

4. Лісотаксаційний довідник / [відп. за випуск С.М. Кашпор, А.А. Строчинський]. – К. : Видавничий дім «Вініченко», 2013. – 496 с.
5. Никитин К.Е. Методы и техника обработки лесоводственной информации / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко. – М. : Лесн. пром-сть, 1978. – 272 с.
6. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии / [научн. ред. А.З. Швиденко, А.А. Строчинский, Ю.Н. Савич, С.Н. Кашпор]. – К. : Урожай, 1987. – 560 с.
7. Сума площ перерізів та запас деревостанів при повноті 1,0 / [відп. за випуск А.А. Строчинський]. – К. : Вид-во УСГА, 1991. – 18 с.

Приведены усовершенствованные таблицы сумм площадей поперечных сечений и запасов нормальных насаждений ольхи черной. Аналитически обоснована целесообразность их использования в практике лесоустроительных и лесохозяйственных предприятий.

Нормальные насаждения, стандартные таблицы, ольха черная, моделирование.

The paper presents improved tables of basal area sums and growing stocks of fully stocked black alder stands in Ukraine. Analytical justification for their use in practice of forest inventory and state forest enterprises is provided.

Fully stocked stands, “standard” tables, black alder, modeling.

УДК 630*56.003.12:630*17:582.475.2 (477.75)

НАДЗЕМНА ФІТОМАСА ТА ДЕПОНОВАНИЙ ВУГЛЕЦЬ ДЕРЕВ СОСНИ КРИМСЬКОЇ У КРИМУ

***П.І. Лакида, доктор сільськогосподарських наук
Р.Д. Васишин, Г.С. Домашовець, кандидати
сільськогосподарських наук
Ю.П. Швець, здобувач****

Наведено результати розробки нормативно-інформаційного забезпечення для оцінки кількісних параметрів надземної фітомаси дерев сосни кримської в Криму. Запропоновано алгоритм створення нормативно-довідкових таблиць, що відображають фітомасу таких компонентів як стовбур у корі, деревина стовбура, кора стовбура, хвоя, деревина та кора гілок корони, який базується на результатах математичного моделювання їх кількісних об'ємних і вагових параметрів та оцінки їх якісних показників. Розроблені в процесі роботи нормативи дозволяють здійснювати оцінку обсягів фітомаси та депонованого в ній вуглецю для

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор П.І. Лакида

© П.І. Лакида, Р.Д. Васишин,
Г.С. Домашовець, Ю.П. Швець, 2014

дерев сосни кримської та сформулювати наукове лісівничо-екологічне обґрунтування комплексного використання лісових ресурсів Криму.

Надземна фітомаса, сосна кримська, модель, тимчасові пробні площі, модельні дерева, нормативи, вуглець.

Сучасний етап функціонування людської цивілізації характеризується динамічними змінами кількісного та якісного характеру, що призвели до перегляду суспільної парадигми ставлення до навколишнього природного середовища. Інтенсивний розвиток науки і техніки зумовив активізацію всіх економічних процесів, водночас призводячи до зростання антропогенного впливу на довкілля, і як результат – прояви масштабних екологічних проблем. Зокрема динамічне зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері планети стало головною причиною глобальних кліматичних змін та порушення стабільності атмосфери Землі. Вкрай важливими наземними поглиначами вуглекислого газу, які здатні природним шляхом регулювати його концентрацію, є ліси.

Дослідження питань сталого використання лісових ресурсів в умовах глобальних змін клімату є актуальною проблемою над ефективним вирішенням якої працюють провідні наукові установи лісівничого профілю в усьому світі. Нині, вже зроблені значні напрацювання в цьому напрямі на міжнародному рівні, що підтверджується низкою фундаментальних наукових праць [1, 6, 7]. Однак, поряд із значною кількістю описових даних та загальних оцінок з проблеми досліджень, існує потреба у наявності комплексу адекватних нормативно-довідкових матеріалів, придатних для практичного оцінювання різних аспектів біопродуктивності лісів. Наразі, її комплексна оцінка зможе дати відповідь на питання, пов'язані з пошуком додаткових джерел депонування надлишку вуглецю і продукування кисню, оцінкою енергетичного потенціалу лісових масивів, підвищенням їх продуктивності, а також визначити ступінь впливу лісових екосистем на глобальний кругообіг вуглецю в контексті очікуваних кліматичних змін.

Мета досліджень – розробка алгоритму, математичних моделей та нормативно-інформаційного забезпечення для оцінки кількісних параметрів компонентів надземної фітомаси та депонованого в ній вуглецю для дерев сосни кримської, яка є панівним деревним видом у лісах Криму.

Матеріали та методика досліджень. Під час дослідження компонентів надземної фітомаси дерев сосни кримської, що зростають на території Криму, було використано дослідні дані, зібрані під час польових робіт у період з 2006 до 2010 року за методикою проф. П.І. Лакиди [2]. Як експериментальний матеріал використані дослідні дані 18 тимчасових пробних площ (ТПП), які репрезентують штучні деревостани сосни кримської на півострові Крим віком від 7 до 72 років, продуктивністю II–V класів бонітету та відносною повнотою від 0,27 до 1,13. Вивчення компонентів фітомаси дерев сосни кримської охоплює виконання польових лісотаксаційних робіт на ТПП та лабораторних науково-дослідних робіт із визначення деяких якісних компонентів надземної фітомаси дерев [4, 5]. Процес дослідження надземної фітомаси дерев складався з таких етапів: 1 – вивчення досвіду оцінки фітомаси дерев та

опрацювання методики; 2 – збір, обробка та аналіз дослідних даних; 3 – математичне моделювання компонентів фітомаси дерев і перевірка адекватності моделей; 4 – розробка алгоритму та нормативно-довідкових таблиць, що відображають кількісні показники компонентів фітомаси дерев; 5 – верифікація розроблених нормативів.

Кількісна оцінка дослідних даних компонентів фітомаси дерев сосни кримської наведено в табл. 1.

1. Кількісна оцінка дослідних даних компонентів фітомаси дерев сосни кримської

Вікова група модельних дерев, років	Кількість, шт.							усього
	МД з оцінкою фітомаси	дослідних зрізів			проб з крони			
		усього	у тому числі		усього	у тому числі		
			стовбур	гілки		деревна зелень	хвоя	
До 20	16	36	24	2	32	20	2	68
21-40	16	45	30	5	32	20	2	77
41-60	22	72	48	4	64	40	4	136
61-80	3	9	6	3	8	5	3	17
Разом	57	162	108	4	136	85	1	298

Детальну таксаційну характеристику деревостанів сосни кримської було отримано внаслідок оброблення первинних даних ТПП за допомогою програми ПЕРТА, розробленою у 1984 р. співробітниками кафедри лісової таксації та лісовпорядкування НУБіП України А.З. Швиденком та Я.А. Юдицьким. Розрахунок якісних показників компонентів фітомаси стовбура та крони здійснювали з використанням прикладних програм GIL, ZRIZ та PLOT, розроблених П.І. Лакидою [1]. Варто зазначити, що зібрані та опрацьовані експериментальні дані адекватно описують наявні в лісовому фонді Криму штучні деревостани сосни кримської і дають змогу розв'язати низку завдань, поставлених у межах виконаної роботи.

Результати досліджень. Одним із основних сучасних методів дослідження є математичне моделювання. Загалом під моделюванням розуміється процес дослідження реальної системи, який включає побудову моделі, її дослідження та перенесення реальних результатів на досліджувану систему.

Моделювання параметрів компонентів фітомаси дерев сосни кримської проводилося у двох напрямках:

- а) моделювання об'єму стовбура в корі та об'єму кори;
- б) моделювання компонентів фітомаси крони (гілки в корі, деревна зелень).

У результаті підбору різних модельних комбінацій в рівняння вводилися ті показники, які значуще впливали на залежну змінну на 5%-ному рівні значущості. При цьому перевага надавалася більш практичним рівнянням, в які як аргументи включалися таксаційні ознаки, які можна було легко визначити під час натурального огляду та оцінки дерева за допомогою нескладних приладів.

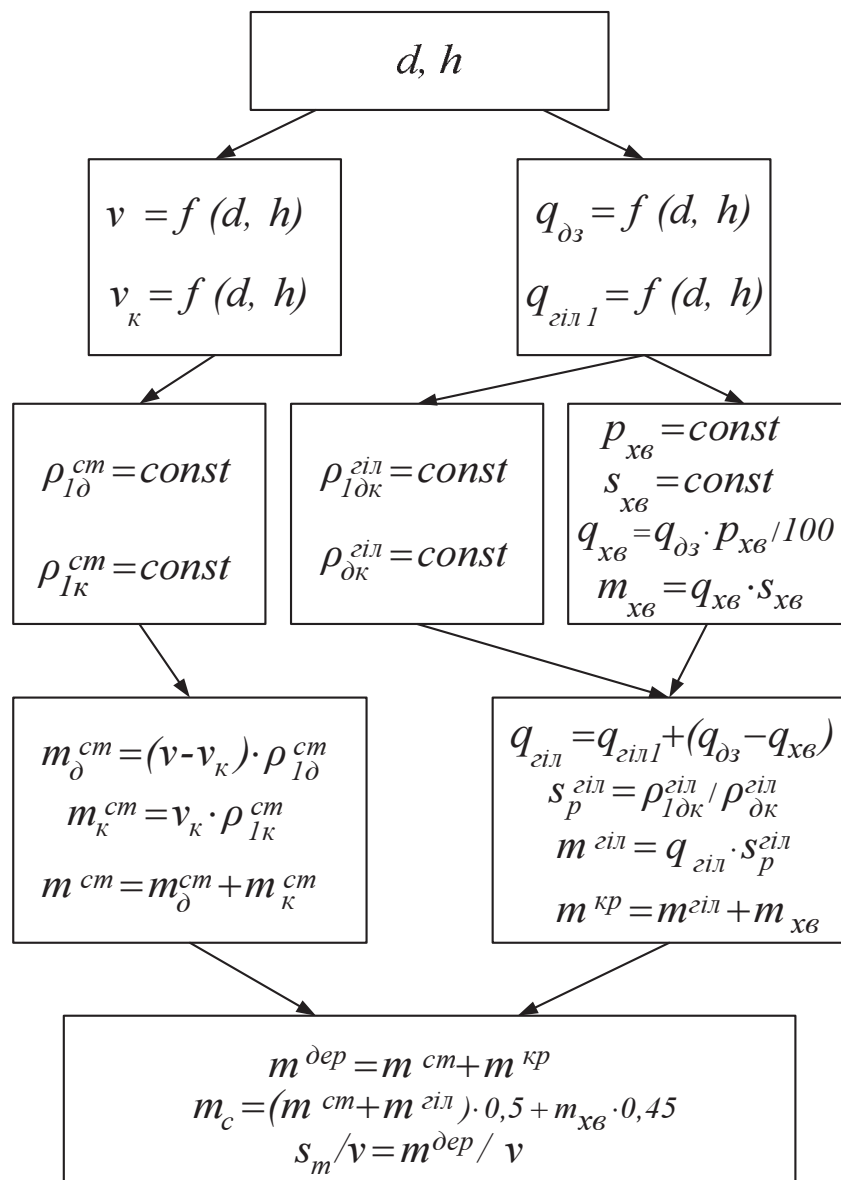


Схема алгоритму розрахунку основних компонентів надземної фітомаси дерев сосни кримської та депонованого в ній вуглецю

Моделювання компонентів надземної фітомаси дерев сосни кримської здійснювали з використанням масиву даних, що характеризує основні таксаційні показники модельних дерев. В ході регресійного аналізу виявилось, що оптимальною є двофакторна модель залежності основних компонентів надземної фітомаси від таких таксаційних ознак, як діаметр дерева на висоті 1,3 м (d) та висота дерева (h). Підлягали апробації й інші таксаційні ознаки дерев та деревостанів (вік, діаметр крони, протяжність крони тощо), однак у межах представленої роботи вони не аналізуються. Одержані математичні залежності слугують основою алгоритму розрахунку компонентів надземної фітомаси та депонованого в ній вуглецю для дерев сосни кримської. При його опрацюванні, були використані такі умовні позначення: d – діаметр дерева на висоті грудей у корі, см; h – висота дерева, м; v – об’єм

стовбура у корі, m^3 ; v_k – об’єм кори стовбура, m^3 ; $q_{\partial z}$ – фітомаса ДЗ у свіжозрубаному стані, кг; $q_{\partial n1}$ – фітомаса гілок крони без фракції ДЗ у свіжозрубаному стані, кг; $q_{\partial n}$ – фітомаса гілок крони дерева у свіжозрубаному стані, кг; $q_{x\partial}$ – фітомаса хвої крони дерева у свіжозрубаному стані, кг; $\rho_{1\partial}^{cm}$ – базисна щільність деревини стовбура, $кг \cdot (m^3)^{-1}$; ρ_{1k}^{cm} – базисна щільність кори стовбура, $кг \cdot (m^3)^{-1}$; $\rho_{1\partial k}^{cm}$ – базисна щільність деревини стовбура у корі, $кг \cdot (m^3)^{-1}$; $\rho_{\partial k}^{\partial n}$ – природна щільність деревини гілок у корі, $кг \cdot (m^3)^{-1}$; $\rho_{1\partial k}^{\partial n}$ – базисна щільність деревини гілок у корі, $кг \cdot (m^3)^{-1}$; $s_{\rho}^{\partial n}$ – вміст абсолютно сухої речовини в гілках у корі; $p_{x\partial}$ – відсоток хвої у деревній зелені, %; $s_{x\partial}$ – вміст абсолютно сухої речовини у свіжій хвої; $m^{\partial n}$ – фітомаса деревини гілок у корі в абсолютно сухому стані, кг; $m_{x\partial}$ – фітомаса хвої в абсолютно сухому стані, кг; m^{kp} – фітомаса крони дерева в абсолютно сухому стані, кг; $m^{\partial ep}$ – надземна фітомаса дерева в абсолютно сухому стані, кг; m_c – депонований вуглець у надземній фітомасі дерева, кг.

Схематичне вираження згаданого алгоритму та одержані математичні моделі основних компонентів надземної фітомаси дерев сосни кримської наведено на рисунку та у табл. 2.

2. Моделі оцінки компонентів надземної фітомаси дерев сосни кримської у Криму

Номер моделі	Вид моделі	R^2
1	$v = 5,600 \text{ E-}05 \cdot d^{1,792} \cdot h^{1,160}$,	0,99
2	$v_k = 6,000 \text{ E-}06 \cdot d^{2,174} \cdot h^{0,801}$,	0,98
3	$q_{\partial z} = 0,372 \cdot d^{2,014} \cdot h^{-0,638}$,	0,86
4	$q_{\partial n1} = 3,080 \text{ E-}03 \cdot d^{2,643} \cdot h^{0,452}$,	0,94

Теорією та практикою наукових досліджень, які стосувалися вивчення питань біотичної продуктивності лісів та розробки нормативного забезпечення оцінки компонентів фітомаси дерев (деревостванів) доведено, що фактично неможливо уникнути питання дослідження якісних їх параметрів, а саме: базисна щільність деревини стовбура, кори стовбура, стовбура дерева у корі, деревини гілок стовбура, кори гілок стовбура та деревини гілок у корі [3]. Окрім цього було визначено відсоток хвої у деревній зелені та вміст абсолютно сухої речовини у фракції хвої. Усереднені якісні ознаки фітомаси дерев сосни кримської, які використані при побудові нормативів, наведено у табл. 3.

Таким чином, у результаті проведених розрахунків було одержано нормативно-довідкові таблиці для оцінки надземної фітомаси дерев для таких компонентів: фітомаса деревини стовбура, фітомаса кори стовбура, фітомаса стовбура в корі, фітомаса хвої дерева, фітомаса гілок крони у корі, фітомаса крони дерева, надземна фітомаса дерева, депонований вуглець у надземній фітомасі дерева, відношення надземної фітомаси дерева до об’єму стовбура у корі, фітомаса деревної зелені.

3. Нормативи оцінки якісних показників фітомаси дерев сосни кримської у Криму

Щільність деревини та кори стовбурів дерев, кг·(м ³) ⁻¹					
Природна			Базисна		
Деревина	Кора	Деревина+кора	Деревина	Кора	Деревина+кора
916	563	839	451	343	427
Якісні показники компонентів фітомаси крони дерев, кг·(м ³) ⁻¹					
Деревина	Кора	Деревина+кора	Деревина	Кора	Деревина+кора
946	900	930	472	460	464
Вміст абсолютно сухої речовини у хвої					0,51
Частка хвої у деревній зелені, %					58,8

Фрагменти розроблених нормативів для оцінки надземної фітомаси дерев сосни кримської в абсолютно сухому стані наведено у табл. 4.

4. Надземна фітомаса дерев сосни кримської, кг*

Діаметр, см	Висота, м											
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
4	2,9	3,5	4,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	6,2	7,5	9,1	11	–	–	–	–	–	–	–	–
8	11	13	16	19	22	–	–	–	–	–	–	–
10	17	20	24	28	33	38	–	–	–	–	–	–
12	–	28	34	40	47	54	61	–	–	–	–	–
14	–	38	45	54	62	72	82	92	–	–	–	–
16	–	–	58	69	80	92	100	120	130	–	–	–
18	–	–	73	86	100	120	130	150	160	180	–	–
20	–	–	90	110	120	140	160	180	200	220	240	–
22	–	–	110	130	150	170	190	210	240	260	290	310
24	–	–	–	150	170	200	220	250	280	310	340	360
26	–	–	–	170	200	230	260	290	320	360	390	420

* Абсолютно сухий стан

Нормативи загальної надземної фітомаси дерев сосни кримської (див. табл. 4) відображають біологічні особливості нагромадження усіх компонентів фітомаси як стовбура дерева, так і його крони. Для низьких ступенів товщини можна побачити істотний вплив на її формування компонентів крони дерева, однак зі збільшенням діаметра і висоти стовбура вплив його маси є визначальним.

Аналізуючи нормативи оцінки фітомаси хвої дерев сосни кримської (табл. 5) варто зазначити, що маса хвої дерев зростає зі збільшенням параметрів стовбура дерева, однак за однакового діаметра стовбура зі збільшенням висоти дерева маса хвої, як частини фракції деревної зелені, дещо знижується, що підтверджує особливість формування параметрів крони й в інших хвойних деревних порід.

5. Фітомаса хвої дерев сосни кримської, кг*

Діаметр, см	Висота, м											
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
4	0,8	0,6	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,7	1,3	1,1	0,9	–	–	–	–	–	–	–	–
8	3,0	2,3	2,0	1,7	1,5	–	–	–	–	–	–	–
10	4,8	3,7	3,1	2,7	2,4	2,1	–	–	–	–	–	–
12	–	5,3	4,4	3,8	3,4	3,1	2,8	–	–	–	–	–
14	–	7,2	6,0	5,2	4,7	4,2	3,9	3,6	–	–	–	–
16	–	–	7,9	6,8	6,1	5,5	5,1	4,7	4,4	–	–	–
18	–	–	10	8,7	7,7	7,0	6,4	6,0	5,6	5,2	–	–
20	–	–	12	11	9,5	8,6	7,9	7,4	6,9	6,5	6,1	–
22	–	–	15	13	12	10	9,6	8,9	8,3	7,9	7,4	7,1
24	–	–	–	15	14	12	11	11	9,9	9,4	8,9	8,4
26	–	–	–	18	16	15	13	12	12	11	10	9,9

* Абсолютно сухий стан

З метою отримання інтегрованих характеристик нормативної бази оцінювання усього комплексу таксаційних та екологічних показників дерев і деревостанів, останнім часом особлива увага приділяється визначенню вмісту вуглецю як в основних структурних компонентів фітомаси дерева, так і насаджень загалом (табл. 6).

6. Депонований вуглець у надземній фітомасі дерева, кг

Діаметр, см	Висота, м											
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
4	1,4	1,7	2,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	3,0	3,7	4,5	5,4	–	–	–	–	–	–	–	–
8	5,3	6,3	7,7	9,3	11	–	–	–	–	–	–	–
10	8,2	9,7	12	14	17	19	–	–	–	–	–	–
12	–	14	17	20	23	27	31	–	–	–	–	–
14	–	19	22	26	31	36	41	46	–	–	–	–
16	–	–	29	34	40	46	52	59	65	–	–	–
18	–	–	36	43	50	57	65	73	81	89	–	–
20	–	–	44	52	61	70	79	89	99	110	120	–
22	–	–	53	63	73	84	95	110	120	130	140	150
24	–	–	–	74	86	99	110	130	140	150	170	180
26	–	–	–	87	100	110	130	150	160	180	190	210

Висновки

Опрацьований алгоритм та комплекс математичних моделей і нормативно-довідкових таблиць для кількісного оцінювання показників компонентів надземної фітомаси дерев сосни кримської є вагомим доповненням до існуючого нормативного інструментарію лісового господарства у Криму. Запропоновані нормативи є інформаційним базисом при здійсненні наукового, екологічного, лісівничого та техніко-економічного обґрунтування розширеного використання лісових ресурсів на засадах сталого розвитку з комплексною оцінкою усіх користностей лісу.

Список літератури

1. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор : монографія / [А. З. Швиденко, П. І. Лакида, Д. Г. Щепаченко та ін.]. – Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М., 2014. – 283 с.
2. Лакида П. І. Фітомаса лісів України : монографія / П. І. Лакида. – Тернопіль : Збруч, 2002. – 256 с.
3. Лакида П.І. Моделювання нормативно-інформаційного забезпечення оцінки компонентів надземної фітомаси деревостанів сосни кримської та депонованого в них вуглецю / П.І. Лакида, Г.С. Домашовець, Ю.П. Швець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2013. – Вип. 187, Ч. 3. – С. 147–153.
4. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України : довідник / [Лакида П. І., Васишин Р.Д., Лащенко А.Г. та ін.]. – К. : Видавничий дім «ЕКО-інформ», 2011. – 192 с.
5. Нормативно-информационное обеспечение для оценки надземной фитомассы деревьев хвойных лесобразующих пород Украины / П. И. Лакида, Р. Д. Васишин, Г. С. Домашовец [та ін.] // Лесная таксация и лесоустройство. – 2013. – №1(49) – С. 34–38.
6. Bioproductivity of Ukrainian forests in conditions of global climate change [Electronic resource] / P. Lakyda, R. Vasylyshyn, S. Zibtsev, A. Bilous I. Lakyda // Earth Bioresources and Life Quality. – International Scientific Electronic Journal. – 2013. – Vol. 4 – Web access: <http://gchera-ejournal.nubip.edu.ua/index.php/ebql/article/view/154/118>.
7. Lakyda P. Mitigating climate change by utilization of energy potential of Ukrainian forests / P. Lakyda, R. Vasylyshyn, S. Zibtsev, I. Lakyda // International conference “Tackling climate change: the contribution of forest scientific knowledge”, 21-24 May, 2012, Tours. – Tours, 2012. – P. 312.

Приведены результаты разработки нормативно-информационного обеспечения для оценки количественных параметров надземной фитомассы деревьев сосны крымской в Крыму. Предложен алгоритм создания нормативно-справочных таблиц, отражающих фитомассу таких компонентов как ствол в коре, древесина ствола, кора ствола, хвоя, древесина и кора ветвей короны, который базируется на результатах математического моделирования их количественных объемных и весовых параметров и оценки их качественных показателей. Разработанные в процессе работы нормативы позволяют осуществлять оценку объемов фитомассы и депонированного в ней углерода для деревьев сосны крымской и сформулировать научное лесоводственно-экологическое обоснование комплексного использования лесных ресурсов Крыма.

Надземная фитомасса, сосна крымская, модель, временные пробные площади, модельные деревья, нормативы, углерод.

Results of the development of normative and information support for evaluating quantitative characteristics of at-ground Crimean pine-tree stands phytomass in Autonomous Republic of Crimea are presented. The algorithm for making normative and reference tables are suggested, that represent the phytomass of such components as tree overbark, trunk wood, acerouse leaf,

wood and bark of crown branches. This algorithm is founded on the results of mathematical modeling of quantitative format and weight characteristics and assess of their qualitative indexes. Developed in the research mature standards allow estimating phytomass format and carbon dioxide deposited therein for Crimean pine-tree and proving integrated use of forest resources of Crimea scientifically, silviculturally and ecologically

At-ground phytomass, Crimean pine-tree, a model, temporary experimental places, test trees, standards, carbon dioxide.

УДК 630.5

МОДЕЛЬ ОБ'ЄМУ КРУГЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ ЗА ДІАМЕТРОМ У ВЕРХНЬОМУ ВІДРІЗІ ТА ДОВЖИНОЮ

***В.А. Свинчук, С.М. Кашпор, В.В. Миронюк, кандидати
сільськогосподарських наук***

Проаналізовано традиційні та перспективні методи таксації об'єму круглих лісоматеріалів. Указано недоліки чинних в Україні об'ємних таблиць. Розроблено нову модель об'єму круглих лісоматеріалів за діаметром у верхньому відрізі та довжиною колод.

Круглі лісоматеріали, діаметр, довжина, видове число колод, об'єм, модель.

Впродовж тривалого часу лісотаксаційною наукою і практикою було розроблено низку методів оцінки об'єму лісоматеріалів, які різнилися, передусім, за принципами вимірювання. Умовно їх можна розділити на дві групи: контактні та безконтактні [5]. Серед контактних методів найбільшого практичного застосування отримали геометричні методи таксації лісоматеріалів, зокрема проста формула серединного перерізу (Губера) і таблиці об'єму за діаметром у верхньому відрізі та довжиною колод. Однак ці методи характеризуються значними затратами праці та складністю автоматизації процесів вимірювання. Визначальним тут є людський фактор, який часто призводить до появи технічних помилок. Тому, перспективнішими нині є оптичні, ультразвукові і фотометричні методи, які належать до безконтактних. Вони забезпечують реєстрацію відбитого випромінювання від об'єкта вимірювання та комп'ютерну обробку отриманих результатів і, відповідно, характеризуються високою продуктивністю, об'єктивністю та точністю. Основними недоліками сучасних електронних систем, особливо в умовах складного економічного стану України, є їхня висока вартість та необхідність утримання більш кваліфікованого персоналу.