

УДК 630*53*2:582.681.81(477.8)

БІОТИЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРИРОДНИХ БУКОВИХ НАСАДЖЕНЬ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

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

Наведено результати дослідження якісних параметрів та моделювання динаміки конверсійних коефіцієнтів основних компонентів фітомаси природних модальних букових насаджень Карпатського регіону України. На основі моделей динаміки запасу та загальної продуктивності досліджуваних деревостанів розроблено нормативно-довідкові таблиці їх біотичної та енергетичної продуктивності.

Вступ. Розташовані в центрі Європи унікальні лісові масиви Карпатського краю часто виступають об'єктом міжнародних угод в напрямі охорони довкілля та численних наукових проектів екологічного та ресурсного спрямування. Займаючи одне з найважливіших місць в економіці регіону, вони виступають у ролі природного стабілізатора навколишнього середовища та виконують важливі ґрунтозахисні, водо- і кліматорегулюючі функції, а їх соціальне значення щороку зростає із підвищенням рівня розвитку рекреації та туризму.

Домінуюча протягом другої половини минулого століття ресурсно-споживча концепція розвитку лісової галузі в Українських Карпатах, призвела до значних деструктивних процесів в лісових екосистемах та змусила наукове співтовариство опрацьовувати нові підходи у напрямі екологізації як вітчизняного лісогосподарського виробництва, так і його наукового супроводу. Це стало поштовхом до розвитку нового напрямку лісівничих досліджень науковців Націо-

нального університету біоресурсів і природокористування України, пов'язаного з вивченням компонентів (складників) первинної біотичної продуктивності лісів, їх впливу на ресурсно-енергетичний баланс та вирішення регіональних екологічних проблем. Теоретичною основою зазначених досліджень є моделі і таблиці біопродуктивності, основним призначенням яких є надання нормативно-довідкової інформації для пофракційної оцінки динаміки обсягів нагромадження живої органічної речовини, приростів фітомаси, обсягів депонованого вуглецю та чистої первинної продукції лісів. Саме вказані показники є базовими для здійснення загального екологічного моніторингу лісових екосистем.

Не менш важливим і в економічному, і в екологічному аспектах є напрям досліджень, пов'язаний з використанням лісових ресурсів, як відновлювальної енергетичної сировини на заміну викопним видам палива. В цьому контексті деревна біомаса букових лісів Українських Карпат може виступати найбільш деше-

вим і доступним джерелом відновлювальної енергії з мінімальними затратами на її створення та споживання.

За даними державного обліку лісів України станом на 1.01.2011 р., букові ліси, що перебувають у відомчому підпорядкуванні Державного агентства лісових ресурсів України [3], в чотирьох областях (Львівській, Івано-Франківській, Закарпатській та Чернівецькій), територія яких у більшості належить до Карпатського регіону України, займають 559 тис. га лісових ділянок. Зауважимо, що розподіл площі цих лісів за адміністративними областями досить нерівномірний, вони зосереджені, здебільшого, у Закарпатській (50,6 %), Львівській (17,2 %) та Івано-Франківській (17,0 %) областях. Значно менше їх у Чернівецькій області (7,6 %) [3].

Матеріали та методика дослідження. Методичною базою наукових досліджень у межах даної роботи слугували як загальнонаукові методи пізнання (системний аналіз, синтез, узагальнення, класифікація), так і спеціальні лісотаксаційні методики [4]. Кількісною базою для створення нормативно-довідкових таблиць динаміки біопродуктивності за компонентами фітомаси слугували дані 17 тимчасових пробних площ [4] (з бази даних "Фітомаса лісів України" кафедри лісового менеджменту) та моделі динаміки запасу і загальної продуктивності досліджуваних деревостанів.

Процес розробки нормативно-довідкових таблиць біотичної та енергетичної продуктивності природних модальних букових деревостанів складався з таких етапів: вивчення досвіду дослідження фітомаси [2]; збір, обробка та аналіз дослідних даних [2]; моделювання запасу та загальної продуктивності; встановлення якісних показників компонентів фітомаси; моделювання конверсійних коефіцієнтів компонентів фітомаси та

перевірка моделей; розробка відповідних нормативів та їх верифікація.

Моделювання динаміки запасу та загальної продуктивності досліджуваних деревостанів здійснювалося за допомогою ростової функції Бергаланфі, відомої в таксаційній літературі як функція Дракіна-Вуєвського або Річарда-Чепмена [7]:

$$X_i = a_1(1 - \exp(-a_2 \cdot A))^{a_3}, \quad (1)$$

де X_i – таксаційні показники, що моделюються; A – вік деревостану, років; a_1, a_2, a_3 – регресійні коефіцієнти.

З метою вирівнювання вихідних таблиць за окремими класами бонітету, коефіцієнти рівняння (1) були апроксимовані за допомогою такого виразу:

$$a_i = a_{i3} \cdot B^2 + a_{i2} \cdot B + a_{i1}, \quad (2)$$

де B – код класу бонітету.

Для моделювання конверсійних коефіцієнтів компонентів фітомаси було використано алометричне рівняння $Y = aX^b$, де як фактори були включені такі таксаційні ознаки: вік (A); клас бонітету (B); відносна повнота (P) насадження. Після чого математична залежність набула такого вигляду:

$$R_v = a_0 \cdot A^{a_1} \cdot B^{a_2} \cdot P^{a_3} \cdot \exp(a_4 \cdot A + a_5 \cdot P), \quad (3)$$

де A – середній вік насадження, років; B – код класу бонітету (4–Іb; 5–Іa; 6–І; 7–ІІ і т.д.); P – відносна повнота; a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти регресії.

Розроблення таблиць енергопродуктивності здійснювалось з використанням якісних параметрів вмісту енергії в 1 т депонованого вуглецю, наведених у наукових джерелах інформації [1, 10].

Результати дослідження. Вивчення біотичної продуктивності лісів та розроблення нормативно-інформаційного забезпечення для оцінки компонентів фітомаси деревостанів базується, в першу чергу, на їх якісних параметрах, до яких відносять щільність, вологість та вміст абсолютно сухої речовини [4, 6, 9]. Останні

Таблиця 1. Середня щільність компонентів фітомаси бука лісового [4,5]

| Вид | Щільність (cm^3), $\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ | | |
|---------------------------|--|---------|-----------------|
| | деревина | кора | деревина + кора |
| стовбурова частина | | | |
| Природна | 1054±17 | 983±38 | 1038±19 |
| Базисна | 603±12 | 486±27 | 594±15 |
| гілки | | | |
| Природна | 1038±15 | 1007±38 | 1029±13 |
| Базисна | 568±6 | 478±20 | 551±8 |

відображають вагову характеристику компонентів фітомаси у свіжозрубаному стані та дозволяють розрахувати вміст сухої речовини у фракціях фітомаси.

У роботі було використано усереднені параметри якісних показників компонентів фітомаси букових деревостанів (табл. 1).

Для фотосинтезуючої фракції дерев бука лісового характерними є такі параметри: кількість листя у фракції деревної зелені – 54,2%; вміст абсолютно сухої речовини в свіжому листі – 0,44.

В основі таблиць біопродуктивності знаходяться моделі динаміки стовбурового запасу та загальної продуктивності (рівняння 1, 2), кількісні параметри коефіцієнтів регресії яких для чистих та мішаних деревостанів наведено в табл. 2. З метою перевірки розроблених моделей було проведено їх верифікацію шляхом

порівняння вихідних та змодельованих даних, при цьому середня квадратична різниця між ними не перевищувала $\pm 3\%$. Адекватність моделювання перевірялася за аналізом залишків, а значущість коефіцієнтів на 5 % рівні встановлювалася за допомогою t -критерію Ст'юдента.

Моделювання динаміки конверсійних коефіцієнтів (Rv), які відображають відношення маси тієї чи іншої фракції деревостану до його запасу в корі, здійснювалося для таких компонентів, як стовбур у корі, гілки та листя. Щодо корневих систем, піднаметової рослинності та живого надґрунтового покриву, то для оцінки зазначених компонентів використовувались їх множинні регресійні рівняння з наукових літературних джерел [7, 9].

Характеристики параметрів рівнянь коефіцієнтів відношень Rv фракцій фі-

Таблиця 2. Коефіцієнти рівнянь динаміки окремих таксаційних показників модальних букових деревостанів

| Коефіцієнт | Показник | | | |
|------------|-------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| | чисті деревостани | | мішані деревостани | |
| | запас | загальна продуктивність | запас | загальна продуктивність |
| a_{11} | 5,4623E+02 | 8,7595E+02 | 5,5753E+02 | 9,1316E+02 |
| a_{12} | -9,9114E+01 | -1,6748E+02 | -1,0100E+02 | -1,7312E+02 |
| a_{13} | 3,4806E+00 | 6,6934E+00 | 3,5175E+00 | 6,7327E+00 |
| a_{21} | 3,1403E-02 | 2,3357E-02 | 3,2752E-02 | 2,4432E-02 |
| a_{22} | 5,6341E-04 | 6,5063E-04 | 5,5245E-04 | 6,3279E-04 |
| a_{23} | -1,8320E-04 | -1,4474E-04 | -1,8174E-04 | -1,4645E-04 |
| a_{31} | 2,3263E+00 | 2,0391E+00 | 2,5772E+00 | 2,1631E+00 |
| a_{32} | 7,9266E-02 | 7,2866E-02 | 9,0605E-02 | 8,1873E-02 |
| a_{33} | -1,4702E-02 | -1,2156E-02 | -1,7215E-02 | -1,2355E-02 |

Таблиця 3. Коефіцієнти рівнянь динаміки конверсійних коефіцієнтів (R_i)

| Фракції фітомаси | Коефіцієнти рівняння | | | | | | R^2 |
|---------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | |
| Стовбур у корі | 0,6709 | 0,1232 | -0,0413 | 0,3894 | -0,0021 | -0,3827 | 0,91 |
| Гілки | 0,2897 | -0,4746 | 0,9142 | 0,3390 | 0,0066 | -0,9940 | 0,82 |
| Листя | 0,0860 | -1,4142 | 0,4447 | -2,1296 | 0,0108 | 2,3949 | 0,81 |

томаси букових насаджень наведено у табл. 3.

У результаті проведеного моделювання отримано математичні моделі, що зв'язують фітомасу окремих компонентів букових насаджень з їх стовбуровим запасом. Наступним кроком стало розгортання одержаних залежностей (табл. 2, 3) у нормативно-довідкові таблиці динаміки біопродуктивності модальних природних букових деревостанів Українських Карпат. Фрагменти нормативів для чистих і мішаних деревостанів Іа класу бонітету представлено в таблицях 4 і 5. При цьому нормативи мішаних деревостанів характеризують деревостан у цілому, враховуючи частку супутніх деревних порід.

Для кращого розуміння кількісних показників, наведених у нормативах, варто звернути увагу на змістовну складову таких ключових параметрів, як фітомаса наявного деревостану та загальна продуктивність фітомаси. В цьому контексті перший показник відображає кількість живої органічної речовини, зафіксованої в насадженні певного віку, тоді як загальна продуктивність фітомаси насаджень в певному віці показує нагромаджену величину створеної фітомаси за весь період існування насаджень. Це важливо для практичного використання запропонованих таблиць.

Інноваційним напрямом сучасних лісівничих досліджень, також тісно пов'язаним з вивченням біопродуктивності лісових фітоценозів, є лісова біоенергетика виробничого спрямування. Одним із об'єктів досліджень у цьому

напрямі розглядається енергетичний потенціал деревної біомаси та оптимізація його використання для заміни викопних видів палива з дотриманням концептуальних засад сталого розвитку. Останніми десятиліттями екологічну стабілізацію навколишнього природного середовища та енергетичне забезпечення життєдіяльності людини розглядали як два взаємовиключні процеси, які неможливо спрямувати в межах однієї площини для досягнення єдиної спільної мети. Подібні тенденції характерні й для початку ХХІ століття, однак є виключення, які, в першу чергу, пов'язані з використанням відновлювальної енергетичної деревної біомаси. Саме в цьому випадку, за належного наукового супроводу, можна забезпечити поєднання екологічних та енергетичних інтересів суспільства.

Нині пошук альтернативних джерел відновлювальної енергії в умовах повної енергетичної залежності України від країн експортерів енергоресурсів з найвищими показниками витрат енергії на одиницю продукції у Європі, є стратегічним завданням для більшості галузей національної економіки, в т. ч. лісового господарства.

Задля успішного вирішення завдань у напрямі оцінки лісоенергетичних можливостей лісогосподарського виробництва необхідною є коректна та об'єктивна оцінка загальної енергопродуктивності лісів, особливо в таких багатолісних регіонах країни, як Карпатський регіон. З метою ефективної реалізації згаданих задач у даній роботі запропоновано нор-



Таблиця 4. Динаміка біопродуктивності чистих природних модальних насаджень бука лісового (бонітет - І¹)

| Вік, років | Фітомаса насадження, т·га ⁻¹ | | | | | | | | | | Загальна продуктивність, т·га | | | | Поточний приріст фітомаси, т·га ⁻¹ ·рік ⁻¹ | | Денований вуглець, т·га ⁻¹ | |
|------------|---|-------------|-------|-------|---------------|---------|--------|--------------------|---------------------------|--------|-------------------------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|--|-------------|---------------------------------------|--|
| | Деревостан | | | | | | | | | | живий надпритовний покрив | всього | насадженого | за загальною продуктивністю | насадженого | насадженого | за загальною продуктивністю | |
| | стовбур | у т.ч. кора | тілки | листя | наземна разом | коріння | всього | шкірсті і підлісок | живий надпритовний покрив | всього | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | Затяжна продуктивність, т·га | насадженого | за загальною продуктивністю | насадженого | за загальною продуктивністю | | | |
| 10 | 14,2 | 1,4 | 5,0 | 2,3 | 21,5 | 10,7 | 32,1 | 0,2 | 1,4 | 33,7 | 65,0 | 5,28 | 9,58 | 16,6 | 31,5 | | | |
| 20 | 54,4 | 4,4 | 13,6 | 3,2 | 71,1 | 26,4 | 97,6 | 0,4 | 1,8 | 99,8 | 200,6 | 7,33 | 14,90 | 49,6 | 97,2 | | | |
| 30 | 104,8 | 7,8 | 22,1 | 3,7 | 130,6 | 40,9 | 171,5 | 0,7 | 2,1 | 174,4 | 368,3 | 7,35 | 17,36 | 86,9 | 178,6 | | | |
| 40 | 154,2 | 10,9 | 29,4 | 4,0 | 187,6 | 52,4 | 240,0 | 1,1 | 2,3 | 243,3 | 548,5 | 6,45 | 18,18 | 121,3 | 265,8 | | | |
| 50 | 197,0 | 13,5 | 35,4 | 4,1 | 236,5 | 61,0 | 297,5 | 1,4 | 2,4 | 301,4 | 730,4 | 5,26 | 18,14 | 150,3 | 353,7 | | | |
| 60 | 231,1 | 15,8 | 41,0 | 4,2 | 276,2 | 68,8 | 345,0 | 1,8 | 2,6 | 349,4 | 911,5 | 4,31 | 18,01 | 174,3 | 441,0 | | | |
| 70 | 257,0 | 17,6 | 45,8 | 4,2 | 307,0 | 75,1 | 382,1 | 2,1 | 2,8 | 387,0 | 1088,6 | 3,33 | 17,57 | 193,1 | 526,2 | | | |
| 80 | 276,0 | 19,2 | 50,0 | 4,2 | 330,1 | 80,2 | 410,4 | 2,4 | 2,9 | 415,7 | 1261,2 | 2,53 | 17,12 | 207,4 | 609,1 | | | |
| 90 | 289,2 | 20,4 | 53,8 | 4,2 | 347,1 | 84,6 | 431,7 | 2,7 | 3,1 | 437,5 | 1429,5 | 1,91 | 16,72 | 218,3 | 689,7 | | | |
| 100 | 297,9 | 21,5 | 57,3 | 4,2 | 359,3 | 88,5 | 447,7 | 3,0 | 3,2 | 454,0 | 1594,5 | 1,45 | 16,41 | 226,5 | 768,6 | | | |
| 110 | 303,4 | 22,3 | 60,3 | 4,2 | 367,9 | 91,3 | 459,2 | 3,3 | 3,3 | 465,7 | 1755,7 | 1,03 | 16,04 | 232,4 | 845,4 | | | |
| 120 | 306,3 | 23,0 | 63,2 | 4,2 | 373,7 | 94,0 | 467,7 | 3,5 | 3,4 | 474,6 | 1914,7 | 0,78 | 15,85 | 236,8 | 921,2 | | | |
| 130 | 307,3 | 23,6 | 66,1 | 4,3 | 377,6 | 96,5 | 474,2 | 3,7 | 3,4 | 481,3 | 2072,4 | 0,60 | 15,75 | 240,1 | 996,2 | | | |
| 140 | 306,8 | 24,1 | 69,0 | 4,3 | 380,2 | 99,1 | 479,3 | 3,9 | 3,5 | 486,7 | 2229,7 | 0,48 | 15,72 | 242,8 | 1070,9 | | | |

Таблиця 5. Динаміка біопродуктивності мішаних природних модальних насаджень бука лісового (бонітет - І¹)

| Вік, років | Фітомаса насаджень, т.га ⁻¹ | | | | | | | | | | Загальна продуктивність, т.га ⁻¹ | | Поточний приріст фітомаси, т.га ⁻¹ .рік ⁻¹ | | Депонований вуглець, т.га ⁻¹ | |
|------------|--|-------------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|----------------------------|--------|---|-----------------------------|--|-----------------------------|---|--|
| | деревостан | | | | | | | | живий над-грунтовий покрив | всього | насаджєння | за загальною продуктивністю | насаджєння | за загальною продуктивністю | | |
| | стовбур | у т.ч. кора | пліки | лістя | разом | наземна | коріння | всього | | | | | | | | |
| 10 | 11,5 | 1,1 | 3,9 | 1,8 | 17,3 | 8,4 | 25,7 | 0,2 | 1,3 | 27,1 | 57,8 | 4,68 | 8,75 | 13,4 | 28,1 | |
| 20 | 49,7 | 4,0 | 12,1 | 2,9 | 64,7 | 23,6 | 88,3 | 0,4 | 1,8 | 90,5 | 189,6 | 7,30 | 14,72 | 45,0 | 92,1 | |
| 30 | 101,0 | 7,4 | 20,9 | 3,6 | 125,5 | 38,7 | 164,2 | 0,7 | 2,0 | 166,9 | 359,1 | 7,68 | 17,67 | 83,2 | 174,4 | |
| 40 | 152,9 | 10,7 | 28,7 | 3,9 | 185,5 | 51,1 | 236,6 | 1,1 | 2,2 | 239,9 | 544,3 | 6,88 | 18,74 | 119,6 | 264,1 | |
| 50 | 198,4 | 13,4 | 35,2 | 4,1 | 237,7 | 60,6 | 298,3 | 1,4 | 2,4 | 302,1 | 732,5 | 5,65 | 18,78 | 150,6 | 355,1 | |
| 60 | 234,9 | 15,8 | 41,1 | 4,2 | 280,2 | 68,9 | 349,1 | 1,8 | 2,6 | 353,4 | 919,7 | 4,60 | 18,61 | 176,3 | 445,5 | |
| 70 | 292,6 | 17,8 | 46,2 | 4,2 | 313,0 | 75,5 | 388,5 | 2,1 | 2,7 | 393,3 | 1102,3 | 3,53 | 18,11 | 196,2 | 533,4 | |
| 80 | 282,8 | 19,4 | 50,5 | 4,2 | 337,5 | 80,9 | 418,4 | 2,4 | 2,9 | 423,7 | 1279,6 | 2,66 | 17,57 | 211,4 | 618,5 | |
| 90 | 296,7 | 20,7 | 54,4 | 4,2 | 355,4 | 85,3 | 440,7 | 2,7 | 3,0 | 446,4 | 1452,0 | 1,99 | 17,10 | 222,8 | 701,0 | |
| 100 | 305,8 | 21,8 | 58,0 | 4,2 | 368,0 | 89,2 | 457,3 | 3,0 | 3,1 | 463,4 | 1620,2 | 1,48 | 16,72 | 231,2 | 781,5 | |
| 110 | 311,5 | 22,6 | 61,0 | 4,3 | 376,8 | 92,1 | 468,9 | 3,3 | 3,2 | 475,4 | 1784,2 | 1,04 | 16,30 | 237,2 | 859,7 | |
| 120 | 314,4 | 23,3 | 64,0 | 4,3 | 382,7 | 94,8 | 477,4 | 3,5 | 3,3 | 484,2 | 1945,5 | 0,77 | 16,07 | 241,6 | 936,5 | |
| 130 | 315,3 | 23,8 | 66,9 | 4,3 | 386,5 | 97,3 | 483,8 | 3,7 | 3,4 | 490,9 | 2105,2 | 0,59 | 15,94 | 244,9 | 1012,4 | |
| 140 | 314,7 | 24,4 | 69,9 | 4,4 | 388,9 | 99,8 | 488,7 | 3,9 | 3,4 | 496,1 | 2264,2 | 0,47 | 15,90 | 247,5 | 1087,9 | |

Таблиця 6. Енергопродуктивність чистих природних модальних насаджень бука лісового (бонітет - I^a)

| Вік, років | Енергоємність насадження, ГДж·га ⁻¹ | | | | | | | | | | Загальна енергопродукція, ГДж·га ⁻¹ | | | Поточний приріст енергії, ГДж·га ⁻¹ ·рік ⁻¹ | |
|------------|--|-------------|--------|-------|------------------|---------|--------|---------|--------|-----------------|--|-----------|--------------|---|--------|
| | деревостан | | | | | | | | всього | живий надринтов | всього | на-явного | за загальною | | |
| | стовбур | у т.ч. кора | тілки | листя | разом налізнення | коріння | всього | шідісок | | | | | | живий надринтов | всього |
| 10 | 253,9 | 25,0 | 89,4 | 37,0 | 380,3 | 191,3 | 571,6 | 3,2 | 22,5 | 597,4 | 1126,4 | 59,7 | 112,6 | | |
| 20 | 972,7 | 78,7 | 243,2 | 51,5 | 1267,3 | 472,0 | 1739,4 | 6,4 | 29,0 | 1774,8 | 3475,9 | 117,7 | 234,9 | | |
| 30 | 1873,8 | 139,5 | 395,1 | 59,5 | 2328,5 | 731,3 | 3059,8 | 11,3 | 33,8 | 3104,9 | 6386,7 | 133,0 | 291,1 | | |
| 40 | 2757,1 | 194,9 | 525,7 | 64,4 | 3347,1 | 936,9 | 4284,0 | 17,7 | 37,0 | 4338,8 | 9505,0 | 123,4 | 311,8 | | |
| 50 | 3522,4 | 241,4 | 633,0 | 66,0 | 4221,3 | 1090,7 | 5312,0 | 22,5 | 38,6 | 5373,1 | 12648,3 | 103,4 | 314,3 | | |
| 60 | 4132,1 | 282,5 | 733,1 | 67,6 | 4932,7 | 1230,1 | 6162,9 | 29,0 | 41,8 | 6233,7 | 15770,2 | 86,1 | 312,2 | | |
| 70 | 4595,2 | 314,7 | 818,9 | 67,6 | 5481,7 | 1342,8 | 6824,4 | 33,8 | 45,1 | 6903,3 | 18816,9 | 67,0 | 304,7 | | |
| 80 | 4934,9 | 343,3 | 894,0 | 67,6 | 5896,5 | 1434,0 | 7330,4 | 38,6 | 46,7 | 7415,7 | 21781,4 | 51,2 | 296,5 | | |
| 90 | 5170,9 | 364,8 | 961,9 | 67,6 | 6200,4 | 1512,6 | 7713,1 | 43,4 | 49,9 | 7806,4 | 24663,7 | 39,1 | 288,2 | | |
| 100 | 5326,5 | 384,4 | 1024,5 | 67,6 | 6418,6 | 1582,4 | 8000,9 | 48,3 | 51,5 | 8100,7 | 27485,1 | 29,4 | 282,1 | | |
| 110 | 5424,8 | 398,7 | 1078,2 | 67,6 | 6570,5 | 1632,4 | 8203,0 | 53,1 | 53,1 | 8309,2 | 30231,5 | 20,8 | 274,6 | | |
| 120 | 5476,6 | 411,2 | 1130,0 | 67,6 | 6674,2 | 1680,7 | 8355,0 | 56,3 | 54,7 | 8466,0 | 32942,1 | 15,7 | 271,1 | | |
| 130 | 5494,5 | 422,0 | 1181,9 | 69,2 | 6745,6 | 1725,4 | 8471,0 | 59,5 | 54,7 | 8585,3 | 35624,1 | 11,9 | 268,2 | | |
| 140 | 5485,6 | 430,9 | 1233,7 | 69,2 | 6788,5 | 1771,9 | 8560,4 | 62,8 | 56,3 | 8679,5 | 38295,4 | 9,4 | 267,1 | | |

Таблиця 7. Енергопродуктивність мішаних природних модальних насаджень бука лісового (бонітет - Г)

| Вік, років | Енергоємність насадження, ГДж·га ⁻¹ | | | | | | | | | | Загальна енергопродуктивність, ГДж·га ⁻¹ | | Щотичний приріст енергії, ГДж·га ⁻¹ ·рік ⁻¹ | | |
|------------|--|-------------|--------|-------|---------------|--------|--------|--------------------|----------------------------|--------|---|----------------------------|---|--------------------|-------------------------|
| | деревостан | | | | | | | | | | всього | живий надрітковий і покрив | всього | наляження наявного | за загальною продукцією |
| | стовбур | у т.ч. кора | пілки | листя | разом наземна | корінь | всього | підріст і підсісок | живий надрітковий і покрив | всього | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 205,6 | 19,7 | 69,7 | 29,0 | 304,3 | 150,2 | 454,5 | 3,2 | 20,9 | 478,6 | 1004,9 | 47,9 | 100,5 | | |
| 20 | 888,6 | 71,5 | 216,3 | 46,7 | 1151,7 | 422,0 | 1573,6 | 6,4 | 29,0 | 1609,0 | 3293,5 | 113,0 | 228,9 | | |
| 30 | 1805,9 | 132,3 | 373,7 | 57,9 | 2237,5 | 692,0 | 2929,5 | 11,3 | 32,2 | 2972,9 | 6236,5 | 136,4 | 294,3 | | |
| 40 | 2733,9 | 191,3 | 513,2 | 62,8 | 3309,8 | 913,7 | 4223,4 | 17,7 | 35,4 | 4276,5 | 9444,2 | 130,4 | 320,8 | | |
| 50 | 3547,4 | 239,6 | 629,4 | 66,0 | 4242,7 | 1083,5 | 5326,3 | 22,5 | 38,6 | 5387,4 | 12698,4 | 111,1 | 325,4 | | |
| 60 | 4200,0 | 282,5 | 734,9 | 67,6 | 5002,5 | 1231,9 | 6234,4 | 29,0 | 41,8 | 6305,2 | 15931,1 | 91,8 | 323,3 | | |
| 70 | 4695,3 | 318,3 | 826,1 | 67,6 | 5588,9 | 1349,9 | 6938,9 | 33,8 | 43,4 | 7016,1 | 19074,4 | 71,1 | 314,3 | | |
| 80 | 5056,5 | 346,9 | 902,9 | 67,6 | 6027,0 | 1446,5 | 7473,5 | 38,6 | 46,7 | 7558,8 | 22117,6 | 54,3 | 304,3 | | |
| 90 | 5305,0 | 370,1 | 972,7 | 67,6 | 6345,3 | 1525,2 | 7870,4 | 43,4 | 48,3 | 7962,1 | 25067,8 | 40,3 | 295,0 | | |
| 100 | 5467,7 | 389,8 | 1037,0 | 67,6 | 6572,3 | 1594,9 | 8167,2 | 48,3 | 49,9 | 8265,4 | 27946,4 | 30,3 | 287,9 | | |
| 110 | 5569,6 | 404,1 | 1090,7 | 69,2 | 6729,5 | 1646,7 | 8376,2 | 53,1 | 51,5 | 8480,8 | 30742,9 | 21,5 | 279,6 | | |
| 120 | 5621,5 | 416,6 | 1144,3 | 69,2 | 6835,0 | 1695,0 | 8530,0 | 56,3 | 53,1 | 8639,4 | 33489,2 | 15,9 | 274,6 | | |
| 130 | 5637,6 | 425,5 | 1196,2 | 69,2 | 6902,9 | 1739,7 | 8642,7 | 59,5 | 54,7 | 8756,9 | 36203,4 | 11,7 | 271,4 | | |
| 140 | 5626,8 | 436,3 | 1249,8 | 70,8 | 6947,5 | 1784,4 | 8731,9 | 62,8 | 54,7 | 8849,3 | 38903,3 | 9,2 | 270,0 | | |



мативи, що відображають динаміку енергопродуктивності природних букових лісів регіону. Для їх розробки використовувались кількісні параметри енергоємності 1 т вуглецю, депонованого у фітомасі [8, 10] та наведені раніше таблиці динаміки біопродуктивності.

В результаті проведених розрахунків було одержано нормативно-довідкові таблиці енергопродуктивності природних букових насаджень, фрагмент яких для чистих і мішаних деревостанів Іа класу бонітету наведено в таблицях 6 і 7.

Висновки

1. Природні букові насадження є унікальною структурною складовою гірських Карпатських ландшафтів. В умовах недостатнього забезпечення власними паливно-енергетичними ресурсами деревна біомаса букових лісів може виступати най-

більш доступним і дешевим джерелом відновлювальної енергії, особливо для сільського населення Карпатського регіону.

2. Сучасний стан нормативно-інформаційного забезпечення лісової галузі потребує значного розширення щодо оцінювання енергопродуктивності та окремих екологічних функцій лісів. Запропоновані автором нормативно-довідкові таблиці біотичної та енергетичної продуктивності модальних букових насаджень можуть бути інструментарієм при здійсненні екологічного прогнозування та моніторингу лісових екосистем Українських Карпат та для оцінки енергетичного потенціалу деревної біомаси при здійсненні наукового, екологічного, лісівничого та техніко-економічного обґрунтування розширеного використання лісоенергетичних ресурсів регіону.

Література

1. Васишлин Р.Д. Біофізичні основи лісової біоенергетики // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету: Зб. наук. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України, 2013. – Вип. 23.4. – С. 29–34.
2. Васишлин Р. Д. Енергетика лісових екосистем: основні напрями та тенденції наукових досліджень // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету: Зб. наук. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2013. – Вип. 23.2. – С. 31–36.
3. Довідник лісового фонду України: Укладений спеціалістами виробничо-технологічного відділу ВО "Укрдержліспроєкт" за матеріалами державного обліку лісів станом на 01.01.2011 р. – Ірпінь, ВО "Укрдержліспроєкт", 2012. – 130 с.
4. Лакида П. І. Фітомаса лісів України: Монографія. – Тернопіль: Збруч, 2002. – 256 с.
5. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України : довідник (нормативно-виробниче видання) / Лакида П. І. та ін. – К. : Видавничий дім "ЕКО-інформ", 2011. – 192 с.
6. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. 1. Запасы фитомассы и мертвой растительной органической массы / А. З. Швиденко, С. Нильсон, В. С. Столбовой и др. // Экология. – 2000. – №6. – С. 403–410.
7. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии: Нормативно-справочные материалы / А. З. Швиденко, Д. Г. Щепашенко, С. Нильсон, Ю.И. Булуй. – М. : ОАО "Московская типография №6", 2008. – 887 с.
8. Energy potential of biomass in Ukraine / Lakyda P., Geletukha G., Vasylyshyn R., and other // Edited by Dr., Prof. Petro I. Lakyda. - Kyiv: Publishing Center of NUBiP of Ukraine, 2011. – 28 p.
9. Carbon, Climate and Managed Land in Ukraine: Integrated Data and Models of Land Use for NEESPI (Forest Sector) / A. Shvidenko, P. Lakyda, I. McCallum, S. Nilsson, D. Schepaschenko,

- R. Vasylyshyn // Reports on work of the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. – 2008. – P. 77.
10. Shvidenko A. Wood for bioenergy in Russia: Potential and Reality / Shvidenko A., Nilsson S., Obersteiner M. // Wood Energy. – May 2004. – P. 323–340.

АННОТАЦІЯ

Васишлин Р.Д. Биотическая и энергетическая продуктивность природных буковых насаждений Украинских Карпат // Биоресурсы и природопользование. – 2013. – 5, № 3–4. – С. 117–126.

Представлены результаты исследования качественных параметров и моделирования динамики конверсионных коэффициентов основных компонентов фитомассы естественных модальных буковых древостоев Карпатского региона Украины. На основе моделей динамики запаса и общей стволовой продуктивности исследуемых древостоев разработаны нормативно-справочные таблицы их биотической и энергетической продуктивности.

SUMMARY

R. Vasylyshyn. Biotic and energy productivity of natural beech forests of Ukrainian Carpathians // Biological Resources and Nature Management. – 2013. – 5, № 3–4. – P. 117–127.

The results of research of qualitative parameters and dynamics modeling of conversion ratios of the main live biomass components of natural modal beech stands of Carpathian region of Ukraine are presented. On basis of dynamics models of growing stock and total productivity of studied stands, normative and reference tables for research their biotic and energy productivity are developed.