

виробництва лікарської рослинної сировини є одним з ключових факторів, що визначають ефективний розвиток цієї галузі. Дослідження вітчизняного ринку показало, що для узгодження інтересів суб'єктів ринку і найбільш вигідної їхньої співпраці потрібно активно розвивати кластерні об'єднання агрофармацевтичного комплексу.

Перспективи розвитку вітчизняного ринку лікарських рослин повинні бути пов'язані насамперед з метою забезпечення національної безпеки держави у сфері постачання населенню лікарських препаратів рослинного походження. Держава повинна бути зацікавлена в створенні умов для залучення вітчизняних інвесторів у цей бізнес. Для цього в Україні необхідно створити сприятливий інвестиційний клімат на досліджуваному ринку, спростити законодавчу базу, ширше використовувати світовий досвід і поступову глобалізацію вітчизняної економіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ленькова Р.К.* Современные экономические условия производства лекарственного растительного сырья / Р.К. Ленькова, Е.В. Карачевская // Проблемы экономики: сб. науч. тр. /

Белорус. гос. с.-х. акад.; гл. ред.: А.М. Каган. — Минск, 2013. — 1 (16). — С. 101–109.

2. *Обзор рынка лекарственного растительного сырья Украины 2014: [аналитический сборник] /* Маркетинговая компания Синергия, 2015. — 37 с.
3. *Семак Б.Б.* Вітчизняний ринок лікарської рослинної сировини: проблеми і вирішення / Б.Б. Семак, М.Ю. Барна, Л.І. Демкевич // Науковий вісник НЛТУ України. — 2011. — Вип. 21.1. — С. 264–268.
4. *Семак Б.Б.* Наукові засади формування ринку рослинної технічної сировини та його окремих сегментів в Україні: монографія / Б.Б. Семак. — Львів: Вид-во ЛКА, 2007. — 512 с.
5. *Черкашина Е.В.* Развитие эфиромасличной и лекарственной отрасли в России: проблемы и пути решения // Агропродовольственная политика России. — 2014. — №2. — С. 21–24.
6. *Швецъ А.С.* Економічні засади становлення ринку лікарської рослинної сировини в Україні / А.С. Швецъ // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Фінанси і кредит». — 2012. — № 2. — С. 52–58.
7. *Robert J. Bogers, Lyle E. Craker, Dagmar Lange,* Medicinal and aromatic plants: agricultural, commercial, ecological, legal, pharmacological, and social aspects Wageningen UR frontis series (Volume 17), Springer, 2006.

УДК 630.5 * 176.322.2

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ДІАМЕТРІВ РІЗНОВІКОВИХ БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОГО МЕГАСХИЛУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Н.В. Регуш

молодший науковий співробітник

Ю.Й. Каганяк

доктор сільськогосподарських наук

професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування

ННІ лісового та садово-паркового господарства

Національний лісотехнічний університет України

На основі зібраних польових матеріалів вивчено закономірності розподілу діаметрів букових насаджень регіону дослідження. Проаналізовано біометричні показники, розраховано параметри та побудовано функції розподілу рядів діаметрів. Оцінено якість апроксимації функцій розподілу.

Ключові слова: *Fagus sylvatica L.*, розподіл ряду діаметрів, функція розподілу Вейбулла, варіація.

Розподіл дерев у насадженні за розмірами (діаметрами) є однією з найважливіших характеристик деревостану, оскільки добре відображає будову насадження та ступінь відмирання дерев у ньому з віком. Аналіз особливостей

розподілу дерев у насадженнях за діаметрами дає змогу оцінити структурне багатство, походження та ступінь порушеності лісових насаджень, а також їхні економічні, екологічні та інші функціональні аспекти. Інформація

щодо особливостей розподілу рядів діаметрів у лісових деревостанах може бути ефективно використана при плануванні лісгосподарських заходів.

З огляду на значну інформативність рядів діаметрів лісових насаджень, дослідження їхніх особливостей дуже часто проводиться при вивченні букових лісів як в Україні, так і на світових теренах [3, 7–10, 12, 13, 15–17]. Відомо, що не порушені людською діяльністю лісові екосистеми характеризуються більшим структурним багатством, ніж ліси, яким властиво формувати гомогенні насадження [15]. Для гомогенних одновікових лісових насаджень, що мають одноярусну вертикальну структуру, характерний нормальний або близький до нього розподіл дерев за діаметрами [1], тоді як ряд діаметрів різновікових дво-чи багаторярусних насаджень не підлягають законам нормального розподілу. У таких насадженнях часто спостерігається ряд діаметрів з право- чи ліворонною асиметрією.

Оскільки *Fagus sylvatica* L. за своїми фізіологічними особливостями є тіневитривалою деревною породою, то для природних насаджень, які не зазнали масштабних порушень (природних чи антропогенних), характерна значна кількість дерев малих діаметрів [7, 9, 11, 13]. Ряд деревостанів у таких насадженнях часто описують негативною експоненціальною або оберненою J-подібною кривою [12, 13].

Ляйбундгут [12] використав таку криву для опису розподілу ряду діаметрів букових пралісів у Сербії. Кривою, що має подібну форму, описав Табаку [13] розподіл дерев за діаметрами букових пралісів Албанії. Та оскільки для природних букових лісів є характерним те, що дерева нижнього ярусу після відмирання сусідніх дерев, які їх пригнічують, дуже швидко виходять в основний ярус [4, 14], то кількість дерев середніх розмірів у таких насадженнях невелика. Спостерігається накопичення товстих дерев, що формують перший (основний) ярус. Ця особливість чітко простежується в пралісових букових екосистемах. Для таких насаджень обернена J-подібна крива не є оптимальною [17]. Ефективнішими є функції, які добре апроксимують кри-

ву оберненої S-подібною форми [15, 17]. Для опису такої кривої використовують «змішані» функції (*finite mixture functions*), коли для кожної характерної частини варіаційного ряду апроксимують функцію з параметрами, властивими саме цій його частині.

Так, для пралісових насаджень запропоновано виділяти в насажденні домінуючу та субдомінуючу когорти дерев та розраховувати параметри розподілів кожної когорти окремо [16]. Апроксимують ряди діаметрів пралісових букових насаджень найчастіше з використанням функції бімодального розподілу Вейбулла [8–10, 15, 17].

Таким чином, метою цього дослідження є аналіз основних тенденцій рядів діаметрів різновікових букових деревостанів південно-західного мегасхилу Українських Карпат, здійснення їх варіаційної оцінки та моделювання функцій розподілу.

Аналіз розподілу діаметрів букових насаджень цього регіону здійснено на основі дослідних ділянок, які були відібрані в різновікових та умовно різновікових букових деревостанах у 2011–2012 рр. Лісові масиви, де відбирали польовий матеріал, територіально відокремлені й належать трьом різним суб'єктам господарювання (рис. 1).

Статистичний аналіз рядів діаметрів деревостанів дослідних ділянок здійснено з ви-

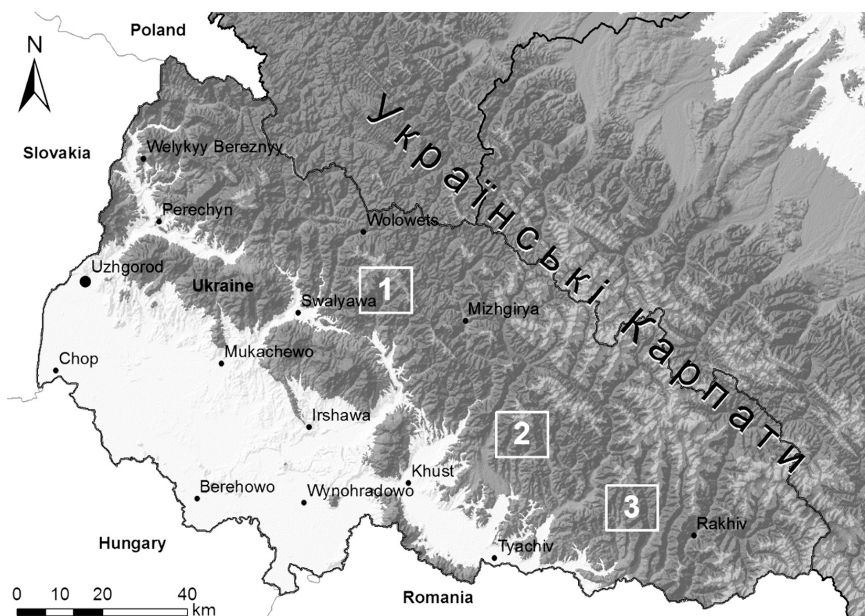


Рис. 1. Карта-схема розміщення лісових масивів, у яких відібрано польові матеріали: 1 — Березниківське лісництво ДП «Свалівське ЛГ» (верхів'я р. Боржави); 2 — Угольське відділення Карпатського біосферного заповідника; 3 — Верхньоводнянське лісництво ДП «Великобичківське ЛМГ»

користанням стандартних біометричних методик [2].

Для апроксимування розподілу ряду діаметрів у букових насадженнях південно-західного мегасхилу Українських Карпат використано три- та семипараметричну функції Вейбулла. Трипараметрична функція Вейбулла характеризується високою пластичністю, що дає можливість використовувати її для моделювання розподілу ряду діаметрів лісових деревостанів досить широкого структурного спектра, оскільки вона може набувати вигляду оберненої J-подібної кривої [17], а також відображати ліво- чи правосторонню асиметричність розподілів [6]. Семипараметрична функція бімодального розподілу Вейбулла поєднує в собі дві трипараметричні функції, що описують субдомінуючу та домінуючу когорти дерев насадження відповідно. Загальний вигляд такої функції описує формула:

$$f(x) = g \cdot f_u(x) + (1 - g) \cdot f_o(x), \quad (1)$$

де $f_u(x)$ і $f_o(x)$ — функції для опису розподілу за діаметрами субдомінуючої та домінуючої когорти дерев; g — коефіцієнт, що з'єднує обидві функції між собою.

Функція бімодального розподілу Вейбулла має такий вигляд:

$$f(x) = \begin{cases} 0; & \text{якщо } x \leq a_o \\ g \cdot \left[1 - e^{-\left(\frac{x-a_u}{b_u}\right)^{c_u}} \right]; & \text{якщо } a_u < x \leq a_o \\ g \cdot \left[1 - e^{-\left(\frac{x-a_u}{b_u}\right)^{c_u}} \right] + (1-g) \cdot \left[1 - e^{-\left(\frac{x-a_o}{b_o}\right)^{c_o}} \right]; & \text{якщо } a_o < x \end{cases} \quad (2)$$

де $a_u, b_u, c_u, a_o, b_o, c_o$ — параметри зсуву, масштабу та форми розподілів за діаметрами верхнього та нижнього ярусів деревостану відповідно.

Параметри a, b та c відповідають певним характеристикам розподілу ряду діаметрів. Параметр зсуву a відповідає нижній межі розподілу (тобто найменшому вимірному діаметру), параметр масштабу b — величині варіації розподілу (розмір кривої), а параметр форми c описує форму розподілу.

Для розрахунку параметрів три- та семипараметричної функції Вейбулла було використано метод максимальної правдоподібності (функція `mle` пакета `stats 4` програмного середовища для статистичного програмування `R`). Використання цього методу передбачає попереднє задавання вихідних параметрів функції, що визначаються для кожної частини насадження окремо. При визначенні початкових значень параметрів функції варто врахувати особливості, наведені в табл. 1.

Значення початкових параметрів оптимізуються внаслідок ітераційного апроксимування функції щільності до емпіричних даних.

Якість апроксимації функцій розподілу було оцінено, використавши абсолютне відхилення:

$$d = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |\hat{x}_i - x_i|, \quad (3)$$

де n — кількість класів діаметрів; \hat{x}_i та x_i — відносна емпірична та апроксимована частота дерев. При $d = 0$ емпіричний та апроксимований розподіли повністю збігаються, при $d = 1$ вони абсолютно різняться між собою [8, 17].

Результати статистичного оцінювання рядів діаметрів представлено в табл. 2.

Установлено, що для різновікових букових насаджень регіону дослідження характер-

Таблиця 1

Значення параметрів функцій три- та семипараметричного розподілу Вейбулла [2, 8, 17]

Параметр	Значення параметра	Обмеження
a_u, a_o	$a = d_{\min};$ $a = d_{\min} - 1.$	$a_u \geq a_o \geq d_{\min} - 1$
b_u, b_o	$b = R;$ $b = R/2$ або $b = R/4$ — експоненціальний розподіл	$b_u, b_o \geq 0$
c_u, c_o	$c < 1$ — функція щільності має вигляд гіперболи; $c = 1$ — розподіл є експоненціальним; $c > 1$ — функція щільності є одновершинною; $c \approx 3,6$ — функція щільності є симетричною (нормальний розподіл)	$c_u, c_o \geq 0$
g	$g = N_u/N$	$0 \leq g \leq 1$

Примітка: d_{\min} — найменший вимірний діаметр, см; R — розмах варіації, см; N_u — кількість дерев, що належать до нижньої когорти деревостану, шт.; N — загальна кількість дерев, шт.

Таблиця 2

Біометричні показники ряду діаметрів різновікових букових деревостанів на дослідних ділянках у межах південно-західного мегасхилу Українських Карпат

Region	ДД	$D \pm m_D$, см	P_D , %	R_{Dmin}	R_{Dmax}	σ , см	V , %	A	p , %
Угольця	1	35,8±1,34	69,92	0,17	3,26	26,08	72,77	1,278	3,74
	4	40,7±1,80	60,48	0,15	2,26	20,02	49,21	0,470	4,42
	5	50,0±1,78	60,96	0,20	1,80	21,5	42,97	0,299	3,56
	2	40,3±1,76	68,94	0,15	2,67	30,12	74,81	1,031	4,37
	3	42,7±1,78	67,20	0,14	2,63	31,50	73,7	0,868	4,16
Боржава	1	38,7±1,61	67,86	0,21	2,32	20,93	54,04	0,921	4,17
	2	35,2±1,51	73,12	0,2	3,72	20,64	58,67	1,824	4,30
	3	40,4±1,85	67,86	0,15	2,20	24,03	59,49	0,800	4,59
	4	46,4±1,89	60,68	0,13	1,79	20,47	44,08	0,172	4,08
	5	30,1±0,82	56,38	0,23	2,19	12,77	42,44	0,215	2,72
Бичків	1	29,2±1,02	74,48	0,21	3,43	18,76	64,27	0,386	3,50
	2	41,6±1,52	61,29	0,24	1,87	16,98	40,78	0,248	3,66
	3	29,7±1,22	75,50	0,21	2,46	17,21	58,02	0,342	4,10
	4	27,0±0,96	63,92	0,37	2,37	12,07	44,77	0,260	3,56
	5	32,2±0,79	59,82	0,25	2,45	11,66	36,13	0,212	2,44
	6	40,9±1,30	64,71	0,27	2,50	16,12	39,44	0,232	3,19

Примітка: ДД — номер дослідної ділянки; $D \pm m_D$ — значення середнього діаметра \pm помилка середнього значення, см; P_D — ранг середнього дерева; R_{Dmin} — редукційне число найтоншого дерева; R_{Dmax} — редукційне число найтовщого дерева; σ — стандартне відхилення, см; V — коефіцієнт мінливості, %; A — асиметрія; p — точність дослідів, %.

не значне варіювання статистичних показників рядів діаметрів. Так, середній діаметр дерев на дослідних ділянках коливається від 29,2±1,02 до 50,0±1,78 см, а його стандартне відхилення — від 11,66 до 31,50 см. Ранг середнього дерева значно відрізняється на різних дослідних ділянках та розташований у межах 56,38–75,50 %. Діаметри найтонших дерев у насадженнях становлять 0,13–0,37 середнього діаметра, а найтовщі — більші від нього в 1,80–3,72 рази. Для букових насаджень на дослідних ділянках властиве значне варіювання коефіцієнта мінливості діаметрів, який змінюється в межах 36,13–73,7 %. Усі ряди діаметрів мають лівосторонню асиметрію. Точність досліджень знаходиться в межах допустимої статистичної помилки.

Якісне апроксимування розподілів рядів діаметрів на більшості дослідних ділянок (на 13 з 16) здійснено з використанням функції трипараметричного розподілу Вейбулла. Це підтвердило її властивість добре описувати різні одновершинні за формою розподіли. Межі абсолютного відхилення апроксимованих та емпіричних даних становлять 0,098–0,186. Для решти дослідних ділянок оптимальною вияви-

лася семипараметрична функція бімодального розподілу Вейбулла (абсолютне відхилення становить 0,085–0,154).

Апроксимовані криві розподілів рядів діаметрів досліджуваних букових деревостанів можна згрупувати в три типи: 1) обернений S-подібний; 2) обернений J-подібний; 3) дзвоноподібний з лівосторонньою симетрією (рис. 2).

Спроба встановити певні тенденції розподілів рядів діаметрів букових деревостанів у регіоні дослідження була здійснена не вперше. Так, проф. Парпан В.І., досліджуючи особливості структурної організації букових лісів Карпатського регіону, дійшов висновку, що розподіли рядів діаметрів цих лісів можна поділити на три типи: «спадаючий», «проміжний» та нормальний [3]. Перший та другий типи, виділені проф. Парпаном, близькі до оберненого J-подібного та дзвоноподібного з лівосторонньою симетрією типів відповідно. Нормального типу розподілу немає в цих дослідженнях, оскільки він властивий для простих за структурою нормальних насаджень.

Таке значне варіювання рядів діаметрів різновікових букових насаджень за статистичними показниками та типами розподілів можна

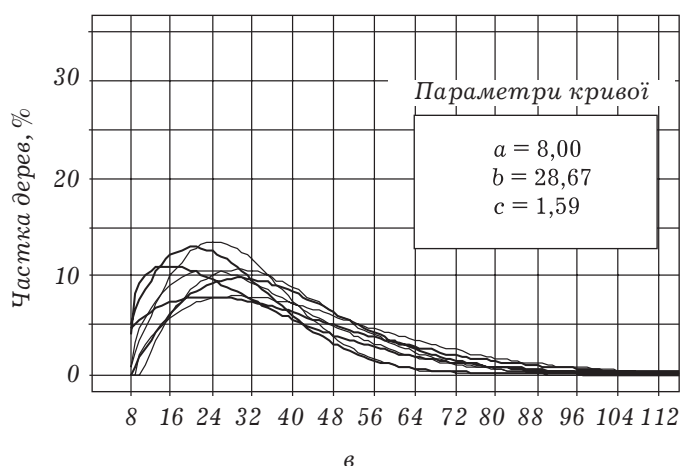
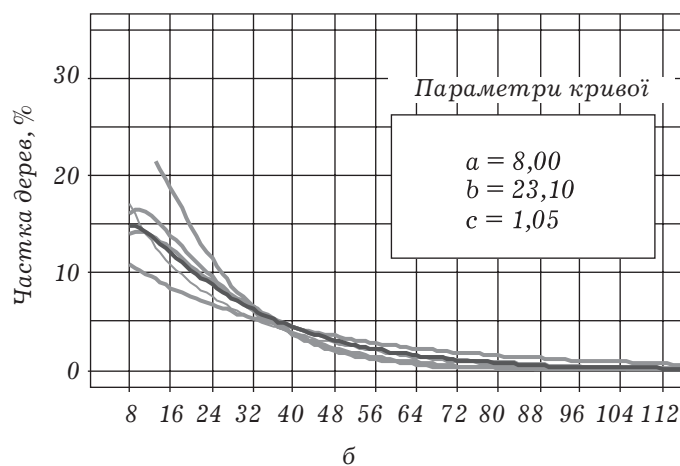
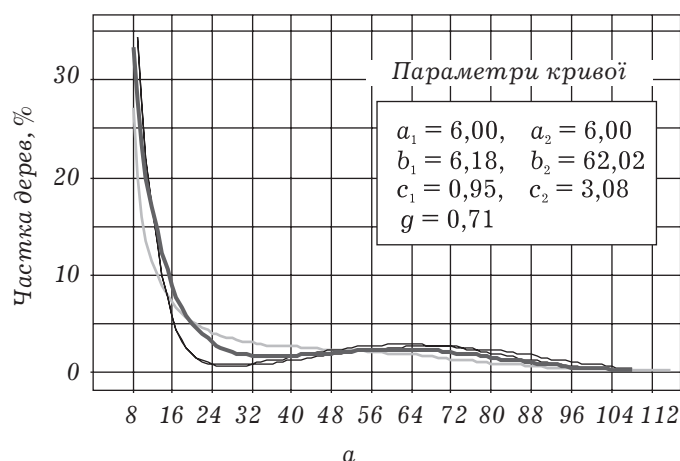


Рис. 2. Типи розподілів рядів діаметрів: а — обернений S-подібний; б — обернений J-подібний; в — дзвоноподібний з лівосторонньою симетрією. Тонкими суцільними лініями позначено апроксимовані функції розподілів діаметрів на дослідних ділянках, потовщеними лініями — усереднені функції розподілів

пояснити насамперед тим, що на процеси відмирання дерев у насадженнях, у яких відбирали польовий матеріал, впливають різні чинники:

- природні процеси поодинокого відмирання чи одночасного відмирання кількох сусідніх дерев (дослідні ділянки № 1, 4, 5 в Угольці);
- стихійні природні явища, що спричинюють одночасне відмирання більшості дерев — вітровали тощо (дослідні ділянки № 2, 3 в Угольці);
- господарська діяльність людини різної інтенсивності (дослідні ділянки в Бичкові та в лісах верхів'я р. Боржави).

ВИСНОВКИ

Для рядів діаметрів різновікових букових деревостанів південно-західного мегасхилу Українських Карпат характерне варіювання їхніх таксаційних показників. Для апроксимування розподілів діаметрів таких насаджень доцільно застосовувати три- та семипараметричну функції бімодального розподілу Вейбулла (для пралісових екосистем). Інтерпретування значної варіації таксаційних показників підтверджує значення режиму порушень як вирішального фактора при формуванні букових насаджень. Це може бути використано як ключ для планування екологічно нешкідливих господарських заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бузыкин А.И. Анализ структуры древесных ценозов / А.И. Бузыкин, В.Л. Гавриков, О.П. Секретенко и др. — Новосибирск: Наука, 1985. — 95 с.
2. Горошко М.П. Біометрія: навч. посібн. / М.П. Горошко, С.І. Миклуш, П.Г. Хомюк. — Львів: Камула, 2004. — 236 с.
3. Парпан В.І. Структура, динаміка, екологічні основи раціонального використання букових лісів Карпатського регіону України: Автореф. дис... д-ра біол. наук: 03.00.16 „Екологія» / В.І. Парпан. — Дніпропетровськ, 1994. — 42 с.
4. Троцюк В.І. Особливості росту за діаметрами дерев букового пралісу / В.І. Троцюк, С.І. Миклуш, Б. Коммармот, М.Л. Хобі // Наук. вісн. НЛТУ України. — 2013. — Вип. 23.1. — С. 62–68.
5. Цурик Є.І. Таксаційні ознаки та будова насаджень: підруч. / Є.І. Цурик. — Львів: УкрДЛТУ, 2001. — 362 с.
6. Bailey R.L. Quantifying diameter distribution with the Weibull funktion / R.L. Bailey, T.R. Dell // Forest Science. — 1973. — Vol. 19. — P. 97–104.

7. *Commarmot B.* Structures of virgin and managed beech forests in Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland): a comparative study / B. Commarmot, H. Bachofen, Y. Bundziak [et al.] // *Forest Snow and Landscape Research*. — 2005. — Vol. 79 (1/2). — P. 45–56.
8. *Hesselmöller D.* Beschreibung der Durchmesser- und Altersverteilung von Buchenbeständen mit Hilfe der bimodalen WEIBULL-Funktion / D. Hesselmöller, K. von Gadow // *Allgemeine Forst und Jagtzeitung*. — 2001. — Nr. 172(3). — S. 46–50.
9. *Korpel' S.* Die Urwälder der Westkarpaten / S. Korpel'. — Stuttgart : Gustav Fischer Verlag, 1995. — 310 S.
10. *Kucbel S.* Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of the northwestern Carpathians: A 40-years perspective / S. Kucbel, M. Saniga, P. Jaloviar [et al.] // *Forest Ecology and Management*. — 2012. — Vol. 264. — P. 125–133.
11. *Leibundgut H.* Über die Dynamik europäischer Urwälder / H. Leibundgut // *Allgemeine Forstzeitschrift*. — 1978. — Vol. 33. — S. 686–690.
12. *Leibundgut H.* Europäische Urwälder. Wegweiser zur naturnahen Wirtschaft / H. Leibundgut. — Bern: Haupt, 1995. — 260 S.
13. *Tabaku V.* Struktur von Buchen-Urwälder in Albanien im Vergleich mit deutschen Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern / V. Tabaku. — Göttingen: Cuvillier Verlag, 2000. — 206 S.
14. *Trotsiuk V.* Age structure and disturbance dynamics of the relic virgin beech forest Uholka (Ukrainian Carpathians) / V. Trotsiuk, M.L. Hobi, B. Commarmot // *Forest Ecology and Management*. — 2012. — Vol. 265. — P. 181–190.
15. *Valbuena R.* Diversity and equitability ordering profiles applied to study forest structure / R. Valbuena, P. Packalén, S. Martin-Fernández [et al.] // *Forest Ecology and Management*. — 2012. — Vol. 276. — P. 185–195.
16. *Wenk G.* Durchmesser- und Altersverteilungen im Buchenplenterwald (als Bestandteil des Forschungsprojektes «Sorteorientiertes Wachstumsmodell») / G. Wenk // *Tagungsband des Deutschen Verbandes Forstlicher Versuchsanstalten. Sektion Ertragskunde*. — Neresheim, 1996.
17. *Westphal C.* Is the reverse J-shaped diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests? / C. Westphal, N. Tremer, G. von Oheimb [et al.] // *Forest Ecology and Management*. — 2006. — Vol. 223. — P. 75–83.

Новини Новини

Новини • Новини • Новини

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Наша держава має всі необхідні ресурси для успішного заміщення російського газу альтернативним паливом. Про це йдеться у аналітичній доповіді, яку підготували провідні українські фахівці з біоенергетики Георгій Гелетуха та Тетяна Железна.

Фахівці з біоенергетики зазначають, що для виконання поставленої цілі в Україні є достатній потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії — більше 27 млн тонн умовного палива на рік. Основні її складові — первинні відходи сільського господарства. Але наразі на енергетичні потреби в Україні використовується лише 10% загального потенціалу біомаси — 2,7 млн т умовного палива на рік. Головним чином це деревна біомаса (86% від загального обсягу використання біомаси) та лушпиння соняшника (8%). Найменш активно застосовуються рослинні відходи — 94 тис т соломи на рік, що становить менше 1% економічного потенціалу соломи в Україні.