



## ОЦІНКА ВМІСТУ ЕНЕРГІЇ У ФІТОМАСІ ДЕРЕВ ГОЛОВНИХ ЛІСОТВІРНИХ ПОРІД УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

**Р.Д. Васишин**, кандидат сільськогосподарських наук  
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Наведено результати розробки нормативно-інформаційного забезпечення для оцінки вмісту енергії в надземній фітомасі дерев головних лісотвірних порід Українських Карпат. Запропоновано алгоритм розроблення нормативно-довідкових таблиць для оцінки вмісту енергії, який базується на результатах моделювання кількісних параметрів компонентів фітомаси дерев та їх якісних показниках. В основу роботи покладено результати біометричної оцінки 279 модельних дерев ялини європейської, 215 – ялиці білої та 167 – бука лісового.

**Вступ.** У сучасних українських реаліях розвиток енергетичної галузі розглядається через призму обсягів та вартості імпортованих енергоресурсів, частка яких в енергетичному балансі країни є найбільшою. З метою зменшення енергозалежності національної економіки та покращення екологічного стану навколишнього природного середовища, через зменшення викидів шкідливих хімічних речовин в результаті спалювання викопних видів палива, наукове співтовариство ініціює розробку низки науково-інноваційних проектів використання біомаси, в т.ч. лісової, як стратегічного енергетичного ресурсу. Питанню дослідження надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід Українських Карпат присвячено ряд наукових робіт [2, 4, 5, 7], які відображають систематичне проведення комплексних досліджень біопродуктивності деревостанів за компонентами фітомаси.

Ліси Українських Карпат, володіючи значними обсягами лісової енергетичної біомаси (дров'яна стовбурова деревина, лісопродукція заготовлена під час рубок догляду, порубкові залишки на лісосіках головного користування та відходи на деревообробних підприємствах), можуть стати одним і основних джерел забезпечення еколого-економічної безпеки Карпатського регіону.

Мета цього дослідження розробити нормативно-інформаційне забезпечення для оцінки вмісту енергії у надземній фітомасі дерев ялини європейської, ялиці білої та бука лісового у деревостанах Українських Карпат.

**Матеріали і методика дослідження.** При дослідженні обсягів енергії, акумульованої у фітомасі дерев, першочерговим завданням є її кількісна та якісна оцінка. Для вивчення останньої використано методику П.І. Лакиди, детально опи-



сану в багатьох наукових роботах [1, 3, 4]. Процес дослідження вмісту енергії в надземній фітомасі дерев головних лісотвірних порід Карпат складається 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 – оцінка вмісту депонованого вуглецю у фітомасі дерев; 5 – розробка нормативів вмісту енергії у фітомасі дерев та їх верифікація [1]. Для розробки нормативів використано кількісні параметри енергоємності 1 т вуглецю, депонованого у фітомасі дерев [10]. При цьому, розрахунки базувалися на вихідних даних, зібраних групами дослідників протягом останнього десятиліття і які становлять репрезентативну експериментальну базу для дослідження надземної фітомаси в Карпатському регіоні [6]:

– штучні деревостани ялини європейської (закладено 42 тимчасові пробні площі (ТПП), де зрубано і обміряно 279 модельних дерев (МД); для лабораторних досліджень відібрано 150 зразків дослідних зрізів стовбурів, 99 зразків гілок крони, 54 модельних гілки деревної зелені (ДЗ) та 33 наважки хвої);

– природні деревостани ялиці білої (закладено 43 ТПП, де зрубано і обміряно 215 МД; для лабораторних досліджень відібрано 243 дослідних зрізів стовбурів, 99 зразків гілок крони, 371 модельних гілок ДЗ та 123 наважки хвої);

– природні деревостани бука лісового (закладено 17 ТПП, де зрубано і обміряно 167 МД; для лабораторних досліджень відібрано 96 дослідних зрізів стовбурів, 36 зразків гілок крони, 108 модельних гілок ДЗ та 38 наважок листя).

**Результати дослідження.** Для розробки нормативів вмісту енергії в надземній фітомасі дерев ялини європейської (смереки), ялиці білої та бука лісо-

вого використано алгоритм розрахунку, який показано в табл. 1.

При опрацюванні та розробці нормативів для оцінки вмісту енергії у надземній фітомасі дерев досліджуваних порід використано такі умовні позначення:  $d$  – діаметр дерева у корі на висоті 1,3 м, см;  $h$  – висота дерева, м;  $f$  – старе видове число стовбура дерева у корі;  $g$  – площа поперечного перетину стовбура дерева на висоті грудей, м<sup>2</sup>;  $v$  – об'єм стовбура у корі, м<sup>3</sup>;  $vk$  – об'єм кори стовбура, м<sup>3</sup>;  $pk$  – відсоток кори стовбура, %;  $q_{03}$  – фітомаса ДЗ у свіжозрубаному стані, кг;  $q_{zil}$  – фітомаса гілок крони без фракції ДЗ у свіжозрубаному стані, кг;  $q_{zil}$  – фітомаса гілок крони дерева у свіжозрубаному стані, кг;  $ql$  – фітомаса листя (хвої) крони дерева у свіжозрубаному стані, кг;  $\rho_{1d}^{cm}$  – базисна щільність деревини стовбура, кг·(м<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>;  $\rho_{1k}^{cm}$  – базисна щільність кори стовбура, кг·(м<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>;  $\rho_{1dk}^{cm}$  – базисна щільність деревини стовбура у корі, кг·(м<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>;  $\rho_{dk}^{zil}$  – природна щільність деревини гілок у корі, кг·(м<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>;  $\rho_{1dk}^{zil}$  – базисна щільність деревини гілок у корі, кг·(м<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>;  $s_p^{zil}$  – вміст абсолютно сухої речовини в гілках у корі;  $pl$  – відсоток листя (хвої) у деревній зелені, %;  $sl$  – вміст абсолютно сухої речовини у свіжому листі (хвої);  $m^{zil}$  – фітомаса деревини гілок у корі в абсолютно сухому стані, кг;  $m^l$  – фітомаса листя (хвої) в абсолютно сухому стані, кг;  $m^{kp}$  – фітомаса крони дерева в абсолютно сухому стані, кг;  $m_{дер}$  – надземна фітомаса дерева в абсолютно сухому стані, кг;  $m_c$  – депонований вуглець у надземній фітомасі дерева, кг;  $e_{zil}$  – вміст енергії у фітомасі гілок крони, ГДж;  $e^{cm}$  – вміст енергії у фітомасі стовбура, ГДж;  $e$  – вміст енергії у надземній фітомасі дерева, ГДж.

Крім результатів математичного моделювання параметрів компонентів фітомаси і оцінки їх якісних показників [6], використано також дані наукових лі-



Таблиця 1. Алгоритм розробки нормативів вмісту енергії в надземній фітомасі дерев головних лісотвірних порід Українських Карпат

Ялина європейська	Ялина біла	Бук лісовий
$v = g \cdot h \cdot f / 1000;$ $f = 521,020 + 4,300 \cdot h + 301,830 / (h - 3,229) - 10,386 \cdot d^{0,881};$ $p_k = \exp(3,980 + 0,0141 \cdot d) \cdot d^{0,315} \cdot h^{0,412};$ $v_k = v \cdot p_k / 100;$ $q_{br} = \exp(-0,0881 + 0,204 E-03 \cdot d^2) \cdot d^{2,939} \cdot h^{1,245} \cdot P^{0,247};$ $q_{total} = \exp(-3,365) \cdot d^{3,022} \cdot h^{-1,002} \cdot P^{0,540};$ $a = \exp(1,622) \cdot d^{0,165} \cdot h^{0,825};$ $c_{b0}^{cm} = \exp(6,374 + 0,731 E-02 \cdot a) \cdot a^{0,284};$ $c_{bc}^{cm} = \exp(6,169 + 8,360 E-03 \cdot a) \cdot a^{0,228};$ $m_0^{cm} = (v - v_k) \cdot c_{b0}^{cm};$ $m_k^{cm} = v \cdot c_{bc}^{cm};$ $m^{cm} = m_0^{cm} + m_k^{cm};$ $p_a = 66,3;$ $s_a = 0,56;$ $q_a = q_{br} \cdot p_a / 100;$ $m_a^f = q_a \cdot s_a;$ $q_{lat} = q_a + (q_{b0} - q_a);$ $c_{bk}^{lat} = 523;$ $c_{bc}^{lat} = 986;$ $s_c^{lat} = c_{bk}^{lat} / c_{bc}^{lat};$ $m_c^{lat} = q_{lat} \cdot s_c^{lat};$ $m^{lat} = m_a^f + m_c^{lat};$ $m^{pp} = m^{cm} + m^{lat};$ $m_c = (m^{cm} + m^{lat}) \cdot 0,50 + m_e \cdot 0,45;$ $e^{cm} = m_c^{cm} \cdot 35,76;$ $e^{lat} = m_c^{lat} \cdot 35,76;$ $e = m_c \cdot 35,76$	$v = 3,910 E-05 \cdot d^{1,738} \cdot h^{1,270};$ $v_k = 1,024 E-05 \cdot d^{1,439} \cdot h^{1,265};$ $q_{br} = 0,044 \cdot d^{0,887} \cdot h^{1,512};$ $q_{total} = 2,430 E-04 \cdot d^{2,328} \cdot h^{1,295};$ $c_{b0}^{cm} = 392;$ $c_{bc}^{cm} = 450;$ $m_0^{cm} = (v - v_k) \cdot c_{b0}^{cm};$ $m_k^{cm} = v \cdot c_{bc}^{cm};$ $m^{cm} = m_0^{cm} + m_k^{cm};$ $p_a = 65,6;$ $s_a = 0,47;$ $q_a = q_{br} \cdot p_a / 100;$ $m_a^f = q_a \cdot s_a;$ $q_{lat} = q_{total} + (q_{b0} - q_a);$ $c_{bk}^{lat} = 508;$ $c_{bc}^{lat} = 972;$ $s_c^{lat} = c_{bk}^{lat} / c_{bc}^{lat};$ $m_c^{lat} = q_{lat} \cdot s_c^{lat};$ $m^{pp} = m_a^f + m_c^{lat};$ $m^{pp} = m^{cm} + m^{lat};$ $m_c = (m^{cm} + m^{lat}) \cdot 0,50 + m_e \cdot 0,45$ $e^{cm} = m_c^{cm} \cdot 35,76;$ $e^{lat} = m_c^{lat} \cdot 35,76;$ $e = m_c \cdot 35,76$	$v = g \cdot h \cdot f / 1000;$ $f = 608,140 \cdot (0,792 \cdot d - 3,091)^{0,088};$ $p_k = \exp(2,814) \cdot d^{0,381} \cdot h^{0,144};$ $v_k = v \cdot p_k / 100;$ $q_{br} = \exp(-1,244) \cdot d^{2,107};$ $q_{total} = \exp(-2,248 + 0,059 \cdot d) \cdot d^{2,489} \cdot h^{0,857} \cdot P^{0,115};$ $a = \exp(0,828) \cdot d^{0,160} \cdot h^{1,130};$ $c_{b0}^{cm} = \exp(5,737 - 0,00545 \cdot a) \cdot a^{0,250};$ $c_{bc}^{cm} = 486;$ $m_0^{cm} = (v - v_k) \cdot c_{b0}^{cm};$ $m_k^{cm} = v \cdot c_{bc}^{cm};$ $m^{cm} = m_0^{cm} + m_k^{cm};$ $p_a = 54,2;$ $s_a = 0,44;$ $q_a = q_{br} \cdot p_a / 100;$ $m_a^f = q_a \cdot s_a;$ $q_{lat} = q_{total} + (q_{b0} - q_a);$ $c_{bk}^{lat} = 551;$ $c_{bc}^{lat} = 1029;$ $s_c^{lat} = c_{bk}^{lat} / c_{bc}^{lat};$ $m_c^{lat} = q_{lat} \cdot s_c^{lat};$ $m^{pp} = m_a^f + m_c^{lat};$ $m^{pp} = m^{cm} + m^{lat};$ $m_c = (m^{cm} + m^{lat}) \cdot 0,50 + m_e \cdot 0,45;$ $e^{cm} = m_c^{cm} \cdot 35,76;$ $e^{lat} = m_c^{lat} \cdot 35,76;$ $e = m_c \cdot 35,76$



тературних джерел про частку вуглецю (50 % – деревина і кора; 45 % – листяна фракція) у ваговій одиниці фітомаси в абсолютно сухому стані [9] та параметри енергоемності 1 т вуглецю, депонованого у фітомасі дерев (35,76 ГДж) [10].

У результаті реалізації вищезазначеного алгоритму було отримано нормативно-довідкові таблиці, в яких наведено інформацію про вміст енергії в надземній фітомасі дерев смереки, ялиці білої і бука лісового в залежності від їх таксаційних показників, діаметра на висоті 1,3 м та висоти. Проте враховуючи особливості вихідних дослідних даних, зазначені нормативно-довідкові таблиці будуть давати адекватні результати тільки в певному параметричному діапазоні – для висоти від 4 до 32 м та для діаметра 4–44 см.

Фрагменти розроблених нормативів для оцінки вмісту енергії акумульованої у фітомасі стовбурів дерев наведено в табл. 2–4.

Для усіх трьох порід характерним є збільшення вмісту енергії у фітомасі стовбурів у корі дерев зі збільшенням

розмірів, що повністю узгоджується з природою росту дерева.

Нині в багатьох європейських країнах деревину гілок визнано важливим додатковим джерелом сировини, яка широко використовується не тільки в целюлозно-паперовій промисловості, а й у біоенергетичному виробництві. В Україні деревина та кора гілок вважається неліквідною сировиною, практично не використовується і, як правило, залишається в лісі після проведення лісозаготівельних робіт. Враховуючи світові тенденції щодо розвитку альтернативних джерел енергії та беручи до уваги досвід таких європейських країн, як Фінляндія й Австрія, в Україні деревина і кора гілок може бути одним із джерел одержання теплової енергії, що вимагає відповідного нормативно-інформаційного забезпечення для оцінки їх енергоемності.

Фрагменти розроблених нормативів для оцінки вмісту енергії, акумульованої у фітомасі гілок дерев, наведено у табл. 5–7.

Варто зазначити, що у межах одного ступеня товщини фітомаса гілок ялини

**Таблиця 2. Вміст енергії, акумульованої у фітомасі стовбурів дерев ялини європейської, ГДж**

Діаметр, см	Висота, м										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	0,027	0,027	0,034	0,041	0,050						
6	0,063	0,061	0,075	0,093	0,11	0,13					
8		0,11	0,13	0,16	0,20	0,23	0,27				
10		0,16	0,20	0,25	0,30	0,36	0,41	0,46			
12		0,23	0,29	0,36	0,41	0,50	0,57	0,66	0,75		
14			0,38	0,46	0,55	0,66	0,77	0,88	1,00	1,13	
16			0,48	0,59	0,72	0,84	0,97	1,13	1,27	1,43	1,61
18			0,61	0,75	0,89	1,04	1,22	1,39	1,57	1,79	1,97
20				0,89	1,07	1,25	1,47	1,68	1,79	2,15	2,32
22				1,07	1,27	1,50	1,73	1,97	2,15	2,50	2,86
24				1,25	1,48	1,73	1,97	2,32	2,50	2,86	3,22
26					1,72	1,97	2,32	2,50	2,86	3,40	3,75
28					1,79	2,15	2,50	2,86	3,40	3,75	4,29
30						2,50	2,86	3,40	3,75	4,29	4,83



Таблиця 3. Вміст енергії, акумульованої у фітомасі стовбурів дерев ялиці білої, ГДж

Діаметр, см	Висота, м										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	0,018	0,030	0,045	0,059	0,075						
6	0,038	0,063	0,089	0,12	0,15	0,18					
8		0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,36				
10		0,15	0,21	0,29	0,38	0,45	0,54	0,61			
12		0,21	0,30	0,39	0,50	0,61	0,73	0,84	0,97		
14			0,39	0,52	0,66	0,80	0,95	1,11	1,25	1,43	
16			0,50	0,66	0,84	1,02	1,20	1,39	1,59	1,79	1,97
18			0,61	0,80	1,02	1,23	1,47	1,72	1,97	2,15	2,50
20				0,97	1,23	1,48	1,77	1,97	2,32	2,68	3,04
22				1,14	1,45	1,77	2,15	2,50	2,86	3,04	3,58
24				1,34	1,68	1,97	2,50	2,86	3,22	3,58	4,11
26					1,97	2,32	2,86	3,22	3,75	4,11	4,65
28					2,15	2,68	3,22	3,75	4,29	4,83	5,36
30						3,04	3,58	4,11	4,83	5,36	6,08

європейської та бука лісового зменшується зі збільшенням висоти; протилежна картина спостерігається в ялиці білої. Така ж тенденція зберігається щодо нормативів умісту енергії в гілках дерев.

Використання запропонованих вище нормативно-довідкових таблиць є ефек-

тивним у випадку, коли деревину і кору стовбурів дерев досліджуваних деревостанів планується використати як енергетичний ресурс, а компоненти фітомаси крон будуть залишатися на лісосіці (для подальшого перегнивання) з метою мінімізації впливу на стабільність екосистеми

Таблиця 4. Вміст енергії, акумульованої у фітомасі стовбурів дерев бука лісового, ГДж

діаметр, см	Висота, м										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	0,036	0,057	0,079	0,10	0,13	0,15					
6		0,095	0,13	0,17	0,21	0,25	0,29				
8		0,16	0,21	0,29	0,36	0,41	0,48	0,54			
10		0,23	0,34	0,43	0,54	0,63	0,73	0,82	0,91		
12			0,46	0,61	0,75	0,88	1,02	1,14	1,29	1,41	
14			0,63	0,80	0,98	1,18	1,36	1,54	1,72	1,79	1,97
16			0,79	1,04	1,27	1,50	1,73	1,97	2,15	2,32	2,50
18				1,29	1,57	1,79	2,15	2,32	2,68	2,86	3,22
20				1,56	1,79	2,15	2,50	2,86	3,22	3,58	3,93
22				1,79	2,15	2,68	3,04	3,58	3,93	4,29	4,65
24					2,68	3,22	3,58	4,11	4,65	5,19	5,54
26					3,04	3,58	4,29	4,83	5,36	5,90	6,44
28						4,29	4,83	5,54	6,26	6,97	7,51
30						4,83	5,54	6,44	7,15	7,87	8,58



Таблиця 5. Вміст енергії, акумульованої у фітомасі гілок крони дерев ялини європейської, ГДж

Діаметр, см	Висота, м										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	0,018	0,011	0,007	0,005	0,004						
6	0,054	0,030	0,021	0,014	0,011	0,009					
8		0,068	0,046	0,034	0,027	0,021	0,020				
10		0,127	0,088	0,064	0,050	0,041	0,036	0,029			
12		0,215	0,147	0,107	0,086	0,070	0,059	0,052	0,045		
14			0,232	0,168	0,132	0,109	0,091	0,080	0,070	0,063	
16			0,322	0,250	0,197	0,161	0,136	0,118	0,102	0,091	0,082
18			0,465	0,340	0,268	0,232	0,197	0,166	0,145	0,131	0,116
20				0,465	0,375	0,304	0,268	0,232	0,197	0,177	0,159
22				0,626	0,501	0,411	0,340	0,304	0,268	0,232	0,215
24				0,805	0,644	0,536	0,447	0,393	0,340	0,304	0,268
26					0,805	0,662	0,572	0,483	0,429	0,393	0,340
28					1,001	0,840	0,697	0,608	0,536	0,483	0,429
30						1,019	0,876	0,751	0,662	0,590	0,536

та у випадку заготівлі промислово-цінних сортиментів, коли для енергетичних цілей можуть бути використані тільки порубкові залишки у вигляді гілок [8].

За необхідності оцінки вмісту енергії в надземній фітомасі дерев у цілому, можна використовувати нормативні матеріали, фрагменти яких наведено у табл. 8–10.

Запропоновані нормативно-довідкові

таблиці можуть бути застосовані при здійсненні матеріальної оцінки ділянок, відведених у різні види рубок, для визначення енергетичного потенціалу заготовленої, в ході їх проведення, деревної біомаси. Враховуючи, що ліси Карпатського регіону виконують важливі екологічні функції, використання деревини та лісосічних відходів для енергетичних

Таблиця 6. Вміст енергії, акумульованої у фітомасі гілок крони дерев ялиці білої, ГДж

Діаметр, см	Висота, м										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	0,004	0,007	0,013	0,018	0,023						
6	0,007	0,013	0,018	0,027	0,034	0,043					
8		0,016	0,025	0,036	0,046	0,059	0,072				
10		0,021	0,034	0,046	0,061	0,077	0,093	0,111			
12		0,027	0,043	0,059	0,077	0,095	0,116	0,138	0,161		
14			0,052	0,072	0,093	0,116	0,141	0,168	0,197	0,232	
16			0,063	0,086	0,113	0,139	0,170	0,197	0,232	0,268	0,304
18			0,073	0,102	0,132	0,164	0,197	0,232	0,268	0,322	0,358
20				0,120	0,154	0,197	0,232	0,268	0,322	0,375	0,411
22				0,138	0,179	0,215	0,268	0,322	0,375	0,429	0,483
24				0,157	0,197	0,250	0,304	0,358	0,429	0,483	0,554
26					0,232	0,286	0,358	0,411	0,483	0,554	0,626
28					0,268	0,322	0,393	0,465	0,536	0,626	0,697
30						0,375	0,447	0,519	0,608	0,697	0,787



Таблиця 7. Вміст енергії, акумульованої у фітомасі гілок крони дерев бука лісового, ГДж

Діаметр, см	Висота, м										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	0,020	0,014	0,011	0,009	0,009	0,007					
6		0,039	0,032	0,025	0,023	0,020	0,018				
8		0,088	0,070	0,057	0,048	0,043	0,038	0,034			
10		0,161	0,127	0,105	0,089	0,079	0,072	0,064	0,059		
12			0,215	0,179	0,154	0,134	0,120	0,107	0,100	0,091	
14			0,340	0,286	0,250	0,215	0,197	0,173	0,157	0,145	0,136
16			0,519	0,429	0,375	0,322	0,286	0,268	0,232	0,215	0,215
18				0,644	0,554	0,483	0,429	0,393	0,358	0,322	0,304
20				0,912	0,787	0,679	0,608	0,554	0,501	0,465	0,429
22				1,269	1,091	0,966	0,858	0,769	0,715	0,662	0,608
24					1,502	1,323	1,180	1,073	0,983	0,894	0,840
26					1,967	1,788	1,591	1,448	1,323	1,216	1,126
28						2,324	1,967	1,788	1,770	1,627	1,502
30						3,040	2,682	2,503	2,324	2,146	1,967

потреб має базуватися на засадах сталого розвитку.

#### Висновки

Одержані в процесі досліджень результати сприятимуть практичній реалізації розвитку в Україні біоенергетики – одного з найбільш перспективних напрямів вирішення наявних нині енергетичних проблем.

Розроблене інформаційне забезпечення може бути використане при здійсненні наукового, екологічного, лісівничого та техніко-економічного обґрунтування розширеного використання лісоенергетичних ресурсів деревостанів головних лісотвірних порід у Карпатському регіоні України.

Таблиця 8. Вміст енергії, акумульованої у надземній фітомасі дерев ялини європейської, ГДж

Діаметр, см	Висота, м										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	0,072	0,052	0,050	0,052	0,059						
6	0,20	0,13	0,12	0,13	0,14	0,15					
8		0,27	0,23	0,23	0,25	0,27	0,30				
10		0,45	0,39	0,38	0,39	0,43	0,48	0,52			
12		0,72	0,59	0,57	0,59	0,63	0,68	0,75	0,82		
14			0,86	0,80	0,82	0,86	0,93	1,02	1,13	1,23	
16			1,18	1,09	1,09	1,14	1,23	1,34	1,47	1,61	1,75
18			1,57	1,43	1,41	1,47	1,56	1,68	1,79	1,97	2,15
20				1,79	1,79	1,79	1,79	1,97	2,15	2,32	2,68
22				2,15	2,15	2,15	2,32	2,50	2,68	2,86	3,22
24				2,68	2,68	2,68	2,68	2,86	3,22	3,40	3,75
26					3,22	3,22	3,22	3,40	3,75	3,93	4,29
28					3,75	3,75	3,75	4,11	4,29	4,65	5,01
30						4,29	4,47	4,65	5,01	5,36	5,72





Таблиця 9. Вміст енергії, акумульованої у надземній фітомасі  
дерев ялиці білої, ГДж

Діаметр, см	Висота, м										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	0,030	0,052	0,077	0,104	0,132						
6	0,054	0,093	0,14	0,18	0,23	0,29					
8		0,14	0,21	0,29	0,36	0,45	0,54				
10		0,20	0,30	0,39	0,50	0,63	0,75	0,88			
12		0,27	0,39	0,54	0,68	0,82	0,98	1,16	1,34		
14			0,50	0,68	0,86	1,05	1,27	1,48	1,70	1,97	
16			0,63	0,84	1,07	1,31	1,56	1,79	2,15	2,32	2,68
18			0,75	1,02	1,29	1,57	1,97	2,15	2,50	2,86	3,22
20				1,22	1,54	1,97	2,32	2,68	3,04	3,40	3,75
22				1,41	1,79	2,15	2,68	3,04	3,58	3,93	4,47
24				1,63	2,15	2,50	3,04	3,58	4,11	4,65	5,19
26					2,32	2,86	3,40	3,93	4,65	5,19	5,90
28					2,68	3,22	3,93	4,47	5,19	5,90	6,62
30						3,75	4,29	5,01	5,90	6,62	7,33

Таблиця 10. Вміст енергії, акумульованої у надземній фітомасі  
дерев бука лісового, ГДж

Діаметр, см	Висота, м										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	0,063	0,077	0,095	0,114	0,14	0,16					
6		0,15	0,18	0,21	0,25	0,29	0,30				
8		0,27	0,30	0,36	0,41	0,46	0,54	0,59			
10		0,43	0,48	0,57	0,64	0,73	0,80	0,89	0,98		
12			0,73	0,82	0,93	1,04	1,16	1,29	1,39	1,52	
14			1,02	1,14	1,27	1,43	1,57	1,73	1,79	1,97	2,15
16			1,39	1,52	1,70	1,79	1,97	2,15	2,32	2,50	2,86
18				1,97	2,15	2,32	2,50	2,86	3,04	3,22	3,58
20				2,50	2,68	3,04	3,22	3,58	3,75	4,11	4,47
22				3,22	3,40	3,75	4,11	4,29	4,65	5,01	5,36
24					4,29	4,65	5,01	5,36	5,72	6,08	6,44
26					5,19	5,54	5,90	6,44	6,79	7,33	7,69
28						6,79	7,15	7,69	8,05	8,58	9,12
30						8,22	8,58	9,12	9,66	10,19	10,73

## Література

1. Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів Українського Полісся: Монографія / Лакида П.І., Білоус А.М., Васишин Р.Д. та ін. – Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М., 2012. – 454 с.
2. Васишин Р. Д. Біоенергетика лісів Українських Карпат як складова еколого-економічної безпеки західного регіону України // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: Матер. міжн. наук.-практ. конф. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2012. – С. 24.





3. Лакида П.И. Петренко М.М., Василюшин Р.Д. Биоэнергетический потенциал лесосырьевых ресурсов в Украине // Лесная таксация и лесоустройство. – 2007. – № 1(37). – С. 180–185.
4. Лакида П.И. Василюшин Р.Д., Василюшин О.М. Надземна фітомаса та вуглецево-енергетичний потенціал ялицевих деревостанів Українських Карпат: Монографія. – Корсунь-Шевченківський: ФОП Гавришенко В.М. – 2010. – 240 с.
5. Лакида П. И. Фітомаса лісів України: Монографія. – Тернопіль: Збруч – 2002. – 256 с.
6. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України: Довідник (нормативно-виробниче видання) / Лакида П. И. та ін. – К. : Видавничий дім "ЕКО-інформ", 2011. – 192 с.
7. Energy potential of biomass in Ukraine / Lakyda P., Geletukha G., Vasylyshyn R. and other / Edited P. I. Lakyda. – Kyiv: Publishing Center of NUBiP of Ukraine, 2011. – 28 p.
8. 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.
9. Matthews G. The Carbon Contents of Trees // Forestry Commission, Tech. Paper 4. – Edinburgh, 1993. – 21 p.
10. Shvidenko A., Nilsson S., Obersteiner M. Wood for bioenergy in Russia: Potential and Reality // Wood Energy. – May 2004. – P. 323–340.

#### АННОТАЦІЯ

**Василюшин Р.Д. Оцінка содержания энергии в фитомассе деревьев главных лесобразующих пород Украинских Карпат // Биоресурсы и природопользование. – 2013. – 5, № 1–2. – С. 102–110.**

Приведены результаты разработки нормативно-справочного обеспечения для оценки содержания энергии в надземной фитомассе деревьев главных лесобразующих пород Украинских Карпат. Предложен алгоритм разработки нормативно-справочных таблиц для оценки содержания энергии, который базируется на результатах моделирования количественных параметров компонентов фитомассы деревьев и их качественных показателях. В основу работы положены результаты биометрической оценки 279 модельных деревьев ели европейской, 215 – пихты белой и 167 – бука лесного.

#### SUMMARY

**R. Vasylyshyn. Assessment of energy content in the phytomass of trees of main forest forming species of Ukrainian Carpathians // Biological Resources and Nature Management. – 2013. – 5, № 1–2. – P. 102–110.**

The results of development of normative information for energy content assessment in the aboveground trees phytomass of the main forest forming species of Ukrainian Carpathians are given. The algorithm for the development of reference tables to estimate energy content based on modeling results of quantitative parameters of trees biomass and their qualitative indicators is proposed. The research is based on biometric evaluation of 279 model trees of spruce, 215 – of Silver fir and 167 – beech.