$$Q_{b.\phi} = -F \cdot \frac{\alpha_{\Pi}}{\eta_b} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta l}, \qquad (12)$$

де: $Q_{b.\phi}$ – фільтраційна витрата води в одиниці об'єму за одиницю часу; $F$ – площа поперечного перерізу фільтраційного потоку; $\Delta P$ – приведений тиск ($\Delta P = \Delta H \cdot \rho_в$, де $\Delta H$ – зміна напору на віддаль, $\rho_в$ – густина води); $\Delta l$ – довжина шляху фільтрації; $\eta_в$ – коефіцієнт кінетичної в'язкості води; $\alpha_n$ – коефіцієнт проникності.

Співвідношення $\alpha_{n/}\eta_{\text{в}}$ називається коефіцієнтом фільтрації, м/с або м/год. У випадку, коли переміщення солей визначається, здебільшого, процесом фільтрації розчину солей у воді, рівняння їх конвективного руху в диференціальній формі має вигляд **[**5**]**

$$\frac{dc}{d\tau} = w_x \cdot \frac{dc}{dx} + w_y \cdot \frac{dc}{dy} + w_z \cdot \frac{dc}{dz}, \qquad (13)$$

де: $c$ – концентрація розчину; $\tau$ – тривалість фільтрування; $\omega_x$, $\omega_y$, $\omega_z$ – середні значення проекції швидкості фільтраційного потоку в напрямках $x$, $y$, $z$.

## Література

**1. Гузь М.М.** Кореневі системи деревних порід правобережного лісостепу України : монографія. – К. : ВК "Ясма", 1996. – 145 с.

**2. Калінін М.І., Гузь М.М., Дебринюк Ю.М.** Лісове коренезнавство : підручникК.-Львів : ІЗМН, 1998. – 336 с.

**3. Гузь М.М.** Еталон кореневих систем деревних порід. Частина 1. Еталон кореневої системи дуба звичайного. – Львів : ІСДО, 1996. – 32 с.

**4. Озарків І.М., Сорока Л.Я., Грицюк Ю.І.** Основи аеродинаміки і тепломасообміну : навч. посібник. – К. : ІЗМН, 1997. – 280 с.

***УДК 630*5***

***Доц. С.І. Миклуш, канд. с.-г. наук;***
***мол. наук. співроб. Ю.С. Миклуш – НЛТУ України, м. Львів***

# ЗАГАЛЬНА ФІТОМАСА РІВНИННИХ БУКОВИХ НАСАДЖЕНЬ УКРАЇНИ

Проаналізовано загальну фітомасу рівнинних букових лісів, вміст депонованого вуглецю в букових насадженнях основних типів лісу, проблеми їхню оцінки та наведено пропозиції щодо підвищення точності оцінки та організації господарства в букових лісах.

**Ключові слова:** бук лісовий, насадження, фітомаса, депонований вуглець, багатоцільове використання лісових ресурсів, організація сталого господарства

***Assoc. prof. S.I. Myklush; junior research officer Yu.S. Myklush –***
***NUFWT of Ukraine, L'viv***

## Total phytomass of plain beech plantations of Ukraine

Total phytomass of plain beech forests, contents of deposited carbon in plantations of main forest types and problems of their estimate were analyzed. Proposals concerning increase of valuation precision and organization of management in beech forests were elaborated.

**Keywords:** european beech, phytomass, deposited carbon, multipurpose utilization of forest resources, organization of sustainable forestry

В умовах урбанізації, зростання техногенного навантаження на довкілля ліси мають провідне значення у підтриманні нормального складу атмосфери. Із усієї біомаси землі на лісову рослинність припадає 54 %, крім того вона має найбільшу концентрацію біомаси на одиницю площі [2]. Лісова рослинність виділяє кисню в 10-15 раз більше, ніж будь-які інші надземні фітоценози та поглинає при цьому таку ж частину вуглекислого газу [13].

За даними П.І. Лакиди [5, 6], станом на 1.01.1996 р. у лісах України зосереджено 1237,2 млн т фітомаси, в якій акумульовано близько 615 млн т вуглецю, а станом на 1.01.2002 р. загальна фітомаса основних деревних порід зросла до 1293,6 млн т та депонованого в ній вуглецю – до 640, 8 млн т. Середня щільність вуглецю становить 6,5 кг/м$^2$ та має велику дисперсію у регіонах України. Витрачається рослинами вуглекислий газ, в основному, на фотосинтез. Рослини земної кулі щорічно споживають близько 175 млрд т вуглекислого газу [5]. За даними П. Крамера і Т. Козловського [4], бук європейський характеризується високою інтенсивністю фотосинтезу (52,9 мг $CO_2$ на грам сирої маси проти 43,2 мг $CO_2$ у дуба звичайного чи 17,1 мг $CO_2$ у сосни звичайної), а також має інтенсивне дихання (11,1 мг $CO_2$ на грам сирої маси проти 17,5 мг $CO_2$ у дуба звичайного чи 7,9 мг $CO_2$ у сосни звичайної). Важлива роль у поглинанні вуглецю та виділенні кисню належить рівнинним буковим лісам.

Поряд з тим М.А. Софронов [11], аналізуючи значення киснепродукувальної функції лісу та зусиль в її оцінюванні, вказує, що увага до цієї функції є наслідком двох великих помилок: 1) переконання, що ліси загалом створюють позитивний баланс кисню, тоді як ліси не є виробником кисню в планетарному масштабі; 2) припущення про дефіцитність кисню, тоді як запаси його в атмосфері є значними. Він зазначає, що на ділянках, де зростають дерева і збільшується запас деревини, баланс кисню позитивний. Але в процесі відмирання і перегнивання весь виділений кисень з'єднується з вуглецем, утворюючи вуглекислий газ. Постійний, а не тимчасовий, позитивний кисневий баланс спостерігається тільки у тих випадках, коли відбувається постійне нагромадження "законсервованої" органіки на необмежений термін. Подібні нагромадження спостерігаються винятково у водному середовищі: у донних відкладах водойм (океанів, морів, озер) і у вигляді торфу у болотах.

Маса кисню в атмосфері Землі дорівнює $1140 \cdot 10^{12}$ т [11]. Якщо врахувати, що $CO_2$ в атмосфері у 700 раз менше, ніж кисню (0,03 % проти 20,95 %), то зміна на декілька сотих відсотка кисню в атмосфері буде непомітною, але збільшення на декілька сотих відсотка кількості $CO_2$ в атмосфері може призвести до глобальної зміни клімату.

Багато дослідників [9, 11, 15, 16, 18, 23, 26] вважає, що важливе значення має пов'язана з продуванням кисню функція депонування вуглецю. Розрізняють природні (океани, атмосфера, кам'яні відклади, заболочені землі, лісові насадження, ґрунтовий покрив полів та агроугідь тощо) та штучні (вироби з дерева) утримувачі вуглецю.

Загалом, за даними різних науковців, обсяг вуглецю, нагромадженого лісовими екосистемами світу, становить 352-536 млрд т [17]. За різними даними, вуглецю нагромаджено від 6,6 до 10,6 кг в розрахунку на 1 м$^2$ [9]. А.З. Швиденко та ін. [19], аналізуючи різнопланову інформацію, роблять висновок про те, що у загальній біомасі лісових екосистем нагромаджено близько 335-365 млрд т вуглецю.

Глобальна емісія $CO_2$ оцінюється приблизно у 350 млн т/рік, із яких 20 % належить до антропогенних джерел [28]. Треба зазначити, що загальний баланс $CO_2$ в біосфері від природних процесів істотно не змінився, основне привнесення вуглекислоти відбувається внаслідок промислових емісій. Зменшення фотосинтезувальної поверхні через масові вирубування лісів та переведення зайнятих ними територій в культурні агроценози призводить до загального потепління клімату на Землі. Унаслідок зміни виду землекористування, переходу до сільськогосподарського використання (наприклад, під пасовища) лісових земель, буде вивільнено 200 т/га вуглецю [27]. Щорічне зменшення площі лісів має істотний вплив на вивільнення вуглецю. Воно є джерелом 0,8-1,6 млрд т вуглецю [19]. Таким чином, збільшення площ лісів та підвищення їх продуктивності забезпечує поглинання вуглекислоти, депонування вуглецю та вирішення проблеми зміни клімату. Важливе значення у стоці вуглецю належить рівнинним буковим лісам через нагромадження ними значної фітомаси та відповідно вуглецю.

Фітомаса не належить до біометричних характеристик деревостанів, яку можна визначити безпосереднім вимірюванням у лісі. Її обсяги розраховують за допомогою спеціальних моделей. У кінці минулого століття для оцінки фітомаси запропоновано використовувати перевідний (конверсійний) коефіцієнт [10]:

$$R_ф = m_ф / V_{ст},$$

де: $R_ф$ – перевідний коефіцієнт відповідної фракції фітомаси; $m_ф$ – маса цієї фракції; $V_{ст}$ – об'єм стовбура або стовбуровий запас.

За цього підходу оцінюється не сама фітомаса, а відносна величина. Безпосереднє значення фітомаси конкретної фракції отримують через добуток коефіцієнта і стовбурового запасу деревостану [3, 12]. Метод конверсійного коефіцієнта дає змогу оцінювати запаси фітомаси на основі статистичних даних лісовпорядкування з різними рівнями агрегації (від окремого насадження до лісових масивів цілого регіону). Наведений підхід та опрацьовані моделі конверсійних коефіцієнтів [7, 14, 21, 22] використано для оцінки фітомаси рівнинних букових насаджень. Треба зазначити, що моделі, які використовуються для розрахунку фітомаси підліску та живого надґрунтового покриву, дають не відношення їх фітомаси до запасу (відносну величину), а абсолютне значення фітомаси на одному гектарі вкритої лісовою рослинністю ділянок. Усереднені за 10-річними періодами таксаційні показники насаджень за типами лісу, взяті із повидільного банку даних, покладено в основу розрахунку загальної фітомаси рівнинних букових насаджень. Для виокремлення із загального запасу частини бука та його супутників, використовували таблиці ходу росту рівнинних модальних букових деревостанів [8]. Загальну фітомасу букових насаджень за переважаючими типами лісу наведено в табл. 1.

Загальна фітомаса букових насаджень досліджуваних типів лісу корелює з їх площами. В усіх типах лісу найбільша частка фітомаси припадає на деревину та кору стовбурів, яка сягає 57-62 % Значною є частка фітомаси коріння – 21,5-25 %. Істотний внесок у нагромадження фітомаси стовбурової деревини робить буковий елемент лісу. За даними П.І. Лакиди та Р.Д. Василишина [6], загалом по Україні у деревині стовбурів та гілок акумульовано 65,7 %, а в корінні 16,8 % загальної фітомаси. Найменшою, менше 1 % та 2 % є частка фітомаси живого наґрунтового покриву та підросту і підліску відповідно. У загальному обсязі фітомаси частка, яка за своїм використанням може розглядатись як потенційний енергетичний ресурс (компоненти крони й кореневих систем, частина стовбурової деревини та кора), становить до 50 % [6]. Визначену загальну фітомасу букових насаджень покладено в основу розрахунку вмісту депонованого у ній вуглецю.

***Табл. 1. Загальна фітомаса рівнинних букових насаджень в основних типах лісу, тис. т***

| Загальна фітомаса за компонентами, тис. т | | | | | | | Щільність фітомаси, кг/м$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Фотосинтезувальна фракція (листя) | Деревина та кора гілок | Деревина та кора стовбурів | Коріння | Підріст та підлісок | Живий наґрунтовий покрив | Разом | |
| Природні насіннєві насадження | | | | | | | |
| Свіжа дубово-грабова бучина | | | | | | | |
| 110,4 | 1495,7 | 6652,2 | 2406,9 | 103,5 | 151,1 | 10919,8 | 25,6 |
| Волога дубово-грабова бучина | | | | | | | |
| 88,6 | 1105,9 | 5206,2 | 1799,5 | 80,0 | 117,9 | 8398,1 | 25,1 |
| Лісові культури | | | | | | | |
| Свіжа дубово-грабова бучина | | | | | | | |
| 12,2 | 61,0 | 296,5 | 129,5 | 3,4 | 10,3 | 512,9 | 11,2 |
| Свіжа грабова діброва | | | | | | | |
| 21,0 | 126,6 | 646,1 | 248,8 | 8,6 | 21,0 | 1072,1 | 13,4 |

Вміст депонованого вуглецю у фітомасі рівнинних букових насаджень аналізованих типів лісу є значним (табл. 2). У природних букових насадженнях свіжої дубово-грабової бучини вміст депонованого вуглецю перевищує 5,4 млн т, а в насадженнях штучного походження цього типу лісу міститься понад 255 тис. т вуглецю. У середньому на 1 га вміст депонованого вуглецю у фітомасі букових насаджень дорівнює 5,5-12,7 т/га, найбільшим є його вміст в найпродуктивніших насадженнях. Природні букові деревостани депонують 12,5-12,7 т/га вуглецю, а штучні букові насадження 5,5-6,6 т/га. Відмінності зумовлені, насамперед, значно нижчим середнім віком штучних насаджень порівняно з природними. У рівнинних букових лісах акумульовано майже 26 млн т вуглецю. Зменшення площ лісів може істотно вплинути на баланс $CO_2$ в атмосфері і спричинити різні негативні наслідки.

На практиці керівним принципом визначення цінності вуглецю може бути можливість його продажу на "вуглецевому ринку". Такі ринки започатковано з 1989 р. і передбачені в рамках Кіотського протоколу, як один з меха-

нізмів сприяння ізоляції вуглецю [20, 24]. Констанза і Арге та інші (R. Costanza, I.R. d'Arge and al.) [25] оцінюють вуглецеводепонувальні вигоди лісів світу у розмірі 684 млрд доларів щорічно.

***Табл. 2. Вміст вуглецю у фітомасі букових насаджень основних типів лісу, т***

| Тип лісу | Вміст вуглецю, т | |
|---|---|---|
| | разом | на 1 га |
| Природні насіннєві насадження | | |
| Свіжа дубово-грабова бучина | 5446818,1 | 12,747 |
| Волога дубово-грабова бучина | 4188701,3 | 12,504 |
| Лісові культури | | |
| Свіжа дубово-грабова бучина | 255321,0 | 5,579 |
| Свіжа грабова діброва | 533954,2 | 6,659 |

Таким чином, у процесі оптимізації використання лісових ресурсів та розроблення системи багатоцільового господарювання у букових лісах потрібно також враховувати їх високу здатність зв'язувати вуглекислий газ, нагромаджувати вуглець і можливість отримання компенсації за відповідне збільшення запасів стовбурової деревини в лісах України відповідно до положень Кіотського протоколу. Разом з тим потребує вивчення проблема виділення вуглекислоти насадженнями у процесі їх життєдіяльності, що теж доцільно враховувати під час організації сталого лісового господарства в букових насадженнях.

## Літератури


**1. Астанин Л.П.** Охрана природы / Л.П. Астанин, К.Н. Благосклонов. – М. : Изд-во "Колос", 1978. – 224 с.

**2. Васильев П.В.** Перед новыми проблемами интенсификации лесного хозяйства / П.В. Васильев // Лесное хозяйство. – 1971. – № 1. – С. 3-5.

**3. Замолодчиков Д.Г.** Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам / Д.Г. Замолодчиков, А.И. Уткин, Г.Н. Коровин // Лесоведение. – 1999. – № 3. – С. 84-93.

**4. Крамер П.** Физиология древесных растений / П. Крамер, Т. Козловський. – М. : Гослесбумиздат, 1963. – 626 с.

**5. Лакида П.И.** Динамика запасов углерода в лесах Украины / П.И. Лакида // Сборник научных трудов : Проблемы лесоведения и лесоводства. – Гомель, 2001. – Вып. 56. – С. 86-90.

**6. Лакида П.І.** Перспективи використання біомаси лісів України для біоенергії / П.І. Лакида, Р.Л. Василишин // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвід. наук.-техн. зб. – Львів : НЛТУ України. – 2006. – Вип. 30. – С. 225-228.

**7. Лакида П.І.** Фітомаса лісів України : монографія / П.І. Лакида. – Тернопіль : Вид-во "Збруч", 2002. – 256 с.

**8. Миклуш С.І.** Продуктивність рівнинних букових лісів та особливості організації сталого господарства в них : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. д-ра с.-г. наук: спец. 06.03.02. "лісовпорядкування та лісова таксація" / С.І. Миклуш. – К., 2009. – 37 с.

**9. Оценка запасов и годичного** депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин, А.И. Уткин [и др.] // Лесоведение. – 1993. – № 5. – С. 3-10.

**10. Поздняков Л.К.** Лесное ресурсоведение/ Поздняков Л.К. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1973. – 120 с.

**11. Софронов М.А.** О кислородопроизводящей функции леса / М.А. Софронов // Лесное хозяйство. – 1996. – № 5. – С. 27-28.

**12. Углерод в екосистемах лесов** и болот России / под ред. В.А. Алексеева, Р.А. Берди. – Красноярск : Ин-т леса РО РАН и эксп. Стан. Лесн. Сл. США, 1994 (1995). – 232 с.

**13. Чесноков Н.И.** Опыт расчета количества кислорода, выделяемого лесом/ Н.И. Чесноков, В.М. Долгошеев // Экология. – 1980. – № 1. – С. 96-98.

**14. Швиденко А.З.** Агрегированные модели фитомассы насаждений основных лесообразующих пород России / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепащенко, С. Нильссон // Лесная таксация и лесоустройство. – Красноярск, 2001. – № 1. – С. 50-57.

**15. Carbon in vegetation** of Russian forests: methods to estimate storage and geographical distribution/ V. Alexeyev, R. Birdsev, V. Stakanov **[**et. al.**]** // Boreal Forests and Global Change., Eds. M. Apps, D. Price & J. Wisniewski. – Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic Pub., 1995. – P. 271-295.

**16. Carbon stock and** deposition in phytomass of the Russian forests / A. Isaev, G. Korovin, D. Zamolodchukov **[**et al.**]** // Boreal Forests and Global Change., Eds. M. Apps, D. Pprice & J. Wisniewski. – Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic Pub., 1995. – P. 247-256.

**17. Climate change** 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Workind Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof **[**et. al**]**. – Cambridge: Cambridge University Press, 2007. – 976 p.

**18. Dixon R.K.** The global carbon cycle and climate change responses and feedbacks from belowground System/ R.K. Dixon, D.P. Turner // Environ. Pollut. – 1991. – № 73. – P. 245-262.

**19. Forest and woodland** systems / A. Schvidenko, C.V. Barber, R.N. Persson **[**et al.**]** // In Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and human well-being: Current state and trends. – Washington, DC: Island Press, 2005. – Vol. 1. – P. 585-622.

**20. Kyoto Protocol** to the United Nations Framework Convention on Climate Change. – Kyoto: FCCC/CP, 1997. – 24 p.

**21. Nilsson S., Shvidenko A.** // Biomass and Bioenergy. – 1997. – Vol. 12, № 2. – P. 91-99.

**22. Lakida P.** Models for forest phytomass estimation in Ukraine / P. Lakida. – Working paper. – Laxenburg: IIASA, 1994. – 48 p.

**23. Madgwick H.A.I.** Biomass and productivity models of forest canopies/ H.A.I. Madgwick // Ecological studies: Analysis and synthesis. Analysis of temperate forest ecosystems. – Heidelberg, Berlin: Springer Verlag, 1970. – Vol. 1, № . 4. – P. 47-54.

**24. Problems in the Fusion** of Commercial High-Resolution Sattelite Images as well as Landsat 7 Images and Initial Solution / Y. Zhang. – Access mode. **[**Електрон. ресурс**]**. – Доступний з: http://www.studio.gge.unb.ca/UNB/zoomview/ Fusion_Zang.July2002.pdf.

**25. The Economic Value** of Forest Ecosystem Services: A Review / D.J. Krieger. – Access mode. **[**Електрон. ресурс**]**. – Доступний з: http://www.wilderness.org/Library/ Documents/upload/ Economic-Value-of-Forest-Ecosystem-Services-A-Review.pdf.

**26. The Role of Forest** Sinks in f Post-Kioto World / R. Sedjo, M. Amano. – Access mode. **[**Електрон. ресурс**]**. – Доступний з: http://www.Rff.org/rff/News/Features/Role-of-Forest-Sinks.cfm.

**27. The Value of Forest** Ecosystems. CBD Technical Series. № 4. November 2001. – Secretariat of the Convention on Biological Diversity. – Access mode. **[**Електрон. ресурс**]**. – Доступний з: http://www. biodiv.org.doc/publication/cbd-ts-04.pdf. – 59 p.

**28. Walker J.G.G.** Atmospheric constraints on the evolution of metabolism / J.G.G. Walker // Orig. Life. – 1980. – Vol. 5. – P. 93-104.

***УДК 581.9+581.527***

***Доц. М.І. Сорока, канд. с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів***

# РІДКІСНІ ВИДИ РОСЛИН ТЕРИТОРІЇ ПРОЕКТОВАНОГО МІЖНАРОДНОГО БІОСФЕРНОГО РЕЗЕРВАТУ "РОЗТОЧЧЯ"[1]

На території, зарезервованій під створення Міжнародного біосферного резервату "Розточчя", виявлено 1100 видів судинних рослин, 200 – мохоподібних, з-поміж яких 190 потребують охорони, 50 вже занесено до Червоної книги України, 6 – під охороною Бернської конвенції, 1 – у Європейському червоному списку.

[1] Матеріали до проекту та номінаційної форми (materials for the project and nominacional form)