

ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ТА ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

В. В. Мороз¹, Н. І. Шевчук²

¹Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, м. Львів, Україна

²Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Львів, Україна

Проаналізовано природно-кліматичні зміни в Хмельницькій обл. за період 1964–2015 рр., а саме температуру, вологість, опади. За методикою Д.В. Воробйова встановлено лісотипологічні умови зростання деревних рослин. За допомогою регресійного аналізу з використанням біометричних показників (висота, діаметр) отримано емпіричні рівняння з визначення фітомаси деревини і крони лісотвірних порід (дуба звичайного, берези повислої, ясеня звичайного, липи дрібнолистої, вільхи чорної, сосни звичайної, ялини звичайної) в абсолютно сухому стані. Встановлено вуглецепоглиняльну та киснетвірну здатність зазначених вище деревних порід у лісових насадженнях Хмельницької обл. на прикладі Пархомівського лісництва, яке є типовим у цьому регіоні. Отримані рівняння дали змогу оцінити обсяги поглинання вуглецю та продукування кисню лісовими насадженнями за однаковими лісотипологічними умовами зростання. Проаналізовано динаміку викидів діоксиду вуглецю та встановлено екологічну роль дуба звичайного як панівної лісотвірної породи у цьому регіоні.

Ключові слова: поглинання вуглецю, продукування кисню, лісові насадження, регресійний аналіз, емпіричні рівняння.

Вступ. Клімат України упродовж останніх років активно змінюється, за деякими показниками температура повітря збільшилася в межах 2–3 °С. Негативні наслідки урбанізації та кліматичної зміни створюють пряму загрозу екологічній, економічній та соціальній стабільності як у світі загалом, так і в окремих країнах. Тому впродовж останнього десятиліття багато уваги приділяють питанню глобального потепління клімату (Lipinskiy, Diachuk, & Babichenko, 2003).

Унаслідок діяльності людини, пов'язаної, насамперед, зі спалюванням викопного палива і вирубуванням лісових насаджень на планеті, в атмосфері збільшується концентрація парникових газів, зокрема вуглекислого газу.

Серед наявної наземної біоти ліси відіграють роль надійного стабілізатора навколишнього природного середовища. До пріоритетних екологічних функцій лісу належить його здатність на тривалий час акумулювати з атмосфери у своїй фітомасі вуглець і генерувати кисень, чим частково запобігати глобальним змінам клімату. Як відомо, за утворення 1 т абсолютно сухої маси продукції рослинництва зв'язується 1,5–1,8 т вуглекислого газу і вивільняється 1,1–1,3 т кисню (Voronkov, 1999).

Окрім цього, лісові насадження здатні зменшувати температуру повітря та акумулювати у своїй фітомасі вуглець. З усієї маси вуглецю, що нагромаджується в рослинності, найбільша його частка припадає на лісові екосистеми – 92 %. Рослинами всіх інших екосистем акумульовано тільки близько 7 % вуглецю, а рослинними організмами океану – менше 1 % (Buksha, Butrym, & Pasternak, 2008; Voronkov, 1999; Lakyda, Lashhenko, & Lashhenko, 2006).

Матеріали і методи. Мета роботи – оцінити вуглецепоглиняльну та киснетвірну здатність лісів Хмельницької обл. на прикладі Пархомівського лісництва ДП "Хмельницьке ЛМГ". Згідно з даними Державної гідрометеорологічної служби України проана-

лізовано тенденції зміни клімату у Хмельницькій обл.

У типовому для цього регіону Пархомівському лісництві було закладено 13 пробних площ у різних типах насаджень. Тип лісорослинних умов на всіх пробних площах – D₂. Грунти подано: ясно-сірими лісовими ґрунтами на карбонатному лесі; сірими лісовими ґрунтами на суглинках; сірими лісовими сильнотисливими ґрунтами; темно-сірими опідзоленими ґрунтами на карбонатному лесі; чорноземами опідзоленими; лучними оглеєними ґрунтами. У процесі досліджень на кожній пробній площі визначали біометричні показники кожного дерева, біомасу дерева визначали за загальноприйнятою в Україні методикою П.І. Лакиди (Lakyda, Lashhenko, & Lashhenko, 2006; Lakyda, 2002). У дослідженнях використано базисну щільність деревини і кори за опублікованими даними радянських і зарубіжних авторів (Borovikov, & Ugolev, 1989). Частку вуглецю у фітомасі визначали через перевідні коефіцієнти, які запропонував G. Matthews. Для фітомаси деревини та кори дерев – 0,50, для листя вони становлять 0,45 (Matthews, 1993).

Встановлення киснепродуктивності лісових насаджень здійснено за методикою І. Я. Лієри (Liєра, 1980; Shvidenko et al., 1987), яка полягає у визначенні кількості кисню, що виділяється внаслідок фотосинтезу.

Описуючи залежності компонентів фітомаси дерева від його морфометричних показників, використано емпіричне рівняння множинної статистичної алометрії

$$y = a_0 \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot x_n^{a_n}, \quad (1)$$

де: a_0, a_1, a_2 – константи, відомі в економетрії як похідна функції Кобба-Дугласа (Kobzar, 2006); x_1, x_2, x_n – морфометричні показники дерева, у нашому випадку x_1 – діаметр, см; x_2 – висота, м.

Результати та обговорення. Аналізуючи кліматичні показники у Хмельницькій обл. за останні п'ятдесят років, починаючи з 1964 р. спостерігають тенденцію до зменшення щорічної суми опадів на 100 мм

(рис. 1), збільшення середньорічної температури на 1,7 °C (рис. 2) та зменшення відносної вологості повітря на 2 % (рис. 3).

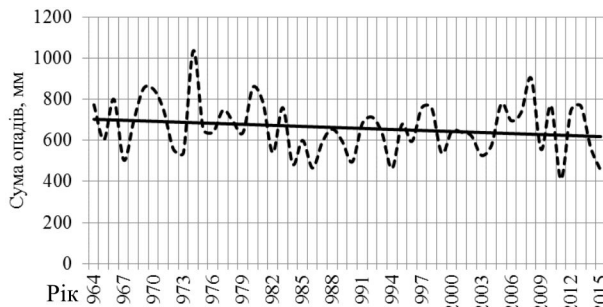


Рис. 1. Динаміка середньорічної суми опадів у Хмельницькій обл., за період 1964-2015 рр.

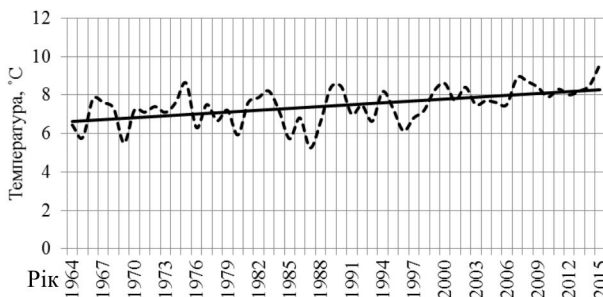


Рис. 2. Динаміка середньорічної температури повітря у Хмельницькій обл., за період 1964-2015 рр.

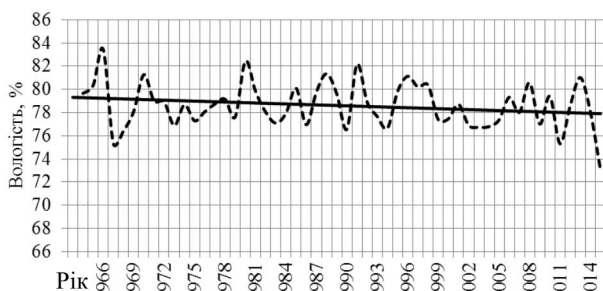


Рис. 3. Динаміка середньорічної відносної вологості повітря у Хмельницькій обл., за період 1964-2015 рр.

Вплив клімату на склад і продуктивність деревостанів виражається в його дії на родючість ґрунту (утворення типу умов місцевиростання), склад корінних деревостанів (формування типів лісу) та їх фактичну продуктивність (утворення типів лісостанів) (Shvydenko, & Ostapenko, 2001). Для аналізу зв'язків між типами лісу і кліматом Д.В. Воробйов розробив класифікацію кліматів як складову частину лісотипологічної класифікації (Shvydenko, & Ostapenko, 2001). Згідно з цією методикою, тип лісового клімату є функцією тепло- і вологозабезпечення території, на якій росте ліс. Теплозабезпечення (T) і вологозабезпечення (W) визначають за такими формулами:

$$T = \sum T_i, \quad (2)$$

де T_i – сума позитивних середньомісячних температур повітря (сума тепла)

$$W = \frac{R}{T} - 0,0286 \times T, \quad (3)$$

де: W – показник вологості клімату (вологозабезпеченості), який визначають за формулою; R – сума опадів для місяців з позитивною температурою.

За методикою Д.В. Воробйова встановлено, що кліматоп залишився незмінним – свіжий груд (D_2), саме такий зазначено в лісорослинному районуванні рівнинної частини України за Б.Ф. Остапенком (1995).

Ці умови є сприятливими для формування високопродуктивних деревостанів з дуба звичайного, клена гостролистого, липи дрібнолистої, граба звичайного, ялини звичайної, рідше бука звичайного та ялиці білої.

Аналіз сучасного стану лісових насаджень і відбір типового лісового господарства здійснено за базою даних лісового фонду Державного агентства лісових ресурсів та лісівничо-таксаційних описів лісових господарств Хмельницької обл.

Наші дослідження зосереджено у Хмельницькій обл., яка займає вигідне географічне положення і характеризується сприятливими природно-кліматичними умовами та багатством рослинного і тваринного світу.

За фізико-географічним розташуванням область знаходиться в межах Лісостепу, орографічно займає центральну та західну частину Волино-Подільської височини, а також західний схил Українського кристалічного щита.

Структура ґрунтового покриву Хмельницької обл. представлена глибокими чорноземами, темно-сірими опідзоленими ґрунтами та чорноземами опідзоленими, лучними чорноземами, під якими зайнято 1254,3 тис. га, що становить 60,8 % угідь області.

Ліси вкривають понад 13,9 % від території області. Основна частина лісових масивів зосереджена у її поліській частині, де вони займають близько 40 % від лісовкритої площі області. У межах інших географічних районів площа під лісами набагато менша і приблизно становить: у Придністров'ї – 17 %, Хмельницькому Побужжю – 15 %, північному Поділлі – 12 % від загальної лісовкритої площі. Для здійснення аналізу відібрано типове для регіону Пархомівське лісництво ДП "Хмельницьке ЛМГ". Кількість дерев на пробних площах становила від 82 до 141 шт. Діаметр дерев на пробних площах сягав від 6 до 60 см, висота дерев – від 10 до 28 м, вік насаджень – 39-101 рік (табл. 1).

Пробні площі закладали згідно методів закладки пробних площ у лісових насадженнях (Neretin et al., 2006). У процесі досліджень на кожній пробній площі визначено висота і діаметр дерев, вік насаджень встановлювали за існуючими лісо-таксаційними даними. Таксаційний опис закладених пробних площ у лісівництві наведено в табл. 1.

Надземну фітомасу визначали за морфометричними показниками головних лісотвірних порід Пархомівського лісництва (дуб звичайний, береза повисла, ясен звичайний, клен гостролистий, липа дрібнолиста, вільха чорна, сосна звичайна, ялина звичайна).

Здійснено аналіз залежностей компонентів фітомаси дерев головних лісотвірних порід за допомогою статистичного і кореляційного аналізу досліджуваних показників – за програмою *AtteStat*.

Фітомасу стовбура визначали як добуток об'єму (деревини, кори) на базисну щільність. Об'єм деревини і кори, а також відсоток крони кожної породи встановлювали за допомогою чинних нормативних таб-

лиць (Kashpor, & Stochynskyj, 2013; Shvidenko et al., 1987). За рівнянням (1) кореляційним аналізом встановлено фітомасу стовбура у корі та крони дерева (аб-

солютно сухий стан) у різних деревних порід залежно від біометричних показників (діаметр, висота). Постійні коефіцієнти рівняння наведено у табл. 2.

Табл. 1. Лісівничо-таксаційна характеристика пробних площ

№ ПП	Квартал	Виділ	Розмір проби, га	Склад	Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Клас бонітету	Відносна повнота
1	43	19	0,18	7СЗЯле+Гз, Чрш	52	23	26	I ^a	0,85
2	43	14	0,12	3Дз7Гз+Клп	57	19	24	I ^a	0,85
3	43	4	0,46	6Дз4Гр+Клг, Яв, Яз	101	26	34	II	0,70
4	55	15	0,40	5Яле4Вяз1Гз+Яз, Дз, Ос	52	22	28	I ^a	0,40
5	47	7	0,16	3Лпд2Дз1Яз4Гз+Брс	65	20	32	II	0,70
6	47	4	0,12	4Бп6Гз+Чрш	66	26	28	I ^a	0,70
7	39	1	0,14	3Яз1Дз6Гз+Клг, Лпд	71	25	42	I	0,85
8	13	17	0,09	6Дчр2Лпд2Гз+Яс	39	19	24	I ^a	0,90
9	40	10	0,12	7Влч1Бп1Клп1Брс+Дз, Яз, Тпч	56	22	30	I ^a	0,80
10	41	7	0,16	4Дз6Гз	101	28	42	I	0,65
11	12	20	0,10	9Гхг1Гз+Дз, Яз, Клг	48	12	14	III	0,60
12	16	7	0,06	10Лпд+Бп, Гз	47	18	18	I	0,80
13	6	3	0,39	3Клг3Яз1Яв3Гз+Чш	83	23	24	II	0,70

Табл. 2. Числові значення коефіцієнтів регресії для фракцій фітомаси деревних порід

№ з/п	Деревна порода	Фракція фітомаси, кг	Значення коефіцієнтів			Коефіцієнт детермінації
			a_0	a_1	a_2	
1	Дуб звичайний	стовбура у корі	$6,1 \times 10^{-2}$	1,80	0,864	0,99
		крони	$3,5 \times 10^{-5}$	3,82	3,170	0,99
2	Береза повисла	стовбура у корі	$3,7 \times 10^{-2}$	1,62	1,140	0,98
		крони	$1,9 \times 10^{-4}$	2,73	0,804	0,97
3	Ясен звичайний	стовбура у корі	$8,8 \times 10^{-2}$	1,61	0,928	0,99
		крони	$1,6 \times 10^{-5}$	3,53	1,050	0,98
4	Клен гостролистий	стовбура у корі	$2,9 \times 10^{-2}$	2,00	0,869	0,98
		крони	$1,8 \times 10^{-6}$	4,19	1,020	0,97
5	Липа дрібнолиста	стовбура у корі	$2,9 \times 10^{-2}$	2,03	0,730	0,98
		крони	$4,2 \times 10^{-5}$	3,29	0,829	0,98
6	Вільха чорна	стовбура у корі	$3,2 \times 10^{-2}$	2,07	0,694	0,99
		крони	$2,8 \times 10^{-6}$	4,32	0,732	0,99
7	Сосна звичайна	стовбура у корі	$1,9 \times 10^{-2}$	1,92	1,000	0,98
		крони	$3,6 \times 10^{-2}$	1,16	0,925	0,98
8	Ялина звичайна	стовбура у корі	$9,4 \times 10^{-2}$	2,26	0,076	1,0
		крони	$2,3 \times 10^{-2}$	2,15	0,228	0,99

Для наведених рівнянь типу (1) характерний високі коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,97-1,0$), який підтверджує їх відповідність і точність.

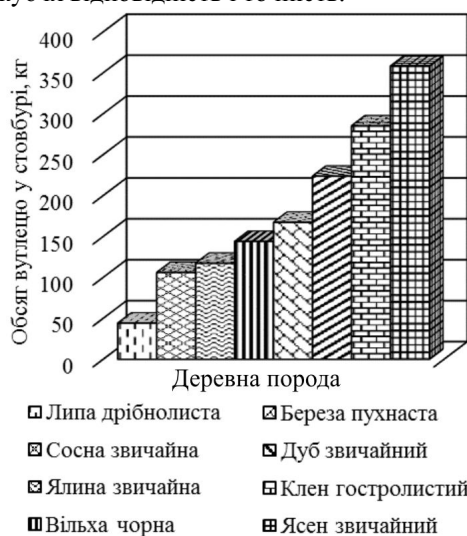


Рис. 4. Обсяг поглинання вуглецю деревними породами у стовбуровій частині дерева

Отримані рівняння дали змогу їх подальшого використання для визначення фітомаси в абсолютно сухому стані і встановлення частки вуглецю у лісових

насадженнях Хмельницької області та киснетвірну здатність деревних порід. За рівняннями встановлено, що найбільшу вуглецепоглиняльну здатність у стовбуровій частині мають такі породи, як дуб звичайний, клен гостролистий, ясен звичайний, а у кронівій частині – ялина звичайна, клен гостролистий, ясен звичайний (рис. 4, 5).

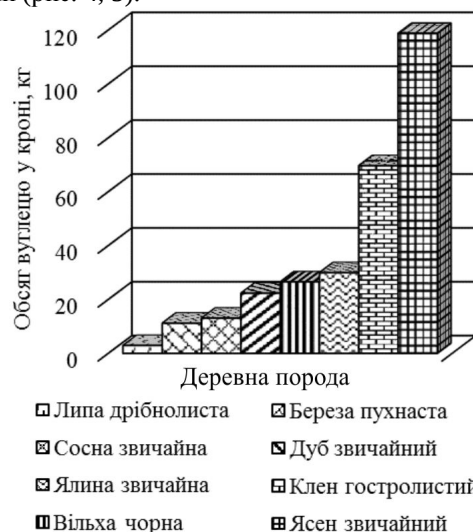


Рис. 5. Обсяг поглинання вуглецю деревними породами у кроні дерев

Враховуючи біометричні показники та кількість дерев на ділянці, встановлено вуглецепоглиняльну та киснетвірну здатність дерев на одиницю площі (рис. 6, 7). З рис. 6 видно, що найбільша вуглецепоглиняльна здатність серед лісових порід належить вільсі чорній, липі дрібнолистій, березі повислій. Меншу здатність акумулювати у фітомасі вуглець мають деревні насадження сосни звичайної, ясеня звичайного та ялини звичайної.

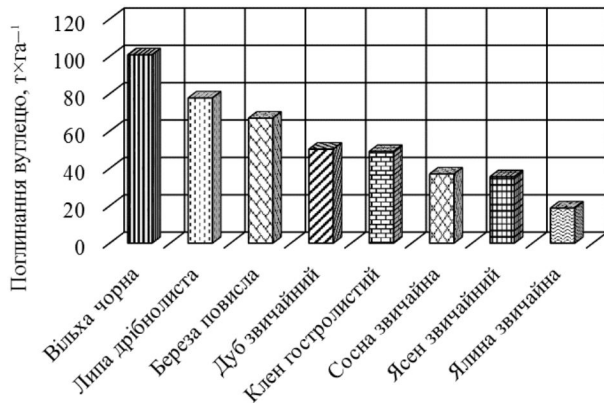


Рис. 6. Акумулювання вуглецю лісотвірними породами на одиницю площі

Найменшу киснетвірну здатність (рис. 7) мають такі породи, як вільха чорна, дуб звичайний, ясен звичайний, ялина звичайна. Найбільшу киснетвірну здатність має береза повисла.

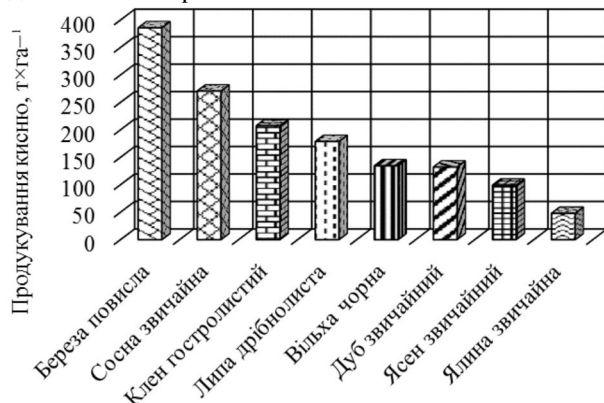


Рис. 7. Киснетвірна здатність лісотвірних порід на одиницю площі

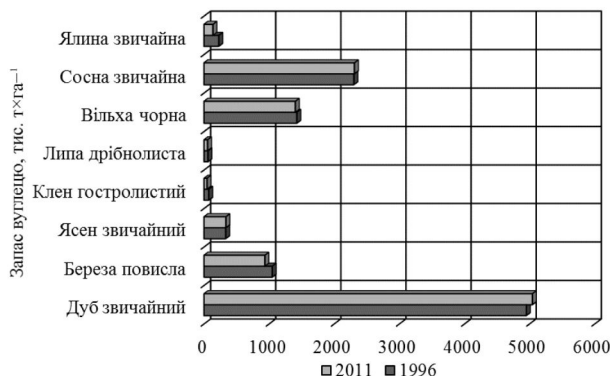


Рис. 8. Динаміка запасу вуглецю за період 1996-2011 рр.

Згідно з реляційною базою даних (Таксаційна характеристика лісів, 2011) станом на 01.01.2011 р., порівняно з 1996 р., площа під насадженнями дуба звичайного зросла на 1,8 %, ясеня звичайного – на 0,9,

сосни звичайної – на 0,4 %, зменшилася площа під березою повислою – на 12,1 %, під кленом гостролистим – на 62,8, липою дрібнолистою – на 12,4, вільхою чорною – на 1,7, ялиною звичайною – на 67,2 %. Загальна площа лісових насаджень зменшилася на 2,5 %.

На основі отриманих даних встановлено обсяг поглинутого вуглецю лісовими насадженнями за 1996 і 2011 рр. (рис. 8). Отже, загальна кількість запасу вуглецю, поглинутого деревними породами за 2011 р., становить 10,3 млн т. Щорічні викиди CO₂ (стаціонарними та пересувними джерелами), за даними Головного управління статистики Хмельницької обл., становлять близько 2,3 млн т (рис. 9).

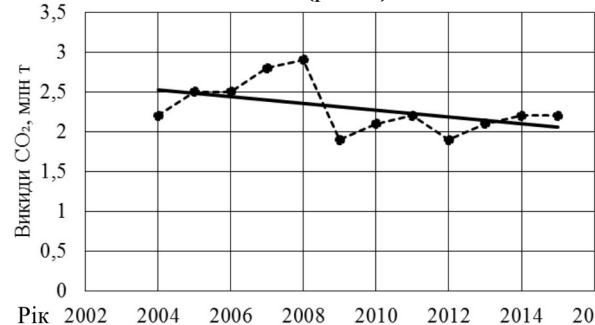


Рис. 9. Щорічні викиди діоксиду вуглецю за період 2002-2015 рр.

Серед усіх деревних порід, найбільше поглинає вуглець – дуб звичайний, як панівна деревна порода у Хмельницькій обл.

Висновки. За природно-кліматичними показниками з 1964-2015 рр. встановлено тенденцію до зменшення щорічної суми опадів на 100 мм, збільшення середньорічної температури на 1,7 °C та зменшення відносної вологості повітря на 2 %.

Згідно з методикою Д.В. Воробйова встановлено, що кліматоп залишився незмінним – свіжий груд (D₂).

На основі біометричних показників розроблено емпіричні рівняння деревних видів та встановлено, що найбільшу вуглецепоглиняльну здатність у стовбуровій частині мають такі породи, як дуб звичайний, клен гостролистий, ясен звичайний, а у кронівій частині – ялина звичайна, клен гостролистий, ясен звичайний.

Встановлено, що на одиницю площі у насадженні найбільшу вуглецепоглиняльну здатність серед лісових порід має вільха чорна, липа серцелиста, береза повисла, а меншу здатність має сосна звичайна, ясен звичайний та ялина звичайна.

За щорічними викидами діоксиду вуглецю (стаціонарними та пересувними джерелами) визначено, що середньостатистичні викиди у Хмельницькій обл. становлять близько 2,3 млн т. Ліси Хмельниччини, які складаються із дуба звичайного, поглинають на 77 % більше від цієї кількості.

Перелік використаних джерел

- Borovikov, A. M., & Ugolev, B. N. (1989). *Spravochnik po drevesine*. Moscow: Lesn. prom-st. [In Russian].
 Buksha, I. F., Butrym, O. V., & Pasternak, V. P. (2008). *Inventaryzacija parnykovykh gaziv u sektori zemlekorystuvannja ta lisovogo gospodarstva*. Harkiv: HNAU. [In Ukrainian].

- Kashpor, S. M., & Storchynskyj, A. A. (2013). *Lisotaksacijnyj do-vidnyk*. Kyiv: Vyd. dim "Vinnichenko". [In Ukrainian].
- Kobzar, A. I. (2006). *Prikladnaja matematicheskaja statistika. Dlja inzhenerov i nauchnyh rabotnikov*. Moscow: FIZMATLIT. [In Russian].
- Lakyda, P. I., Lashhenko, A. G., & Lashhenko, M. M. (2006). *Biologichna produktyvnist dubovyh derevostaniv Podillja*. Kyiv: NNC IAE. [In Ukrainian].
- Lakyda, P. I. (2002). *Fitomasa lisiv Ukrainy*. Ternopil: Zbruch. [In Ukrainian].
- Liepa, I. Ya. (1980). *Dinamika drevesnyh zasobov: Prognozirovani i jekologija*. Riga: Zinatne. [In Russian].
- Lipinskyi, V. M., Diachuk, V. A., & Babichenko, V. M. (Eds) (2003). *Klimat Ukrainy*. Kyiv: RAJEVSKOGO. [In Ukrainian].
- Matthews, G. (1993). The Carbon Contents of Trees, *Forestry Commission, Tech. Paper 4*. Edinburgh.
- Neretin, S. D., Chyglajev, I. F., Zaremskyj, A. D. et al. (2006). *Instrukcija z vporjadkuvannja lisovogo fondu Ukrainy. Polovi roboty*. Irpin: VO "Ukrderzhlisproekt". [In Ukrainian].
- Shvidenko, A. Z., Storchinskij, A. A., Savich, Yu. N., & Kashpor, S. N. (1987). *Normativno-spravochnye materialy dlja taksacii lesov Ukrainy i Moldavii*. Kyiv: Urozhaj. [In Russian].
- Shvydenko, A. Yo., & Ostapenko, B. F. (2001). *Lisoznavstvo*. Chernivci: Zelena Bukovyna. [In Ukrainian].
- Taksacijna charakterystyka lisiv (2011). *Reljacijska baza danyh stanom na 01.01.2011*. Irpin. [In Ukrainian].
- Voronkov, N. A. (1999). *Jekologija obshhaja, socialnaja, prikladnaja*. Moscow: Agrar. [In Russian].

В. В. Мороз, Н. И. Шевчук

ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ХМЕЛЬНИЦКОЙ ОБЛАСТИ

Проанализированы природно-климатические изменения в Хмельницкой обл. за период 1964-2015 гг., а именно температура, влажность, осадки. По методике Д.В. Воробьева установлены лесотипологические условия роста древесных растений. С помощью регрессионного анализа с использованием биометрических показателей (высота, диаметр) получены эмпирические уравнения для определения фитомассы древесины и кроны главных лесообразующих пород (дуба обыкновенного, березы повислой, ясеня обыкновенного, липы сердцелистной, ольхи черной, сосны обыкновенной, ели обыкновенной) в абсолютно сухом состоянии. Установлена углеродопоглощающая и кислородопроизводящая способность выше указанных древесных пород в лесных насаждениях Хмельницкой обл. на примере Пархомовского лесничества, которое является типичным в данном регионе. Полученные уравнения позволили оценить объемы поглощения углерода и продуцирования кислорода лесными насаждениями по одинаковым лесотипологическим условиям роста. Проанализирована динамика выбросов диоксида углерода и установлена экологическую роль дуба обыкновенного как преобладающей лесообразующих породы в данном регионе.

Ключевые слова: климатические изменения, поглощение углерода, продуцирование кислорода, лесные насаждения, регрессионный анализ, эмпирические уравнения.

V. V. Moroz, N. I. Shevchuk

NATURAL AND CLIMATE CHANGE AND THE ECOLOGICAL ROLE OF FOREST PLANTATIONS IN KHMELNITSKY REGION

The negative effects of urbanization and climate change pose a direct threat to the ecological, economic and social stability in the world. Therefore, in the last decade a lot of attention is paid to the issue of global warming. One of the ways of solving modern environmental problems is forest plantations as they can reduce the temperature of the air and accumulate in their biomass of carbon. The aim of the work is the assessment of carbon sequestration and oxygen production of forest plantations in Khmelnytsky region on an example of forestry Parkhomovskii GP Khmelnytsky Forestry. In the course of study we have analyzed the climatic changes in the Khmelnytsky region for the period 1964-2015 years, namely, temperature, humidity, rainfall. According to the procedure established by Vorobyov D.V. we have studied forest conditions of woody plants. Using regression analysis using biometric parameters such as height and diameter we have obtained by empirical equations for determining the biomass of wood and crowns the main forest-forming species (ordinary oak, drooping birch, European ash, linden, black alder, Scots pine, and spruce) in an absolutely dry condition. We have also defined the ability of carbon sequestration, oxygen production above indicated arboreal species in forest plantations of Khmelnytsky region on the example of Parkhomovskii forest district, which is typical in the region. The resulting equations allowed us to estimate the volume of carbon absorption and oxygen production of forest plantations for identical forest vegetation growth conditions. We studied the dynamics of carbon dioxide emissions and established environmental role of oak tree as the dominant forest-forming species in the region. In conclusion we should note that in Khmelnytsky region temperature increase and decrease in rainfall in recent years are observed, so the forest plantations play an important ecological role in improving the environment. The dominant breed in this region is oak, as it accounts for the largest share in carbon sequestration and the production of oxygen.

Keywords: carbon sequestration; oxygen production; forest plantation; regression analysis; empirical equations.

Інформація про авторів:

В. В. Мороз, канд. с.-г. наук, зав. лаб. екології, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, м. Львів, Україна. **E-mail:** vera_moroz@ukr.net

Н. І. Шевчук, аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Львів, Україна. **E-mail:** nshevchuk199@gmail.com