¹В.В. МОРОЗ, кандидат сільськогосподарських наук

²Ю.А. НИКИТЮК, кандидат сільськогосподарських наук

Поліський національний університет, Бульвар старий 7, м. Житомир,
10008, Україна, e-mail: ¹vera_moroz@ukr.net, ²andreyniks2@gmail.com

ВУГЛЕЦЕПОГЛИНАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ СОСНОВИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ

Мета. Розробити математичні залежності конверсійних коефіцієнтів для встановлення накопичення фітомаси та обсягів поглинутого вуглецю сосновими лісовими насадженнями Київського Полісся за віком, застосовуючи методи вітчизняних та іноземних науковців. **Методи.** Для встановлення вуглецепоглиальної здатності соснових насаджень були закладені тимчасові пробні площі (ТПП) в державних підприємствах Київського Полісся: Іванківське лісове господарство (ЛГ), Поліське ЛГ, Тетеріське ЛГ. Згідно з методиками П.І. Лакиди, А.А. Сторочинського, О.І. Полубояринова, А.С. Аткина, А.І. Кобзаря встановлено фітомасу соснових насаджень в абсолютноно сухому стані та отримано конверсійні коефіцієнти, які дали змогу оцінити різницю між викидами CO_2 та поглинанням вуглецю. **Результати.** Серед тридцяти головних лісоутворюючих порід в Україні сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є панівною деревною породою, зокрема у Київському Поліссі її площа становить 211,2 тис. га (61% усіх деревних насаджень). За даними аналізу розподілу площ лісових ділянок під сосновими насадженнями у Київському Поліссі переважаючу більшість (78%) займають соснові ліси II і IV категорій (експлуатаційні, рекреаційно-оздоровчі ліси), тому й вуглецепоглиальна здатність їхня більша. Отримані емпіричні рівняння степеневі регресії дали змогу встановити, що соснові експлуатаційні ліси Київського Полісся у своїй фітомасі накопичують 1,21 млн т вуглецю, а рекреаційно-оздоровчі — 1,17 млн т. **Висновки.** Соснові ліси Київського Полісся щорічно поглинають 16,0—21,0 тис. т вуглецю з повітря, що приблизно становить 0,3—0,7% щорічних викидів вуглецю в атмосферне повітря.

соснові насадження, фітомаса, категорії лісів, конверсійні коефіцієнти, поглинання вуглецю

За останні десятиріччя кліматичні зміни призвели до низки негативних чинників, що впливають на лісові насадження, а саме — пожежі, всихання, розповсюдження фітохвороб та ентомошкідників [1, 2].

Враховуючи зазначені фактори на Міжнародних кліматичних переговорах ООН (COP21) у 2015 р. була підписана Паризька угода. Зі 197-ми країн світу, які взяли участь у підписанні угоди, 176 її ратифікували. Україна була однією із перших країн світу, яка на державному рівні затвердила угоду [3, 4].

Головна мета Паризької кліматичної угоди — не допустити зростання глобальної середньої температури повітря більше ніж на 2°C (по можливості — не більше 1,5°C) відносно показників до початку промислової революції, коли людство почало спалювати величезну кількість викопного палива. Мова йде про історичний період до 1750-х років — коли в Англії розпочалась промислова революція, що пізніше поширилася країнами Європи [5, 6].

Утримання глобального потепління на рівні 1,5—2°C, потребує швидкого зменшення викидів парникових газів у навколишнє середовище та повного їх усунення до другої половини XXI століття [7].

Для вирішення локальних і глобальних екологічних проблем Паризька угода передбачає активне використання торгівлі квотами на викиди забруднюючих речовин. «Квота» — це дозвіл, сертифікат на викиди однієї тонни еквівалента CO₂ за певний період часу. Торгівля квотами емісії парникових газів (ПГ) (англ. Emissions trading) — ринковий інструмент зниження викидів парникових газів в атмосферу [3, 6]. Середня вартість однієї квоти на викиди парникових газів становить 18 доларів США. Якщо припустити можливість продажу різниці між викидами і депонуванням вуглецю, то Україна мала б значний прибуток від реалізації квот. Враховуючи вище зазначене, Міністерство енергетики та захисту довкілля України розглядає шляхи впровадження системи торгівлі квотами на викиди парникових газів [5].

На конференції ООН в Парижі зі зміни клімату (2015 р.) була врешті офіційно визнана роль лісів у цій проблемі. Перемога для лісів ґрунтується на важливій рамковій програмі ООН, схваленій у 2013 р. — REDD + (що означає скорочення викидів у результаті знеліснення і деградації лісів).

Отже, збереженню існуючих та збільшенню кількості природних поглиначів вуглецю за допомогою покращеного управління лісами та іншими рослинними насадженнями й ґрунтами науковці надають особливу увагу.

Через моделювання продуктивності лісових насаджень і оцінки їхньої вуглецепоглиняльної здатності визначають хід процесів у лісових екосистемах з метою екологічного моніторингу сталого ведення лісового господарства.

Вітчизняні вчені, зокрема П.І. Лакида (2006, 2009, 2011), С.І. Милкуш (2011), М.А. Голуб (2003), В.І. Білоус (2009), В.П. Пастернак (2011), Р.Д. Василюшин (2014) та ін., розробили методи оцінки біоло-

гічної продуктивності лісових насаджень [8—13]. Наукові дослідження цих вчених доповнили Г.Г. Гриник, А.І. Задорожний, 2018; В.М. Ловинська, 2018; С.А. Ситник, 2019 [14—17] та розробки іноземних науковців у галузі оцінки біопродуктивності лісових насаджень [10, 12, 18—20]. Удосконалено методами математичного моделювання з використанням методик [13, 21].

Мета — розробити математичні залежності конверсійних коефіцієнтів для встановлення накопичення фітомаси та обсягів поглинутого вуглецю сосновими лісовими насадженнями Київського Полісся за віком, застосовуючи методи вітчизняних та іноземних науковців.

Методика досліджень. Дослідний матеріал збирали в 2016—2019 рр. у державних підприємствах: Іванківське ЛГ (у лісництвах — Макарівське, Оранське, Розважівське, Білобerezьке, Жеревське, Леонівське, Обуховицьке, Феневицьке); Поліське ЛГ (у лісництвах — Радинське, Красятицьке, Стешинське, Зеленополянське); Тетерівське ЛГ (у лісництвах — Мигальське, Пісківське, Тетерівське, Кодрянське, Кухарське, Блідчанське, Мирчанське, Поташнянське). Були закладені тимчасові пробні площі (ТПП).

Відбирали дослідний матеріал в різновікових соснових насадженнях II—IV категорій лісів Київського Полісся.

Тимчасові пробні площі закладали у соснових насадженнях згідно з СОУ 02.02-37-476:2006 «Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання». Загальна кількість пробних площ — 40.

Фітомасу деревини та кори в абсолютно сухому стані визначали через їхній об'єм, згідно з довідковими таблицями [9, 10], та множили на середню базисну щільність [8, 22]:

$$m = V \times \rho_{\text{баз}}, \quad (1)$$

де m — фітомаса компонента, кг; V — об'єм компонента, м³; $\rho_{\text{баз}}$ — базисна щільність, кг/м³.

Для встановлення фітомаси крони сосни звичайної використано рівняння, яке запропонували А.С. Аткин, Л.І. Аткина та ін. [12, 18]:

$$m_{\text{крони}} = 8,379 + 0,087 \times m_{\text{стовбура}}, \quad (2)$$

де $m_{\text{крони}}$ — фітомаса крони, кг; $m_{\text{стовбура}}$ — фітомаса стовбура, кг.

Загальну фітомасу дерева визначали як суму окремих фітофракцій дерева (кора, деревина, крона) [23].

Запаси вуглецю в деревостанах встановлювали на підставі даних запасу стовбурів сосни звичайної за допомогою конверсійно-об'ємних коефіцієнтів, що представляють собою відношення фітомаси окремих фракцій до запасу деревини і залежних від віку деревостану [15, 16, 24—26].

Математичне моделювання здійснювали за відповідною методикою [6, 21] за допомогою *Microsoft Excel*.

Результати досліджень. Вивчення поглинання вуглецю лісовими екосистемами тісно пов'язане з тенденціями у зміні клімату. Встановлення різниці між викидами вуглецю та його акумулюванням у фітомасі дерев дасть змогу достовірно прогнозувати стан навколишнього середовища та здійснювати вимоги Паризької угоди.

Для з'ясування кліматичних змін у Київському Поліссі проведено детальний аналіз температури повітря за період 1968–2018 рр. за даними Українського гідрометеорологічного центру (рис. 1). За результатами аналізу спостерігається тенденція зростання середньорічної температури повітря на 2°C.

За даними державного агентства лісових ресурсів в Україні серед 30 головних лісоутворюючих порід, сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) займає 35% і є одним із перспективних вуглецепоглиначів серед деревних рослин (рис. 2).

За даними державного лісового кадастру станом на 1 січня 2011 р. у Київському Поліссі площа вкритих лісовою рослинністю соснових лісових ділянок становить 211,2 тис. га, а це 61% решти насаджень (рис. 3).

З розподілу площ лісових ділянок під насадженнями за категоріями лісів у Київському Поліссі переважають більшість займають соснові ліси IV категорії (експлуатаційні), їх частка — 41%, і II категорії (рекреаційно-оздоровчі ліси) — 38% (рис. 4).

За формулами 1 і 2 та показниками ТПП встановлено фітомасу деревини, кори та крони сосни звичайної та побудовано кореляційну

матрицю між показниками надземної фітомаси в абсолютно сухому стані та таксаційними показниками дерева [14]. Результати аналізу наведено у таблиці 1.

Отримана кореляційна матриця вказує на тісний зв'язок (0,812—0,999) між всіма зазначеними у таблиці показниками окрім повноти та бонітету.

1. Кореляційна матриця основних таксаційних показників соснових деревостанів та надземної фітомаси в абсолютно сухому стані

Показники	Вік, років	Повнота	Бонітет	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Об'єм стовбура в корі, м ³	Фітомаса деревини, кг	Фітомаса кори, кг	Фітомаса крони, кг
Вік, років	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—
Повнота	−0,668	1,00	—	—	—	—	—	—	—
Бонітет	0,396	−0,346	1,00	—	—	—	—	—	—
Середня висота, м	0,914	−0,632	0,233	1,00	—	—	—	—	—
Середній діаметр, см	0,812	−0,554	−0,077	0,841	1,00	—	—	—	—
Об'єм стовбура в корі, м ³	0,872	−0,592	0,149	0,968	0,843	1,00	—	—	—
Фітомаса деревини, кг	0,873	−0,592	0,152	0,968	0,842	1,00	1,00	—	—
Фітомаса кори, кг	0,866	−0,592	0,132	0,965	0,852	0,999	0,999	1,00	—
Фітомаса крони, кг	0,872	−0,592	0,150	0,968	0,843	1,00	1,00	0,999	1,00

Проведений статистичний аналіз вказав на однорідну сукупність за повнотою, середньою висотою, середнім діаметром, та неоднорідну — за іншими показниками. Розподіл: асиметричний помірний лівосторонній — за повнотою, середнім діаметром; правосторонній помірний — за віком і середньою висотою; дуже асиметричний — за об'ємом стовбура та фітомасою. Коефіцієнт експесу вказав на плоско-вершинний розподіл за всіма показниками (табл. 2).

2. Основні статистичні характеристики таксаційних показників та компонентів надземної фітомаси дерев сосни звичайної в абсолютно сухому стані

Показники	Вік, років	Повнота	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Об'єм стовбура у корі, м ³	Фітомаса деревини, кг	Фітомаса кори, кг	Фітомаса крони, кг
X_{cp} (середнє арифметичне значення)	82,5	0,7	29,4	23,6	0,9	334,8	28,0	39,9
C_v (стандартна помилка)	5,3	0,0	1,4	0,8	0,1	36,1	2,8	3,4
σ (стандартне відхилення)	33,41	0,13	8,81	5,20	0,60	228,01	18,02	21,40
D (дисперсія вибірки)	1116,1	0,016	77,6	27,1	0,356	51986,3	324,8	458,1
E (експес)	-0,954	0,546	-0,426	-0,866	0,082	0,079	0,104	0,081
A (коефіцієнт асиметрії)	0,413	-0,328	0,322	-0,469	0,828	0,831	0,797	0,829
V (коефіцієнт варіації), %	40,5	19,0	30,0	22,1	67,7	68,1	64,3	53,6
min (мінімум)	33	0	14	12	0,02	39	4	12
max (максимум)	151	1	48	32	2	907	73	94

Для пошуку математичних моделей взаємозв'язку конверсійних коефіцієнтів соснових насаджень застосовували функцію:

$$R_v = f(A, B, P, M), \quad (3)$$

де R_v — відповідні конверсійні коефіцієнти для кожної фітофракції дерева; А, В, П, М — вік, бонітет, повнота, запас насадження у корі [17, 19].

Як залежну змінну використовували відношення маси фракції фітомаси до стовбурового запасу деревостану в корі:

$$R_v = \frac{M_{fr}}{M}, \quad (4)$$

де R_v — конверсійний коефіцієнт, M_{fr} — маса фракції фітомаси в абсолютному сухому стані, т/га, M — запас деревостану у корі, м³/га.

З метою отримання емпіричних рівнянь R_v використані показники тимчасових пробних площ, де встановлювали фітомасу за рівняннями 1, 2.

За математичного моделювання одержали рівняння:

для деревини

$$R_{v(\text{дер})} = 0,353 \times A^{0,016} \quad R^2=0,74 \quad (5)$$

для кори

$$R_{v(\text{кори})} = 0,054 \times A^{-0,117} \quad R^2=0,75 \quad (6)$$

для крони

$$R_{v(\text{крони})} = 0,530 \times A^{-0,540} \quad R^2=0,74 \quad (7)$$

де $R_{v(\text{дер})}$ — конверсійний коефіцієнт деревини; $R_{v(\text{кори})}$ — конверсійний коефіцієнт кори; $R_{v(\text{крони})}$ — конверсійний коефіцієнт крони; A — вік насадження.

Використовуючи одержані конверсійні коефіцієнти соснових насаджень (рівняння 5—6) встановлено запас вуглецю згідно «Розподіл лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю, за 10-річними віковими періодами» (Форма № 5) державного лісового кадастру станом на 1 січня 2011 р. (останній облік насаджень) (рис. 5).

Рис. 5. Запас вуглецю у соснових насадженнях Київського Полісся за категорією лісів

За результатами аналізу встановлено, що найбільшу вуглецепоглинальну здатність у Київському Поліссі мають соснові лісові насадження II та IV категорій захищеності. Серед експлуатаційних лісів найбільшу вуглецеакумуляуючу здатність мають насадження у віці 80 років (1,21 млн т), а серед рекреаційно-оздоровчих — 60 років (1,17 млн т).

За даними Головного управління статистики Київської області найбільшими забруднювачами довкілля викидами діоксиду вуглецю є стаціонарні та пересувні джерела забруднення.

За отриманими конверсійними коефіцієнтами, враховуючи вікові зміни соснових насаджень різної категорії лісів Київського Полісся та їх запас, встановлено щорічне депонування вуглецю, починаючи з 2004 року (табл. 3).

Щорічно соснові ліси Київського Полісся поглинають від 16,0—21,0 тис. т вуглецю з повітря, знижуючи щорічні викиди діоксиду вуглецю на 0,3—0,7%.

3. Порівняльні дані антропогенних викидів вуглецю та його депонування сосновими лісами Київського Полісся

Роки	Кількість депонованого вуглецю за роками, млн т	Загальний обсяг щорічного поглинання вуглецю, млн т	Щорічні викиди вуглецю в атмосферне повітря, млн т	Різниця між викидами та депонуванням вуглецю за рік
2004	14,5	—	—	—
2005	14,6	0,016	6,30	6,28
2006	14,6	0,017	7,40	7,38
2007	14,6	0,017	9,70	9,68
2008	14,6	0,018	11,20	11,18
2009	14,6	0,018	10,20	10,18
2010	14,7	0,019	10,80	10,78
2011	14,7	0,019	9,80	9,78
2012	14,7	0,019	10,20	10,18
2013	14,7	0,020	8,70	8,68
2014	14,7	0,020	7,70	7,68
2015	14,7	0,020	6,20	6,18
2016	14,8	0,021	5,00	4,98
2017	14,8	0,021	3,00	2,98
2018	14,8	0,021	4,10	4,08
Примітка. З 2004 р. — по автомобільному, залізничному транспорту; з 2007р. — по автомобільному, залізничному транспорту та виробничій техніці.				

ВИСНОВКИ

За період 1968—2018 рр. встановлено тенденцію до зростання середньорічної температури повітря на 2°C в регіоні дослідження. За допомогою отриманих емпіричних рівнянь визначено, що у Київському Поліссі експлуатаційні соснові ліси у віці 80 років у своїй фітомасі накопичують 1,21 млн т вуглецю, а рекреаційно-оздоровчих у віці 60 років — 1,17 млн т. Соснові насадження Київського Полісся щорічно поглинають 16,0—21,0 тис. т, знижуючи викиди парникових газів від стаціонарних та пересувних джерел забруднення від 0,3 до 0,7%.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Букша І.Ф., Бутрим О.В., Пастернак В.П. Інвентаризація парникових газів у секторі землекористування та лісового господарства: [монографія]. Харків: ХНАУ, 2008. 232 с.
2. Соловій І. Оцінка міжнародного досвіду та процедур/регулювань щодо концепції плати за послуги екосистем в лісовому секторі. ENPI EAST FLEG II. September. European Union. 2016. 64 с.
3. Аналітичний документ. Європейська система торгівлі викидами та перспективи впровадження системи торгівлі викидами в Україні. Експертно-дорадчий центр «Правова аналітика». 2018. вересень. 26 с.
4. Паризька угода ООН. Угода. Міжнародний документ від 12.12.2015. Київ. 2014. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_l61.
5. Партнерство заради ринкової готовності в Україні (PMR). Пропозиції щодо розвитку інструментів вуглецевого ціноутворення в Україні: звіт з моделювання. Partnership for market readiness. Серпень 2019. 69 с.
6. Почтовюк А.Б., Пряхина Е.А. Торговля квотами как один из механизмов Киотского протокола. *Проблемы современной экономики*. Санкт-Петербург. 2012. № 3 (43). 300—304.
7. Киотский протокол. История развития, цели и принципы. Проекты совместного осуществления в Украине: [сборник информационно-методических материалов]; под. ред. С.В. Третьякова. Донецк: ООО «УКРДРУК», 2006. 184 с.
8. Лакида П.І. Фітомаса лісів України: [монографія]. Тернопіль: Збруч, 2002. 256 с.
9. Кашпор С.М., Строчинський А.А. Лісотаксаційний довідник. Київ: Вид. дім «Вінніченко», 2013. 496 с.
10. Швиденко А. З., Строчинский А. А., Савич Ю. Н., Кашпор С. Н. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. Киев: Урожай, 1987. 560 с.
11. Полубояринов О.И. Плотность древесины. Москва: Лесн. промышленность, 1976. 160 с.

12. Аткин А.С., Аткина Л.И. Способ и динамика органической массы в лесных сообществах. Изд. УГЛТА. Екатеринбург, 1999. 108 с.

13. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.

14. Гриник Г.Г., Задорожний А.І. Моделі динаміки надземної фітомаси дерев ялини європейської залежно від їхніх таксаційних показників у переважаючих типах лісорослинних умов Полонинського хребта Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018, т. 28, № 2. С. 9—19. <https://doi.org/10.15421/40280201>.

15. Ловинська В.М. Надземна фітомаса стовбурів *Pinus Sylvestris* L. у деревостанах північного степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018, т. 28, № 8. С. 79—82. <https://doi.org/10.15421/40280816>.

16. Ловинська В.М. Локальна щільність компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) Північного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 3. С. 73—78. DOI :10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12.

17. Ситник С.А. Моделирование компонентів фітомаси стовбурів робіньєвих деревостанів Північного Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019, т. 29, № 3. С. 48—51. <https://doi.org/10.15421/40290310>.

18. Пат. № 2272402 С2 Российской федерации на способ изобретения. Способ определения надземной фитомассы лесных насаждений. Алексеев И.А., Курненко И.П., Чешуин А.Н., Бердинских С.Ю., Степанова Т.В., Вахрушев К.В., Коток О.Н.; патентообладатель Марийский государственный технический университет ; заявл. 25.03.2004; опубл. 27.03.2006 № 9. 6 с.

19. Демаков Ю.П., Пуряев А.С., Черных В.Л., Черных Л.В. Использование аллометрических зависимостей для оценки фитомассы различных фракций деревьев и моделирования их динамики. Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 2 (26). С. 19—36.

20. Щепанченко Д.Г., Швиденко А.З., Шалаев В.С. Биологическая продуктивность и бюджет углерода листовых лесов Северо-Востока России: монография. Москва: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. 296 с.

21. Герасимович А.И., Матвеева Я.И. Математическая статистика. Минск: Вышэйшая школа, 1978. 200 с.

22. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине : справочник. Москва: Лесн. промышленность, 1989. 296 с.

23. Клевцов Д.Н., Тюкавина О.Н., Адай Д.М. Биоэнергетический потенциал надземной фитомассы культур сосны обыкновенной таежной зоны. *Лесной журнал* 2018. № 4. С. 49—55. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.49.

24. Чуроков Б.П., Манякина Е.В. Депонирование углерода разновозрастными культурами сосны. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2012. № 1. С 125—129.

25. Данилов Д.А., Беляева Н.В., Грязьки А.В. Особенности формирования запаса и товарной структуры модальных хвойных древостоев сосны и ели к возрасту спелого насаждения. *Лесной журнал* 2018. № 2. С. 40—48. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.40.

26. Кищенко И.Т. Формирование древесины ствола *Picea abies* (L.) Karst. в разных типах сообществ таежной зоны. *Лесной журнал*. 2019. № 1. С. 32—39. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.32.

27. *Публічний звіт* голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2017 рік. Київ, 2017. 34 с.

¹Мороз В.В., ²Никитюк Ю.А.

Житомирский национальный агроэкологический университет,
Бульвар старый 7, г. Житомир, 10008, Украина,
e-mail: ¹vera_moroz@ukr.net, ²andreyniks2@gmail.com

Углеродопоглощающая способность сосновых лесных насаждений Киевского Полесья

Цель. Разработать математические зависимости конверсионных коэффициентов для установления накопления фитомассы и объемов поглощенного углерода сосновыми лесными насаждениями Киевского Полесья по возрасту, применяя методы отечественных и иностранных ученых. **Методы.** Для установления углеродопоглощающей способности сосновых насаждений были заложены временные пробные площади (ВПП) в государственных предприятиях Киевского Полесья: Иванковское лесное хозяйство (ЛХ), Полесское ЛХ, Тетерисское ЛХ. Согласно с методикам П.И. Лакиды, А.А. Сторочинского, А.И. Полубояринова, А.С. Аткина, А.И. Кобзаря установлена фитомасса сосновых насаждений в абсолютно сухом состоянии и получены конверсионные коэффициенты, которые позволили оценить разницу между выбросами CO₂ и поглощением углерода. **Результаты.** Среди тридцати главных лесообразующих пород в Украине сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является господствующей древесной породой, в частности в Киевском Полесье ее площадь составляет 211,2 тыс. га (61% всех древесных насаждений). По данным анализа распределения площадей лесных участков под сосновыми насаждениями в Киевском Полесье преобладающее большинство (78%) занимают сосновые леса II и IV категорий (эксплуатационные, рекреационно-оздоровительные леса), поэтому и углеродопоглощающая способность их больше. Полученные эмпирические уравнения степенной регрессии позволили установить, что сосновые эксплуатационные леса

Киевского Полесья в своей фитомассе накапливают 1,21 млн т углерода, а рекреационно-оздоровительные — 1,17 млн т. **Выводы.** Сосновые леса Киевского Полесья ежегодно поглощают 16,0—21,0 тыс. т углерода из воздуха, что приблизительно составляет 0,3—0,7% ежегодных выбросов углерода в атмосферу.

сосновые насаждения, фитомасса, категории лесов, конверсионные коэффициенты, поглощение углерода

¹Moroz V., ²Nykytiuk Yu.

Zhytomyr National Agroecological University,
Stary Boulevard, 7, Zhytomyr, 10008, Ukraine,
e-mail: ¹vera_moroz@ukr.net, ²andreyniks2@gmail.com

Carbon absorption ability of pine forest plantations in Kyiv Polissya

Purpose. Develop mathematical dependences of conversion coefficients to establish the accumulation of phytomass and volumes of absorbed carbon by pine forest plantations of Kyiv Polissya by age, using the methods of domestic and foreign scientists. **Methods.** In order to establish the carbon absorption capacity of pine plantations Kyiv Polissya in state-owned enterprises: Ivankov Forestry, Polissya Forestry, Teterysh Forestry temporary plots have been laid. According to the procedures P.I. Lakida, A.A. Storochinskogo, A.I. Poluboyarinov, A.C. Atkin, A.J. Bard phytomass pinetums installed in an absolutely dry state and obtained conversion coefficients are allowed to evaluate the difference between the CO₂ emissions and carbon absorption. **Results.** Among thirty main forming species in Ukraine Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is the dominant tree species, particularly in the Kiev Polissya an area of 211.2 thousand hectares (61% of all tree plantations). According to the analysis of the distribution of areas of forest land areas for pine plantations in Kyiv Polissya, the overwhelming majority is occupied by pine forests of II and IV category (operational, recreational and health) are their share — 78%, so their carbon absorption capacity is significant. The resulting empirical equation exponential regression established that pine forests Kiev Polissya operating in its phytomass accumulated 1.21 million tons of carbon, and recreation and fitness — 1.17 million tons. **Conclusion.** Pine forests Kiev Polissya annually absorb carbon 16,0—21,0 tons of air that is approximately 0.3—0.7% of the annual carbon emissions.

pine plantations, phytomass, forest categories, conversion factors, carbon sequestration.

REFERENCES

1. *Buksha I.F., Butrim O.V., Pasternak V.P.* (2008). Inventarizatsiya parnikovih gaziv u sektori zemlekoristuvannya ta lisovogo gospodarstva: [monografiya]. [Inventarizatsiya greenhouse gas sector of land use that lisovoe economy [monograph]]. Harkiv: HNAU. 232 p. [in Ukrainian].
2. *Soloviy Igor* (2016). Otsinka mizhnarodnogo dosvidu ta protsedur/regulyuvan schodo kontseptsiiy plati za poslugi ekosistem v lisovomu sektori. [Evaluation of international practices and procedures/regulations on the concept of payment for ecosystem services in the forestry sector]. ENPI EAST FLEG II. September. European Union, 64 p. [in Ukrainian].
3. Analitichniy dokument. (2018). Yevropeiska systema torhivli vykydamy ta perspektyvy vprovadzhennia systemy torhivli vykydamy v Ukraini. [The European emissions trading system and prospects for the introduction of emissions trading in Ukraine]. Ekspertno-doradchyi tsentr «Pravova analityka». September, 26 p. [in Ukrainian].
4. Paryzka uhoda OON. Uhoda. Mizhnarodnyi dokument vid 12.12.2015. [Paris Agreement of the UN. Agreement. International Document of 12.12.2015]. Kyiv. 2014. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_l61. [in Ukrainian].
5. Partnerstvo zarady rynkovoї hotovnosti v Ukraini (PMR). Propozytsii shchodo rozvytku instrumentiv vuhletsevoho tsinoutvorennia v Ukraini: zvit z modeliuvannia. Partnership for market readiness. [Proposals for the development of carbon pricing instrument in Ukraine: Report on modeling]. August. 69 p. [in Ukrainian].
6. *Pochtovyuk A.B., Pryahina E.A.* (2012). Torgovlya kvotami kak odin iz mehanizmov Kiotskogo protokola. Problemyi sovremennoy ekonomiki. [Emissions trading as one of the Kyoto Protocol]. *Problemyi sovremennoy ekonomiki*, 3 (43). P. 300—304. [in Russian].
7. *Tretyakov S.V.* (Ed.). (2006). Kiotskiy protokol. Istoriya razvitiya, tseli i printsipy. Proektyi sovmesnogo osuschestvleniya v Ukraine: [sbornik informatsonno-metodicheskikh materialov]. [Kyoto Protocol. The history of development, goals and principles. Sovmesnogo projects implementation in Ukraine: [collection of informational materials]]. Donetsk: OOO «UKRDRUK», 184 p. [in Russian].
8. *Lakida P.I.* (2002). Fitomasa lisiv Ukrayini: [monografiya]. [Forest biomass Ukraine [monograph]]. Ternopil: Zbruch, 256. [in Ukrainian].
9. *Kashpor S.M., Storchinskiy A.A.* (2013). Lisotaksatsiyniy dovidnik. [Lisotaksatsiynyy Directory]. Kiyiv: Vid. dim «Vinnichenko», 496 p. [in Ukrainian].
10. *Shvidenko A.Z., Storchinskiy A.A., Savich Yu.N., Kashpor S.N.* (1987). Normativno-spravochnyie materialy dlya taksatsii lesov Ukrainyi i Moldavii. [Regulatory and reference materials for the forest inventory in Ukraine and Moldova]. Kiev: Urozhay, 560 p. [in Russian].

11. Poluboyarinov O.I. (1976). Plotnost drevesinyi. [Wood density]. Moskva: Lesn. prom-st, 160 p. [in Russian].

12. Atkin A.S., Atkina L.I. (1999). Sposob i dinamika organicheskoy massy v lesnykh soobshchestvah. [The method and dynamics of organic matter in forest communities]. Izd. UGLTA. Ekaterinburg, 108 p. [in Russian].

13. Kobzar A.I. (2006). Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov. [Applied Mathematical Statistics. For engineers and scientists]. Moskva: FIZMATLIT, 816. [in Russian].

14. Hrynyk H.H., Zadorozhnyi A.I. (2018). Modeli dynamiky nadzemnoi fitomasy derev yalyny yevropeiskoi zalezchno vid yikhnikh taksatsiinykh pokaznykiv u perevazhaiuchykh typakh lisoroslynnykh umov Polonynskoho khrebtu Ukrain-skykh Karpat. [Some Models of Dynamics of Above-Ground Phytomass of Spruce Trees Depending on their Assessment Indices in the Prevailing Forest Types of Polonynsky Range of the Ukrainian Carpathians]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]*, 28(2), P. 9—19. <https://doi.org/10.15421/40280201>. [in Ukrainian].

15. Lovinska V.M. (2018). Nadzemna fitomasa stovburiv Pinus sylvestris L. u derevostanah pivnichnogo stepu Ukrayini. [Above-ground biomass trunks Pinus sylvestris L. stands in the northern steppes of Ukraine]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]*, 28(8), P. 79—82. <https://doi.org/10.15421/40280816> [in Ukrainian].

16. Lovinska V.M. (2018). Lokalna schilnist komponentiv fitomasi stovbura sosni zvichaynoyi (Pinus sylvestris L.) Pivnichnogo Stepu Ukrayini. [Lokalna schilnist komponentiv fitomasi stovbura sosni zvichaynoyi (Pinus sylvestris L.) Pivnichnogo Stepu Ukrayini]. *Visnik agrarnoyi nauk Prichornomor'ya*, 3, P. 73—78. DOI:10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12. [in Ukrainian].

17. Sytnyk S.A. (2019). Modeling of the trunk phytomass components of black locust stands in Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(3), P. 48—51. <https://doi.org/10.15421/40290310>. [in Ukrainian].

18. Alekseev I.A. (Ed.). (2006). Sposob opredeleniya nadzemnoy fitomassyi lesnykh nasazhdeniy: pat. Rossiyskoy federatsii na sposob izobreteniya. [A method for determining the aboveground biomass of forest stands: Patent of the Russian Federation for the inventive method]. № 2272402 S2; patentoobladatel Mariyskiy gosudarstvennyy tekhnicheskyy universitet; zayavl. 25.03.2004; opubl. 27.03.2006, 9, 6 p. [in Russian].

19. Demakov Yu.P., Puryaev A.S., Chernyih V.L., Chernyih L.V. (2015). Is-polzovanie allometricheskikh zavisimostey dlya otsenki fitomassyi razlichnykh fraktsiy derevev i modelirovaniya ih dinamiki. [Using allometric relationships for evaluation of various trees phytomass fractions and their dynamics simulation]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2 (26), P. 19—36. [in Russian].

20. *Schepaschenko D.G., Shvidenko A.Z., Shalaev V.S.* (2008). *Biologicheskaya produktivnost i byudzhnet ugleroda listvennichnykh lesov Severo-Vostoka Rossii: monografiya*. [Biological productivity and carbon budget of the larch forests of the North-East of Russia: Monograph]. Moskva: GOU VPO MGUL, 296 p. [in Ukrainian].
21. *Gerasimovich A.I., Matveeva Ya.I.* (1978). *Matematicheskaya statistika*. [Math statistics]. Minsk: Vyisheyshaya shkola, 200 p. [in Belorussia].
22. *Borovikov A.M., Ugolev B.N.* (1989). *Spravochnik po drevesine : spravochnik*. [Handbook on wood : Handbook]. Moskva: Lesn. prom-st, 296 p. [in Russian].
23. *Klevtsov D.N., Tyukavina O.N., Adayi G.M.* (2018). *Bioenergeticheskiy potentsial nadzemnoy fitomassyi kultur sosny obyiknovennoy taezhnoy zonyi*. [Bioenergy Potential of Aerial Phytomass of Scots pine in the Middle Taiga Forest Region]. *Lesnoy zhurnal*, 4, P. 49—55. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.49. [in Russian].
24. *Churokov B.P., Manyakina E.V.* (2012). *Deponirovanie ugleroda raznovozrastnymi kul'turami sosny*. [Carbon sequestration pine cultures of different ages]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*, 1, P. 125—129. [in Russian].
25. *Danilov D.A., Belyaeva N.V., Gryaz'kin A.V.* (2018). *Osobennosti formirovaniya zapasa i tovarnoy strukturyi modalnykh hvoynnykh drevostoev sosny i eli k vozrastu spelogo nasazhdeniya*. [Features of the formation of the stock and commodity structure of modal coniferous stands of pine and spruce by the age of ripe plantings.]. *Lesnoy zhurnal*, 2, P. 40—48. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.40. [in Russian].
26. *Kischenko I.T.* (2019). *Formirovanie drevesiny i stvola Picea abies (L.) Karst. v raznykh tipakh soobshchestv taezhnoy zonyi*. [Trunk wood formation of *Picea abies* (L.) Karst. in different types of taiga zone communities]. *Lesn. Zhurn.*, 1, P. 32—39. (Izv. vyssh. ucheb. zavedeniy). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.32 [in Russian].
27. *Publichniy zvit Golovi Derzhavnogo agentstva lisovih resursiv Ukrayini za 2017 rik*. [The public report of the chairman of the State Agency of forest resources of Ukraine for 2017]. (2017). Kiyiv, 34 p. [in Ukrainian].