

БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ЛІСІВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Василишин Р. Д., Юрчук Ю. М.

ВСТУП

Біологічна продуктивність слугує однією з базових характеристик лісів, що визначає інтенсивність біопродукційних процесів у лісових екосистемах та є інформаційною основою для оцінювання екосистемних функцій, серед яких важливе місце належить вуглецедепонувальній і киснепродукувальній здатності лісових фітоценозів¹. Перші фундаментальні результати в напрямі дослідження біопродуктивності лісів були одержані в рамках Міжнародної біологічної програми, мета якої полягала у встановленні закономірностей формування, розподілу й відтворення органічної речовини в природних екосистемах².

Особливої актуальності дослідження біологічної продуктивності лісів набули в другій половині минулого століття, коли для глобального суспільного розвитку стала характерною поява низки катастрофічних явищ як наслідку глобальних кліматичних змін³. Передумовою цього процесу є підвищення концентрації та інтенсивна зміна частки вуглекислого газу в структурі атмосферного повітря Землі та, як наслідок, посилення парникового ефекту. Беручи до уваги, що біосферна роль лісових екосистем як найпродуктивнішого типу рослинності на планеті в напрямі зв'язування та депонування вуглецю є пріоритетною в умовах значного антропоїчного навантаження, дослідження біопродуктивності лісових фітоценозів набули особливого міждисциплінарного значення.

Для напрацювання дієвих механізмів щодо забезпечення пом'якшення наслідків глобальних кліматичних змін на міжнародному рівні ініційовано прийняття низки домовленостей, у тому числі й

¹ Василишин Р.Д. Еколого-енергетичний потенціал лісів Українських Карпат та його стале використання : Монографія. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 303 с.

² Лакида П.І. Фітомаса лісів України : Монографія. Тернопіль : Збруч, 2002. 256 с.

³ Швиденко А.З., Лакида П.І., Щепашенко Д.Г., Василишин Р.Д., Марчук Ю.М. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гавришенко В.М., 2014. 283 с.

Паризької кліматичної угоди⁴, яка визначає важливу роль лісів як поглиначів парникових газів.

В Україні дослідження такого напрямку нині інтегрувалися в комплексні наукові праці, які поєднують біоценологічну й ресурсну складові частини біопродуктивності лісів. Ці тенденції простежуються в наукових роботах представників наукової школи П.І. Лакиди, які внесли вагомий внесок у розвиток лісівничої науки в напрямі дослідження біопродуктивності лісів і розроблення комплексу відповідного нормативно-інформаційного забезпечення для оцінювання фітомаси й первинної продукції лісових фітоценозів^{5, 6, 7, 8, 9, 10}.

Невіддільною складовою частиною формування біопродуктивності лісових екосистем є органічна речовина відмерлих деревних рослин у вигляді сухоостою, деревної ламани й лісової підстилки^{11, 12, 13, 14}.

⁴ Паризька угода : Міжнародний документ від 12 грудня 2015 р. *Офіційний вісник України*. 2016. № 61. С. 12. Ст. 2074. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text.

⁵ Василюшин Р.Д. Ліси Українських Карпат: особливості росту, біологічна та енергетична продуктивність : Монографія. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2016. 418 с.

⁶ Лакида П.І., Блищик В.І., Блищик І.В. Первинна продукція клейковільхових лісів Українського Полісся : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гавришенко В.М., 2017. 245 с.

⁷ Лакида П.І., Бокоч В.В., Василюшин Р.Д., Терентьєв А.Ю. Біопродуктивність лісових фітоценозів Карпатського національного природного парку : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гавришенко В.М., 2015. 154 с.

⁸ Лакида П.І., Домашовець Г.С. Біопродуктивність лісів Львівщини та її динаміка : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І.С., 2009. 235 с.

⁹ Лакида П.І., Білоус А.М., Василюшин Р.Д., Матушевич Л.М., Макаручук Я.І. Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів Українського Полісся : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гавришенко В.М., 2012. 454 с.

¹⁰ Лакида П.І., Мельник О.М., Василюшин Р.Д. Біопродуктивність лісових фітоценозів Національного природного парку «Прип'ять-Стохід» : монографія. Консунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І.В., 2019. 182 с.

¹¹ Білоус А.М. Деревний детрит лісів Українського Полісся : Монографія. Київ: НУБіП України, 2018. 170 с.

¹² Білоус А.М., Котляревська У.М. Біомаса вільхових лісів Українського Полісся : Монографія. Київ : НУБіП України, 2018. 240 с.

¹³ Ковальська С.С. Динаміка рослинної біомаси штучних соснових лісів південного придніпровського полісся : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.02. Київ, 2018. 169 с.

¹⁴ Ковбаса Я.В., Білоус А.М. Мортмаса березняків Чернігівщини: депонований вуглець та енергія : Монографія. Київ : НУБіП України, 2017. 167 с.

Регіональні оцінки біопродуктивності лісів є інформаційною основою організації системи управління лісами на засадах екосистемного підходу. У такому контексті дослідження біопродуктивності лісів Житомирської області, загальна площа земель лісового фонду якої становить 1 094,4 тис. га з лісистістю території на рівні 33,6%, важливе й для моніторингу екологічного стану регіону.

1. Лісівничо-таксаційна характеристика лісів Житомирщини

За даними поточного державного обліку лісів¹⁵ площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Житомирської області становить майже 1 млн га, де акумульовано понад 170 млн м³ стовбурового запасу. Нині в лісовому фонді регіону значна частка насаджень хвойних деревних видів, зокрема сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). Насадження з її переважанням у складі наразі займають близько 55% площі лісового фонду Житомирщини (табл. 1).

Таблиця 1

Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок і стовбурового запасу за панівними деревними видами

Деревний вид	Кількісний показник			
	площа		стовбуровий запас	
	тис. га	%	млн м ³	%
Береза повисла	181,8	18,8	17,85	10,4
Вільха клейка	83,6	8,7	10,92	6,4
Дуб звичайний	139,0	14,4	19,63	11,4
Сосна звичайна	530,1	54,9	118,46	69,1
Інші види рослин	30,6	3,2	4,55	2,7
Разом	964,9	100,0	171,41	100,0

Серед панівних лісотвірних видів досліджуваного регіону також варто виокремити такі: береза повисла (*Betula pendula* Roth.), вільха клейка (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) та дуб звичайний (*Quercus robur* L.). Частка інших деревних видів становить 3,2% у загальній структурі площі ділянок лісового фонду. Водночас майже 70% стовбурового запасу зосереджено в соснових насадженнях регіону, що становить майже 120 млн м³ деревини. Тоді як на дубові й березові насадження припадає відповідно 11,4 та 10,4% досліджуваного ресурсу.

¹⁵ Довідник лісового фонду України (укладений спеціалістами виробничо-технологічного відділу ВО «Укрдержліспроєкт» за матеріалами державного обліку лісів станом на 01 січня 2011 р.). Ірпінь : ВО «Укрдержліспроєкт», 2012. 130 с.

У віковій структурі лісового фонду домінують середньовікові насадження із часткою понад 45% площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, в яких акумульовано майже 49% стовбурового запасу (табл. 2).

Таблиця 2

Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок і стовбурового запасу за групами віку

Група віку	Кількісний показник			
	площа		стовбуровий запас	
	тис. га	%	млн м ³	%
Молодняки	184,7	19,1	10,29	6,0
Середньовікові	435,6	45,1	83,97	49,0
Пристиглі	206,9	21,4	47,91	28,0
Стиглі	123,6	12,8	26,80	15,6
Перестійні	14,1	1,5	2,44	1,4
Разом	964,9	100,0	171,41	100,0

Позитивом є досить значна частка молодих насаджень (19,1%), що вказує на наявність успішного відновлення лісів. Такий підхід дозволить забезпечити успішне виконання екосистемних функцій лісами в майбутньому, оскільки саме молодняки й середньовікові насадження забезпечують максимальні значення вуглецедепонувальної та киснепродукувальної здатності лісових фітоценозів¹⁶.

За походженням у досліджуваному регіоні домінують насінневі штучні насадження, частка яких тут становить майже 40% (табл. 3).

Таблиця 3

Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок і стовбурового запасу за походженням

Походження	Кількісний показник			
	площа		стовбуровий запас	
	тис. га	%	млн м ³	%
Вегетативне	236,5	24,5	29,45	17,2
Насіннєве природне	347,3	36,0	64,38	37,5
Насіннєве штучне	381,1	39,5	77,59	45,3
Разом	964,9	100,0	171,41	100,0

¹⁶ Lakyda P., Bilous A., Shvidenko A., Myroniuk V., Matsala M., Vasylyshyn R., Holiaka D., Lakyda I. Ecosystem services of Ukrainian forests: a case study for the Polissya region : Monograph. Kyiv : NULES of Ukraine, 2018. 188 p.

Загалом у структурі лісового фонду домінують насадження насінневого походження із часткою майже 77%, у тому числі 36% – природні деревостани. Ще четверта частина деревостанів мають вегетативне походження, як правило, це березові, вільхові й дубові насадження, які поширені у вологих суборах і вологих і сирих сугрудах (табл. 4).

Таблиця 4

Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за типами лісорослинних умов і походженням

Індекс ТЛУ	Площа насаджень за походженням, га			Усього	
	вегетативне	насінне природне	насінне штучне	га	%
<i>A</i> ₁	25,9	2 483,6	8 392,3	1 0901,8	1,1
<i>A</i> ₂	692,3	2 4662,2	43 833,0	6 9187,5	7,2
<i>A</i> ₃	1 775,3	8 788,0	4 438,0	1 5001,3	1,6
<i>A</i> ₄	676,5	4 688,5	650,4	6 015,4	0,6
<i>A</i> ₅	137,2	5 634,2	44,1	5 815,5	0,6
<i>B</i> ₁	14,7	184,2	206,4	405,3	0,0
<i>B</i> ₂	7 980,6	57 500,3	124 266,2	189 747,1	19,7
<i>B</i> ₃	46 506,5	11 6017,9	67 358,6	229 883,0	23,8
<i>B</i> ₄	18 981,4	27 134,4	5 625,8	51 741,6	5,4
<i>B</i> ₅	3 408,1	7 967,7	390,0	11 765,8	1,2
<i>C</i> ₁	0,6	–	–	0,6	0,0
<i>C</i> ₂	15 246,3	20 326	50 373,6	85 945,9	8,9
<i>C</i> ₃	62 972,9	56 007,7	48 546,8	167 527,4	17,4
<i>C</i> ₄	64 432,1	8 614,1	5 381,8	78 428,0	8,1
<i>C</i> ₅	3 127,6	728,7	134,1	3 990,4	0,4
<i>D</i> ₂	4 709,8	3 294,2	1 1854,1	19 858,1	2,1
<i>D</i> ₃	4 630,9	3 127,9	8 879,6	16 638,4	1,7
<i>D</i> ₄	1 100,3	138,8	709,1	1 948,2	0,2
<i>D</i> ₅	69,3	7,8	0,5	77,6	0,0
Разом	236 488,3	347 306,2	381 084,4	964 878,9	100,0

У цілому майже 50% території лісового фонду Житомирської області представлені суборами, серед яких домінують вологі й свіжі лісорослинні умови. Майже третина лісового фонду регіону характеризується відносно багатими умовами (сугрудами), де переважають насадження природного походження, з яких майже 150 тис. га – це вегетативні деревостани. У межах досліджуваного регіону на багаті лісорослинні умови (груди) припадає менше ніж 5% території, тоді як майже 85% насаджень Житомирщини ростуть у

свіжих і вологих умовах, а частка сухих умов у регіоні становить тільки 1,2%.

Насадження вегетативного походження у 85% випадків ростуть у вологих і сирих умовах, тоді як для насаджень насінневого походження характерними умовами зростання є свіжі гігروتопи.

Щодо продуктивності досліджуваних насаджень варто зазначити, що в Житомирській області домінують деревостани I та II класів бонітету із частками відповідно 38,5 і 34,9% (табл. 5). У цілому високопродуктивні деревостани I класу бонітету й вище в регіоні займають площу понад 500 тис. га або 52,7%. Водночас частка низкопродуктивних насаджень (IV клас бонітету й нижче) не перевищує 3,5%, що в основному представлена середньовіковими й стиглими й перестиглими деревостанами.

Таблиця 5

Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за класами бонітету й групами віку

Клас бонітету	Площа насаджень у межах груп віку, га				
	молодняки	середньовікові	пристигли	стигли й перестиглі	усього
I ^b і вище	6 235,6	10 459,2	2 389,1	491,9	19 575,8
I ^a	17 245,7	69 174,9	24 516,4	6 429,6	117 366,6
I	71 100,6	166 438,0	88 825,1	44 729,2	371 092,9
II	61 434,6	139 314,6	73 648,3	62 148,9	336 546,4
III	21 591,0	37 097,4	13 515,4	16 645,0	88 848,8
IV	5 800,7	8 908,0	2 116,5	3 489,0	20 314,2
V	1 203,9	3 480,4	1 392,0	1 936,0	8 012,3
V ^a і нижче	75,3	714,5	527,3	1 804,8	3 121,9
Разом	184 687,4	435 587,0	206 930,1	137 674,4	964 878,9

Бонітетна структура лісів досліджуваного регіону певним чином відбиває тенденції продуктивності лісів Українського Полісся загалом¹⁷.

Важливою складовою частиною лісівничо-таксаційної характеристики лісів досліджуваного регіону є повнотна структура деревостанів, яка певним чином відбиває особливості ведення

¹⁷ Лакида П.І., Терентьев А.Ю., Василишин Р.Д. Штучні соснові деревостани Полісся України – прогноз росту та продуктивності : Монографія. Київ : ФОП Майдаченко І.С., 2012. 171 с.

господарства й слугує індикатором ефективності здійснюваних лісогосподарських заходів¹⁸.

У Житомирській області домінують середньоповнотні насадження з відносною повнотою 0,7–0,8, які займають понад 65% площі ділянок, вкритих лісовою рослинністю, що зображено в табл. 6.

Таблиця 6

Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за відносними повнотами й класами бонітету

Відносна повнота	Площа насаджень у межах класів бонітету, га					
	I ^a і вище	I	II	III	IV і нижче	усього
0,4 і нижче	346,0	1 800,8	4 850,6	3 054,7	1 622,9	11 675,0
0,5	1 645,7	11 432,6	22 513	9 531,2	4 558,6	49 681,1
0,6	9 495,4	45 335,6	67 659	18 649,9	6 370,0	147 509,9
0,7	49 680,3	147 078,2	136 194	3 0738	10 165,7	373 856,2
0,8	54 470,7	121 787,4	77 382,3	20 058,9	6 830,5	280 529,8
0,9	19 457,2	39 688,5	24 480	6 074,6	1 704,0	91 404,3
1,0	1 847,1	3 969,8	3 467,5	741,5	196,7	10 222,6
Разом	136 942,4	371 092,9	336 546,4	88 848,8	31 448,4	964 878,9
Частка, %	14,2	38,5	34,9	9,2	3,3	100,0

Переважання насаджень зі згадану відносною повнотою характерне для деревостанів I та II класів бонітету. Водночас частка низькоповнотних насаджень із відносною повнотою 0,5 і нижче становить близько 6,5%, а високоповнотних насаджень із повнотою 0,9 і вище досягає рівня 10,5%.

Така повнотна структура вказує на спрямованість лісогосподарського виробництва регіону на формування високопродуктивних насаджень аборигенних лісотвірних видів. З цієї метою використовуються рубки формування та оздоровлення лісів середньої та низької інтенсивності.

Передумовою впровадження в досліджуваному регіоні екосистемного лісового менеджменту є врахування типологічних особливостей лісових ділянок у процесі прийняття управлінських рішень щодо відтворення лісів, забезпечення їхнього здоров'я та комплексного обліку використання лісових ресурсів¹⁹.

¹⁸ Бала О.П. Моделювання росту та продуктивності деревостанів твердолистяних деревних видів України : Монографія. Київ : ЦП «КОМПРИНТ», 2019. 291 с.

¹⁹ Миклуш С.І. Рівнинні букові ліси України: продуктивність та організація сталого господарства : Монографія. Львів : ЗУКЦ, 2011. 220 с.

У табл. 7 наведено типологічну структуру лісового фонду Житомирщини, яка зображує лісорослинний потенціал та є інформаційною основою оцінювання екосистемних функцій лісів.

Таблиця 7

Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок і стовбурового запасу за типами лісу

Тип лісу	Кількісний показник			
	площа		стовбуровий запас	
	тис. га	%	млн м ³	%
Вологий грабово-дубово-сосновий сугруд	97,5	10,1	14,2	8,3
Вологий дубово-сосновий субір	202,6	21,0	35,5	20,7
Свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд	59,9	6,2	13,8	8,1
Свіжий дубово-сосновий субір	189,7	19,7	47,5	27,7
Свіжий сосновий бір	69,2	7,2	14,1	8,3
Сирий чорновільховий сугруд	66,6	6,9	8,7	5,1
Інші типи лісу	279,4	29,0	37,6	21,9
Разом	964,9	100,0	171,41	100,0

Загалом у регіоні панівними типами лісу є вологий дубово-сосновий субір і свіжий дубово-сосновий субір, які в сукупності займають понад 40% площі лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю. Понад 10% або 97,5 тис. га припадає на насадження, які ростуть у вологому грабово-дубово-сосновому сугруді, тоді як частка свіжого соснового бору становить 7,2%.

Аналіз лісівничо-таксаційної структури лісового фонду Житомирської області засвідчив також наявність певних регіональних особливостей формування лісових насаджень у регіоні дослідження, що значно пов'язано із застосуванням локальних регіональних підходів до ведення лісового господарства, в тому числі й на типологічній основі.

2. Фітомаса, мортмаса й чиста первинна продукція лісових фітоценозів Житомирської області

Одним із ключових показників для оцінювання біопродуктивності й вуглецевого бюджету лісових фітоценозів

слугує фітомаса (live biomass), яка є кількісною характеристикою деревостану й не вимірюється в процесі здійснення польових лісовпорядних робіт, а обчислюється з використанням математичних залежностей²⁰.

У межах дослідження в результаті аналізу значної кількості рівнянь для оцінювання фітомаси було встановлено, що для лісів регіону такі аналітичні вирази є оптимальними для використання, враховуючи факт їхнього успішного використання для оцінювання фітомаси українських лісів. Отже, використані рівняння мають такий вигляд²¹:

$$R_{fr} = \frac{M_{fr}}{GS} = a_0 \cdot A^{a_1} \cdot SI^{a_2} \cdot EXP(a_3 \cdot A), \quad (2.1)$$

$$R_{fr} = \frac{M_{fr}}{GS} = a_0 \cdot A^{a_1} \cdot SI^{a_2}, \quad (2.2)$$

$$R_{fr} = \frac{M_{fr}}{GS} = a_0 \cdot A^{a_1} \cdot SI^{a_2} \cdot RS^{a_3} \cdot EXP(a_4 \cdot A + a_5 \cdot RS), \quad (2.3)$$

$$R_{fr} = \frac{M_{fr}}{GS} = a_0 \cdot SI^{a_1} \cdot A^{(a_2 + a_3 \cdot RS + a_4 \cdot RS^2)}, \quad (2.4)$$

де R_{fr} – відношення маси окремих фракцій фітомаси насадження (стовбур, деревина крони, листя, корені, піднаметова рослинність – підріст, підлісок, живий ґрунтовий покрив) до запасу живих дерев насаджень; M_{fr} – маса окремих фракцій фітомаси, може виражатися в масі сухої речовини або вуглецю, т; GS – запас деревостану, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$; A – середній вік насадження, роки; SI – клас бонітету; RS – відносна повнота насадження; a_1, a_2, \dots, a_5 – коефіцієнти регресії.

Також основою для оцінювання мортмаси лісів регіону слугували математичні залежності, запропоновані А.М. Білоусом для лісових фітоценозів Українського Полісся²².

²⁰ Lakyda P., Shvidenko A., Bilous A., Myroniuk V., Matsala M., Zibtsev S., Schepaschenko D., Holiaka D., Vasylyshyn R., Lakyda I., Diachuk P., Kraxner F. Impact of Disturbances on the Carbon Cycle of Forest Ecosystems in Ukrainian Polissya. *Forests*. 2019. Vol. 10. Iss. 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10040337>.

²¹ Швиденко А.З., Лакида П.І., Щепашенко Д.Г., Василюшин Р.Д., Марчук Ю.М. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В.М., 2014. 283 с.

²² Білоус А.М. Деревний детрит лісів Українського Полісся : Монографія. Київ: НУБіП України, 2018. 170 с.

Отже, загальна фітомаса лісів Житомирської області оцінюється на рівні 150 млн т сухої органічної речовини, а мортмаса досягає рівня в понад 18 млн т мертвої органічної речовини (табл. 8).

Таблиця 8

**Розподіл фітомаси й мортмаси лісів
за панівними деревними видами**

Вид деревних рослин	Кількісний показник			
	фітомаса		мортмаса	
	тис. т	%	тис. т	%
Береза повисла	22 574,6	14,9	2 061,21	11,0
Вільха клейка	9 997,2	6,6	1 528,71	8,1
Дуб звичайний	21 972,8	14,5	3 786,53	20,1
Сосна звичайна	92 863,8	61,2	10 659,77	56,7
Інші види рослин	4 213,1	2,8	769,4	4,1
Разом	151 621,5	100	18 805,6	100,0

У загальній структурі рослинної біомаси лісів регіону домінують соснові насадження, на які припадає понад 60% загального обсягу фітомаси й 56,7% – мортмаси. Водночас досить вагомими показниками характеризуються і дубові насадження Житомирщини, які акумулювали в собі понад 20 млн т живої органічної речовини (14,5%) і близько 4 млн т мортмаси (20,1%).

Аналізуючи вікову структуру розподілу рослинної біомаси лісів регіону, варто зазначити, що майже половину її запасів (81,8 млн т) зосереджено в середньовікових насадженнях (табл. 9).

Таблиця 9

Розподіл фітомаси й мортмаси лісів за групами віку

Група віку	Кількісний показник			
	фітомаса		мортмаса	
	тис. т	%	тис. т	%
Молодняки	9 037,0	6,0	2 215,3	11,8
Середньовікові	72 745,3	48,0	9 064,6	48,2
Пристиглі	41 580,6	27,4	4 480,8	23,8
Стиглі	25 753,3	17,0	2 706,7	14,4
Перестійні	2 505,3	1,7	338,2	1,8
Разом	151 621,5	100,0	18 805,6	100,0

Значна частка досліджуваного показника припадає також на пристиглі насадження – 27,4% фітомаси й 23,8% мортмаси, які за

наведеними значеннями дещо випереджають стиглі деревостани регіону дослідження – 17,0% фітомаси й 14,4% мортмаси або 25,7 та 2,7 млн т відповідно.

За щільністю нагромадження рослинної біомаси на одиниці площі лісових ділянок у регіоні домінують соснові насадження з показником $19,2 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$, водночас середнє значення цього показника для регіону дослідження становить $15,3 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ живої органічної речовини (табл. 10).

Таблиця 10

Якісні показники фітомаси лісів Житомирщини

Деревний вид	Щільність фітомаси	
	$\text{кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$	$\text{т} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$
Береза повисла	12,26	1,03
Вільха клейка	11,81	0,74
Дуб звичайний	14,80	0,72
Сосна звичайна	19,24	0,69
Середнє	15,34	0,75

Щодо щільності фітомаси на одиницю стовбурового запасу досліджуваних насаджень, то тут найвищі значення характерні для м'яколистяних деревостанів. Зокрема, для березових це $1,03 \text{ т} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$, а для вільхових – $0,74 \text{ т} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$. Середнє значення для лісів Житомирщини складає $0,75 \text{ т} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ живої органічної речовини.

Понад 40% фітомаси в регіоні зосереджено в деревостанах I класу бонітету (табл. 11). Водночас на деревостани II класу бонітету припадає понад 48 млн т фітомаси або 31,8% від загального обсягу.

Таблиця 11

Розподіл фітомаси за компонентами й класами бонітету

Клас бонітету	Фітомаса, тис. т				
	стовбур у корі	гілки	хвоя (листя)	коріння	піднаметова рослинність
I ^a і вище	20 279,1	1 713,3	386,2	4 026,4	578,6
I	46 350,3	4 810,1	991,5	10 456,1	1 737,5
II	32 885,7	4 690,0	988,3	7 896,4	1 764,6
III	5 981,1	1 087,8	270,7	1 570,0	467,8
IV і нижче	1 459,6	340,8	106,6	610,4	172,6
Разом	106 955,8	12 641,9	2 743,3	24 559,3	4 721,2

Аналізуючи інформацію, наведену в табл. 11, варто зазначити, що понад 70% фітомаси лісів регіону становить стовбурова деревина, яка характеризується значенням на рівні 107 млн т. Частка інших фракцій фітомаси в загальності структури така: гілки крони – 8,3%, фотосинтезувальний апарат – 1,8%, кореневі системи – 16,2% і піднаметова рослинність, яка містить підріст, підлісок і живий нагрунтовий покрив, – 3,1%.

Щодо структури мортмаси лісів регіону, то тут домінує лісова підстилка, частка якої становить понад 60% (табл. 12). Таке співвідношення є цілком логічним, адже в регіоні переважають хвойні насадження, в яких процес гуміфікації лісової підстилки є досить тривалим. Водночас частка компонентів мортмаси лісів Житомирщини така: сухостій – 12,3% або 2,3 млн т, сухі гілки – 17,8% або 3,3 млн т, а також деревна ламань – 6,6% або 1,2 млн т органічної речовини.

Майже половина обсягу мортмаси акумульована в насадженнях, що ростуть у суборах.

Таблиця 12

Розподіл мортмаси за компонентами й трюфотопами

Трюфотоп	Мортмаса, тис. т				
	сухостій	деревна ламань	сухі гілки	лісова підстилка	разом
Бори (A)	171,5	55,6	358,8	1 084,2	1 670,1
Субори (B)	1 036,5	453,4	1 764,8	5 690,1	8 944,8
Сугруди (судіброви) (C)	991,1	670,0	1 081,0	4 457,1	7 199,2
Груди (діброви) (D)	113,5	59,8	146,3	672,0	991,6
Усього	2 312,5	1 238,8	3 350,9	11 903,3	18 805,6

Відносно багаті умови (сугруди) характеризуються часткою мортмаси на рівні 38,3%. Частка борових і грудових лісорослинних умов у загальній структурі мортмаси не перевищує 10%.

Загалом у суборах найвищі значення мортмаси характерні для сухоостою, сухих гілок і лісової підстилки, тоді як найбільші обсяги деревної ламані зафіксовано в сугрудах, що може буди пов'язано з особливостями вікової та видової структури в насадження, які ростуть у згаданих типах лісорослинних умов.

Первинна продукція є важливим індикатором впливу кліматичної системи Землі на продуктивність лісових фітоценозів і визначає щорічну кількість органічної речовини, зафіксованої у фітомасі лісових фітоценозів, узагальнюючи різницю між фотосинтезом та автотрофним диханням лісових екосистем.

Оцінювання чистої первинної продукції є важливою складовою частиною екологічного моніторингу природних екосистем. Різні екологічні задачі потребують знання кількох видів біологічної продуктивності, зокрема валової продукції як загального результату фотосинтезу (Gross Primary Production – GPP); чистої первинної продукції (Net Primary Production, NPP) як кількості органічної речовини, що фіксується в тканинах рослин; чистої екосистемної продукції (Net Ecosystem Production, NEP) як різниці між нетто-первинною продукцією та гетеротрофним диханням екосистеми, а також чистої біомної продукції (Net Biome Production, NBP) або іншого близького показника – чистого екосистемного вуглецевого балансу (Net Ecosystem Carbon Balance, NECB). Ці два останні показники дають кінцеве значення обміну вуглецем екосистем із навколишнім середовищем на великих територіях і за проміжок часу не менше ніж один рік²³.

У науковій літературі існує багато різних підходів до оцінювання продукції лісових екосистем: обліково-статистичні методи, що базуються на безпосередніх вимірюваннях NPP в екосистемах; різні моделі «процесного» типу, які імітують процеси поглинання вуглецю внаслідок фотосинтезу та його перерозподілу в екосистемах у процесі їх життєдіяльності; використання хлорофільного індексу; застосування методів дистанційного зондування та інші²⁴.

У процесі виконання дослідження здійснено оцінювання первинної продукції стовбурів дерев. З цією метою використано запропонований А.З. Швиденком та іншими «напівемпіричний» метод²⁵.

²³ Швиденко А.З., Лакида П.І., Щепашенко Д.Г., Василюшин Р.Д., Марчук Ю.М. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гавришенко В.М., 2014. 283 с.

²⁴ Shvidenko A., Buksha I., Krakovska S., Lakyda, P. Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability*. 2017. Vol. 9 (7). P. 1152–1158. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9071152>.

²⁵ Shvidenko A., Schepaschenko D., Nilsson S. Modeling Net Primary Production of Northern Eurasia forests: A new method & new estimate. *ECCEM'07*. Trieste, 2007. P. 485–486.

Основою цього методичного підходу слугує твердження про те, що чиста первинна продукція екосистеми у віці A є аналогією річному зростанню загальної продукції фітомаси (або загальному приросту фітомаси).

У результаті дослідження встановлено, що щорічна первинна продукція стовбурів дерев у лісових фітоценозах Житомирської області становить близько 2,7 млн т.

У загальній структурі стовбурової продукції лісів регіону домінують соснові насадження, на які припадає 57% загального обсягу первинної продукції стовбурів дерев. Також досить вагомими значеннями характеризуються й березові насадження, які щорічно продукують понад 500 тис. т органічної речовини, що становить 20,9%.

За інтенсивністю біопродукційного процесу в регіоні також домінують соснові й березові насадження, для яких характерні значення стовбурової продукції на рівні 3,41 та 3,33 т·га⁻¹·рік⁻¹ (табл. 13).

Таблиця 13

**Розподіл первинної продукції стовбурів дерев
за панівними видами деревних рослин**

Вид деревних рослин	Чиста первинна продукція	
	тис. т·рік ⁻¹	т·га ⁻¹ ·рік ⁻¹
Береза повисла	576,8	3,33
Вільха клейка	214,3	2,62
Дуб звичайний	308,8	2,24
Сосна звичайна	1 572,7	3,41
Інші види рослин	85,8	—
Разом	2 758,5	2,91

Водночас чільне місце в структурі біопродуктивності лісів Житомирської області належить також дубовим і вільховим насадженням, які щорічно сукупно продукують близько 19% або 523,1 тис. т стовбурової продукції регіону.

У віковій структурі стовбурової продукції домінують середньовікові насадження, на які припадає 49,7% продукуючої органічної речовини (табл. 14).

У такому контексті середньовіковим насадженням дещо поступаються пристиглі й молодняки, які щорічно продукують 614,9 тис. т (22,3%) і 434,4 тис. т (15,7%) стовбурової продукції відповідно.

**Розподіл первинної продукції стовбурів дерев
за групами віку й типами лісорослинних умов**

Група віку	Первинна продукція стовбурів дерев у межах типів лісорослинних умов, тис. т·рік ⁻¹						
	B ₂	B ₃	C ₂	C ₃	D ₃	інші	всього
Молодняки	106,2	114,5	25,2	51,9	3,7	132,9	434,4
Середньовікові	355,6	275,7	151,5	215,6	37,9	335,4	1371,7
Пристиглі	152,5	170,8	50,9	82,7	7,7	150,2	614,9
Стиглі	47,7	86,7	28,8	62,7	5,2	79,6	310,7
Перестиглі	1,0	2,5	3,6	8,7	1,8	9,2	26,9
Разом	663,0	650,3	260,0	421,5	56,4	707,3	2758,5

За типологічною структурою досліджуваного показника переважають насадження у свіжому й вологому суборі, частка яких у регіоні становить 24,0 та 23,6% відповідно. Щодо насаджень в інших типах лісорослинних умов, то тут ситуація така: у вологих сугрудах – 15,3%, у свіжих сугрудах – 9,4%, у свіжих грудах – 2,0%.

Особливості біопродукційного процесу в насадженнях різних типів лісорослинних умов слугують інформаційним базисом для формування комплексної стратегії екоадаптаційного відтворення лісів Українського Полісся як складової частини системи заходів адаптації лісового господарства до наслідків глобальних кліматичних змін.

ВИСНОВКИ

Біопродуктивність лісових фітоценозів, з одного боку, є одним з індикаторів впливу глобальних кліматичних змін на природні екосистеми, а з іншого, – слугує кількісною характеристикою стійкості лісів до сукупності біотичних та абіотичних чинників.

За результатами дослідження встановлено, що загальна фітомаса (органічна речовина живих органів рослин) лісів Житомирської області оцінюється на рівні 150 млн т, а мортмаса (органічна речовина мертвих органів рослин) досягає рівня в понад 18 млн т. Водночас у загальній структурі рослинної біомаси лісів регіону домінують соснові насадження, на які припадає понад 60% загального обсягу фітомаси й 56,7% – мортмаси. Соснові насадження також домінують за показником щільності нагромадження рослинної біомаси на одиниці площі лісових ділянок – 19,2 кг·(м²)⁻¹ за середнього значення для регіону на рівні 15,3 кг·(м²)⁻¹ живої органічної речовини.

У компонентній структурі фітомаси лісів Житомирщини понад 70% становить стовбурова деревина. Частка інших фракцій фітомаси в цій структурі така: гілки крони – 8,3%, листя (хвоя) – 1,8%, кореневі системи – 16,2% і піднаметова рослинність – 3,1%. Щодо мортмаси, то тут домінує лісова підстилка, частка якої становить понад 60%, далі: сухостій – 12,3%, сухі гілки – 17,8%, деревна ламань – 6,6%.

Щорічна первинна продукція стовбурів дерев у лісових фітоценозах Житомирської області становить близько 2,7 млн т, у тому числі 57% припадає на продукцію соснових насаджень (1 572,7 тис. т). Водночас березові насадження щорічно продукують понад 500 тис. т органічної речовини. У віковій структурі стовбурової продукції домінують середньовікові насадження, на які припадає 49,7% щорічно продукованої органічної речовини. Це переважно насадження в умовах свіжого й вологого субору.

Одержані результати слугуватимуть науковою основою для оцінювання екосистемних функцій лісів Житомирської області, зокрема енергетичної, вуглецедепонувальної та киснепродукуювальної.

АНОТАЦІЯ

У сучасних реаліях взаємодії людини й природи необхідними стають знання, які відбивають наслідки антропогенного впливу в результаті надмірного споживання природних ресурсів. У такому контексті важлива роль належить лісовим фітоценозам, які є вагомим чинником стабілізації стану навколишнього природного середовища в умовах глобальних кліматичних змін.

У процесі виконання дослідження здійснено аналітичну оцінку лісівничо-таксаційної характеристики лісів Житомирщини, яка відбиває сучасний стан лісів регіону й визначає сукупність чинників, що формують особливості біопродукційного процесу.

Установлено кількісні показники фітомаси, мортмаси й первинної стовбурової продукції лісів, які є складовими частинами їхньої біопродуктивності. Ці показники відбивають у тому числі й ефективність ведення лісового господарства в напрямі відтворення лісів з урахуванням типологічного потенціалу лісорослинних умов, забезпечення здоров'я лісових фітоценозів та організації використання лісових ресурсів. Одержані результати слугуватимуть інформаційною основою впровадження сталого лісоуправління.

Література

1. Василишин Р.Д. Еколого-енергетичний потенціал лісів Українських Карпат та його стале використання : Монографія. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 303 с.
2. Лакида П.І. Фітомаса лісів України : Монографія. Тернопіль : Збруч, 2002. 256 с.
3. Швиденко А.З., Лакида П.І., Щепашенко Д.Г., Василишин Р.Д., Марчук Ю.М. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В.М., 2014. 283 с.
4. Паризька угода : Міжнародний документ від 12 грудня 2015 р. *Офіційний вісник України*. 2016. № 61. С. 12. Ст. 2074. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text.
5. Василишин Р.Д. Ліси Українських Карпат: особливості росту, біологічна та енергетична продуктивність : Монографія. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2016. 418 с.
6. Лакида П.І., Блищик В.І., Блищик І.В. Первинна продукція клейковільхових лісів Українського Полісся : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В.М., 2017. 245 с.
7. Лакида П.І., Бокоч В.В., Василишин Р.Д., Терентьєв А.Ю. Біопродуктивність лісових фітоценозів Карпатського національного природного парку : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В.М., 2015. 154 с.
8. Лакида П.І., Домашовець Г.С. Біопродуктивність лісів Львівщини та її динаміка : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І.С., 2009. 235 с.
9. Лакида П.І., Білоус А.М., Василишин Р.Д., Матушевич Л.М., Макарчук Я.І. Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів Українського Полісся : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В.М., 2012. 454 с.
10. Лакида П.І., Мельник О.М., Василишин Р.Д. Біопродуктивність лісових фітоценозів Національного природного парку «Прип'ять-Стохід» : монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І.В., 2019. 182 с.
11. Білоус А.М. Деревний детрит лісів Українського Полісся : Монографія. Київ : НУБіП України, 2018. 170 с.

12. Білоус А.М., Котляревська У.М. Біомаса вільхових лісів Українського Полісся : Монографія. Київ : НУБіП України, 2018. 240 с.

13. Ковальська С.С. Динаміка рослинної біомаси штучних соснових лісів південного придніпровського полісся : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.02. Київ, 2018. 169 с.

14. Ковбаса Я.В., Білоус А.М. Мортмаса березняків Чернігівщини: депонований вуглець та енергія : Монографія. Київ : НУБіП України, 2017. 167 с.

15. Довідник лісового фонду України (укладений спеціалістами виробничо-технологічного відділу ВО «Укрдержліспроект» за матеріалами державного обліку лісів станом на 01 січня 2011 р.). Ірпінь : ВО «Укрдержліспроект», 2012. 130 с.

16. Lakyda P., Bilous A., Shvidenko A., Myroniuk V., Matsala M., Vasylyshyn R., Holiaka D., Lakyda I. Ecosystem services of Ukrainian forests: a case study for the Polissya region : Monograph. Kyiv : NULES of Ukraine, 2018. 188 p.

17. Лакида П.І., Терентьев А.Ю., Василишин Р.Д. Штучні соснові деревостани Полісся України – прогноз росту та продуктивності : Монографія. Київ : ФОП Майдаченко І.С., 2012. 171 с.

18. Бала О.П. Модельовання росту та продуктивності деревостанів твердолистяних деревних видів України : Монографія. Київ : ЦП «КОМПРИНТ», 2019. 291 с.

19. Миклуш С.І. Рівнинні букові ліси України: продуктивність та організація сталого господарства : Монографія. Львів : ЗУКЦ, 2011. 220 с.

20. Lakyda P., Shvidenko A., Bilous A., Myroniuk V., Matsala M., Zibtsev S., Schepaschenko D., Holiaka D., Vasylyshyn R., Lakyda I., Diachuk P., Kraхner F. Impact of Disturbances on the Carbon Cycle of Forest Ecosystems in Ukrainian Polissya. *Forests*. 2019. Vol. 10. Iss. 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10040337>.

21. Швиденко А.З., Лакида П.І., Щепашенко Д.Г., Василишин Р.Д., Марчук Ю.М. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гавришенко В.М., 2014. 283 с.

22. Білоус А.М. Деревний детрит лісів Українського Полісся : Монографія. Київ : НУБіП України, 2018. 170 с.

23. Швиденко А.З., Лакида П.І., Щепашенко Д.Г., Василюшин Р.Д., Марчук Ю.М. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор : Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В.М., 2014. 283 с.

24. Shvidenko A., Buksha I., Krakovska S., Lakyda, P. Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability*. 2017. Vol. 9 (7). P. 1152–1158. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9071152>.

25. Shvidenko A., Schepaschenko D., Nilsson S. Modeling Net Primary Production of Northern Eurasia forests: A new method & new estimate. *ECEM'07*. Trieste, 2007. P. 485–486.

Information about the authors:

Vasylyshyn Roman Dmytrovych,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Professor at Forest Mensuration and Forest Management Department
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
15, Heroyiv Oborony str., Kyiv, 03041, Ukraine

Yurchuk Yurii Mykolayovych,

Postgraduate Student at Forest Mensuration
and Forest Management Department
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
15, Heroyiv Oborony str., Kyiv, 03041, Ukraine