

## RESEARCH METHODOLOGICAL FEATURES OF ALDER FORESTS MORTMASS OF UKRAINIAN POLISSYA

U. Kotlyarevska

**Abstract.** Methodical evaluation features of woody debris in forest ecosystems and components classification features of coarse woody debris, fine woody debris and forest ecosystem mortmass have been processed. The state of complex forest mortmass evaluation for solving the problem of forest ecosystems biological productivity, biodiversity and the carbon cycle of forests have been analyzed. The state research of dead trees mortmass, coarse woody debris, fallen coarse branches and litter have been analyzed. It has been found out that the data on mortmass dynamics in forest plantations are rather limited for basic forest species in Ukraine. There have been presented methodical features of forest ecosystem mortmass division for their main components and destruction classes depending on its dimensional location, size and quality state. Morphological features of black alder forest mortmass components in Ukrainian Polissya have been analyzed. It has been found out that for the complex research of the dynamics of alder forests biological productivity, the process of accumulation and mortmass destruction including deadwood, coarse woody debris, fallen coarse branches and litter must be estimated. It was noted that at the current stage of alder mortmass research, there are no data on forming patterns of deadwood and coarse woody debris and its destruction.

**Keywords:** *methods, coarse woody debris, snags, logs, coarse branches, forest litter, black alder, destruction, Ukrainian Polissya.*

УДК 630\*161

### ОЦІНКА ВМІСТУ ВУГЛЕЦЮ ТА ЕНЕРГІЇ У НАДЗЕМНІЙ ФІТОМАСІ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ПІВНІЧНОГО БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

**В. М. ЛОВИНСЬКА**, кандидат біологічних наук,  
доцент кафедри садово-паркового господарства

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет*

*E-mail: glub@ukr.net*

**П. І. ЛАКИДА**, доктор сільськогосподарських наук,  
директор ННІ лісового та садово-паркового господарства

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: lakyda@nubip.edu.ua*

**Анотація.** *Надана оцінку акумулювання основних потоків вуглецю в різних компонентах надземної фітомаси соснових деревостанів Північного Степу України. Досліджено внесок сосняків різних вікових груп у резервації вуглецю. Показано ключову роль компонента фітомаси стовбурової*

---

© В. М. Ловинська, П. І. Лакида, 2016

деревини у депонуванні вуглецю у насадженнях. Визначено, що бюджет вуглецю у соснових насадженнях Північного Степу максимальний у середньовікових насадженнях (41–60 років), які акумулюють майже половину вуглецевого запасу. До цього часу спостерігається збільшення депонування вуглецю не тільки стовбуровою деревиною, а й іншими компонентами фітомаси – корою, гілками та хвоєю. Досліджено, що мінімум вуглецю (0,2 %) накопичують у своїй фітомасі деревостани наймолодшої вікової групи соснових насаджень. Загалом встановлено, що у фітомасі хвойних деревостанів Північного байрачного Степу акумульовано 1134,14 тис. т С.

Наведено результати оцінки вмісту енергії в надземній фітомасі дерев сосни звичайної у досліджуваному регіоні. Встановлено, що енергетичний потенціал вуглецю, який акумульований у фітомасі соснових деревостанів, становить 40556,84 ГДж. Пофракційний аналіз компонентів надземної фітомаси показав, що максимальна кількість енергії зосереджена у деревині стовбурів, тоді як мінімальна – у зеленій фітомасі дерев сосни звичайної.

**Ключові слова:** вікова структура, компоненти фітомаси, депонування вуглецю, енергетичний потенціал, *Pinus sylvestris* L., Північний Степ України.

**Актуальність.** Лісові екосистеми виконують особливу функцію накопичення органічної маси та акумуляції вуглецю та є важливим компонентом глобального вуглецевого циклу, акумулюючи більш ніж  $1 \times 10^{15}$  тонн вуглецю в біомасі, детриті та ґрунті [9]. Під час акумуляції вуглецю ліси виконують ключову екологічну функцію, депонуючи вуглекислий газ, вміст якого в атмосфері впливає на зміну температурного режиму та клімату у цілому [8].

Згідно з Кіотським протоколом і наступними екологічними форумами (Париж, 2015) країни-учасниці, які ратифікували ці міжнародні угоди, повинні подати у звітах дані щодо зниження емісії парникових газів на своїй території. У цьому процесі ключову роль відіграють національні запаси вуглецю, зосереджені в лісових насадженнях, оцінка яких є актуальним завданням для контролю виконання цих зобов'язань.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Останнім часом вчені з усього світу провели велику кількість комплексних досліджень біопродуктивності деревостанів за компонентами фітомаси та з оцінки депонування вуглецю лісовими насадженнями у різних природно-кліматичних зонах [1; 2; 4; 11–13]. В Україні загальну кількість акумульованого вуглецю лісовими насадженнями в країні оцінено близько в 766,4 млн т CO<sub>2</sub> [10]. За даними П. І. Лакиди [4], у фітомасі лісів України, що становить 1237,2 млн т, акумульовано близько 615 т вуглецю.

Однак кількість робіт з цієї проблематики для лісових насаджень степової зони України є вкрай обмеженою [2]. За критерієм забезпечення ефективного виконання природоохоронних, ґрунтозахисних та водозахисних

функцій, лісистість зони Степу далека від оптимальної, і першочерговим завданням цих лісів є забезпечення виконання критеріїв сталого розвитку [2].

Дослідження запасів вуглецю деревостанів лісотвірних порід різного віку та в основних компонентах їхньої надземної фітомаси в умовах Північного байрачного Степу є вкрай цікавими та актуальними. Адже, виконуючи ключову екологічну роль, лісові екосистеми Північного Степу мають значні обсяги лісової енергетичної біомаси, зокрема, дров'яної стовбурової деревини, лісопродукції, яка заготовлюється під час санітарних та доглядових рубань тощо, що є одним із основних джерел забезпечення енергетичного потенціалу цього регіону.

**Метою цього дослідження** є оцінка вмісту вуглецю та енергії у надземній фітомасі дерев сосни звичайної у насадженнях Північного байрачного Степу. Дані, отримані внаслідок досліджень, дають змогу провести порівняльний аналіз вікових груп соснових деревостанів та визначити, який компонент фітомаси відіграє найбільш значущу роль у депонуванні вуглецю та накопиченні енергії лісонасадженнями Степу.

**Методи дослідження.** При дослідженні обсягів вуглецю та енергії, акумульованих у фітомасі дерев сосни звичайної, проводили кількісну та якісну оцінки, при цьому для вивчення останньої використовували методику П. І. Лакиди [1; 3; 4]. Розрахунки базувалися на вихідних даних, зібраних в умовах польових експериментів при дослідженні надземної фітомаси сосняків Дніпропетровського регіону.

Для визначення надземної фітомаси закладено 15 тимчасових пробних площ (ТПП), де зрубано і обміряно 45 модельних дерев (МД) у штучних деревостанах сосни звичайної. ТПП закладено в деревостанах переважаючих типів лісорослинних умов і класів бонітету із забезпеченням максимально можливого діапазону віку. Крім виконання польових лісотаксаційних робіт, при вивченні компонентів фітомаси проводили роботу в лабораторних умовах, для чого було відібрано 90 зразків дослідних зрізів стовбурів, 405 модельних гілок деревної зелені (ДЗ) та 135 наважок хвої. Розрахунок якісних показників компонентів фітомаси стовбура та крони здійснювали з використанням прикладних програм GIL, ZRIZ та PLOT, розроблених П. І. Лакидою [7].

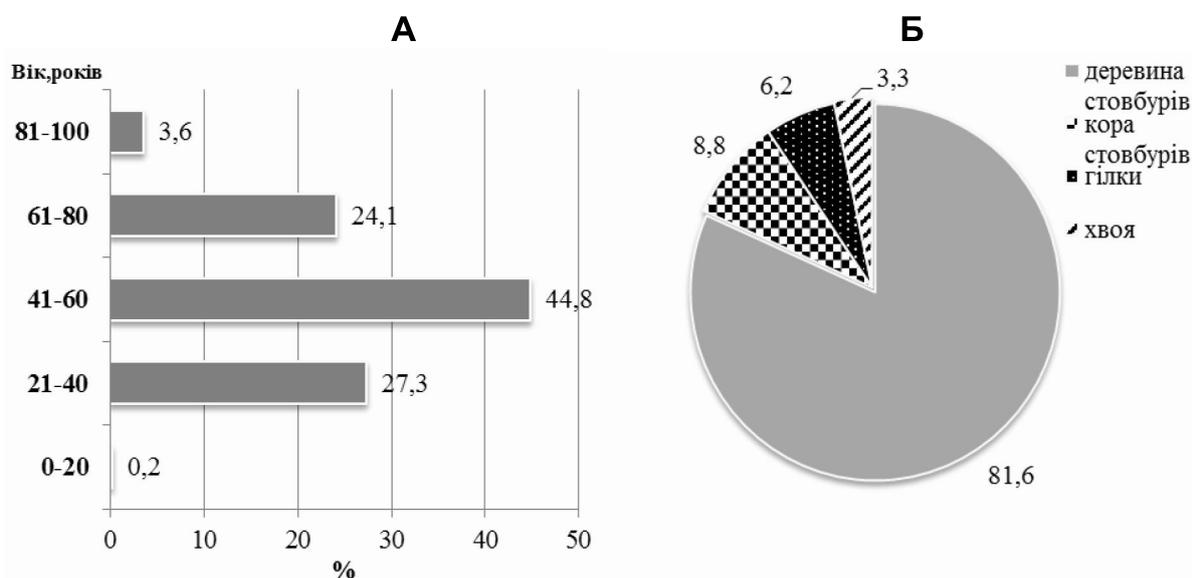
Для оцінки вмісту вуглецю та акумульованої енергії у фітомасі соснових деревостанів були використані усереднені дані з наукових літературних джерел, де зазначено, що середній коефіцієнт вмісту вуглецю в одній тонні деревної фітомаси (деревина, кора) у середньому становить 0,50, а у фракції хвої – 0,45 [12]. Енергетичний потенціал однієї тонни вуглецю, який акумульований у фітомасі, становить 35,78 ГДж (1 ГДж = 109Дж) [12].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Результати розрахунків екологічного та енергетичного потенціалу соснових насаджень Північного Степу України за чисельними параметрами наведено у таблицях 1 і 2.

Детальний аналіз розподілу накопичення вуглецю за віковими групами показав, що основними його резервуарами є деревостани сосни звичайної віком 41–60 років, які акумулюють 1019,78 тис. т С, що становить майже половину всього його запасу (44,8 %) (рис., А).

## 1. Екологічний потенціал соснових деревостанів Північного Степу України

Групи за віком, роки	Компоненти надземної фітомаси деревостанів, тис. т (в абсолютно сухому стані)				Депонований вуглець, тис. т			
	деревина стовбурів	кора стовбурів	гілки у корі	хвоя	деревина стовбурів	кора стовбурів	гілки у корі	хвоя
0–20	1,56	0,36	0,28	1,98	0,78	0,18	0,14	0,89
21–40	511,82	29,82	47,68	32,91	255,91	14,91	23,84	14,81
41–60	820,18	116,35	53,75	29,50	410,09	58,17	26,87	13,27
61–80	450,74	47,81	33,22	16,0	225,37	23,91	16,61	7,20
81–100	67,36	6,39	6,31	2,56	33,68	3,20	3,16	1,15
<b>Всього</b>	<b>1851,66</b>	<b>200,73</b>	<b>141,24</b>	<b>82,95</b>	<b>925,83</b>	<b>100,37</b>	<b>70,62</b>	<b>37,32</b>



**Рис. Вміст вуглецю у різних вікових групах (А) та компонентах надземної фітомаси (Б) соснових деревостанів**

Загальний запас депонованого вуглецю у досліджуваних компонентах надземної фітомаси сосни звичайної розподілявся в основних резервуарах таким чином: на фітомасу деревини стовбурів припадало 925,3 тис. т С, кору стовбурів – 100,37, гілки – 70,62 та хвою – 37,32 тис. т С (рис., Б). У відсотках із загального запасу  $\frac{4}{5}$  частки органічного вуглецю припадало на фітомасу деревини стовбурів. Отже, найбільша кількість органічного вуглецю акумулюється у фітомасі деревини стовбурів, а найменша – у хвої.

У результаті реалізації алгоритму розрахунку енергетичного потенціалу, описаного в матеріалах та методах, були отримані результати щодо вмісту енергії в надземній фітомасі дерев сосни звичайної залежно від віку деревостанів (табл. 2). Отримані дані ототожнюються із даними щодо вмісту вуглецю у надземній фітомасі.

Для досліджуваної породи характерним є збільшення вмісту енергії у надземній фітомасі зі збільшенням віку насаджень та досягненням у 41–60-річному віці максимальної її кількості, яка становить 44,8 % від всієї кількості акумульованої у соснових деревостанах енергії. Зі зростанням віку насаджень

після 60 років енергетичний потенціал досліджуваної породи поступово спадає.

## 2. Енергетичний потенціал соснових деревостанів Північного Степу України

Групи за віком	Енергетичний потенціал, ГДж				Всього
	деревина стовбурів	кора стовбурів	гілки у корі	хвоя	
0–20	27,89	6,44	5,01	31,83	<b>71,17</b>
21–40	9151,34	533,18	852,52	529,61	<b>11 066,65</b>
41–60	14 664,82	2080,16	960,87	474,54	<b>18 180,39</b>
61–80	8059,23	855,02	593,97	257,47	<b>9765,69</b>
81–100	1204,40	114,43	113,00	41,12	<b>1472,95</b>
<b>Всього</b>	<b>33 107,68</b>	<b>3589,23</b>	<b>2525,37</b>	<b>1334,56</b>	<b>40 556,84</b>

У цілому, найнижчий показник акумульованої енергії із відповідною часткою 0,2 та 3,6 % реєструється для наймолодших та найстаріших соснових насаджень. Зменшення енергетичного потенціалу у насадженнях більш старшого віку може свідчити про втрату ними якості деревини та її властивостей, пошкодження дерев патогенами та ентомошкідниками тощо.

**Висновки і перспективи.** Сума всіх пулів за досліджений віковий період показує, що загальний бюджет вуглецю у соснових насадженнях Північного Степу становить 1134,14 тис. т С. Найбільш вагомий внесок у загальне накопичення вуглецю робить деревина стовбурів дерев сосни звичайної.

Основні резервуари вуглецю – деревостани сосни звичайної віком 41–60 років, які накопичують майже половину всього його запасу.

У результаті проведених досліджень встановлено, що в умовах Дніпропетровського регіону енергетичний потенціал лісової біомаси сосни звичайної становить 40 556,84 ГДж. У віковому діапазоні на цей час найефективнішими є середньовікові сосняки, які акумулюють майже 45 % енергії.

Для забезпечення раціонального використання енергетичного потенціалу надземної фітомаси соснових насаджень є необхідною оптимізація цільових програм використання деревного біопалива як енергетичного ресурсу на регіональному рівні.

### Список використаних джерел

1. Васишин Р. Д. Біоенергетика лісів Українських Карпат як складова еколого-економічної безпеки західного регіону України : матер. міжн. наук.-практ. конф. / Р. Д. Васишин // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2012. – С. 24.
2. Енергетичний потенціал біомаси в Україні / під ред. П. І. Лакиди. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2011. – 28 с.

3. Лакида П. І. Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів Українського Полісся : монографія / П. І. Лакида, А. М. Білоус, Р. Д. Васишин, Я. І. Макарчук. – Корсунь-Шевченківський : ФОП Гавришенко В. М., 2012. – 454 с.
4. Лакида П. И. Динамика запасов углерода в лесах Украины / П. И. Лакида // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. – Гомель, 2001. – Вып. 56. – С. 86–90.
5. Лакида П. І. Енергетичне використання біомаси лісів України в умовах глобальних змін клімату / П. І. Лакида, Р. Д. Васишин, Л. М. Матушевич, С. В. Зібцев // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету. – 2009. – Вип. 19.14. – С. 18–22.
6. Лакида П. И. Биоэнергетический потенциал лесосырьевых ресурсов в Украине / П. И. Лакида, М. М. Петренко, Р. Д. Васишин // Лесная таксация и лесоустройство. – 2007. – № 1 (37). – С. 180–185.
7. Лакида П. І. Фітомаса лісів України : монографія / П. І. Лакида. – Тернопіль : Збруч, 2002. – 256 с.
8. Gough C. M. Controls on annual forest carbon storage: lessons from the past and predictions for the future / C. M. Gough, C. S. Vogel, H. P. Schmid, P. S. Curtis // Bioscience. – 2008. – Vol. 58. – No. 7. – P. 609–622.
9. Dixon R. K. Carbon pools and flux of global forest ecosystems / R. K. Dixon, S. Brown, R. A. Houghton et al. // Science. – 1994. – Vol. 263. – P. 185–190.
10. Information on CR iSTAL (Community-based Risk Screening Tool – Adaptation and Livelihoods) and the reports of the test cases [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.iisd.org/security/es/resilience/climate\\_phase2.asp](http://www.iisd.org/security/es/resilience/climate_phase2.asp). – Title from the screen.
11. Усольцев В. А. Фитомасса лесов северной Евразии: нормативы и элементы географии / В. А. Усольцев. – Екатеринбург : УрО РАН, 2002. – 761 с.
12. Matthews G. The Carbon Contents of Trees / G. Matthews. – Forestry Commission. Tech. Paper 4. – Edinburgh, 1993. – 21 p.
13. Shvidenko A. Wood for bioenergy in Russia: Potential and Reality / A. Shvidenko, S. Nilsson, M. Obersteiner // Wood Energy. – May, 2004. – P. 323–340.

### References

1. Vasylyshyn, G. D. (2012). Bioenergetika lisiv Ukraïns'kih Karpat jak skladova ekologo-ekonomichnoï bezpeki zahidnogo regionu Ukraïni [Bioenergy forests of Ukrainian Carpathians as part of environmental and economic security of the western region of Ukraine] International scientific and practical conference "Ecology security and sustainable resource using. Symphony forte (Ivano-Frankivsk), 24.
2. Lakyda, P. I. (ed.). (2011). Energetichnij potencial biomasi v Ukraïni [The energy potential of biomass in Ukraine]. Kyiv: Publishing Center NUBiP Ukraine, 28.
3. Lakyda, P. I., Belous, A. M., Vasylyshyn, R. D., Makarchuk, Y. I. (2012). Bioproduktivnist' ta energetichnij potencial m'jakolistjanih derevostaniv

- Ukraïns'kogo Polissja [Energy potential and productivity in softwood stands Ukrainian Polissya]. Korsun-Shevchenskivskyy: FOP Havryshenko V. M., 454.
4. Lakyda, P. I. (2001). Dinamika zapasov ugleroda v lesah Ukrainy [The dynamics of carbon stocks in forests of Ukraine]. The problems of forest and forestry, 56, 86–90.
  5. Lakyda, P. I., Vasylyshyn, G. D., Matushevych, L. M., Zibtsev, S. V. (2009). Energetichne vikoristannja biomasi lisiv Ukraïni v umovah global'nih zmin klimatu [The energy using of the forest biomass Ukraine in conditions of global climate change]. Scientific Bulletin of National Forestry University, 19 (14), 18–22.
  6. Lakyda, P. I., Petrenko, N. N., Vasylyshyn, R. D. (2007). Biojenergeticheskij potencial lesosyr'evyh resursov v Ukraine [Bioenergy potential forest's resources in Ukraine]. Forest taxation and forestry, 1 (37), 180–185.
  7. Lakyda, P. I. (2002). Fitomasa lisiv Ukraïni [Forest biomass of Ukraine]. Ternopil: Zbruch, 256.
  8. Gough, C. M., Vogel, C. S., Schmid, H. P., Curtis, P. S. (2008). Controls on annual forest carbon storage: lessons from the past and predictions for the future. Bioscience, 58(7), 609–622.
  9. Dixon, R. K., Brown, S., Houghton, R. A., et al. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science, 263, 185–190.
  10. Information on CR iSTAL (Community-based Risk Screening Tool – Adaptation and Livelihoods) and the reports of the test cases. Available at: [http://www.iisd.org/security/es/resilience/climate\\_phase2.asp](http://www.iisd.org/security/es/resilience/climate_phase2.asp).
  11. Usoltsev, V. A. (2002). Fitomassa lesov severnoj Evrazii: normativy i jelementy geografii [Forest biomass of Northern Eurasia: standards and elements of geography]. Ekaterinburg: Academy Sciences, 761.
  12. Matthews, G. (1993). The Carbon Contents of Trees. Forestry Commission. Tech. Paper 4. Edinburgh, 21.
  13. Shvidenko, A. Nilsson, S., Obersteiner, M. (2004). Wood for bioenergy in Russia: Potential and Reality. Wood Energy, 323–340.

## **ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА И ЭНЕРГИИ В НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЕ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ СЕВЕРНОЙ БАЙРАЧНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ**

**В. Н. Ловинская, П. И. Лакида**

***Аннотация.** Дана оценка аккумуляирования основных потоков углерода в различных компонентах надземной фитомассы сосновых древостоев Северной Степи Украины. Исследован вклад сосняков различных возрастных групп в резервации углерода. Показана ключевая роль компонента фитомассы стволовой древесины в депонировании углерода в насаждениях. Определено, что бюджет углерода в сосновых насаждениях Северной Степи максимальный в средневозрастных насаждениях (41–60 лет), которые аккумулируют почти половину углеродного запаса. К этому времени наблюдается увеличение депонирования углерода не только стволовой древесиной, но и другими компонентами фитомассы – корой, ветвями и хвоей. Доказано, что*

минимум углерода (0,2 %) накапливает в своей фитомассе древостой младшей возрастной группы сосновых насаждений. Всего установлено, что в фитомассе хвойных древостоев Северной байрачной Степи аккумулировано 1134,14 т С.

Приведены результаты оценки содержания энергии в надземной фитомассе деревьев сосны обыкновенной в исследуемом регионе. Установлено, что энергетический потенциал углерода, аккумулированный в фитомассе сосновых древостоев, составляет 40 556,84 ГДж. Пофракционный анализ компонентов надземной фитомассы показал, что максимальное количество энергии сосредоточено в древесине стволов, тогда как минимальное – в зеленой массе деревьев сосны обыкновенной.

**Ключевые слова:** возрастная структура, компоненты фитомассы, депонирование углерода, энергетический потенциал, *Pinus sylvestris* L., Северная Степь Украины.

## THE ASSESSMENT OF THE CARBON AND ENERGY CONTENT IN THE ABOVEGROUND PHYTOMASS PINE STANDS IN THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE

V. Lovynska, P. Lakyda

**Abstract.** *The estimation of the main carbon flow accumulation in aboveground biomass in the various components of pine stands of the Northern Steppe of Ukraine is given. The contribution of pine stands in the different age groups in the carbon reservation was investigated. The key role of the stem wood biomass component in carbon sequestration in plantations is shown. It is determined that the carbon budget in pine plantations of Northern Steppe is maximum in the middle-aged stands 41-60 years. These stands accumulation almost the half of carbon stock. The increase in carbon sequestration is observed not only in the stem wood, but also in other components of biomass such as bark, branches and needles. It was investigated that the minimum carbon (0.2 %) accumulate youngest age group stands of pine plantations in their phytomass. Generally found that phytomass coniferous stands in Northern Steppe accumulated 1134.14 t C.*

*The results of the evaluation of the energy content in the aboveground phytomass of pine trees in the study region is given. It is established that the energy potential of carbon accumulated in phytomass of pine stands is 40556.84 GJ. The analysis aboveground biomass components by the fraction showed that the maximum amount of energy concentrated in wood of stem, whereas the minimum have the green mass of the pine trees.*

**Keywords:** *age structure, biomass components, depositing carbon, energy potential, *Pinus sylvestris* L., Northern Steppe of Ukraine.*