

Зміни клімату міста Чернівці у період глобального потепління

Андрій НИКОЛАЄВ^{1*}  <https://orcid.org/0000-0001-5454-620X>

УДК 551.588.7(477.85)

Сусанна ГУЦУЛ¹  <https://orcid.org/0009-0004-8701-4102>

Юлія ТИМОФЕЄВА¹  <https://orcid.org/0009-0006-7128-1032>

ПОШУКОВА СТАТТЯ

¹Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
кафедра географії України та регіоналістики

Листування – *a.nikolaev@chnu.edu.ua

Ключові слова: глобальне потепління, однорідність ряду спостережень, кліматична норма, амплітуда температур, кліматичний сезон, сніговий покрив, аридність та континентальність клімату.

Анотація: Метою цієї публікації є оцінка змін клімату міста Чернівців у період глобального потепління. За час проведення інструментальних метеорологічних спостережень, 1875–2023 рр. проаналізовані тенденції змін температур повітря і річних сум атмосферних опадів. Визначено і статистично обґрунтовано часову межу початку періоду потепління клімату, якою є 1989 рік.

Встановлено, що у багаторічному ході середніх річних температур повітря існує чітко виражений позитивний тренд, протягом останнього 20-річчя вони перевищували кліматичну норму на 2,4 °C. Зростання температур повітря супроводжувалось збільшенням річних сум атмосферних опадів, внаслідок чого, наразі, відсутня тенденція аридизації клімату Чернівців.

1. ВСТУП

Глобальні кліматичні зміни мають значні регіональні відмінності. На Сході Центральної Європи, включаючи Україну, середні річні температури повітря підвищились на 1,5 °C, найбільші темпи її зростання спостерігалися в останньому десятиріччі (Lindsey et al. 2021; Copernicus Climate Service 2020). Ряд дослідників констатують, що інтенсивність підвищення температур повітря в Україні є вищою, ніж у прилеглих регіонах (Wilson et al. 2021).

Вивченню варіацій клімату на усіх рівнях прояву присвячена значна кількість наукових праць, у яких аналізувалися різні аспекти цього важливого і небезпечного процесу. Протягом останнього 30-річчя напрямки досліджень змін клімату дещо змінювалися: на початковому етапі вивчалися чинники, тенденції, просторові і часові закономірності, на наступних – виконувались оцінка і прогнозування наслідків потепління, розробка рекомендацій щодо адаптації до них економік різних регіонів і окремих країн (Іванюта (Ред.) та ін. 2020).

Важливим напрямком в таких дослідженнях є оцінка змін клімату міст, особливо – великих, що мають як регіональні, так і власні, специфічні для урбанізованих територій, особливості. Зміни клімату Чернівців, наразі, вивчені недостатньо, існуючі дослідження охоплюють, переважно, початковий період потепління, коли тенденції змін основних

2024, 847; DOI: <https://doi.org/10.31861/geo.2024.847.109-124>

 Open Access. © 2024 А. НИКОЛАЄВ, С. ГУЦУЛ, Ю. ТИМОФЕЄВА
опубліковано у Чернівецькому національному університеті

Ця робота ліцензується відповідно до

CC BY-NC-ND із Зазначенням Авторства – Некомерційна – Без Похідних 4.0 Міжнародна



метеорологічних елементів не набули чітких рис (Гуцуляк 2006; Киналь та ін. 2011; Николаєв, Шевчук 2014; Николаєв 2016; Холявчук 2022).

Метою запропонованого дослідження є оцінка змін клімату міста Чернівці протягом періоду глобального потепління, 1989–2023 рр.

Вивчення тенденцій змін клімату і їх кількісна оцінка виконуються шляхом аналізу хронологічних рядів результатів метеорологічних спостережень. Коректність зроблених висновків визначається основними характеристиками рядів спостережень: їх тривалістю, безперервністю і однорідністю.

Вимірювання температур повітря в Чернівцях були розпочаті у січні 1846, регулярні спостереження за станом погоди – у жовтні 1852 року. Спостереження за атмосферним тиском, температурою і вологістю повітря, кількістю атмосферних опадів, швидкістю та напрямком вітру, хмарністю і атмосферними явищами проводилися у три терміни: о 07, 14 та 21 годині. Продовжувались вони, з п'ятирічним переривом (1862–1866), по 1873 рік. Результати спостережень за п'ятнадцятирічний період (1852–1861), (1865–1873 рр.) були узагальнені Тітусом фон Альтом (*Titus Von Alth*) у дослідженні «*Climatologie von Chernowitz*», що вийшло друком в Чернівцях у 1875 році. Протягом 1877–1880 рр. вимірювання температур повітря в Чернівцях було продовжене.

При достатній тривалості (28 років) початковий період метеорологічних спостережень в Чернівцях не був безперервним і не може вважатися однорідним. Причинами виникнення неоднорідності були часті зміни положення пунктів проведення спостережень, відсутність уніфікації приладів, методів проведення спостережень і обробки їх результатів.

Систематичні спостереження були відновлені у 1880 році, вони проводилися у три терміни: о 07, 13, 21 годині за програмою станції II розряду. Протягом одинадцяти років (1880–1891) їх виконував Адальберт Вашловські (*Adalbert Wachlowski*), який, доповнивши результати попередніх п'ятнадцятирічних спостережень даними за 1880–1885 роки, узагальнив їх у роботі «*Zur Klimatologie von Chernowitz*», виданій в Чернівцях у 1886 році. Спостереження безперервно проводилися протягом тридцяти п'яти років (1880–1915) і були припинені через події Першої світової війни 12 січня 1916 року, про що зроблений відповідний запис у щоденнику метеостанції «*Wetterbuch*».

На відміну від попереднього, цей період був більш однорідним, хоча декілька разів мала місце зміна положення пункту проведення спостережень, натомість прилади, методика проведення і обробки спостережень були уніфікованими. Результати спостережень регулярно публікувалися у щорічниках Центральної установи з метеорології і земного магнетизму у Відні: *Jahrbucher der K. K. Zentral – Anstalt fur Meteorologie und Erdmagnetismus. – Wien: ZAMG, 1880–1915.*

Після закінчення Першої світової війни метеорологічні спостереження у Чернівцях відновлені 1 січня 1920 року і проводилися по 1939 рік включно. Метеорологічна станція була включена до мережі станцій королівської Румунії як станція I розряду. Спостереження за атмосферним тиском, температурою і вологістю повітря, швидкістю і напрямком вітру, кількістю атмосферних опадів, хмарністю і атмосферними явищами проводилися о 08, 14 і 20 годині персоналом інституту Космічної фізики Чернівецького університету. Протягом цього періоду місце проведення метеорологічних спостережень також неодноразово змінювалось. Найбільш помітним із таких змін було перенесення основної метеостанції міста Чернівці на територію аеропорту, де вона починає працювати з квітня 1935 року. Статус станції при університеті понижується до категорії навчальної, опадомірного пункту.

Результати метеорологічних спостережень за цей період публікувалися у метеорологічних щорічниках: *Buletinul Lunar al observatiunilor Meteorologice din Romania. – Bucuresti: IMCR, L. N. Copuzaun, 1921–1939 рр.* У щорічнику за 1927 рік наводяться коротка

історична довідка про історію метеорологічних спостережень в Чернівцях протягом 1880–1920 років і узагальнені результати спостережень за 1981–1915 рр ([Copuzeaun 1927](#)).

Спостереження на метеорологічній станції Чернівці-Аеропорт (АМСЦ) були відновлені 09.08.1944 року. Протягом 1944–1965 років вони виконувались у чотири терміни: о 01, 07, 13, 19 годині, починаючи з 1966 і дотепер – через кожні три години метеорологічного стандартизованого часу (МСЧ). Місцеположення пункту спостережень не змінювалось, результати регулярно публікувалися у щорічних виданнях Гідрометеослужби.

Відновлені були і спостереження на метеорологічній станції Чернівці-Університет (січень 1945 року), вони проводились о 07, 13, 19 і 21 годині за програмою навчальних, спеціальних метеостанцій. З січня 1957 року замість терміну 21 година був прийнятий термін спостереження 00 годин. У вересні 1960 року майданчик метеорологічної станції був перенесений з вулиці Лесі Українки (подвір'я третього навчального корпусу ЧНУ) у сквер на розі вулиць Університетської та Коцюбинського, згодом, у 1961 році – в дендропарк університету. Спостереження о 07, 13 і 19 годині проводились по 1988 рік включно. У 2000 році на метеорологічній станції Чернівці-Університет, що увійшла до структури Навчальної-наукової геофізичної обсерваторії, були відновлені цілодобові: 00, 06, 12, 18 годин спостереження, які тривають дотепер. Результати спостережень на метеостанції Чернівці-Університет, починаючи з 1945 року не публікувалися в офіційних виданнях Гідрометслужби. Частина результатів спостережень за 1945–1988 роки, та усіх спостережень, виконаних після 2000 року, зберігаються в архіві обсерваторії.

Навіть короткий аналіз історії метеорологічних спостережень в Чернівцях, які тривають вже 172 роки, показує, що хронологічні ряди, скомпоновані шляхом простого об'єднання даних за різні періоди не можуть вважатися достатньо однорідними для кількісної оцінки змін клімату. Враховуючи це, об'єднані за весь період, але статистично не гомогенізовані ряди спостережень за температурою повітря (1877–2023 рр.) та атмосферними опадами (1881–2023 рр.) були використані для встановлення загальних тенденцій змін клімату Чернівців.

Важливим методичним аспектом проведення нашого дослідження була оцінка репрезентативності результатів спостережень для визначення змін клімату міста. Неодноразово змінюючи своє положення протягом 1848–1935 років, пункти проведення метеорологічних спостережень знаходились у центральній частині міста Чернівці. Результати спостережень на метеостанції Чернівці-Аеропорт є більш репрезентативними для південно-західної частини Чернівецької області і недостатньо об'єктивно відображають особливості клімату обласного центру. Репрезентативними для Чернівців, зокрема – його центральної частини є результати спостережень на метеорологічній станції Чернівці-Університет, метеорологічний майданчик якої знаходиться, практично, у центрі міста. Для виконання кількісної оцінки змін метеорологічних елементів обраний 23 річний (2000–2023) однорідний ряд спостережень на цій метеостанції.

Кількісна оцінка змін клімату може бути зробленою шляхом порівняння значень величин метеорологічних елементів за період потепління і попередній, протягом якого зміни не відбувались. Загальноприйнятим є положення, відповідно до якого найбільш доцільним для розрахунку кліматичної норми є 30 річний безперервний період спостережень. В якості такого для оцінки змін клімату Чернівців можуть розглядатися два часових проміжки: 1881–1915 рр. (тривалістю 34 роки) і 1961–1990 рр. (тривалістю 30 років). Результати метеорологічних спостережень в Чернівцях, осереднені за ці періоди, наведені, відповідно, в ([Copuzeaun 1927](#); [Кліматичний Кадастр ... 2006](#)). Перший із цих періодів, охоплюючи кінець 19 і початок 20 століття був таким, коли антропогенний вплив на клімат практично не відбувався. Разом з тим, у 1881–1915 роках спостереження проводилися тільки тричі на добу, що призвело до виникнення систематичної похибки у величинах середніх річних значень метеорологічних елементів. Для середніх місячних температур повітря величини похибок

становлять 0,1–0,5 °С. Другий період (1961–1990 рр.), є однорідним 30 річним періодом, протягом якого потепління ще не спостерігалось. При розрахунках норми у результати спостережень за 1961–1965 роки були введені поправки для приведення середніх значень, розрахованих за чотири терміни, до значень, розрахованих за вісім термінів спостереження. Цей період визначений Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО), як кліматична стандартна норма і використовується в якості критерію порівняння у більшості досліджень змін клімату України (Осадчий та ін. 2013).

Загальний характер змін режимів температур повітря і атмосферних опадів досліджувався за допомогою хронологічних графіків коливань середніх річних температур повітря і річних сум атмосферних опадів. Встановлення тенденцій змін режимів метеорологічних елементів, меж і тривалості періодів стійкого зменшення і підвищення їх значень виконувалось шляхом аналізу різницевих інтегральних кривих відхилень від норми.

Зміна режимів метеорологічних елементів викликається змінами умов його формування, що призводить до порушення однорідності ряду спостережених величин. При аналізі однорідності рядів метеорологічних елементів використовувались статистичні критерії. Нами для перевірки гіпотез однорідності рядів середніх річних температур повітря і річних сум атмосферних опадів, асиметричність яких є незначною, були використані параметричні критерії Стюдента (t -критерій) і Фішера (F -критерій).

Зміни аридності клімату оцінювались за індексом аридності Де Мартона:

$$\alpha = \frac{R}{t + 10}, \quad (1)$$

де R – річна сума опадів, см; t – середньорічна температура повітря в градусах Цельсія.

Цей індекс є достатньо інформативним, розраховується по величинах метеорологічних елементів, які визначаються прямим вимірюванням.

2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для оцінки змін клімату будь-якої території, як, правило, обмежуються аналізом змін температур повітря і кількості атмосферних опадів. Найбільш відчутним проявом сучасних змін клімату є підвищення температур повітря. Загальні риси змін термічного режиму клімату Чернівців демонструє хронологічний графік ходу її середніх річних значень протягом 1877–2023 рр, (рис. 1).

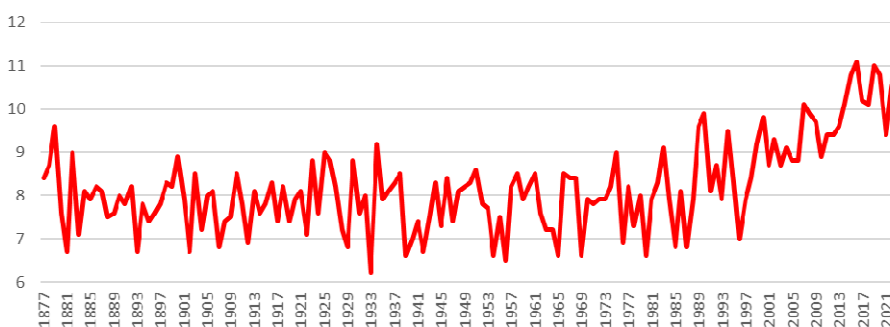


Рис. 1. Хід середніх річних температур в Чернівцях, 1877–2023 рр.

Загалом, за існуючий період спостережень, середні річні температури повітря в Чернівцях змінювалась від 6,2 °С у найхолоднішому 1933 до 11,2 °С – у найтеплішому 2023 році. Візуальний аналіз ходу температур показує, що найчастіше високі середні річні

температури спостерігались після 1988 року. В *(табл. 1)* наведені дані по температурах повітря в Чернівцях за 10-річні періоди, починаючи від 1881 року.

Таблиця 1. Середньорічні температури повітря в Чернівцях по 10-річних періодах, 1881–2023 рр.

Десятиріччя	Середня температура повітря, °C	Відхилення від норми, °C
1881–1890	7,8	–0,1
1891–1900	7,9	0,0
1901–1910	7,6	–0,3
1911–1920	7,7	–0,2
1921–1930	8,0	0,2
1931–1940	7,7	–0,2
1941–1950	7,8	–0,1
1951–1960	7,8	–0,2
1961–1970	7,7	–0,2
1971–1980	7,8	–0,1
1981–1990	8,2	0,2
1991–2000	8,5	0,6
2001–2010	9,2	1,2
2011–2023	10,3	2,4

Наведені в *(табл. 1)* дані свідчать про те, що протягом ста десяти років (1881–1990) в Чернівцях середні річні температури повітря були близькими до кліматичної норми, зміна термічного режиму відбулася близько 1990 року. З кожним наступним 10-річчям після 1990 року відхилення середньої річної температури від кліматичної норми подвоювалось. Більш наочно уявлення про тенденції змін термічного режиму дає різницева інтегральна крива, *(рис. 2)*.

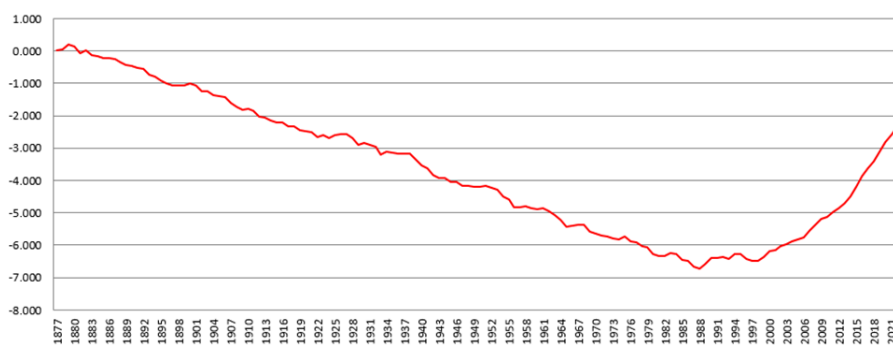


Рис. 2. Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів середніх річних температур повітря в м. Чернівці 1877–2023 рр.

Хід кривої підтверджує зроблене вище заключення про те, що протягом 1877–1988 року середні річні температури повітря в Чернівцях були близькими до норми, навіть спостерігалась тенденція до їх зниження. Середня багаторічна температура за цей період становила 7,8 °C, період зростання температур в Чернівцях розпочався у 1989 році і триває дотепер. Порівняння двох вибірок середніх річних температур за періоди з 1877–1988 і 1989–2023 роки за критеріями Фішера (*F*-критерій) і Стюдента (*t*-критерій) показало, що ряд є неоднорідним, що підтверджує зміни умов формування термічного режиму після 1989 року. Часова межа зміни термічного режиму є однаковою для усієї території України, що підтверджується аналізом даних спостережень на 81 метеостанції які знаходяться в різних природно-кліматичних регіонах України *(Гребінь 2010)*.

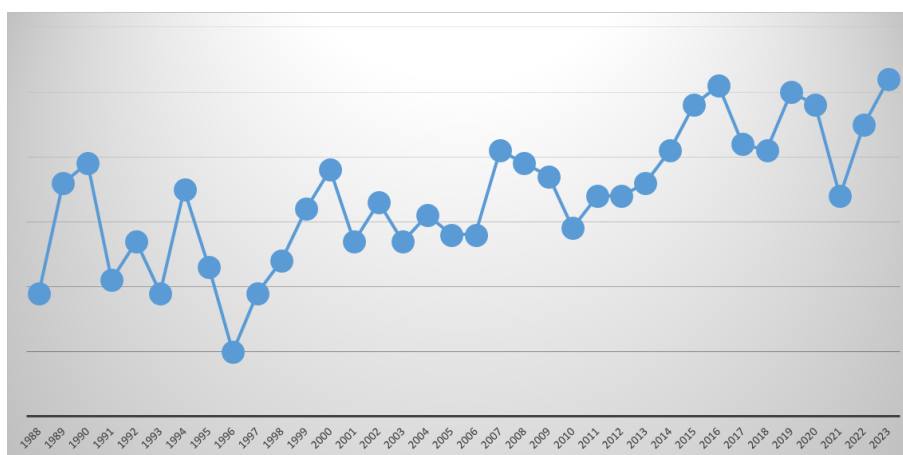
Період потепління в Чернівцях поділяється на ряд часових проміжків різної тривалості, які розрізняються інтенсивністю зростання середніх річних температур повітря, *(табл. 2)*.

Таблиця 2. Інтенсивність підвищення середніх річних температур в Чернівцях, 1989–2023 рр.

Часовий проміжок	Тривалість, років	Середня температура за період, °С	Відхилення від кліматичної норми, °С	Гradient температури, °С / рік
1989–1994	6	9,0	1,1	0,18
1997–2007	11	9,0	1,1	0,10
2008–2012	5	9,5	1,6	0,32
2013–2023	11	10,4	2,5	0,22
1989–2023	35	9,4	1,8	0,05

Згідно наведених у (табл. 2) даних, середній річний gradient підвищення температур повітря в Чернівцях у період потепління становить 0,05 °С / рік, що відповідає тренду для території України (Ліпінський та ін. 2003). При цьому найбільш інтенсивно температура підвищувалась протягом 2008–2023 років.

За наявності чітко вираженої загальної тенденції до підвищення середніх річних температур повітря, у їх ході в Чернівцях протягом періоду потепління почали проявлятися деякі особливості (рис. 3).

**Рис. 3.** Хід середніх річних температур повітря в Чернівцях у період глобального потепління, 1988–2023 рр.

З нашої точки зору, вони проявляються як чергування періодів стрімкого підвищення температур з коливанням відносно нового, більш високого рівня, в їх ході з'явилася «східчастість». Тривалість періодів підвищення температур і їх відносної стабілізації на новому рівні становить 4–6, усього міні-циклу «стрибок-стабілізація» – близько 10–12 років. Ймовірно, що такі особливості визначаються динамікою глобальних температур повітря (Шестопалов та ін. 2011).

Чітко виражений позитивний тренд середніх річних температур повітря в Чернівцях протягом 1989–2023 років дає підстави вважати, що між значенням середньорічної температури і часом її спостереження існує прямий зв'язок. Тіснота зв'язку оцінюється величиною коефіцієнта кореляції, який дорівнює 0,75. Ширина смуги розсіювання точок (рис. 3), становить 2,0 °С, лінія зв'язку апроксимується рівнянням прямої:

$$t_{\text{сер}} = 0,07n + 8,4^{\circ}\text{C}. \quad (2)$$

У цьому рівнянні n – кількість років після 1989 року. Рівняння, за умов збереження існуючого тренду, може використовуватись для прогнозування величини середньорічної температури повітря в Чернівцях на наступний часовий період.

А. Николаєв, С. Гуцул, Ю. Тімофєєва.

Зміни клімату міста Чернівці у період глобального потепління

Очевидно, що підвищення середніх річних температур повітря узагальнює зміни температур окремих місяців і кліматичних сезонів. Величини змін середніх місячних температур повітря в Чернівцях за період потепління наведені в (табл. 3).

Таблиця 3. Зміни середніх місячних температур повітря, Δt , °C в Чернівцях у період глобального потепління

Період осереднення температур	Середня місячна температура повітря, °C											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1961–1990	–4,9	–2,9	1,7	8,7	14,3	17,4	18,7	18,0	14,3	8,6	2,9	–1,9
2000–2010	–2,7	–0,8	3,8	10,7	15,9	18,4	20,8	20,0	14,3	9,1	4,6	–1,6
Δt , °C	+2,2	+2,1	+2,1	+2,0	+1,6	+1,0	+2,1	+2,0	0,0	+0,5	+1,9	+0,3
2011–2023	–2,2	–0,8	4,3	10,8	15,6	19,8	21,4	20,9	16,1	9,8	4,6	0,3
Δt , °C	2,7	2,1	2,6	2,1	1,3	2,4	2,7	2,9	1,8	1,2	1,7	2,2
2000–2023	–2,4	–0,8	4,1	10,8	15,7	19,1	21,1	20,4	15,2	9,4	4,6	–0,6
Δt , °C	2,5	2,1	2,4	2,1	1,4	1,7	2,4	2,4	0,9	0,8	1,7	1,3

Наведені в (табл. 3) величини відхилень середніх місячних температур повітря в Чернівцях від кліматичної норми показують, що теплішими у період потепління і його окремі десятиріччя стали усі місяці року. Найбільш помітним є підвищення температур зимових (на 2,5 °C січня) і літніх (на 2,4 °C липня і серпня) місяців, на 2,1–2,4 °C стали теплішими лютий, березень і квітень. Підвищення температур травня і червня є менш помітним (1,4–1,7 °C), незначно потеплішали перші осінні (вересень і жовтень) місяці.

Найбільші зміни середніх місячних температур в Чернівцях спостерігались протягом найспекотнішого за увесь період спостережень 2023 року (середня річна температура становила 11,2 °C, яка на 3,3 °C перевищила кліматичну норму) (табл. 4).

Таблиця 4. Особливості середніх місячних температур повітря в Чернівцях у 2023 році

Період спостережень	Середня місячна температура повітря, °C											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1961–1990	–4,9	–2,9	1,7	8,7	14,3	17,4	18,7	18,0	14,3	8,6	2,9	–1,9
2023	2,1	1,2	5,7	8,0	15,4	19,0	22,0	22,6	18,3	12,8	5,3	1,8
Δt , °C	+7,0	+4,1	+4,0	–0,7	+1,1	+1,6	+3,3	+4,6	+4,0	+4,2	+2,4	+3,7

Унаслідок нерівномірного потепління різних місяців року перепади температур між ними дещо змінилися, (табл. 5).

Згідно наведених у (табл. 5) даних «м'якшими» стали перепади температур між груднем і січнем, квітнем і травнем, натомість дещо помітнішими – контрасти температур червня-липня і серпня-вересня місяців.

Таблиця 5. Перепади температур між попереднім і наступним місяцями року в Чернівцях, 1961–1990, 2000–2010, 2011–2023 роки

Період спостережень	Перепад температури, °C											
	XII–I	I–II	II–III	III–IV	IV–V	V–VI	VI–VII	VII–VIII	VIII–IX	IX–X	X–XI	XI–XII
1961–1990	–3,0	2,0	4,6	7,0	5,6	3,1	1,3	–0,7	–3,7	–5,7	–5,7	–4,8
2000–2010	–1,1	1,9	3,0	6,9	5,2	2,5	2,4	–0,8	–5,7	–5,2	–4,5	–3,0
2011–2023	–1,9	1,4	5,1	6,5	4,8	4,0	4,6	–0,5	–4,8	–6,3	–5,2	–4,9
2000–2023	–1,8	1,6	4,9	6,7	4,9	3,4	2,0	–0,7	–5,2	–5,8	–4,8	–4,5

Відповідно змінам середньомісячних підвищилися температури усіх сезонів року, (табл. 6).

Загальною тенденцією є потепління усіх кліматичних сезонів, найбільш – на 2,2 °C підвищилися літні (VI–VIII) удвічі менше – осінні (IX–XI) температури. Помітно вищими від

середніх за період потепління були темпи підвищення сезонних температур протягом останнього десятиріччя, наприкінці якого температури зимового сезону підвищилися на 2,3 °С, літнього на 2,7 °С.

Таблиця 6. Середньосезонні температури повітря в Чернівцях, 1961–1990 і 2000–2023 рр.

Період осереднення	Зима XII–II	Весна III–V	Літо VI–VIII	Осінь IX–XI
1961–1990	–3,2	8,2	18,0	8,6
2000–2010	–1,7	10,1	19,7	9,3
Δt , °С	+1,5	+1,9	+1,7	+0,7
2011–2023	–0,9	10,2	20,7	10,2
Δt , °С	+2,3	+2,0	+2,7	+1,6
2000–2023	–1,3	10,2	20,2	9,7
Δt , °С	+1,9	+2,0	+2,2	+1,1

Екстремальні значення температур повітря в Чернівцях у період потепління також зазнали змін, (*табл. 7*).

Таблиця 7. Абсолютні максимуми і мінімуми температур повітря в Чернівцях, 1961–1990 і 2000–2023 рр.

Період осереднення	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Абсолютний максимум температури												
1961–1990	15,6	20,4	24,6	31,9	33,5	35,6	36,5	37,7	36,3	31,0	28,8	17,9
2000–2023	16,8	22,9	28,6	32,8	33,2	35,2	36,9	37,5	36,7	29,6	25,5	17,1
Δt	+1,2	+2,5	+4,0	+1,6	–0,3	–0,4	+0,4	–0,2	+0,4	–1,4	–3,3	–0,8
Абсолютний мінімум температури												
1961–1990	–31,5	–31,2	–26,8	–13,6	–2,4	3,0	7,0	3,4	–4,4	–12,0	–21,1	–28,0
2000–2023	–28,4	–26,5	–19,6	–6,3	–1,9	5,4	8,3	8,2	–4,1	–6,1	13,7	–25,5
Δt	+3,1	+4,7	+7,2	+7,3	+0,5	+2,4	+1,3	+4,8	+0,3	+5,9	+7,4	+2,5

Аналіз змін найвищих і найнижчих температур повітря в Чернівцях протягом двох періодів порівняння показав, що і екстремальні температури у період потепління підвищилися. Разом з тим, рівень і характер таких змін був неоднаковий: абсолютні максимуми температур I–IV, VII–IX місяців підвищилися на 0,4–4,0 °С, решти – знизилися на 0,2–3,3 °С. У середньому, за 2000–2023 роки, абсолютні максимуми температури підвищились тільки на 0,6 °С. У змінах абсолютних мінімумів температур, на відмінну від максимумів, спостерігається чітко виражений позитивний тренд: вони, при зростанні в окремі місяці на 0,5–7,4 °С, за останній період осереднення підвищились на 4 °С. Звуження діапазону варіацій екстремальних температур повітря призвело до зменшення їх абсолютних місячних і річних амплітуд, (*табл. 8*).

Таблиця 8. Абсолютні амплітуди температури повітря в Чернівцях, 1881–1915, 1961–1990 і 2000–2023 рр.

Період осереднення	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1881–1915	40,5	42,4	49,7	36,5	35,3	43,3	30,5	36,0	35,7	42,4	39,9	43,1
1961–1990	47,1	51,6	51,4	44,8	35,9	32,6	30,4	34,3	40,7	43,0	50,0	45,9
2000–2023	45,2	49,4	48,2	39,1	35,1	29,8	28,6	29,3	40,8	35,7	39,2	42,6

Згідно даних, наведених в (*табл. 8*), протягом 2000–2023 років спостерігалось досить помітне – на 5–10 °С, протягом IV, VIII, X, XI та на 0,3–3,3 °С, в інші місяці зменшення абсолютних амплітуд температур повітря. У середньому за останній 23-річний період абсолютна річна амплітуда температури у Чернівцях знизилась, у порівнянні з періодом, прийнятим за кліматичну норму, на 3,3 °С. Абсолютна річна амплітуда температур повітря є

одним з важливих показників континентальності клімату, тому деяке її зменшення може свідчити про відсутність тенденції до зростання континентальності клімату Чернівців.

Режим атмосферних опадів клімату Чернівців характеризується значно більшою мінливістю, ніж термічний. У цілому, його зміни можуть бути простежені за графіком ходу річних сум опадів, (рис. 4).

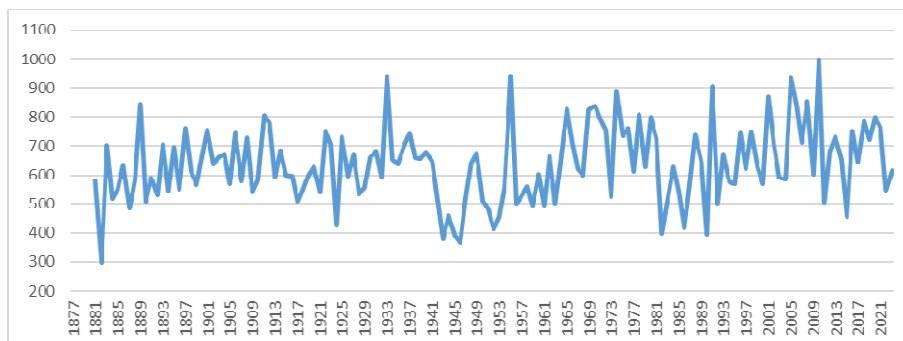


Рис. 4. Хід річних сум атмосферних опадів в Чернівцях, 1881–2023 рр.

Мінімальною спостереженою в Чернівцях є, наразі, річна сума опадів, зареєстрована у 1882 році, яка становить 297 мм, складаючи 47 % від норми. Настільки мала річна сума опадів свідчить або про надзвичайну посушливість 1882 року або недостатню точність її визначення. На користь першого припущення свідчить наявність у досліджуваному ряді річних сум опадів як окремих посушливих років, так і їх груп, (табл. 9).

Таблиця 9. Посушливі роки і періоди в Чернівцях, 1877–2023 рр.

Посушливі роки				Групи посушливих років				
Рік	Середня річна температура, °С	Річна сума опадів, мм	Частка від норми, %	Період	Середня температура повітря за період, °С	Річна сума опадів, мм		Частка від норми, %
						Середня	Найбільш посушливого року	
1882	9.0	297	47	1942–1946	7.6	423	368	59
1924	7.6	430	68	1950–1953	8.1	466	412	65
1946	8.4	368	58	1956–1959	7.8	520	495	73
1952	7.8	412	62					
1982	8.3	397	60					
1986	8.1	417	63					
1990	9.9	396	60					

Посушливі роки в Чернівцях спостерігалися нерегулярно, для них характерні річні суми опадів, що складали 58–69 % кліматичної норми. Тричі за досліджуваний період, так само нерегулярно, посушливі роки об'єднувалися у групи. Їх тривалість складала 4–5 років, середня для групи річна сума опадів не перевищувала 73 % кліматичної норми. Найбільш тривалим був посушливий період 1942–1947 років, протягом якого – у 1943 році річна сума опадів складала 368 мм – 52 % норми. У цілому, аномально посушливі роки і їх групи не відповідали періодам підвищення температур повітря, хоча це спостерігалось двічі – у 1981 та 1990 роках. Ураховуючи це, не можна виключати ймовірності того, що аномально посушливий 1982 рік міг бути частиною посушливого періоду, що тривав з 1878 року, протягом якого спостерігалися високі і не характерні для того проміжку часу середні річні температури повітря: 9,6 °C 1879 та 9,0 °C у 1882 роках. Разом з цим, вважаємо, що мінімальною для Чернівців може бути прийнята річна сума опадів, що дорівнює 400 мм.

Найвища річна сума опадів в Чернівцях визначається більш чітко: вона становить 940–1000 мм, що підтверджується результатами спостережень 1933, 1955 та 2010 років, коли суми опадів становили, відповідно, 943, 944 та 1000 мм.

Мінливість кількості атмосферних опадів в Чернівцях характеризується даними наведеними в (табл. 10).

Таблиця 10. Середньорічні суми атмосферних опадів в Чернівцях по 10-річних періодах, 1881–2023 рр.

Десятиріччя	Середньорічна сума опадів, мм	Відхилення від норми, мм
1881–1890	570	–90
1891–1900	622	–38
1901–1910	647	–13
1911–1920	634	–26
1921–1930	616	–44
1931–1940	692	32
1941–1950	521	–139
1951–1960	554	–106
1961–1970	672	12
1971–1980	730	70
1981–1990	557	–103
1991–2000	654	–6
2001–2010	752	92
2011–2020	683	23

За час інструментальних спостережень в Чернівцях три десятиріччя: 1941–1950, 1951–1960 та 1981–1990 роки були посушливим. Перші два утворювали суцільний посушливий період. Стрімка тенденція до збільшення зволоженості почала простежуватися після 1963 року, що наочно демонструється ходом різницевої інтегральної кривої, (рис. 5).

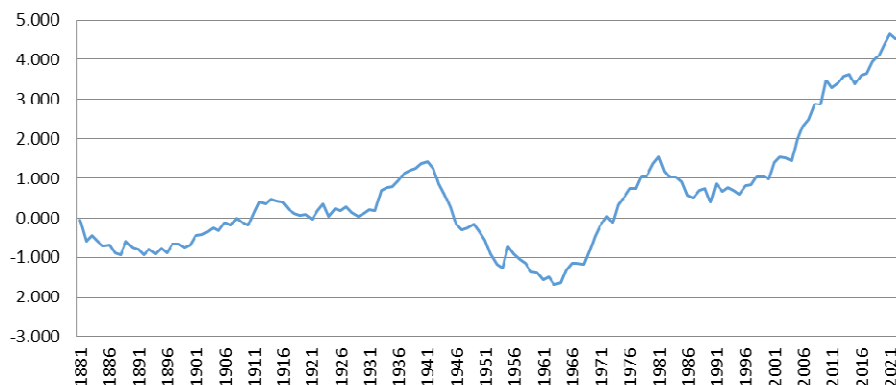


Рис. 5. Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів річних сум опадів в Чернівцях, 1881–2023 рр.

Загалом, у ході атмосферних опадів в Чернівцях можуть бути виділені три основні періоди, (табл. 11).

Протягом першого з них, що тривав з 1881 по 1941 рік середня кількість опадів була меншою за норму, спостерігалось повільне зростання річних сум, більш інтенсивне у 1932–1941 роках. Посушливим було наступне (1942–1961) двадцятиріччя. У 1963 році почався період збільшення кількості опадів, який триває дотепер. Найбільш стрімко річні суми опадів зростали у 1963–1980 та 2005–2010 роках. При збереженні загальної тенденції до збільшення річних сум опадів їх кількість протягом крайніх 2022 та 2023 років була нижчою за норму.

Загальне підвищення зволоженості супроводжувалось внутрішньорічним перерозподілом місячних, (табл. 12) і, відповідно – сезонних сум опадів, (табл. 13).

Таблиця 11. Характерні періоди змін річних кількостей атмосферних опадів у Чернівцях, 1881–2023 рр.

Характерні періоди			
Початок та закінчення, роки	Тривалість, років	Зміни кількості опадів	Середня річна сума опадів, мм
1881–1941	61	повільне збільшення	631
1942–1961	20	зменшення	525
1962–2023	62	збільшення	678
1963–1980	19	стрімке збільшення	713
1981–1990	10	стрімке зменшення	557
1991–2004	14	повільне збільшення	664
2005–2021	17	стрімке збільшення	732

З наведених в (табл. 12) даних видно, що протягом двох досліджуваних десятиріч спостерігались як спільні риси, так і відмінностей варіацій місячних сум опадів. Спільною рисою змін є збільшення сум опадів зимових і осінніх місяців, причому більш помітне для зимового сезону, (табл. 12). Натомість зменшення місячних і, певним чином, сезонних сум опадів відбувалось по-різному. У 2000–2010 роках спостерігалось зменшення сум опадів IV–VI місяців у 2011–2021 роках більш посушливими, і досить помітно – на 46 мм стали VII–IX місяці.

Таблиця 12. Середні місячні суми опадів в Чернівцях, 2000–2010 та 2011–2021 рр.

	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Рік
2000–2010													
Сума опадів, мм	37	42	45	46	50	71	100	122	92	58	50	39	752
Відхилення від норми, мм	0	10	13	10	–8	–6	–5	19	31	7	18	3	92
2011–2021													
Сума опадів, мм	50	34	40	58	46	83	121	75	47	47	46	36	683
Відхилення від норми, мм	13	2	8	22	–12	7	16	–28	–14	–4	14	0	23

Таблиця 13. Сезонні суми опадів в Чернівцях, 2000–2010 та 2011–2021 рр.

Період осереднення	Сума опадів				
	Рік	Зима	Весна	Літа	Осінь
1961–1990	660	101 *	171	169	119
		13,3	25,9	40,8	18,0
2000–2010	752	124	167	314	147
		16,6	22,2	41,8	19,5
2011–2021	683	124	187	243	129
		18,2	27,4	35,5	18,9

*У чисельнику – сума опадів за сезон, мм; у знаменнику – частка від річної суми, %

Зменшення кількості опадів супроводжувалось підвищенням температур повітря, (рис. 6), внаслідок чого в Чернівцях більша частина літа і початок осені стали спекотними і посушливими.

Унаслідок підвищення температур повітря в Чернівцях зазнали певних змін характеристики снігового покриву. Середня дата формування стійкого снігового покриву протягом останнього 20-річчя, як і у попередні періоди, припадала на третю декаду грудня. Зауважимо, що стійкий сніговий покрив, тобто такий, який залягає більше місяця з переривами не більше трьох днів в Чернівцях формується тільки у 30 % зим. На відмінну від попередніх періодів, дати початку руйнування стійкого снігового покриву і його повного сходу стали, у середньому, спостерігалися на 10–14 днів раніше – на початку другої декади лютого і третьої декади березня. Кількість днів зі сніговим покривом, у порівнянні з попередніми періодами, зменшилась, у середньому на 12 днів, (табл. 14).

А. Николаєв, С. Гуцул, Ю. Тимофєєва.

Зміни клімату міста Чернівці у період глобального потепління

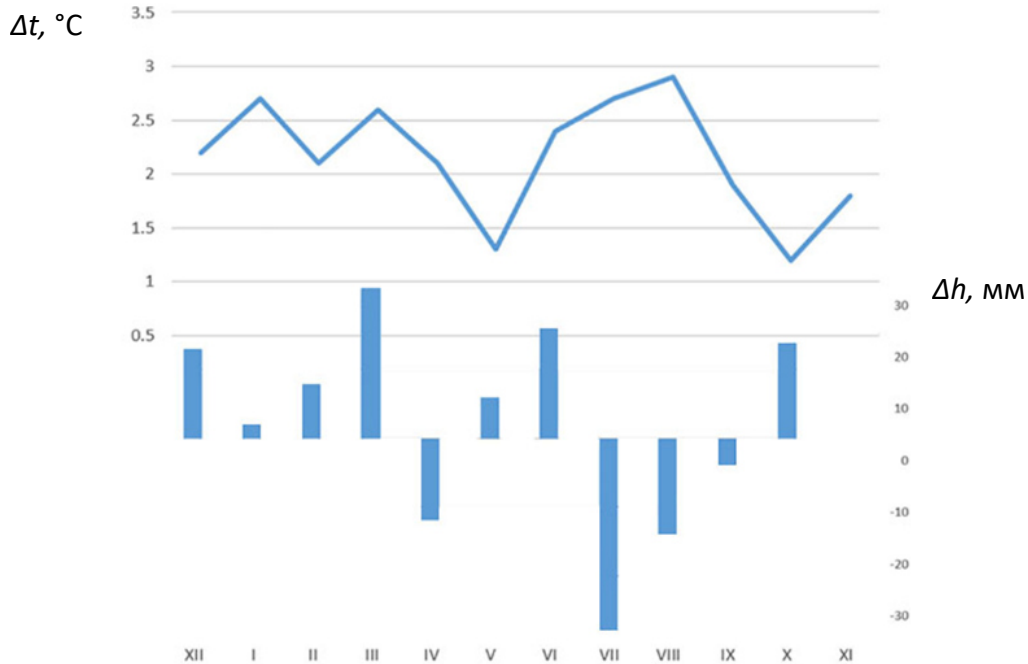


Рис. 6. Зміни середніх місячних температур повітря і сум атмосферних опадів в Чернівцях, 2011–2021 рр.

Таблиця 14. Кількість днів зі стійким сніговим покривом в Чернівцях за періоди: 1945–1960, 1961–1990, 2000–2023 рр. (За даними метеостанції Чернівці–Університет)

Період	X			XI			XII			I			II			III			IV			За зиму
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1945–1960	•	•	•	•	•	3	3	5	7	8	8	9	8	8	5	7	6	2	•	•	•	79
1961–1990			•	•	1,8	3	5	6	6	7,2	7,3	8	6	7,5	6	6	4,6	•	•	•	•	74
2000–2023				•	1,3	2	4	6	6	5,2	5,6	7	9	10	7	5	3,6	•	•			62

• – сніговий покрив спостерігався менш, ніж у 50 % зим, або число днів зі сніговим покривом було меншим ніж 0,5 дня

Меншими, особливо у січні-березні, стали висоти снігового покриву. У середньому, за останнє 10-річчя середня висота снігового покриву зменшилась на 13 см, (табл. 15).

Таблиця 15. Середня висота снігового покриву в Чернівцях, 1961–1990 та 2000–2023 рр.

Період осереднення	X			XI			XII			I			II			III			IV	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1961–1990			•	•	1,4	1,6	2,5	4,2	5,6	8,4	11,2	12,0	12,2	14,6	13,5	11,5	8,7	4,6	•	
2000–2023			•	•	1,3	2,1	4,0	5,8	6,0	5,2	5,6	6,8	8,8	10,1	7,2	4,6	3,6	1,7		
Δh, мм					-0,1	0,5	1,5	1,6	0,4	-3,2	-5,6	-5,2	-3,4	-4,5	-6,6	-6,9	-5,1	-2,9		

• – сніговий покрив спостерігався менш, ніж у 50 % зим, або число днів зі сніговим покривом було меншим ніж 0,5 дня

Протягом 2000–2023 років простежувалось підвищення середньої добової температури повітря у період залягання снігового покриву (рис. 7).

Ця тенденція корелює з кількістю днів зі сніговим покривом за зимовий період, (рис. 8).

Екстраполяція нижньої частини лінії зв'язку до перетину з віссю ординат показує, що при підвищенні температур повітря зимового сезону до +4 °C, сніговий покрив в Чернівцях не буде формуватися.

А. Николаєв, С. Гуцул, Ю. Тимофєєва.

Зміни клімату міста Чернівці у період глобального потепління

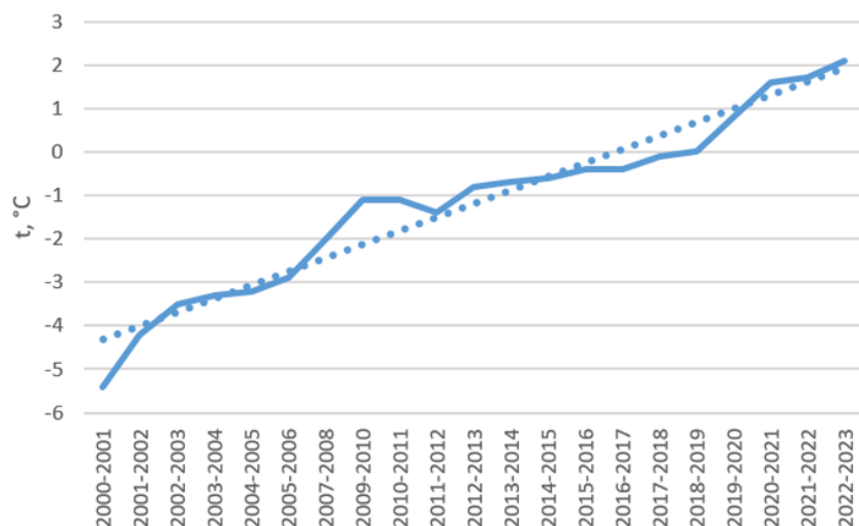


Рис. 7. Хід середньої температури повітря за період снігового покриву в Чернівцях, 2000–2023 рр.

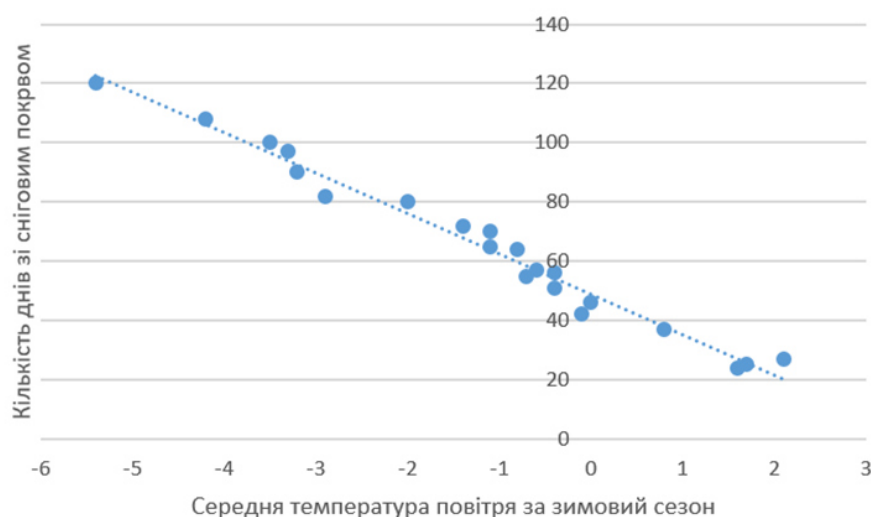


Рис. 8. Залежність кількості днів зі сніговим покривом за зиму в Чернівцях, від середньої температури повітря за період залягання снігового покриву

Підвищення температур повітря зимових місяців призвело до того, що дати їх стійкого переходу у бік підвищення через 0°C змістились на більш рані терміни. Тривалість зимового сезону скоротилась, місяць лютий став, фактично, першим весняним місяцем.

Тенденції сукупного впливу змін режимів температур і опадів на клімат Чернівців простежуються за варіаціями індексу аридності, (рис. 9).

У ході індексу аридності протягом 1992–2023 рр. чітко простежуються позитивний тренд, що може бути інтерпретоване як відсутність, наразі, тенденцій зростання загальної посушливості клімату Чернівців. Разом з тим, посушливими стали літньо-осінні сезони, такими були окремі роки досліджуваного періоду з несприятливими сполученнями температур повітря і сум атмосферних опадів. Протягом останнього 35-річного періоду посушливими були тільки 1990 та 2015 рр, для яких, при середніх річних температур повітря у $9,9$ та $10,8^{\circ}\text{C}$, річні суми опадів становили, відповідно, 396 і 458 мм.

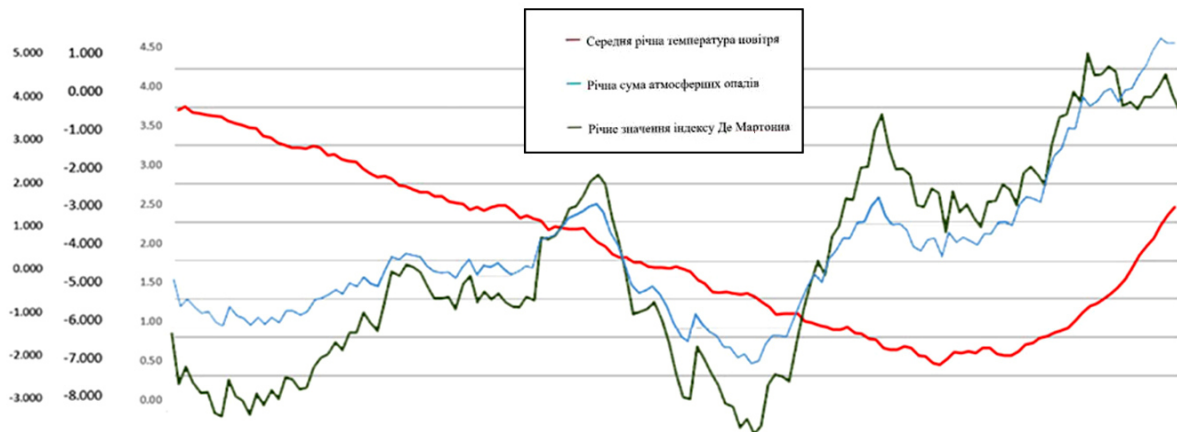


Рис. 9. Тенденції сукупного впливу змін режимів температур і опадів на клімат Чернівців за варіаціями індексу аридності

3. ВИСНОВКИ

Тенденції зміни клімату Чернівців, які почали простежуватись наприкінці 90 років, стали чіткими односпрямованими трендами. Статистично підтвердженою часовою межею періоду змін умов формування термічного режиму є 1989 р.

Середні річні температури повітря, при кліматичній норми 7,9 °С, у 1999 р перетнули межу у 8,5 °С, а після 2013 року стали вищими за 10 °С. Найбільш інтенсивно вони підвищувались протягом 2008–2023 рр.

У ході середніх річних температур повітря почала простежуватись «східчастість», яка проявлялася як чергування періодів стрімкого підвищення їх величин з коливанням відносно нового, більш високого рівня.

Вищими стали температури усіх місяців, найбільш помітно – зимових (на 2,5 °С січня) і літніх (на 2,4 °С липня і серпня). Протягом останнього 20-річчя температури зимового сезону підвищились на 2,3, літнього на 2,7 °С.

Підвищення температур повітря в Чернівцях супроводжувалось збільшеннями річних сум опадів, тенденція до якого почала чітко простежуватися після 1963 року. При загальному зростанні річних сум опадів, відбувався їх внутрішньорічний перерозподіл, риси якого у 2000–2010 і 2011–2021 рр. дещо розрізнялися. Протягом обидвох часових періодів збільшувалися кількості опадів зимових і осінніх місяців. У 2000–2010 рр. зменшувались кількості опадів IV–VI, у 2011–2021 рр., досить помітно – на 46 мм стали меншими суми опадів VII–IX місяців. При зменшенні кількості опадів, яке супроводжувалося підвищеннями температур повітря, більша частина літа і початок осені в Чернівцях стали спекотними і посушливими.

Наслідком підвищення температур повітря зимових місяців стало зменшення тривалості зимового сезону, місяць лютий став, фактично, першим весняним місяцем. Дати початку руйнування і повного сходу снігового покриву стали спостерігатись на 10–14 днів раніше. У середньому, на 12 днів зменшилась кількість днів зі сніговим покривом, на 13 см зменшилась його висота.

Зміни термічного режиму і режиму атмосферних опадів, наразі, не призвели до збільшення континентальності клімату Чернівців.

Наявність ряду спостережень достатньої (35 років) тривалості, що охоплює період кліматичних змін з чіткими односпрямованими тенденціями варіацій метеорологічних елементів, обумовлює необхідність оновлення кліматичних норм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гребінь, В. В. (2010). *Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз)*. Київ : Ніка-Центр. [Hrebin, V. V. (2010). *Suchasnyi vodnyi rezhym richok Ukrainy (landshaftno-hidrolohichnyi analiz)*. Kyiv : Nika-Tsentr.]
2. Гуцуляк, В. М. (2006). *Ландшафти міста Чернівці: Монографія*. Чернівці : Рута. [Hutsuliak, V. M. (2006). *Landshafty mista Chernivtsi: Monohrafiia*. Chernivtsi : Ruta.]
3. Іванюта, С. П. (Ред.), Коломієць, О. О., Маліновська, О. А., & Якушенко, Л. М. (2020). *Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації. Аналітична доповідь*. Київ : НІСД. [Ivaniuta, S. P. (Red.), Kolomiiets, O. O., Malinovska, O. A., & Yakushenko, L. M. (2020). *Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii. Analitichna dopovid*. Kyiv : NISD.]
4. Киналь, О., Ванзуряк, А., Козак, Г., & Семенчук, Л. (2011). Тенденції кліматичних змін у Чернівцях на початку XXI століття (2000–2010 рр.). *Науковий вісник Чернівецького університету : Географія*, (587–588), 107–111. [Kynal, O., Vanzuriak, A., Kozak, H., & Semenchuk, L. (2011). Tendentsii klimatichnykh zmin u Chernivtsiakh na pochatku XXI stolittia (2000–2010 rr.). *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu : Neohrafiia*, (587–588), 107–111.]
5. Ліпінський, В. М., Дячук, В. А., & Бабіченко, В. М. (2003). *Клімат України*. Київ : Вид-во Раєвського. [Lipinskyi, V. M., Diachuk, V. A., & Babichenko, V. M. (2003). *Klimat Ukrainy*. Kyiv : Vyd-vo Raievskoho.]
6. Николаев, А. М. (2016). Сучасні тенденції змін аридності клімату Карпато-Подільського регіону України. *Науковий вісник Чернівецького університету : Географія*, (775–776), 73–78. [Nykolaiev, A. M. (2016). Suchasni tendentsii zmin arydnosti klimatu Karpato-Podilskoho rehionu Ukrainy. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu : Neohrafiia*, (775–776), 73–78.]
7. Николаев, А. М., & Шевчук, Ю. Ф. (2014). Зміни елементів клімату Чернівців під впливом глобального потепління. *Науковий вісник Чернівецького університету : Географія*, (724–725), 43–49. [Nykolaiev, A. M., & Shevchuk, Yu. F. (2014). Zminy elementiv klimatu Chernivtsiv pid vplyvom hlobalnoho poteplinnia. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu : Neohrafiia*, (724–725), 43–49.]
8. Осадчий, В. І., Бабіченко, В. М., Набиванець, Ю. Б., & Скринник, О. Я. (2013). *Динаміка температури повітря в Україні за період інструментальних метеорологічних спостережень*. Київ : Ніка-Центр. [Osadchyi, V. I., Babichenko, V. M., Nabyvanets, Yu. B., & Skrynnyk, O. Ya. (2013). *Dynamika temperatury povitria v Ukraini za period instrumentalnykh meteorologichnykh sposterezhen*. Kyiv : Nika-Tsentr.]
9. Холявчук, Д. І. (2022). Клімат Покутсько-Буковинських Карпат і Передкарпаття у другій половині XIX ст. – на початку XX ст. *Науковий вісник Чернівецького університету : Географія*, (839), 69–81. [Kholiavchuk, D. I. (2022). Klimat Pokutsko- Bukovynskykh Karpat i Peredkarpattia u druii polovyni XIX st. – na pochatku XX st. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu : Neohrafiia*, (839), 69–81.]
10. Шестопалов, В. М., Логінов, В. Ф., & Осадчий, В. І. (2011). *Глобальні та регіональні зміни клімату*. Київ : Ніка-Центр. [Shestopalov, V. M., Lohinov, V. F., & Osadchyi, V. I. (2011). *Hlobalni ta rehionalni zminy klimatu*. Kyiv : Nika-Tsentr.]
11. Copuzeaun, L. N. (1927). *Buletinul Lunar al observatiunilor Meteorologice din Romania*. Bucuresti : IMCR.
12. Wilson, L., New, S., Daron, J., & Golding, N. (2021). Climate change impacts for Ukraine. *Met Office*, 34.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

13. *Кліматичний Кадастр України* (2006). Державна гідрометеорологічна служба; УкрНДГМ; Центральна Геофізична обсерваторія. [Klimatychnyi Kadastr Ukrainy (2006). Derzhavna hidrometeorologichna sluzhba; UkrNDHM; Tsentralna Neofizychna observatoriia.] [Джерело](#)
14. *Copernicus Climate Service* (2020). European State of the Climate 2020. [Джерело](#)
15. Lindsey, R., & Dahlman, L. (2021). *Climate Change: Global Temperature*. NOAA Climate News. [Джерело](#)

A. Nykolaiev, S. Hutsul, Yu. Timofieieva

Climate changes in the city of Chernivtsi during global warming

Keywords: global warming, homogeneity of the observation series, climatic norm, temperature amplitude, climatic season, snow cover, aridity and continental climate.

Abstract: Climate change trends in Chernivtsi, which began to be observed in the late 1990^s, have become clear unidirectional trends. The statistically confirmed time limit for the period of changes in the conditions of thermal regime formation is 1989.

Average annual air temperatures at the climatic norm of 7.9 °C in 1999 crossed the 8.5 °C threshold, and after 2013 they became higher than 10 °C. They increased most intensively during 2008–2023.

А. Николаєв, С. Гуцул, Ю. Тимофеева.

Зміни клімату міста Чернівці у період глобального потепління

In the course of average annual air temperatures, a “step-like” pattern began to emerge, manifested as alternating periods of rapid increase with fluctuations relative to a new higher level.

Temperatures in all months have risen, most notably in winter (by 2.5 °C in January) and summer (by 2.4 °C in July and August). Over the past 20 years, winter temperatures have risen by 2.3 °C and summer temperatures by 2.7 °C.

The rise in air temperatures in Chernivtsi was accompanied by an increase in annual precipitation, a trend that began to be clearly observed after 1963. With the overall increase in annual precipitation, there was an intra-annual redistribution of precipitation, the features of which differed somewhat in 2000–2010 and 2011–2021. During both time periods, precipitation increased in winter and autumn months. In 2000–2010, precipitation in months IV–VI decreased, while in 2011–2021 it was quite noticeable – the amount of precipitation in months VII–IX decreased by 46 mm. With the decrease in precipitation accompanied by rising air temperatures, most of the summer and early fall in Chernivtsi became hot and dry.

As a consequence of the increase in air temperatures in the winter months, the duration of the winter season decreased, and the month of February became, in fact, the first spring month. The dates of the beginning of the destruction and complete melting of the snow cover were observed 10–14 days earlier. On average, the number of days with snow cover decreased by 12 days, and its height decreased by 13 cm.

Changes in the thermal and precipitation regimes have not yet led to an increase in the continental climate of Chernivtsi. The availability of a number of observations of sufficient (35 years) duration, covering the period of climate change with clear unidirectional trends in variations of meteorological elements, necessitates updating the climate norms.