5	$q_{дз} = 0,124 \cdot d^{1,379} \cdot d_{кр}^{0,767}$	0,68
6	$q_{дз} = 0,361 \cdot d^{2,370} \cdot h^{-1,076} \cdot (0,446 + 0,422 \cdot P^2)$	0,80
<i>Гілки (свіжозрубаний стан)</i>		
7	$q_{гил} = 0,239 \cdot d^{2,374} \cdot h^{-1,017} \cdot P^{0,306}$	0,49
8	$q_{гил} = 0,253 \cdot d^{2,489} \cdot h^{-1,199}$	0,48
9	$q_{гил} = 0,288 \cdot d^{2,347} \cdot h^{-0,903} \cdot (0,462 + 0,210 \cdot P^2)$	0,50
10	$q_{гил.коро} = 0,095 \cdot d^{2,434} \cdot h^{-1,481}$	0,41
<i>Хвоя (абсолютно сухий стан)</i>		
11	$q_{хв} = 0,154 \cdot d^{3,144} \cdot h^{-2,011}$	0,63
12	$q_{хв} = 0,126 \cdot d^{2,806} \cdot h^{-1,487} \cdot P^{0,736}$	0,68
13	$q_{хв} = 0,195 \cdot d^{2,873} \cdot h^{-1,512} \cdot (0,295 + 0,252 \cdot P^2)$	0,68

Отримані регресійні моделі залежності компонентів крони від біометричних параметрів демонструють вищі коефіцієнти детермінації для рівнянь розрахунку фітомаси деревної

зелені ($R^2 = 0,60 \dots 0,80$) та хвої ($R^2 = 0,63 \dots 0,68$), тоді як для фітомаси гілок вони є меншими ($R^2 = 0,41 \dots 0,50$). Як показав аналіз отриманих моделей, уведення у рівняння окрім висоти та діаметра стовбура дерева таких додаткових аргументів, як діаметр та протяжність крони дерева, не давало позитивних очікуваних результатів зростання коефіцієнта детермінації, тоді як повнота деревостану цей показник збільшувала, що краще прослідковується під час розрахунку для ДЗ порівняно з гілками.

Усі розраховані математичні моделі мають від’ємний знак коефіцієнта при показнику висоти дерева, що узгоджується із даними, отриманими для інших регіонів України (Lakyda 2002, Lakyda & Shamrai 2013), та твердженням про те, що зі збільшенням віку насаджень у них відбувається зменшення концентрації фітомаси асимілюючих органів (Usoltsev 2013). У зв’язку із цим накопичення компонентів фітомаси крони має зворотній зв’язок із висотою деревостану.

Для своїх подальших розрахунків ми віддали перевагу рівнянням за номером моделей 2, 8, 11 за двома входами – d , h (див. табл. 3), зважаючи на їхнє переважне використання під час визначення запасів фітомаси в натурних умовах, а отже, на зручність для порівняння результатів різних авторів. Фрагмент нормативів оцінювання маси деревної зелені, гілок та хвої наведено у табл. 4–6.

Таблиця 4

Фітомаса деревної зелені дерев сосни звичайної (свіжозрубаний стан) залежно від їхнього діаметра та висоти, кг

Діаметр, см	Висота, м									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
4	2,3	1,2	0,7	0,5	–	–	–	–	–	–
6	7,3	3,7	2,3	1,6	1,2	–	–	–	–	–
8	–	8,4	5,3	3,7	2,7	2,1	–	–	–	–
10	–	–	9,9	6,9	5,1	4,0	–	–	–	–
12	–	–	16,6	11,6	8,6	6,7	5,4	–	–	–
14	–	–	–	17,9	13,3	10,3	8,3	6,9	–	–
16	–	–	–	26,1	19,4	15,1	12,1	10,0	8,4	–
18	–	–	–	–	27,0	21,0	16,9	14,0	11,8	–
20	–	–	–	–	36,4	28,3	22,8	18,8	15,9	13,6
22	–	–	–	–	–	37,1	29,8	24,6	20,8	17,8
24	–	–	–	–	–	47,4	38,2	31,5	26,5	22,7

Таблиця 5

Фітомаса гілок дерев сосни звичайної (свіжозрубаний стан) залежно від їхнього діаметра та висоти, кг

Діаметр, см	Висота, м									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
4	1,5	0,9	0,7	0,5	–	–	–	–	–	–
6	2,6	2,6	1,8	1,4	1,1	–	–	–	–	–
8	–	5,2	3,7	2,8	2,3	1,9	–	–	–	–
10	–	–	6,4	4,9	4,0	3,3	–	–	–	–
12	–	–	10,1	7,8	6,2	5,2	4,4	–	–	–
14	–	–	–	11,4	9,2	7,6	6,5	5,6	–	–
16	–	–	–	15,9	12,8	10,6	9,0	7,9	6,9	–
18	–	–	–	–	17,1	14,2	12,1	10,5	9,3	–
20	–	–	–	–	22,3	18,5	15,8	13,7	12,1	10,8
22	–	–	–	–	–	23,5	20,0	17,4	15,3	13,6
24	–	–	–	–	–	29,1	24,8	21,5	19,0	16,9

Таблиця 6

Фітомаса хвої дерев сосни звичайної залежно від їхнього діаметра та висоти, кг

Діаметр, см	Висота, м									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
4	0,7	0,3	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–
6	2,7	1,2	0,7	0,4	0,3	–	–	–	–	–
8	–	2,9	1,6	1,0	0,7	0,5	–	–	–	–
10	–	–	3,3	2,1	1,4	1,1	–	–	–	–
12	–	–	5,8	3,7	2,6	1,9	1,4	–	–	–
14	–	–	–	6,0	4,2	3,1	2,3	1,8	–	–
16	–	–	–	9,2	6,4	4,7	3,6	2,8	2,3	–
18	–	–	–	–	9,2	6,7	5,2	4,1	3,3	–
20	–	–	–	–	12,8	9,4	7,2	5,7	4,6	3,8
22	–	–	–	–	–	12,7	9,7	7,7	6,2	5,1
24	–	–	–	–	–	16,7	12,7	10,1	8,1	6,7

Отже, фітомаса деревної зелені та гілок у свіжозрубаному стані для сосни звичайної зростає зі збільшенням діаметра дерев. У той же час фіксується зменшення маси деревної зелені та гілок у дерев однакового діаметра зі збільшенням висоти, що й було прогнозовано під час визначення моделей для їхньої оцінки. Фітомаса хвої (абсолютно сухий стан) має максимальне значення, коли діаметр дерева досягає 32 см, висота – 16 м. У міру збільшення розмірів дерева маса хвої зменшується, і ця закономірність є подібною до результатів, отриманих для інших проаналізованих компонентів крони.

Фітомасу крон дерев сосни звичайної в абсолютно сухому стані розраховували шляхом сумування фітомаси гілок та хвої (табл. 7).

Таблиця 7

Фітомаса крони дерев сосни звичайної в абсолютно сухому стані залежно від їхнього діаметра та висоти, кг

Діаметр, см	Висота, м									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
4	1,8	0,9	0,5	0,3	–	–	–	–	–	–
6	6,4	3,1	1,8	1,2	0,9	–	–	–	–	–
8	–	7,4	4,4	3,0	2,1	1,6	–	–	–	–
10	–	–	8,8	5,9	4,2	3,2	–	–	–	–
12	–	–	15,4	10,3	7,4	5,6	4,4	–	–	–
14	–	–	–	16,6	11,9	9,0	7,1	5,8	–	–
16	–	–	–	25,0	18,0	13,6	10,7	8,7	7,2	–
18	–	–	–	–	25,9	19,6	15,4	12,5	10,4	–
20	–	–	–	–	35,8	27,1	21,3	17,3	14,3	12,1
22	–	–	–	–	–	36,4	28,6	23,2	19,2	16,2
24	–	–	–	–	–	47,6	37,4	30,3	25,1	21,2

Із наведених даних видно, що фітомаса крони зменшується зі збільшенням висоти в межах одного ступеня товщини, що й було встановлено для окремих її компонентів.

Порівняльну характеристику отриманих результатів досліджень фітомаси деревної зелені та гілок (свіжозрубаний стан) сосни звичайної, що росте в умовах Північного Степу, та даних проф. П. І. Лакиди, який розробив нормативи оцінювання для цієї породи у Поліссі та Лісостепу, наведено на рис. 1 (Lakyda 2002).

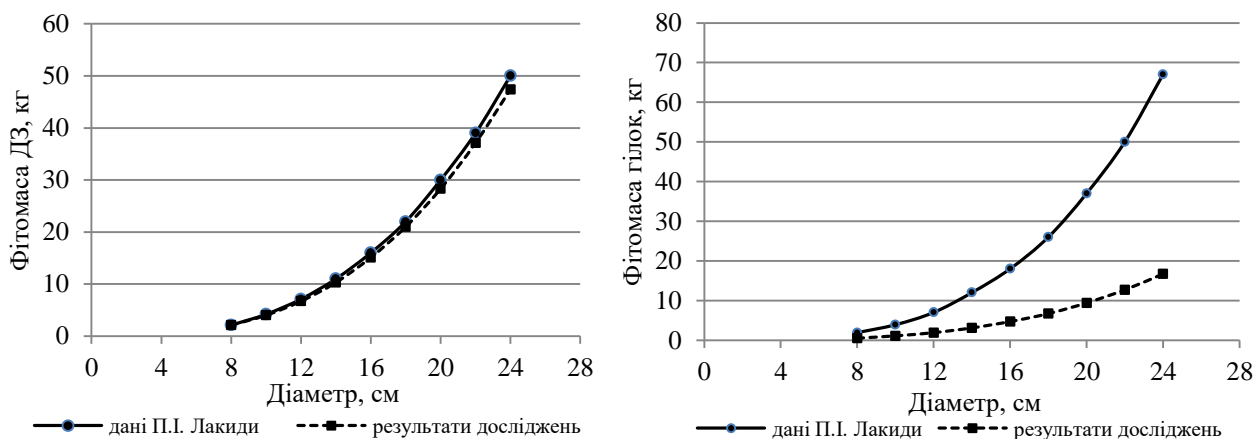


Рис. 1 – Порівняльний аналіз фітомаси деревної зелені (ДЗ) і гілок у свіжозрубаному стані залежно від діаметра за сталої висоти (14 м) та даних П. І. Лакиди (2002)

Меншу розбіжність даних виявлено для фітомаси деревної зелені, тоді як для фітомаси гілок вона є досить суттєвою, що чітко прослідковується для максимальних значень діаметра стовбура. Такі відмінності даних пояснюються насамперед різними природно-кліматичними зонами та інтенсивнішим нагромадженням свіжозрубаної фітомаси компонентів крони дерев за сприятливіших умов (Полісся, Лісостеп), порівнюючи зі Степом.

Результати досліджень, отриманих для оцінювання фітомаси хвої (абсолютно сухий стан), порівнювали із даними В. А. Усольцева (Usoltsev 2007), який розробив нормативно-довідникові дані для Казахстану (Аман-Карагайський бір) та Тюменської області Російської Федерації (культури сосни), та П. І. Лакиди (для Полісся та Лісостепу) (Lakyda 2002). Фрагмент нормативів фітомаси хвої згідно з даними зазначених авторів наведено в табл. 8.

Таблиця 8

Фітомаса хвої дерев сосни звичайної в абсолютно сухому стані
(А – дані В. А. Усольцева (2007), Б – дані П. І. Лакиди (2002), В – результати досліджень)

Варіант	Діаметр	Висота	Фітомаса хвої, кг
А	4,54	4,74	0,58
Б	4	4	0,50
В	4	4	0,74
А	7,66	8,2	1,41
Б	8	8	1,40
В	8	8	1,62
А	8,95	10,4	1,82
Б	8	10	1,0
В	8	10	1,04
А	9,85	9,1	2,37
Б	10	10	1,9
В	10	10	2,09
А	12,34	11,36	2,45
Б	12	12	2,50
В	12	12	2,57
А	–	–	–
Б	14	14	3,10
В	14	14	3,06
А	–	–	–
Б	16	16	3,80
В	16	16	3,56

Порівняльний аналіз не виявив чіткої закономірності розбіжностей у наведених даних. Під час порівняння результатів із даними В. А. Усольцева зафіксовано перевищення визначеного параметра в молодих екземплярах, що досягають висоти 10 м і мають діаметр

8 см, а в подальшому тенденція є зворотною. Розбіжність даних пояснюється зростанням дерев у різних географічних зонах, а також застосуванням різних методичних підходів під час вивчення компонентів фітомаси крони. Якщо порівняти з Поліссям і Лісостепом, отримані результати є вищими за показники фітомаси хвої в абсолютно сухому стані для дерев із найменшим ступенем товщини, тоді як для дерев старшого віку досліджувані показники є нижчими (Lakyda, 2002).

Висновки. Сформовані нормативно-довідкові таблиці показово репрезентують досліджувані дерева сосни звичайної та є придатними для практичного використання з метою оцінювання продукції компонентів крони цієї деревної породи на території Північного Степу України.

Проведені нами дослідження показників фітомаси компонентів крони на засадах системного підходу дають змогу глибше пізнати механізм біопродукційного процесу на рівні дерева та розробити нормативно-довідкову базу для його оцінювання та регулювання.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

Claesson, S., Sahlén, K., Lundmark, T. 2001. Functions for biomass estimation of young *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula* spp. from Stands in Northern Sweden with High Stand Densities. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16(2): 138–146.

Jagodziński, A. M., Marcin K., Dyderski, M., Gęsikiewicz, K., Horodecki, P., Cysewska, A., Wierczyńska, S., Maciejczyk, K. 2018. How do tree stand parameters affect young Scots pine biomass? – Allometric equations and biomass conversion and expansion factors. *Forest Ecology and Management*, 409: 74–83.

Jelonek, T., Pazdrowski, W., Walkowiak, R., Arasimowicz-Jelonek, M., Tomczak, A. 2011. Allometric Models of Foliage Biomass in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). *Polish Journal of Environmental Studies*, 20(2): 355–364.

Jelonek, T., Pazdrowski, W., Walkowiak, R., Tomczak, A. 2012. Modelling needle biomass in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands on former farmland and forest soils. *Forest Research Papers*, 73(2): 97–106.

Lakyda, P. I. 2002. Fitomasa lisiv Ukrainy [Phytomass of forests of Ukraine]. Ternopil, Zbruch, 256 p. (in Ukrainian).

Lakyda, P. I. and Shamrai, A. E. 2013. Fitomasa krony derev sosny zvychnoyi u nasadzhennyakh Cherkas'koho boru [Phytomass of pine trees in forest plantations in Cherkassky pine forests]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannya* [Biological Resources and Nature Management], 5(1–2): 79–83 (in Ukrainian).

Mikšys, V., Varnagiryte-Kabasinskiene, I., Stupak, I., Armolaitis, K., Kukkola, M., Wójcik, J. 2007. Aboveground biomass functions for Scots pine in Lithuania. *Biomass and Bioenergy*, 31: 685–692.

Molchanov, A. A. 1971. Produktivnost' orhanycheskoy massy v lesakh razlychnykh zon [The productivity of organic matter in forests of different zones]. Moscow, Nauka, 276 p. (in Russian).

Shvydenko, A. Z., Shchepashchenko, D. H., Nyl'sson, S. and Buluy, Yu. Y. 2008. Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti Nasazhdeniy osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Severnoy yevrazii (normativno-spravochnyye materialy) [Tables and models of the growth and productivity of forests of major forest-forming species of Northern Eurasia (normative reference materials)]. Moscow, Moskovskaya tipohrafiya 6, 888 p. (in Russian).

Tahvanainen, T. and Forss, E. 2008. Individual tree models for the crown biomass distribution of Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. *Forest Ecology and Management*, 255: 455–467.

Terela, I., Kendzyora, N., Zaika V. 2014. Struktura fitomasy derev khvoynykh porid ta fiziolohe-biokhimichni osoblyvosti yiyi formuvannya [The structure of coniferous species phytomass and physiological-biochemical peculiarities of its forming]. *Naukovi pratsi Lisivnychoyi akademiyi nauk Ukrainy* [Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine], 12: 44–51 (in Ukrainian).

Turski, M., Beker, C., Kaźmierczak, K., Najgrakowski, T. 2008. Allometric equations for estimating the mass and volume of fresh assimilational apparatus of standing scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees. *Forest Ecology and Management*, 255: 2678–2687.

Usoltsev V. A. 2007. Biologicheskaya produktivnost' lesov Severnoy Yevrazii. Metody, baza dannykh i yeye prilozheniya [Biological productivity of Northern Eurasia's forests: Methods, datasets, applications]. Yekaterinburg, Ural branch of Russian Academy of sciences, 638 p. (in Russian).

Usoltsev V. A. 2013. Vertikalno-fraktsionnaya struktura fitomassy derevyev. Issledovaniye zakonornostey. [Structure of tree biomass-height profi les: studying a system of regularities]. Yekaterinburg, Ural State Forest Engineering University, 603 p. (in Russian).

Utyn, A. Y., Zamolodchykov, D. H., Pryazhnykov, A. A. 2003. Metody opredeleniya deponirovaniya ugleroda fitomassy i netto-produktivnosti lesov (na primere Respubliki Belarus) [Methods for Determination of Carbon Accumulation in Phytomass and Net Productivity of Forests (on the example of the Republic of Belarus)]. *Lesovedeniye* [Russian Journal of Forest Science], 1: 48–57 (in Russian).

Xiao, Chun-Wang and Ceulemans, R. 2004. Allometric relationships for below- and aboveground biomass of young Scots pines. *Forest Ecology and Management*, 203(1–3): 177–186.

Lakyda P. I.¹, Lovynska V. M.²

PHYTOMASS OF THE CROWNS COMPONENTS OF *PINUS SYLVESTRIS* L. TREES WITHIN NORTHERN STEPPE OF UKRAINE

1. *The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Educational and Research Institute of Forestry and Landscape-Park Management*

2. *Dnipro State Agrarian and Economic University*

The results of modeling of phytomass of the crown components of pine trees, which forms artificial forest stands within the territory of the Northern Steppe of Ukraine, are presented. The results of correlation analysis and basic statistics of the distribution of phytomass of the crown components of model trees are presented. A close direct correlation between the mass of tree greenery, branches and needles with the value of the diameter at breast height of trees was revealed. The mathematical models, which adequately describe the phytomass of the studied components depending on the biometric indexes of the pine trees, are developed. The obtained regression models of the dependence of the crown components on biometric parameters show higher determination coefficients for the equations of phytomass of tree greenery and needles, whereas they are less significant for phytomass branches. The results of the development of normative and reference support for estimating of phytomass of the crown components of pine trees in an absolutely dry matter are presented. The phytomass value of the tree greenery, branches and needles increases with an increase in the diameter at breast height. In the same time with the increase of the stem height, the decline for all the studied crown components is revealed.

К е у w o r d s : Scots pine, phytomass model, crown, tree greenery, branches, needles.

Лакида П. И.¹, Ловинская В. Н.²

ФИТОМАССА КОМПОНЕНТОВ КРОНЫ ДЕРЕВЬЕВ *PINUS SYLVESTRIS* L. СЕВЕРНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

1. *Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Учебно-научный институт лесного и садово-паркового хозяйства*

2. *Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет*

Представлены результаты моделирования фитомассы компонентов кроны деревьев сосны обыкновенной, формирующей искусственные лесные насаждения на территории Северной Степи Украины. Представлены результаты корреляционного анализа и основные статистические характеристики распределения компонентов фитомассы кроны модельных деревьев. Выявлена сильная прямая корреляционная связь между массой древесной зелени, веток и хвои и значением диаметра ствола деревьев. Разработаны математические модели, адекватно описывающие фитомассу исследуемых компонентов в зависимости от таксационных признаков деревьев сосны обыкновенной. Полученные регрессионные модели зависимости компонентов кроны от биометрических параметров демонстрируют более высокие коэффициенты детерминации для уравнений расчета фитомассы древесной зелени и хвои, тогда как для фитомассы ветвей они менее значимы. Приведены результаты разработки нормативно-справочного обеспечения для оценки компонентов фитомассы кроны деревьев сосны обыкновенной в абсолютно сухом состоянии. Значения фитомассы древесной зелени, веток и хвои увеличивается с увеличением диаметра, тогда как с увеличением высоты ствола для всех исследуемых компонентов кроны фиксируется их уменьшение.

К л ю ч е в ы е с л о в а : сосна обыкновенная, модель фитомассы, крона, древесная зелень, ветви, хвоя.

E-mail: lakyda@nubip.edu.ua, glub@ukr.net

Одержано редколегією: 01.11.2018