
ЗМІНА КЛІМАТУ

УДК 630*1:551.583(477.42:477.82)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.5-56.33>

ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА СТІЙКІСТЬ ЛІСІВ ВОЛИНСЬКОГО І ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

Андрєєва О.Ю., Мартинчук І.В., Корма О.М., Марчук Д.О., Докійчук Ю.В.
Поліський національний університет
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир
andreieva.olenal1@gmail.com

У статті проаналізовано виявлені зміни кліматичних показників, що впливають на стан лісових екосистем. Мета роботи – оцінити зміни кліматичних показників, що впливають на стійкість лісів Волинського і Житомирського Полісся. Санітарний стан лісів погіршується останніми десятиліттями. Це значною мірою пов'язано зі зміною клімату. За прогнозами дослідників, якщо в подальшому температура повітря буде підвищуватися, а кількість опадів зменшуватися, умови для більшості головних лісоутворювальних порід стануть несприятливими на значній частині ареалу [1]. Так у регіоні досліджень показники середньої річної температури повітря за останні 30 років перевищують багаторічні дані на 1,1–1,3°C, або на 14,7–18%. Максимальні показники перевищення температури визначено у 2000, 2002, 2007, 2015 і 2019 рр., а найменшу кількість опадів – у 2011, 2015 і 2019 рр. Дати початку вегетаційного періоду відмічені раніше на 7–8 днів. Зростання температури повітря спонукає до зміни зони лісокліматичного районування Д. В. Воробйовим (регіон входив до області помірного клімату, а у 1989–2019 рр. – до області порівняно теплого клімату). Середнє значення гідротермічного коефіцієнта Г. Т. Селянінова у 2005–2018 рр. відповідає «нормі» для Лісостепу (1,0–1,3), а мінімальне – «нормі» для Степу (0,7–1,0). Зменшення кількості опадів і ГТК є несприятливими для росту та стану дерев і сприятливими для розвитку шкідливих організмів. Встановлено, що аномальне збільшення температури повітря та зменшення гідротермічного коефіцієнта до рівня, характерного для степової зони, є чинниками нетривалої дії, що спонукає до підвищення сприйнятливості лісових дерев до заселення шкідливими організмами. Одержані результати досліджень мають теоретичне й практичне значення для забезпечення вирощування стійких насаджень і підвищення ефективності лісового господарства. *Ключові слова:* кліматичні показники, лісокліматичне районування, гідротермічний коефіцієнт, стійкість лісів, вегетаційний період.

Changes in climatic indicators affecting the stability of the forests of Volyn and Zhytomyr Polissia. Andreieva O., Martynchuk I., Korma O., Marchuk D., Dokiichuk Yu.

The article analyzes the detected changes in climatic indicators affecting the state of forest ecosystems. The purpose of the work is to assess the changes in climatic indicators affecting the stability of the forests of Volyn and Zhytomyr Polissia. The sanitary condition of forests has been deteriorating in recent decades. This is largely due to climate change. According to the researchers' forecasts, if in the future the air temperature will rise and the amount of precipitation will decrease, the conditions for most of the main forest-forming species will become unfavorable in a significant part of the range [1]. Thus, in the region of research, the indicators of the average annual air temperature for the last 30 years exceed the long-term data by 1.1–1.3°C, or by 14.7–18%. The maximum indicators of temperature excess were determined in 2000, 2002, 2007, 2015 and 2019, and the lowest amount of precipitation was determined in 2011, 2015 and 2019. The dates of the beginning of the growing season were marked earlier by 7–8 days. The increase in air temperature prompts D.V. Vorobyov to change the zone of forest-climate zoning (the region was part of the temperate climate region, and in 1989–2019 – into the relatively warm climate region). The average value of the hydrothermal coefficient of G.T. Selyaninov in 2005–2018 corresponds to the “norm” for the Forest Steppe (1.0–1.3), and the minimum value corresponds to the “norm” for the Steppe (0.7–1.0). A decrease in precipitation and GTC is unfavorable for the growth and condition of trees and favorable for the development of harmful organisms. It has been established that an abnormal increase in air temperature and a decrease in the hydrothermal coefficient to the level characteristic of the steppe zone are short-term factors that lead to an increase in the susceptibility of forest trees to colonization by harmful organisms. The obtained research results have theoretical and practical significance for ensuring the cultivation of sustainable plantations and increasing the efficiency of forestry. *Key words:* climatic indicators, forest-climate zoning, hydrothermal coefficient, forest stability, growing season.

Постановка проблеми. Розвиток і успішність розмноження шкідливих організмів, накопичення горючих матеріалів та інтенсивність їхнього загорання й горіння насамперед залежать від погодних умов [1, 2]. Останнім часом в різних регіонах

помітні тенденції до підвищення температури повітря, зменшення кількості опадів, зниження рівня ґрунтових вод [3]. У зв'язку із швидкими темпами таких змін дерева не встигають до них пристосуватись на відміну від шкідливих організмів.

мів, які характеризуються коротшими життєвими циклами.

Актуальність дослідження. Погіршення стану лісів відбувається під впливом комплексу екологічних чинників, які включають абіотичні, біотичні та антропогенні. Чинники кожної групи можуть створювати умови для ослаблення лісів, ініціювати ослаблення лісів чи супроводжувати цей процес. Особлива роль у згаданих процесах належить кліматичним показникам. У зв'язку із цим актуальним є виявлення особливостей змін клімату для розроблення алгоритмів прогнозування ризику погіршення стану насаджень і заходів підвищення їхньої стійкості до несприятливої дії інших екологічних чинників [1, 4, 5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Кліматичні чинники обумовлені інтенсивністю потоків сонячної радіації та розташуванням місцевості (широтою, довготою, висотою над рівнем моря, особливостями рельєфу тощо) [6]. Кліматичні умови Полісся загалом сприятливі для росту лісів. Водночас всихання лісів у другому десятилітті цього століття часто пов'язують зі зміною клімату [7, 8]. Сукупність кліматичних чинників як чинників тривалої дії обумовлює формування лісорослинних умов [9]. Особливості динаміки основних складових клімату – температури та опадів – відбиваються на темпах і інтенсивності росту лісових насаджень [10], а також на їхній стійкості до дії тих чи інших природних та антропогенних чинників, зокрема шкідливих комах, збудників хвороб і пожеж [11–13].

Новизна. Визначено зміни кліматичних показників, що впливають на біотичну стійкість лісів: підвищення температури повітря має наслідками зміни зони лісокліматичного районування Д. В. Воробйовим, зміни термінів і тривалості вегетаційного періоду, збільшення кількості поколінь мультівольтинних шкідників, а зменшення кількості опадів і ГТК є несприятливим для насаджень і сприятливим для шкідливих організмів [1].

Методологія досліджень. Для оцінювання зміни клімату з 1901 р. на рівні областей регіону взято дані трьох метеорологічних станцій: Рівне (Рівненська обл., 50.502°пн.ш., 26.165°сх.д., 232 м н.р.м.), Ковель (Волинська обл., 51.206°пн.ш., 24.764°сх.д., 172 м н.р.м.) та Житомир (Житомирська обл., 50.254°пн.ш., 28.68°сх.д., 227 м н.р.м.) [1, 14].

Динаміку метеорологічних показників 2005–2018 рр. аналізували за даними метеостанцій міст Житомир, Коростень, Новоград-Волинський, Овруч, Олевськ і Тетерів, які знаходяться поблизу насаджень лісового фонду лісгосподарських підприємств, де було проведено польові дослідження [1].

Гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова розраховували як співвідношення суми опадів за період, коли середньодобова температура повітря перевищувала + 10°C, та суми активних температур за той самий період [1].

$$ГТК = 10 \times \frac{\sum P}{\sum t}, \quad (1)$$

де $\sum P$ – опади за період із середньою місячною температурою повітря понад 10°C, мм;

$\sum t$ – сума добових температур повітря за такий самий період, °C.

Показники лісокліматичного районування розраховували за Д. В. Воробйовим [1]. Показник суми тепла (Т) визначали як суму середніх місячних температур повітря за місяці з температурою понад 0°C, а коефіцієнт зволоження – за формулою (2.2):

$$W = (R/T) - 0,0286 \times T, \quad (2)$$

де R – сума опадів за місяці з додатною температурою повітря.

Викладення основного матеріалу. Аналіз метеорологічних даних свідчить, що за трьома метеостанціями, які характеризують регіон досліджень, середня річна температура повітря за 1989–2019 рр. перевищує цей показник за 1901–1988 рр. на 1,1–1,3°C, або на 14,7–18% (табл. 1).

При цьому у Ковелі абсолютне значення температури є найбільшим, а перевищення – найменшим. У Житомирі, навпаки, абсолютне значення температури є найменшим, а перевищення – найбільшим.

Температура вегетаційного періоду збільшилася за даними всіх метеостанцій дещо меншою мірою (на 0,9–1°C, або на 5,8–6,5%).

Зазначені зміни мають наслідком більш ранній початок вегетаційного періоду та інтенсивніше накопичення суми температур, що може вплинути на ризик поширення шкідливих організмів.

Сума температур, які накопичуються за вегетаційний період, є важливим показником потенційної можливості завершення розвитку бажаних для

Таблиця 1

Зміна середньої температури повітря за рік і за вегетаційний період у регіоні досліджень [1]

Метео-станція міста	Т°		Різниця		Т°		Різниця	
	1901–1988 рр.	1989–2019 рр.	абс., °	відносні, %	1901–1988 рр.	1989–2019 рр.	абс., °	відносні, %
Рівне	7,3	8,4	1,2	16,2	14,9	15,8	0,9	6,1
Ковель	7,5	8,6	1,1	14,7	14,8	15,7	0,9	5,8
Житомир	7,0	8,3	1,3	18,0	14,8	15,8	1,0	6,5

людини рослин-інтродуцентів і небажаних шкідників рослин. Зокрема цей показник дає змогу визначити максимально можливу кількість поколінь мультівольтинних видів комах [15–18].

Як і середнє значення, сума температур за вегетаційний період у 1989–2019 рр. є більшою, ніж у 1901–1988 рр. (табл. 2).

Найбільшою є різниця показника за зазначені два періоди у Житомирі (123,8°C, або 4,6%), а найменша – в Ковелі (105,6°C, або 3,9%).

Як було встановлено (рис. 1–3), найбільшою мірою підвищилася останнім часом температура повітря у перші місяці року. Це мало відбитися на датах зміни сезонів року та фенологічних явищах лісових дерев та інших видів, що з ними пов'язані. Так із датами стійкого переходу температури повітря через 5°C пов'язані терміни розмерзання ґрунту, початку розвитку коріння рослин та комах, які в ньому зимували. З датами стійкого переходу температури повітря через 10°C пов'язані терміни активної вегетації рослин і фенологічних стадій комах-фітофагів та їхніх природних ворогів [1].

Аналіз даних свідчить, що в районі всіх розглянутих метеостанцій дати стійкого переходу температури повітря через 5°C у другому періоді стали більш ранніми на 7–8 днів, а переходу через 10°C – на сім днів (табл. 3).

Слід узяти до уваги, що зазначені дати є середніми за період, тоді як в окремі роки вони можуть відхилитися в обидва боки, що буде розглянуто нижче.

Річна кількість атмосферних опадів за даними всіх розглянутих метеостанцій за останній період збільшилася, найменшою мірою – в Житомирі (на

4,4 мм) (табл. 4). Водночас сума опадів за вегетаційний період у районах дії метеостанцій Рівне та Житомир зменшилася (на 0,7–1,0 мм), а в районі дії метеостанції Ковель – дещо збільшилася (на 0,7 мм). У районі дії метеостанції Рівне річна кількість опадів збільшилася найсильніше у березні (на 4,5 мм, або на 17,3%) та вересні (на 7,3 мм, або на 15%), але зменшилася у серпні (на 12 мм, або на 18,4%), квітні (на 2,2 мм, або 5,3%) та листопаді (на 1,5 мм, або 4%) у порівнянні з першим аналізованим періодом.

У районі дії метеостанції Ковель річна кількість опадів збільшилася найсильніше у березні (на 5,4 мм, або на 20,1%), травні (на 7,6 мм, або на 13,3%) та вересні (на 6,5 мм, або на 13,1%), а зменшилася найсильніше у серпні (на 12 мм, або 17,9%), меншою мірою – у квітні (на 0,4 мм, або 1%), червні (на 3,4 мм, або 4,8%) та листопаді (на 1,7 мм, або на 4,2%).

У районі дії метеостанції Житомир річна кількість опадів збільшилася найсильніше у березні (на 4,6 мм, або на 15,8%) та вересні (на 11,6 мм, або на 23,4%), а зменшилася найсильніше у серпні (на 12,3 мм, або 16,8%), меншою мірою – у квітні (на 2,8 мм, або 6,7%), липні (на 3,8 мм, або 4,6%) та листопаді (на 2,0 мм, або на 4,6%).

Зміни температури та опадів вплинули на значення показників, що покладені в основу лісокліматичного районування Д. В. Воробйова (табл. 5).

За показником суми тепла всі розглянуті метеостанції входили у 1901–1988 рр. до області помірного клімату, Рівне та Ковель – свіжого, в Житомир – вологого. Останнє пов'язане з тим, що на початку минулого століття у Житомирській області була

Таблиця 2

Зміни суми температур за вегетаційний період у регіоні дослідження (°C)

Метеостанції міст	Роки		Різниця	
	1901–1988	1989–2019	абсолютна, мм	відносна, %
Рівне	2726,6	2838,0	111,4	4,1
Ковель	2720,4	2826,0	105,6	3,9
Житомир	2717,2	2841,0	123,8	4,6

Таблиця 3

Зміни дат стійкого переходу температури повітря через 5 і 10°C навесні у регіоні дослідження [1]

Метео-станції міст	Дата переходу температури через 5 °		Різниця		Дата переходу температури через 10 °		Різниця	
	1901–1988 рр.	1989–2019 рр.	абс., мм	відносна, %	1901–1988 рр.	1989–2019 рр.	абс., мм	відносна, %
Рівне	94 (4.04)	87 (28.03)	-7,0	-7,4	116 (26.04)	109 (19.04)	-7,0	-6,0
Ковель	93 (3.04)	86 (27.03)	-7,0	-7,5	117 (27.04)	110 (20.04)	-7,0	-6,0
Житомир	95 (5.04)	87 (28.03)	-8,0	-8,4	117 (27.04)	110 (20.04)	-7,0	-6,0

Примітка: * – кількість днів з 1 січня, у дужках календарна дата.

Таблиця 4

Зміни середньої суми атмосферних опадів за рік і за вегетаційний період у регіоні дослідження [1]

Метеостанції міст	Опади річні, мм		Різниця		Опади вегетаційного періоду, мм		Різниця	
	1901–1988 рр.	1989–2019 рр.	абс., мм	відносна, %	1901–1988 рр.	1989–2019 рр.	абс., мм	відносна, %
Рівне	570,9	579,3	8,4	1,5	367,1	366,4	-0,7	-0,2
Ковель	572,9	582,8	9,9	1,7	482,8	483,5	0,7	0,1
Житомир	583,9	588,3	4,4	0,8	495,0	494,0	-1,0	-0,2

Таблиця 5

Кліматичні показники, на яких базується лісотипологічне районування України, за періоди 1951–1980 і 1981–2010 рр. [1]

Метеостанції міст	1901–1988 рр.			1989–2019 рр.			Лісотипологічна область*	
	T, °C	W	A, °C	T, °C	W	A, °C	1901–1988 рр.	1989–2019 рр.
Рівне	99,5	1,93	24,0	108,2	1,31	22,9	2d	2e
Ковель	100,6	1,84	23,4	108,9	1,30	22,5	2d	2e
Житомир	98,2	2,16	24,4	107,7	1,48	23,2	3d	2e

Примітка. * 2d – область свіжого помірного клімату (свіжого груду); 3d – область вологого помірного клімату (волового груду); 2e – область свіжого порівняно теплого клімату.

Таблиця 6

Зміни гідротермічного коефіцієнта Г. Т. Селянінова (ГТК) у регіоні дослідження за два періоди [1]

Метеостанції міст	Роки		Різниця	
	1901–1988	1989–2019	абсолютна, мм	відносна, %
Рівне	1,35	1,29	-0,06	-4,4
Ковель	1,35	1,30	-0,05	-3,7
Житомир	1,38	1,32	-0,06	-4,3

поширена мережа боліт, порівняно теплого клімату, які в подальші роки осушували [18]. Розрахунки за 1989–2019 рр. свідчать, що всі ці метеостанції належать нині до області свіжого порівняно теплого клімату. Континентальність клімату у другий період зменшилася, але контрастотоп не змінився.

Середнє багаторічне значення гідротермічного коефіцієнта Г.Т. Селянінова зменшилося в районі всіх розглянутих метеостанцій, найменшою мірою – у Ковелі (табл. 6).

У перший аналізований період у районі всіх розглянутих метеостанцій значення ГТК (>1,3) відповідало зоні забезпеченого зволоження. У другий аналізований період значення ГТК метеостанцій Рівне та Ковель наближуються до верхньої межі посушливої зони (0,1–1), а в Житомирі – залишаються характерними для зони забезпеченого зволоження.

Головні висновки. У регіоні досліджень середня річна температура повітря 1989–2019 рр. більша, ніж за 1901–1988 рр., на 1,1–1,3°C, або на 14,7–18%, а температура вегетаційного періоду – на 0,9–1°C,

або на 5,8–6,5%. Найбільші перевищення середніх значень річної температури визначені у 2000, 2002, 2007, 2015 і 2019 рр.

Річна кількість атмосферних опадів за 1989–2019 рр. перевищила цей показник за 1901–1988 рр. Водночас сума опадів за вегетаційний період у районах дії метеостанцій Рівне та Житомир зменшилася (на 0,7–1,0 мм), а в районі дії метеостанції Ковель – дещо збільшилася (на 0,7 мм). На відміну від тренду збільшення річної кількості опадів у 1989–2019 р., в інтервалі 1998–2019 рр. слабко виражений тренд до зменшення цього показника.

Зміни температури та кількості опадів вплинули на значення показників, що покладені в основу лісокліматичного районування Д. В. Воробйова. За показником суми тепла всі розглянуті метеостанції входили у 1901–1988 рр. до області помірного клімату, а у 1989–2019 рр. – до області свіжого порівняно теплого клімату.

Середнє багаторічне значення гідротермічного коефіцієнта Г. Т. Селянінова у 1901–1988 рр.

та 1998–2019 рр. відповідають зоні забезпеченого зволоження, а мінімальні 1998–2019 рр. – посушливій зоні. Значення ГТК за 2014–2019 рр. щороку поступалися середньому багаторічному. За 2005–2018 рр. середні значення ГТК потрапляють в інтервал «норми» для Лісостепу (1,0–1,3). Всі мінімальні значення ГТК потрапляють у «норму» для Степу (0,7–1,0).

Література

1. Андреева О. Ю. Біотична стійкість соснових насаджень Волинського і Житомирського Полісся. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук зі спеціальності 06.03.03 «Лісознавство і лісівництво». НУБІП України. Київ, 2023.
2. Борисенко О. І. Тенденції зміни рівня пожежної небезпеки насаджень ДП «Кремінське ЛМГ». Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 130. С. 139–145.
3. Швиденко А. З., Букша І. Ф., Краковська С. В. Уразливість лісів України до зміни клімату: [монографія]. Київ: Ніка-Центр, 2018. 184 с.
4. Biedermann, P. H., Müller, J., Grégoire, J. C., Gruppe, A. Bark Beetle Population Dynamics in the Anthropocene: Challenges and Solutions. *Trends in ecology & evolution*. 2019. Vol. 34. Iss. 10. Pp. 914–924.
5. Björkman C., Bylund H., Nilsson U., Nordlander G., Schroeder M. Effects of new forest management on insect damage risk in a changing climate. *Climate change and insect pests*. 2015. Pp. 248–266.
6. Агрокліматичний довідник по території України /за редакцією: Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р. С., 2011. 108 с.
7. Andreieva O. Y. Climatic factors influencing the vulnerability of Scots pine to bark beetles attacks in the Central Polissya. *Forestry and Forest Melioration*. 2018. Iss. 133. P. 119–127.
8. Andreieva O., Skydan O., Wójcik R., Kędziora W., Alpatova O. Influence of Weather Conditions on the Spread of Fires in the Forest Fund of Zhytomyr Polesia. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25 (3). P. 68–75.
9. Андреева О. Ю., Іванюк І. Д., Іванюк Т. М., Буднік І. П. Типологічна структура соснових насаджень Центрального Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2020. Вип. 136. С. 165–171.
10. Остапенко Б. Ф., Федець І. П., Пастернак В. П. Типологічна різноманітність лісів України: зона широколистяних лісів. Х.: ХДАУ, 1998. 127 с.
11. Meshkova V. Predicted seasonal development of phytophagous forest insects in the temperate zone. *Advances in Agriculture, Horticulture and Entomology*. 2021, Issue 06. 10 p.
12. Andreieva O. Y., Zhytova O. P., Martynchuk I. V. Health condition and colonization of stem insects in Scots pine after ground fire in Central Polissya. *Folia Forestalia Polonica*. 2018. Vol. 60 (3). P. 143–153.
13. Ткач О. М. Тенденції виникнення пожеж у лісах Рівненщини. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2014. Вип. 24 (9). С. 84–89.
14. Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями. Метеопост URL: https://meteopost.com/weather/climate/#google_vignette (дата звернення: 1.04.2024).
15. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / [С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко]; за ред. С. П. Іванюти. К.: НІСД, 2020. 110 с.
16. Ткач В. П., Мешкова В. Л. Сучасні проблеми формування та відтворення біологічно стійких соснових лісів України в умовах зміни клімату. Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. м. Київ, 12–13 червня 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 70–78.
17. Krakovska S., Buksha I., Shvidenko A. Climate change scenarios for an assessment of vulnerability of forests in Ukraine in the 21st century. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului*. 2017. P. 87–394.
18. Українські ліси та зміни клімату URL: <http://epl.org.ua/about-us-posts/lisy-ukrayiny-v-konteksti-zminy-klimatu-znachni-problemy-i-velyki-mozhlyvosti/>