

УДК 574.4+630\*182.5

## БІОЕНЕРГЕТИКА ЛІСОВОГО ЛАНДШАФТУ: КОНЦЕПЦІЯ, МЕТРИЗАЦІЯ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

П. Третяк

*Державний природознавчий музей НАН України,  
вул. Театральна, 18, 79008, м. Львів, Україна*

Основа енергетичного потенціалу комплексу природних ресурсів ландшафту – приріст біомаси. Він є інтегральним показником, що характеризує потенціал акумуляції первинних складових фотосинтезу та похідних біогеохімічних процесів, що відбуваються в лісових екосистемах. Тому річний приріст біомаси є важливим показником біоенергетичної метризації. Обсяги біомаси та приросту деревостанів визначають найбільші дерева, хоча відносна кількість їх невелика (до 15 %). Приріст біомаси деревостанів у віці 120–250 років, може становити  $15\text{--}20\text{ м}^3\cdot\text{га}^{-1}\cdot\text{рік}^{-1}$ , або  $8\text{--}12\text{ тон}\cdot\text{га}^{-1}\cdot\text{рік}^{-1}$  сухої речовини, що відповідає  $4\text{--}6\text{ тон}\cdot\text{га}^{-1}\cdot\text{рік}^{-1}$  депонованого вуглецю. Це у 2,5–5 разів більше ніж відповідні показники в лісах України. Тому необхідно підвищити продуктивність лісів України у два рази до середньоевропейського рівня  $9\text{--}10\text{ м}^3\cdot\text{га}^{-1}\cdot\text{рік}^{-1}$ . Це можна досягнути на підставі ландшафтного моделювання лісової рослинності, враховуючи її біоенергетичний потенціал.

*Ключові слова:* ландшафти, біоенергетика, ліс, біомаса, приріст.

За умов сучасних глобальних та регіональних кліматичних змін особливо загрозливого значення набуває активізація небезпечних стихійних явищ та процесів, зокрема повеней та посух, а також техногенних змін у ландшафтах, що набувають загрозливих масштабів та незворотного характеру. Саме тому Саміт Ріо-92 вселив людству надії на виживання, припинення тотального нищення довкілля і природних ресурсів. Проте майже 20 років, що минули відтоді, практично не змінили критичної ситуації.

Єдиним радикальним способом попередження та обмеження масштабів таких змін є використання потенційних захисних функцій природних комплексів, особливо їхніх біосистем. Адже біосистеми, які є найбільш лабільними і вразливими складовими частинами ландшафту, значно визначають інтенсивність та напрями матеріально-енергетичного обміну між атмосферою, гідросферою, літосферою та біокосною системою ґрунтового покриву. Насамперед це стосується поглинання сонячної енергії, синтезу та нагромадження органічної речовини, споживання вуглекислого газу та депонування вуглецю, продукування кисню, споживання вологи та її транспірації у повітряний простір, нагромадження вологи у ґрунтах тощо [6, 7, 21, 22, 25, 26].

Саме тому на регіональному та локальному рівнях конструктивні природоохоронні та оптимізаційні рішення повинні ґрунтуватися на максимальному використанні та підвищенні потенційно можливих захисних і регуляторних функцій біосистем ландшафтів на землях природоохоронного призначення, санаторно-рекреаційного, лісогосподарського та агрокультурного використання, а також відновлення цих біосистем на девастрованих землях промислових виробничих комплексів.

Основа енергетичного потенціалу комплексу природних ресурсів ландшафту – приріст біомаси [10]. Він є інтегральним показником, що характеризує потенціал акумуля-

ції первинних складових фотосинтезу та похідних речовин біологічного розкладу, біохімічного трансформування у живій та відмерлій біомасі, а також у біокосній системі ґрунту. Загальновідомо, що найінтенсивніше ці біогеохімічні процеси відбуваються у лісових екосистемах, які мають найвищий потенціал продуктивності, власне показник річного приросту біомаси. Цей показник, як відомо, залежить від обсягу біомаси. Питомий обсяг біомаси сухої органічної речовини лісового біоценозу сягає орієнтовно 200–1 000 т·га<sup>-1</sup>, що на порядок більше, ніж середнє значення загалом на планеті, та на два–три порядки більше, ніж відповідні показники лучних екосистем та агроугідь. Саме біомаса забезпечує первинну продукцію органічної речовини в лісових природних комплексах у розмірі 4–50 т·га<sup>-1</sup> щорічно, що містить 150–250 млн кДж·га<sup>-1</sup> нагромадженої енергії [1]. Чим більший приріст біомаси на одиниці площі, тим більший обсяг депонованого вуглецю, а також використаної та транспірованої води [4, 11, 22, 25–27]. Отже, **продуктивність біомаси на одиниці площі** природного комплексу є **визначальним** показником для його **біоенергетичної метризації**.

Стосовно обсягів депонування вуглекислоти, то їх з'ясовують на підставі площі лісової рослинності держави та середньої річної продуктивності лісів. Такі узагальнені дані офіційних джерел [5, 27] станом на початок ХХІ ст. наведені в таблиці.

Лісові ресурси та їхня продуктивність

Територія	Площа, млн га		Відносна площа лісів, %	Загальний запас, млн м <sup>3</sup>	Середній запас деревини		Річний приріст деревини	
	загальна	лісів			м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>	т·га <sup>-1</sup>	млн м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>
Європа	2 372,3	1 004	47	108 674	110	87	2 287	2,2
Україна	60,4	9,4	15,7	1 695–1 880*	180–200*	143–158*	34,9	3,7–4,0*
Австрія	8,4	3,9	47	1 097	286	250	29,7	7,6
Чехія	7,9	2,6	33	683	260	125	23,6	9,1
Німеччина	35,7	10,7	30	2 880	268	134	102,7	9,6
Польща	31,3	9,1	29	2 079	230	101	82,5	9,1
Словаччина	4,9	2,0	42	554	276	157	13,6	6,8
Словенія	2,0	1,2	59	320	283	178	7,0	5,8
Швейцарія	4,1	1,2	30	395	337	165	10,1	8,4

\*За різними джерелами [5, 27].

Як бачимо, загалом на території Європи середній запас деревини дуже низький, лише 110 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, а її річний приріст становить тільки 2,2 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. В Україні ситуація ліпша, оскільки питомі запаси деревини та річний приріст є майже у двічі більшими. Проте в окремих європейських країнах ці показники значно вищі. Зокрема, у Польщі, де кліматичні та ґрунтово-гідрологічні умови подібні, середній запас деревини – 230 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, а річний приріст деревини становить 9,1 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>.

Показник продуктивності лісів залежить від видового складу, структури та віку деревостанів і сягає у високоповнотних деревостанах старшого віку (пралісах) значення 15–20 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. Такий висновок зробив німецький дослідник Г. Пречш у монографії [23]. За його даними, у Центральній Європі питомий обсяг біомаси високоповнотних деревостанів у віці 120 років може сягати 450 т·га<sup>-1</sup>, а щорічний приріст стовбурної дереви-

ни в модельних деревостанах набуває максимальних значень і стабілізується у віці 80–150 років й сягає  $15 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ , а загальна продуктивність фітомаси –  $20\text{--}25 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Його висновки підтверджують офіційні дані щодо питомих запасів деревостанів старших класів віку окремих країн. Наприклад, середній обсяг деревини у деревостанах Франції віком 81–100 років становить  $993 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ , Німеччини – 844, Угорщини – 935, Словенії – 1 017. У віці 101–140 років їхні середні питомі запаси становлять  $1\ 000\text{--}1\ 400 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$  [27: table 1.6]. В Україні ці показники у 3–4 рази менші [5].

Наведені вище узагальнення зобов'язують переглянути практику ведення лісового господарства. Раціональне його ведення, з огляду на екологічні функції лісів, які залежать від їхньої продуктивності, повинно бути переорієнтоване на вирощування лісів з високими запасами стовбурної деревини продовж усього періоду максимального приросту їхньої біомаси. Адже лише в такий спосіб можна отримати довготривалий ефект максимального використання фотосинтезу та інтенсивного перебігу біогеохімічних процесів у лісових екосистемах для підвищення потенційно можливих захисних та регуляторних функцій природних комплексів на землях природоохоронного, санаторно-рекреаційного, лісогосподарського та агрокультурного використання.

Таке бачення потребує, однак, ретельної перевірки і додаткового дослідження, оскільки продуктивність лісів старшого віку в офіційних джерелах не відображена [5, 8]. В Україні деревостанів у віці стиглості й старшого віку залишилось не багато, близько 7 %. Переважно вони є розрідженими, а запас стовбурної деревини їх низький –  $250\text{--}500 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ , а тому, відповідно, і приріст біомаси невисокий. З цих причин до недосліджених питань належать потенційний приріст та продуктивність деревостанів різного видового складу у віці понад 100 років, що ростуть у різних ґрунтово-кліматичних умовах природних ландшафтів.

Дослідження виконані на прикладі лісів Карпатської частини басейну р. Дністер у межах різних природних районів: широколистяних лісів Передкарпатської височини, мішаних ялиново-ялицево-букових лісів низькогір'я, ялиново-букових та ялинових лісів карпатського середньогір'я. Вивчали структуру деревостанів старшого віку та біометричні показники модельних дерев. Застосовували загальноприйняті методики у лісовій біометрії [12, 19].

Отримані результати викладені в багатьох наших працях [2, 3, 9, 10, 13–18, 28]. Загалом з'ясовано, що усереднені об'єми стовбурної деревини модельних дерев старшого віку сягають значення від 3 до  $7 \text{ м}^3$ , а максимальні сягають  $8\text{--}21 \text{ м}^3$ . Причому такі показники не є екстремальними відхиленнями від середнього значення, а нормальними в межах достовірного інтервалу стандартного статистичного відхилення, оскільки їхній вік на 30–60 % перевищує значення середнього статистичного віку. Показники усередненого річного приросту за висотою та діаметром є найвищими у віці дерев 50–150 років, а пізніше зменшуються. Усереднений річний приріст стовбурної деревини сягає максимальних значень у віці дерев бука та ялини 120–150 років ( $0,04\text{--}0,05 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ ), а ялиці і дуба – 200–250 років ( $0,08\text{--}0,14 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ ). Такі значення річного приросту об'єму,  $0,05\text{--}0,14 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , для стовбурів дерев об'ємом  $5\text{--}10 \text{ м}^3$  відповідають річному процентному приросту об'єму стовбурів у межах 1–2 %. Це дає підстави передбачати, що за наявності на 1 га лише 100 таких великих дерев у складі деревостану забезпечується об'єм стовбурної деревини деревостану  $700 \text{ м}^3$  і приблизно  $10 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$  її приросту, що у 2,5 рази більше, ніж відповідний середній показник в Україні.

Наведені біометричні показники росту дерев залежать від ґрунтового-кліматичних умов ландшафту, власне висотних місцевостей, характер лісового покриву яких суттєво відмінний.

**На Передкарпатській височині** характерними є грабово-буково-дубові ліси з домішкою ялиці та ялини; що ростуть в умовах вологих сугрудів плакорних поверхонь та їхніх узбіч. Рідше трапляються дубово-вільхові ліси з домішкою берези, осики та ялини, що ростуть в умовах сирих сугрудів і грудів прирічкових долин та ерозійних улоговин. В умовах таких природних комплексів виявлено унікальний ясеневодубово-в'язовий деревостан віком 85 років. Локально трапляються дубові сосняки, що ростуть в умовах свіжих і вологих суборів на алювіальних відкладах прирічкових долин.

Дослідженнями з'ясовано, що кульмінація річного приросту об'єму стовбурів дерев бука та ялиці настає приблизно у віці 120 років і пізніше, а дуба – 200 років. Максимальні його показники такі: для дуба і бука –  $0,1 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , для ялиці –  $0,17 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ . Середній відсотковий річний приріст об'єму стовбурів старих дубів становить тільки близько 1 %, а буків і ялиць – 2 %. Ріст модельних дерев в'язу гладкого виявився доволі швидкий: у віці 80 років висота дерев –  $30 \pm 4 \text{ м}$ , діаметр стовбурів на висоті 1,3 м –  $65 \pm 4 \text{ см}$ , а об'єм – від 2,5 до  $4,3 \text{ м}^3$ . Найвищі значення річного приросту за об'ємом спостерігали у віці дерев понад 40 років – від 0,08 до  $0,1 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , що становить 2–3 % об'єму стовбурів.

У дубово-грабових деревостанах віком 150–250 років, запас яких –  $515 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ , виявлено, що 8,3 % дерев з діаметром стовбурів понад 62 см містять 63 % загального запасу. У деревостані з переважанням в'язу гладкого віком 85 років за запасу  $556 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$  виявлено, що 9,2 % найтовстіших дерев з діаметром стовбурів понад 70 см містять 56,4 % від загального запасу деревостану. Отже, саме ці найбільші дерева визначають обсяги біомаси та її приросту в лісових природних комплексах.

**У низькогір'ї Східних Бескидів та Горганів** найбільше поширеними типами едафотопів є вологі сугруди і груди. У їхніх межах панують мішані ліси за участю ялини, ялиці й бука. Локально у свіжих суборах переважають ялинники з невеликою домішкою бука, сосни звичайної та берези. В умовах вологих суборів ростуть ялиново-соснові деревостани, з домішкою ялиці, берези та вільхи клейкої, а у свіжих сугрудах – ялицево-ялинові букняки з домішкою сосни звичайної та берези.

Максимальні показники річного приросту висоти виявлено в модельних дерев ялини у віці 20–40 років, бука у віці 30–70 років, а в ялиці у віці 30–50 і навіть пізніше – 150–170 років для ялиць, які в молодому віці ростуть під наметом старшого лісу. Максимальні значення приросту за діаметром стовбурів спостережено: у ялини – у віці 30–50 років, у бука – 60–100 років, а в ялиці – від 50 до 170 років. Найцікавішою виявилася, однак, динаміка приросту за об'ємом: у ялини приріст поступово зростає до  $0,08 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  у віці 120 років, а в бука становить  $0,1 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  у віці 100–120 років, а потім зменшується. Однак у дерев ялиці максимальний приріст об'єму стовбурів починається у віці понад 150 років і у віці 200 років сягає максимального значення –  $0,1 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ . Відносний річний приріст об'єму стовбурів старих дерев бука і ялиці становить 2 %, а у ялини – лише 1 %. Такі старовікові ялицево-букові деревостани вирізняються великим запасом стовбурної деревини ( $800\text{--}1100 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ ). Це зумовлено значною кількістю дерев – у середньому 680 на 1 га. Більшу частину запасу формують дерева висотою понад 34 м. Хоча їх порівняно небагато (лише 78 на 1 га, або 11,4 %), проте вони формують близько 65 % запасу стовбурної деревини деревостану. Потенційно можливий приріст стовбурної деревини таких деревостанів сягає  $16,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ .

У *середньогір'ї Горганів* найбільше поширені крутосхиллові лісові поверхнево кам'янисті природні комплекси з буроземними ґрунтами. У вологих оліго-мезотрофних умовах звичайними є монодомінантні ялинові субори за участю берези й з домішкою ялиці в нижніх частинах схилів, а також сосни кедрової та сосни гірської у верхніх частинах гірських масивів. У вологих мезотрофних едафотобах на кам'янистих буроземах панують мішані динамічно змінні у розвитку ялицево-буково-ялинові ліси. В умовах вологих багатих буроземів на глинистому фліші поширені мішані ялицево-смерекові бучини. Максимальний річний приріст висоти стовбурів (близько 0,3 м щороку) простежено в дерев ялини у віці 20–150 років, а в ялиці та бука – у віці дерев 50–100 років (лише 0,26 і 0,21 м за рік). Високі значення приросту за діаметром утримуються винятково довго: у ялини – у віці від 30 до 170 років, у ялиці – від 100 до 200 років, у бука – від 70 до 350 років. Динаміка приросту об'єму стовбурів також різна. Максимум у ялини виявлено у віці 100–150 років, у ялиці – 200–250 років. Він сягає  $0,14 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , а в бука менший, поступово зростає й у віці 350 років сягає  $0,1 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ . Середній відносний річний приріст об'єму стовбурів старих бучок і ялиць становить 1 %, а ялин – 2 %.

В обстежених ялицево-букових деревостанах старшого віку, запас яких сягає  $700\text{--}1000 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ , 63 % запасу припадає на дерева ступенів висоти 32–52 м, часка яких – лише 12 % від загальної кількості. Такі деревостани різновікові. За модельними деревами можна стверджувати, що вік дерев ялиці висотою 40 м і більше орієнтовно становить 200–300 років, ялини – лише 130–170 років. Вік дерев бука висотою 40–44 м становить 250–330 років. Беручи до уваги, що половину запасу деревостану на 1 га формують лише 50 дерев висотою 34 м і більше, можна стверджувати, що середній вік таких деревостанів за буком становить 250 років, за ялицею – 220 років, а за ялиною – лише 140 років. Відповідно, річний приріст цих деревостанів є високим і сягає  $10\text{--}15 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Загальні обсяги продукування біомаси є більшими від зазначених показників на 30–50 % і можуть становити  $15\text{--}20 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ , або  $8\text{--}12 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$  сухої речовини, що відповідає  $4\text{--}6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$  депонованого вуглецю. Це у 2,5–5,0 разів більше ніж середній приріст деревини у лісах України. З урахуванням транспіраційного коефіцієнта, а саме – на продукування 1 т сухої речовини деревини рослини витрачають 250–300 т води [21], можна стверджувати, що щорічний приріст сухої речовини  $10 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  означає потребу води  $2,5\text{--}3,0 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , або  $250\text{--}300 \text{ л} \cdot \text{м}^{-2}$ .

У *високогірних ялинових і кедрово-ялинових борах* поблизу верхньої межі лісу показники приростів дерев головню невеликі порівняно з деревостанами, що ростуть нижче. У вологих оліго-мезотрофних умовах кислих малопотужних буроземів на кам'янистих розсипах (*Dystric Regosols*) на висоті понад 1 300 м н. р. м. ялина європейська росте дуже повільно. У віці 200–400 років висота дерев сягає 30 м, діаметр стовбурів на висоті 1,3 м – 60 см, а їхній об'єм – приблизно  $4 \text{ м}^3$ . Середній приріст у висоту становить  $0,05\text{--}0,2 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Середній приріст за діаметром –  $1\text{--}4 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$ , а середній приріст за об'ємом – лише  $0,005\text{--}0,015 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ . Сосна кедрова також дуже повільно росте у свіжих оліготрофних умовах кам'янистих розсипів. У віці 200–300 років висота дерев сягає лише  $17 \pm 2 \text{ м}$ , діаметр стовбурів на висоті 1,3 м –  $40 \pm 10 \text{ см}$ , а їхній об'єм – від 0,5 до  $2,2 \text{ м}^3$ . Середній приріст за об'ємом становить лише  $0,004 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ . Найвищі значення річного приросту за об'ємом – від 0,005 до  $0,015 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ , спостерігали у віці дерев понад 150 років. Максимальні прирости за об'ємом – приблизно  $0,02 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  – виявлені у дерев віком 300–350 років. Частка річного приросту за об'ємом старих дерев ялини і сосни кедрової становить лише 0,2–0,5 %.

**Засади раціонального господарювання** повинні бути спрямовані на досягнення максимального екологічного та економічного ефектів. Отже, залежно від природних кліматичних та ґрунтово-гідрологічних умов природного комплексу ландшафту доцільно досягнути довготривалі максимальні прирости біомаси. На відміну від кормових і технічних культур з коротким періодом фотосинтезу (переважно один сезон), які хоч і мають дуже високу продуктивність, та надмірно використовують ресурс родючості ґрунтів, лісова рослинність головно забезпечує високу біологічну продуктивність завдяки ресурсу фотосинтезу і нарощує родючість ґрунтів. З огляду на це доцільно розширяти площі лісової рослинності й формувати максимально можливі запаси біомаси лісів, досягати її максимальні прирости. Саме тому необхідно у межах національної екологічної мережі, особливо в курортних та приміських лісах, переорієнтувати ведення лісового господарства на забезпечення екологічних пріоритетів – депонування вуглецю, продукування кисню, виконання гідрологічних функцій. Цього можна досягнути лише завдяки визначенню вікової межі екологічної стиглості деревостанів ялиці білої та дуба звичайного понад 200 років, ялини європейської – 150 років, бука лісового – 120 років. Адже у цьому віці деревостанів показники приросту біомаси, депонування вуглецю, продукування кисню, використання води та транспірації є найвищими. Це має важливе значення і з економічного погляду, з огляду на вартість квот викидів та поглинання вуглецю: дохід від річного депонування вуглецю деревостанами старшого віку у кількості  $10 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  за вартості квоти 10 євро за 1 т становитиме 100 євро на рік з 1 га.

Отже, необхідно підвищити продуктивність лісів України у два рази до середньоєвропейського рівня  $9\text{--}10 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$  (Німеччина, Польща). І це можливо з огляду на біологічні особливості головних лісоутворювальних порід – дуба звичайного, бука лісового, ялиці білої, ялини тощо.

Основою проектування раціонального ведення комплексного аграрного господарства повинно слугувати ландшафтне моделювання за принципами, наведеними в праці Г. Пречша [23]. В основі його має бути еколого-фізіологічне моделювання, що враховує біологічні особливості видів рослинності. У випадку лісів особливе значення мають деревні види та їхні вимоги до умов середовища. Наступним кроком має бути моделювання їхнього індивідуального розвитку, особливостей росту та продуктивності. На цьому має ґрунтуватися вищий рівень моделювання, а саме – фітоценотичний. Маємо на увазі проектування структури перспективних високопродуктивних деревостанів. Однак їхній розвиток змінний у часі, а тому вищий рівень моделювання – сукцесійний. Він повинен відображати особливості природного розвитку деревостанів за умови господарського втручання. Відповідно до гетерогенності складових природних комплексів ландшафту (висотної місцевості), що вирізняються різними лісорослинними умовами, необхідне диференційоване проектування перспективної лісової рослинності. Це етап моделювання ландшафту, який в узагальненому вигляді має відображати оптимальну структуру моделі біому.

Радикальним способом поліпшення екологічної ситуації в Україні, зокрема, стосовно депонування вуглецю, продукування кисню, використання води та транспірації, є не лише збільшення лісових насаджень, а й переорієнтування ведення лісового господарства на формування високопродуктивних деревостанів. Це можливо реалізувати на засадах багаторівневого ландшафтного моделювання, яке має враховувати енергетичні властивості біологічних систем, лісової рослинності зокрема. Основними показниками їхньої метризації повинні слугувати обсяг біомаси та її річний приріст, з якими пов'язані інші показники біогеохімічного обміну. Необхідно підвищити продуктив-

ність лісів України у два рази до середньоєвропейського рівня  $9-10 \text{ м}^3\text{-га}^{-1}\text{-рік}^{-1}$ . Це можна досягнути за допомогою ландшафтної моделювання лісової рослинності, враховуючи гетерогенність складових природних комплексів та їхній лісорослинний потенціал, а також еколого-біологічні особливості лісоутворювальних деревних видів, зокрема особливості їхнього росту та продуктивності в різному віці.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський Г. О. Основи екології / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй. – К. : Либідь, 2004. – 408 с.
2. Бойчук І. І. Історія Осмолодської пуші / І. І. Бойчук, М. І. Гайдукевич, В. І. Парпан, Л. М. Петрова, П. Р. Третяк. – Львів : Наук. тов. ім. Шевченка, 1998. – 146 с.
3. Бойчук І. І. Особливості ходу росту найстарших дерев ялиці білої (*Abies Alba* Mill.) на північному макросхилі Українських Карпат / І. І. Бойчук, О. І. Голубчак, В. С. Данилів, А. І. Савчин, П. Р. Третяк, Ю. І. Черневий, Р. Г. Юхим // Наукові праці Лісівничої академії наук України. – 2009. – Вип. 7. – С. 44–47.
4. Гитарский М. Л. Эмиссия и поглощение парниковых газов в лесном секторе страны как элемент выполнения обязательств по климатической конвенции ООН / М. Л. Гитарский, Д. Г. Замолодчиков, Г. Н. Коровин, Р. Т. Карабань // Лесоведение. – 2006. – № 6. – С. 34–44.
5. Короткий довідник лісового фонду України. За матеріалами обліку лісів станом на 1 січня 2002 року. – Ірпінь, 2003. – 149 с.
6. Лакида П. И. Динамика запасов углерода в лесах Украины / П. И. Лакида // Проблемы лесоведения и лесоводства. – Гомель, 2001. – Вып. 56. – С. 86–90.
7. Лакида П. И. Зменшення ризику глобальної зміни клімату шляхом депонування вуглецю при лісорозведенні та лісовідновленні в Україні / П. И. Лакида, І. Ф. Букша, В. П. Пастернак // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2004. – Вип. 79. – С. 212–217.
8. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии / [под ред. А. З. Швиденко и др.]. – Киев : Урожай, 1987. – 560 с.
9. Савчин А. І. Особливості структури старовікового букового деревостану у верхів'ї басейну р. Сукіль (Східні Бескиди) / А. І. Савчин // Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.7. – С. 389–397.
10. Третяк П. Р. Приріст деревостанів старшого віку: екологічний аспект / П. Р. Третяк, Ю. І. Черневий // Доп. НАН України. – 2011. – Вип. 6. – С. 203–208.
11. Уткин А. И. Влияние возрастного критерия лесных насаждений на точность региональных оценок запасов и депонирования углерода в фитомассе лесов / А. И. Уткин, Д. Г. Замолодчиков, В. И. Сухих // Экология. – 1999. – № 4. – С. 243–250.
12. Цурик Є. І. Таксація дерева та його частин / Є. І. Цурик. – Львів : НЛТУ України, 2006. – 328 с.
13. Черневий Ю. І. Особливості росту вікових модельних дерев ялиці білої на гірських схилах у верхів'ї басейну ріки Лімниця у Карпатах / Ю. І. Черневий, П. Р. Третяк, В. С. Данилів, А. І. Савчин, Р. М. Юхим // Науковий вісник НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.7. – С. 21–28.

14. *Черневий Ю. І.* Хід росту вікових дерев ялиці на Передкарпатській височині / Ю. І. Черневий, П. Р. Третяк, В. С. Данилів, А. І. Савчин, Р. М. Юхим // Науковий вісник НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.9. – С. 7–12.
15. *Черневий Ю. І.* Особливості структури лісового покриву середньогірного ландшафту Горган (Українські Карпати) // Наукові праці Лісівничої академії наук України. – 2011. – Вип. 9. – С. 70–73.
16. *Черневий Ю. І.* Розвиток вертикальної структури гірських ялицево-букових дерево-станів / Ю. І. Черневий // Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.6. – С. 93–100.
17. *Черневий Юрій.* Особливості ходу росту вікових дерев дуба звичайного на Передкарпатській височині / Юрій Черневий, Віктор Данилів, Андрій Савчин, Платон Третяк // Праці НТШ. Т. 23. Екологічний збірник. Дослідження біотичної і ландшафтної розмаїтості та її збереження. На пошану професора Костянтина Малиновського. – 2008. – С. 187–195.
18. *Черневий Юрій.* Хід росту вікових дерев бука лісового на Передкарпатській височині / Юрій Черневий, Віктор Данилів, Андрій Савчин, Платон Третяк // Науковий вісник НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.8. – С. 11–16.
19. *Grochowski J.* Dendrometria / J. Grochowski. – Warszawa : Państwowe Wydawnictwo rolnicze i leśne, 1973. – 593 s.
20. *Jaworski Andrzej.* Badania nad budową, dynamiką i strukturą lasów o charakterze pierwotnym i ich znaczenie w kształtowaniu modelu gospodarki leśnej w górach / Andrzej Jaworski // Roczniki bieszczadzkie. – Т. 12. – Ustrzyki Dolne : Impuls, 2004. – S. 103–139.
21. *Mingteh Chang.* Forest hydrology: an introduction to water and forests. Second edition / Chang Mingteh. – Boca Raton, FL, CRC Press Taylor & Francis Group, 2006. – 474 p.
22. *Phillips Nathan G.* Capacity of old trees to respond to environmental change / Nathan G. Phillips, Thomas N. Buckley, David T. Tissue // J. of Integrative Plant Biology. – 2008. Vol. 50 (11). – P. 1355–1364.
23. *Pretzsch Hans.* Forest Dynamics, Growth and Yield: From Measurement to Model / Hans. Pretzsch. – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. – 664 p.
24. *Schwappach Adam.* Ertragstabeln der wichtigeren Holzarten in tabellarischer und graphischer Form / Neumann : Neudamm, 1912. – 83 s.
25. *Sedjo Roger A.* Forest Carbon Sequestration: Some Issues for Forest Investments / Roger A. Sedjo // Resources for the Future. Discussion Paper 01–34. – Washington, 2001. – 26 p. – Режим доступу: <http://www.rff.org>.
26. *Stavins Robert N.* The cost of U.S. forest-based carbon sequestration / Robert N. Stavins, Kenneth R. Richards // Prepared for the Pew Center on Global Climate Change. – Arlington, 2005. – 40 p. – Режим доступу: [www.pewclimate.org](http://www.pewclimate.org).
27. State of Europe's Forests. The MCPFE Report on Sustainable Forest Management in Europe. United Nations Economic Commission for Europe. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. – Liaison Unit Vienna. – 2003. – 115 p.
28. *Tretiak P.* Antropogeniczne i naturalne przemiany lasów w Gorganach / P. Tretiak, I. Wojczuk // Roczniki Bieszczadzkie. – Т. 6. – S. 17.

*Стаття: надійшла до редакції 25.03.2013  
доопрацьована 6.06.2013  
прийнята до друку 17.07.2013*



## BIOENERGETICS OF FOREST LANDSCAPE: CONCEPTION, METRIZATION AND RATIONAL NATURE MANAGEMENT

P. Tretyak

*State Museum of Natural History NAS of Ukraine,  
Teatralna Str., 18, Lviv, 79008, Ukraine*

Basis of energetic potential of natural resources complex of landscape is an biomass increase. He is an integral index, which characterizes potential of accumulation of primary constituents of photosynthesis and derivatives bio-geo-hemical processes which take place in forest ecosystems. Therefore, an annual increment of biomass is the important index of bioenergetics metrization. Revealed that the current annual increase of biomass of trees at the age of 120–250 years may be  $15\text{--}20\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ , or  $8\text{--}12\text{ tons}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$  of dry matter, which corresponds to  $4\text{--}6\text{ tons}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$  of the deposited carbon. It in 2,5–5 times more than the proper indexes in the forests of Ukraine. It is therefore necessary to promote the productivity of the forests of Ukraine in two times to the European average level  $9\text{--}10\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ . It is possible to attain on the basis of landscape model of forest, taking into account it bioenergetics potential.

*Key words:* landscape, bioenergetics, forest, biomass, growth.

## БИОЕНЕРГЕТИКА ЛЕСНОГО ЛАНДШАФТА: КОНЦЕПЦИЯ, МЕТРИЗАЦИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

П. Третьяк

*Государственный природоведческий музей НАН Украины,  
ул. Театральная, 18, 79008, г. Львов, Украина*

Основой энергетического потенциала комплекса природных ресурсов ландшафта есть прирост биомассы. Он является интегральным показателем, характеризующим потенциал аккумуляции первичных составляющих фотосинтеза и производных биогеохимических процессов, происходящих в лесных экосистемах. Поэтому годовой прирост биомассы является важным показателем биоэнергетической метризации. Объемы биомассы и прироста древостоев определяют самые большие деревья, хотя относительное количество их невелико (до 15 %). Прирост биомассы древостоев в возрасте 120–250 лет, может составлять  $15\text{--}20\text{ м}^3\text{ га}^{-1}\text{ год}^{-1}$ , или  $8\text{--}12\text{ т га}^{-1}\text{ год}^{-1}$  сухого вещества, что соответствует  $4\text{--}6\text{ т га}^{-1}\text{ год}^{-1}$  депонированного углерода. Это в 2,5–5,0 раз больше, чем соответствующие показатели в лесах Украины. Поэтому необходимо повысить продуктивность лесов Украины в два раза до средневропейского уровня  $9\text{--}10\text{ м}^3\text{ га}^{-1}\text{ год}^{-1}$ . Этого можно достичь на основе ландшафтного моделирования лесной растительности, учитывая ее биоэнергетический потенциал.

*Ключевые слова:* ландшафты, биоэнергетика, лес, биомасса, прирост.