

## ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-01>

УДК (UDC):551.58:551.51(477.42)

**Л. О. ГЕРАСИМЧУК<sup>1</sup>**, канд. с.-г. наук, доц.,  
доцент кафедри екології та природоохоронних технологій  
e-mail: [Gerasim4uk@ukr.net](mailto:Gerasim4uk@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3166-5588>  
**Р. А. ВАЛЕРКО<sup>1</sup>**, канд. с.-г. наук, доц.,  
доцент кафедри екології та природоохоронних технологій  
e-mail: [valerko\\_ruslana@ukr.net](mailto:valerko_ruslana@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4716-0100>  
**І. Г. ПАЦЕВА<sup>1</sup>**, д-р техн. наук, проф.,  
завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій  
e-mail: [rig@ztu.edu.ua](mailto:rig@ztu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6271-7355>  
<sup>1</sup>Державний університет «Житомирська політехніка»  
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005, Україна

### ПРОЯВ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ М. ЖИТОМИР

Територія міст із підданим змінам навколишнім середовищем, значною щільністю населення, промислових та транспортних об'єктів, повсякденною діяльністю, що забезпечує його життєдіяльність та спричиняють значні викиди парникових газів, зумовлює суттєвий внесок у зміну клімату, що є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності.

**Мета.** Оцінка проявів зміни температури повітря на території м. Житомир за період 2000–2022 рр.

**Методи.** Статистичні, коефіцієнт суттєвості (істотності) відхилень температури повітря від середніх багаторічних значень розраховували відповідно до методики Педя Д.А.

**Результати.** Інформаційною базою досліджень стали дані щодо середньорічних та середньомісячних температур повітря на території м. Житомир Житомирського обласного центру з гідрометеорології. Визначено, що за період 2000–2022 рр. років температура повітря на території міста збільшилася на 1,9 °С порівняно з кліматичною нормою. Найбільш теплими за період спостережень виявилися 2015, 2019 та 2020 рр. На підставі розрахунку коефіцієнтів суттєвості (істотності) відхилень температури повітря від середніх багаторічних значень визначено, що за окремими місяцями року за період 2000–2022 рр. у 2,9% фіксувалися умови, наближені до екстремальних, у 31,9% – умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних, у решти 65,2% – умови, близькі до звичайних. Умови, які істотно відрізняються від середніх багаторічних у першому десятилітті мали місце у 20,4% випадків, а у другому – у 43,3%. За роками спостережень температурні умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних, мали місце у 2002, 2007, 2008, 2015 – 2020 рр., близькі до звичайних – протягом решти років.

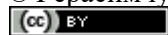
**Висновки.** Отримані результати є важливими щодо розуміння проблеми підвищення температури повітря у м. Житомир та розроблення заходів з адаптації до змін клімату на місцевому рівні.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** потепління, кліматична норма, коефіцієнт суттєвості відхилень, зміна клімату, умови

**Як цитувати:** Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Пацева І. Г. Прояв зміни температури повітря на території м. Житомир. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 29. С. 6 - 16. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-01>

**In cites:** Herasymchuk, L. O., Valerko, R. A., & Patseva, I. G. (2023). Air temperature change manifestation at the Zhytomyr territory. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (29), 6 -16. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-01> (in Ukrainian)

© Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Пацева І. Г., 2023



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Вступ

Зміна клімату – одна з найгостріших екологічних проблем сучасності, адже впливає на всі сфери життя людини, такі як охорона здоров'я, соціальна сфера, міграція, економіка, сільське господарство, інфраструктура. У доповіді МГЕЗК зазначено, що ми наразі на шляху до досягнення глобального потепління на 1,5 градуси протягом двох наступних десятиліть, зміна клімату є широко поширеною, швидкою та посилюється [1](AR6 Synthesis Report, 2023). Такі темпи здатні спричинити серйозні кліматичні зміни в результаті чого вже до 2050 року можуть відбутися незворотні зміни в екосистемах. За інформацією Climate Change Performance Index [2] Україна протягом останніх років посідає 20-те місце у рейтингу кліматичної політики. Наша держава має ряд міжнародно-правових зобов'язань у сфері зміни клімату. Наразі прийнято ряд важливих стратегічних [3] та планувальних документів у сфері зміни клімату та моніторингу парникових газів.

Урбанізація у поєднанні зі змінами клімату спричиняє загрозу національній безпеці державі. Територія міст із підданим змінам навколишнім середовищем, значною щільністю населення, промислових та транспортних об'єктів, повсякденною діяльністю, що забезпечує його життєдіяльність та спричиняють значні викиди парникових газів, зумовлює суттєвий внесок у зміну клімату. В свою чергу, зміни клімату також значною мірою впливають на міське життя від послуг міст, інфраструктури до здоров'я людей.

Питання дослідження міст та змінам клімату широко представлено в науковій літературі. Short J. R. та Farmer A. [4] розг-

лядали різницю між швидкими темпами зміни клімату та більш млявою здатністю міст до адаптації та пом'якшення наслідків, в Kumar P. [5], Leal Filho W. та ін. [6] – викиди, зумовлені зміною клімату, Wang X. та ін. [7], Lyon C.J. та ін. [8], Huang K. та ін. [9] – моделювання та прогнозування кліматичних змін, Filho W.L. та ін. [10], Lin B. B. та ін. [11], Пацева І. та ін. [12] – перешкоди та дорожню карту для визначення дій, які сприятимуть успішній реалізації інтегрованих кліматичних рішень. Зміни клімату досліджувалися і в містах України: Тернопіль [13], Новоград-Волинський [14], Коростень [15], а також за кордоном: Швейцарія [16], Китай [7], Париж [17].

Сучасні моделі кліматичних змін [9] передбачають, що середня максимальна температура в містах у всьому світі зросте на 2–8°C лише за кілька десятиліть. Згідно з даними Національного управління океанічних і атмосферних досліджень (NOAA) [18], середньорічна глобальна температура стабільно зростає з 1960-х років. З 1880 року середня глобальна температура зросла приблизно на 1 градус Цельсія (1,7° Фаренгейта). Очікується, що до 2050 року глобальна температура підвищиться приблизно на 1,5 градуси Цельсія (2,7 градуса Фаренгейта) і на 2-4 градуси Цельсія (3,6-7,2 градуса Фаренгейта) до 2100 року.

Наявні дослідження недостатньо висвітлюють питання сучасних змін окремих кліматичних параметрів на території міст Житомирської області, що й обумовило мету наших досліджень. Метою досліджень стала оцінка проявів зміни температури повітря на території м. Житомир за період 2000–2022 рр.

## Методи дослідження

Інформаційною базою досліджень стали дані щодо середньорічних та середньомісячних температур повітря на території м. Житомир Житомирського обласного центру з гідрометеорології.

Коефіцієнт суттєвості відхилень (КСВ) температури повітря від середніх багаторічних значень розраховували відповідно до методики, наведеної у роботі [19].

## Результати дослідження та обговорення

Зміна значень середньорічної температури повітря характеризує інтенсивність

зміни температурного режиму. Визначено, що за період 2000 – 2022 рр. років темпера-

тура повітря на території міста збільшилася на 1,9 °C порівняно з кліматичною нормою (за період 2000 – 2010 років підвищення температури повітря склало 1,7 °C [9], а за 2011 – 2020 років – 3,5 °C), а відхилення від кліматичної норми (6,9 °C) становило від 0,9 (2004 р.) до 3,5 (2020 р.) °C (рис. 1а). Має місце тенденція до підвищення як середньорічних так і середньомісячних температур на території м. Житомир.

В роботах Марущак М. І. та ін. [13] відмічене зростання температури атмосферного повітря у м. Тернопіль в межах 0,8–2,3 °C з найвищим показником у 2015 р. за період 2005 – 2015 рр., Валерко Р. А. [15] – підвищення середньорічної температури по місту Коростень з 7,6 до 9,0 °C за період 2004–2014 рр., Герасимчук Л. О та ін. [14] – підвищення середньорічної температури повітря м. Новоград-Волинський відносно норми на 1,5 °C, середньомісячної – від 0,4 (жовтень) до 2,3 °C (липень), що протягом останніх десятиліть у 17 великих містах України середня річна температура повітря зросла на 0,7–1,2 °C за період 1991–20015 рр. В дослідженні Стрянець Г. В., та ін. [20], що стосувалися території природного заповідника «Розточчя» також зафіксоване підвищення температури, на 2,2 °C (2005–2020 рр.), та 3,2 °C (2016–2020 рр.).

В роботі Forster Р.М. та ін. [21] бвідзначено, що спричинене людиною потепління досягло 1,14 (0,9 до 1,4) °C в середньому за десятиліття 2013–2022 років і 1,26 (1,0 до 1,6) °C у 2022 році, а протягом 2013–

2022 років потепління, спричинене людиною, зростало з безпрецедентною швидкістю понад 0,2 °C за десятиліття.

Найбільш теплими за період наших спостережень виявилися 2015, 2019 та 2020 рр., середньорічна температура яких склала 10,1 °C, 10,3 °C та 10,4 °C відповідно, а найбільше підвищення температури відбулося у першу половину року. Дані підтверджуються й Lindsey R. та Dahlman L. [22], які вказують, що 19 із 20 найтепліших років припали на період з 2001 року та Шевченко О., Сніжко С. [23], якими визначено, що найсуттєвіше зростання середньої місячної температури повітря в сучасний період у містах України зафіксовано в січні та у літні місяці.

Відхилення від кліматичної норми середньорічних температур в розрізі окремих місяців за період 2000 – 2022 років варіювали від 0,8 °C у жовтні до 2,6 °C у липні (січень потеплішав в середньому на 2,5 °C, березень – на 2,4 °C, грудень та серпень – на 2,3 °C, квітень – на 2,2 °C, лютий – на 2,0 °C, на 2,0 °C, листопад – на 1,7 °C, травень – на 1,6 °C, червень – на 1,5 °C, вересень – на 1,2 °C (рис. 1б).

В роботі Марущак М. І. та ін. [13] підтверджують отримані дані щодо тенденції до потепління з ймовірністю значного підвищення температури саме у літні місяці.

Відмітимо, що за період 2011 – 2020 рр. зафіксовані відхиленнями від кліматичної норми перевищували аналогічні значення за 2000 – 2010 рр. у 1,1 (січень) – 3,9 (червень, серпень) рази (табл. 1).

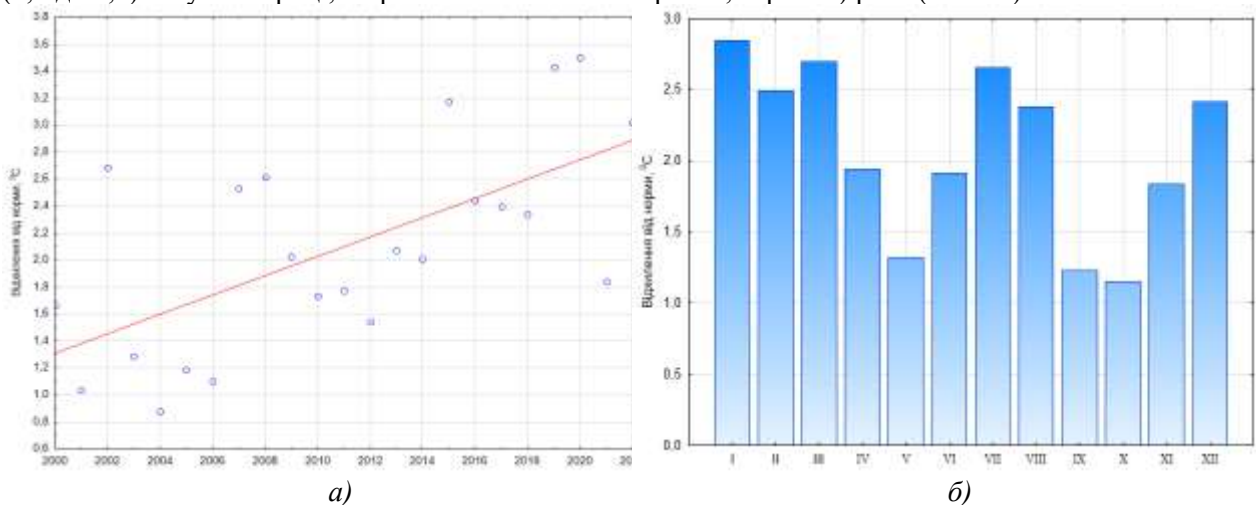


Рис. 1 – Відхилення від кліматичної норми за період 2000 – 2022 рр. середньорічної температури повітря (а) та в розрізі місяців року (б), 2000 – 2022 рр.

Fig. 1 – Deviations from the climatic norm for the period 2000-2022 of the average annual air temperature (a) and by months of the year (b), 2000-2022

Таблиця 1

Відхилення від кліматичної норми температури повітря в розрізі місяців року  
за окремими періодами

Table 1

Deviations from the climatic norm of air temperature by months of the year by individual periods

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2000 – 2010 pp.											
2,5	2,1	2,1	2,1	1,6	1,1	0,7	2,6	2,0	0,6	0,8	2,4
2011 – 2020 pp.											
2,9	2,7	2,7	3,4	2,7	1,8	2,9	2,5	2,7	2,3	1,4	2,6
2021 – 2022 pp.											
4,4	3,7	3,7	2,4	-0,2	0,1	3,4	3,8	2,8	-0,6	1,7	1,6

Зимовий період 2000 – 2022 pp. відзначився найбільшим підвищенням середньомісячних температур на 2,3 °C (січень – на 2,5 °C, грудень – на 2,3 °C, лютий – на 2,0 °C), в той же час весняний – на 2,2 °C (березень – на 2,4 °C, квітень – на 2,2 °C, травень – на 1,6 °C), літній – на 2,1 °C (липень – на 2,6 °C, серпень – на 2,3 °C, червень – на 1,5 °C) та осінній – на 1,2 °C (листопад – на 1,7 °C, вересень – на 1,2 °C, жовтень – на 1,8 °C) (рис. 2).

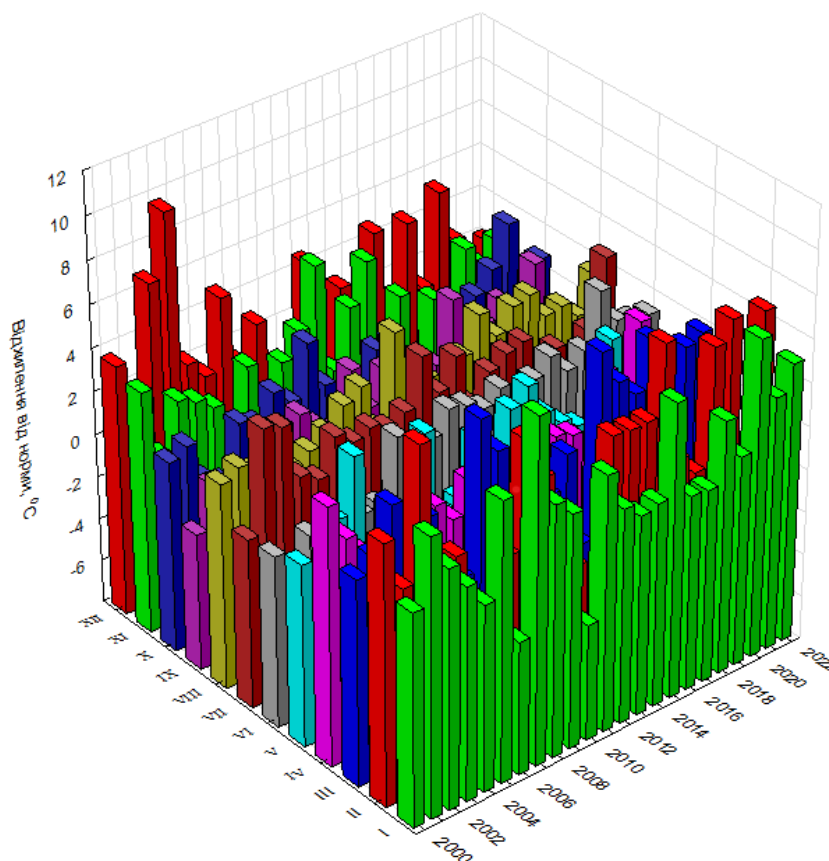
За період досліджень значення середньомісячних температур відповідали кліматичній нормі лише у 1,4% (травень 2008 р. та 2021 р., червень 2000 р., листопад 2001 р.). Значення середньомісячних температур нижче кліматичної норми мали місце у всі роки спостереження, за виключенням періоду 2008 – 2009 pp., 2017 р. і 2019 р., не спостерігалось зменшення значень середньомісячної температури серпня. Лише 15,6% значень середньомісячних температур за 23-річний період досліджень були нижче кліматичної норми: січень 2006 р. (-1,6 °C) і 2010 р. (-2,6 °C), лютий 2003 р. (-2,3 °C), 2005 р. (-0,5 °C), 2006 р. (-1,2 °C), 2011 р. (-1,1 °C), 2012 р. (-6,0 °C), березень 2003 р. (-0,2 °C), 2005 р. (-1,4 °C), 2006 р. (-0,6 °C), 2013 р. (-1,7 °C), 2018 р. (-1,5 °C), квітень 2003 р. (-1,2 °C), 2021 р. (-0,2 °C), 2022 р. (-0,1 °C), травень 2001 р. (-0,6 °C), 2004 р. (-1,6 °C), 2006 р. (-0,1 °C), 2020 р. (-2,1 °C), червень 2001 р. (-1,2 °C), 2004 р. (-0,7 °C), липень 2000 р. (-0,1 °C), вересень 2000 р. (-1,6 °C), 2002 р. (-0,1 °C), 2003 р. (-0,2 °C), 2004 р. (-0,1 °C), 2013 р. (-0,7 °C), 2021 р. (-0,3 °C), 2022 р. (-0,8 °C), жовтень 2002 р. (-0,6 °C), 2003 р. (-1,1 °C), 2010 р. (-1,8 °C), 2011 р. (-0,5 °C), 2015 р. (-0,6 °C), 2016 р. (-0,9 °C), листопад

2005 р. (-0,1 °C), 2007 р. (-1,0 °C), 2014 р. (-0,1 °C), 2016 р. (-0,7 °C), 2018 р. (-0,8 °C), грудень 2001 р. (-5,0 °C), 2010 р. (-1,7 °C) і 2012 р. (-2,8 °C) (рис. 2).

У дослідженнях Arnell N.W. та ін. [24] доведено, що різні ризики зростають зі зміною температури. Наприклад, глобальна середня ймовірність великої спеки зростає з 5% у 1981–2010 роках до 28% при 1,5 °C і 92% при 4 °C, сільськогосподарської посухи зростає з 9 до 24% при 1,5 °C і 61 % при 4 °C, а за 50-річний повторюваний період річковий паводок збільшується з 2 до 2,4% при 1,5 °C і 5,4% при 4 °C. А відповідно до сценаріїв RCP4.5, RCP6.0 і RCP8.5, змодельованих в роботі Wang X. [7], щорічне підвищення температури прогнозується в діапазоні 0,8–1,2°C для 2040 року, 1,5–2,7°C для 2070 року та 1,6–4,4°C відповідно.

Наступним етапом досліджень став розрахунок коефіцієнтів суттєвості відхилень температури повітря від середніх багаторічних значень ( $K_{CB_{TII}}$ ), результати чого представлено на рис. 3 і за якими можна судити про температурні умови, які мали місце протягом досліджуваного періоду на території м. Житомир.

За окремими місяцями року за досліджуваний період у 2,9% фіксувалися умови, наближені до екстремальних (січень 2007 р. ( $|K_{CB_{TII}}| = 2,086$ ), квітень 2018 р. ( $|K_{CB_{TII}}| = 2,346$ ), червень 2019 р. ( $|K_{CB_{TII}}| = 2,078$ ), вересень 2015 р. та 2020 р. ( $|K_{CB_{TII}}| = 2,010$ ), жовтень 2008 р. ( $|K_{CB_{TII}}| = 1,762$ ), листопад 2010 р. ( $|K_{CB_{TII}}| = 2,201$ ), грудень 2003 р. ( $|K_{CB_{TII}}| = 2,424$ ), у 31,9% – умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних (січень 2001 р., 2005 р., 2008 р., 2011 р., 2015 р., 2018 р., 2020 р. і 2022 р.; лютий 2002 р., 2008 р., 2012 р., 2016 р., 2019 р., 2020 р. і 2022 р.; березень 2002 р., 2007 – 2008 pp., 2014 –



**Рис. 2** – Відхилення від норми середньомісячних температур протягом 2000 – 2018 років  
**Fig. 2** – Deviations from the norm of average monthly temperatures during 2000-2018

2017 рр. і 2019 – 2020 рр.; квітень 2000 р., 2009 р., 2012 р. і 2016 р.; травень 2003 р., 2007 р., 2010 р., 2012 – 2014 рр. і 2018 р.; червень 2007 р., 2010 – 2011 рр., 2013 р., 2015 – 2016 рр., 2018 р. і 2020 – 2022 рр.; липень 2001 – 2002 рр., 2010 р., 2012 р., 2015 – 2016 рр. і 2021 р.; серпень 2007 – 2008 рр., 2010 р., 2015 – 2020 рр. і 2022 р.; вересень 2009 р., 2011 – 2012 рр. і 2016 – 2019 рр.; жовтень 2013 р., 2018 – 2019 рр. і 2022 р.; листопад 2000 р., 2009 р., 2012 – 2013 рр., 2015 р., 2019 р. і 2021 р.; грудень 2001 – 2002 рр., 2006 р., 2011 р., 2015 р., 2017 р. і 2019 р.) та у решти 65,2% – умови, близькі до звичайних (рис. 3).

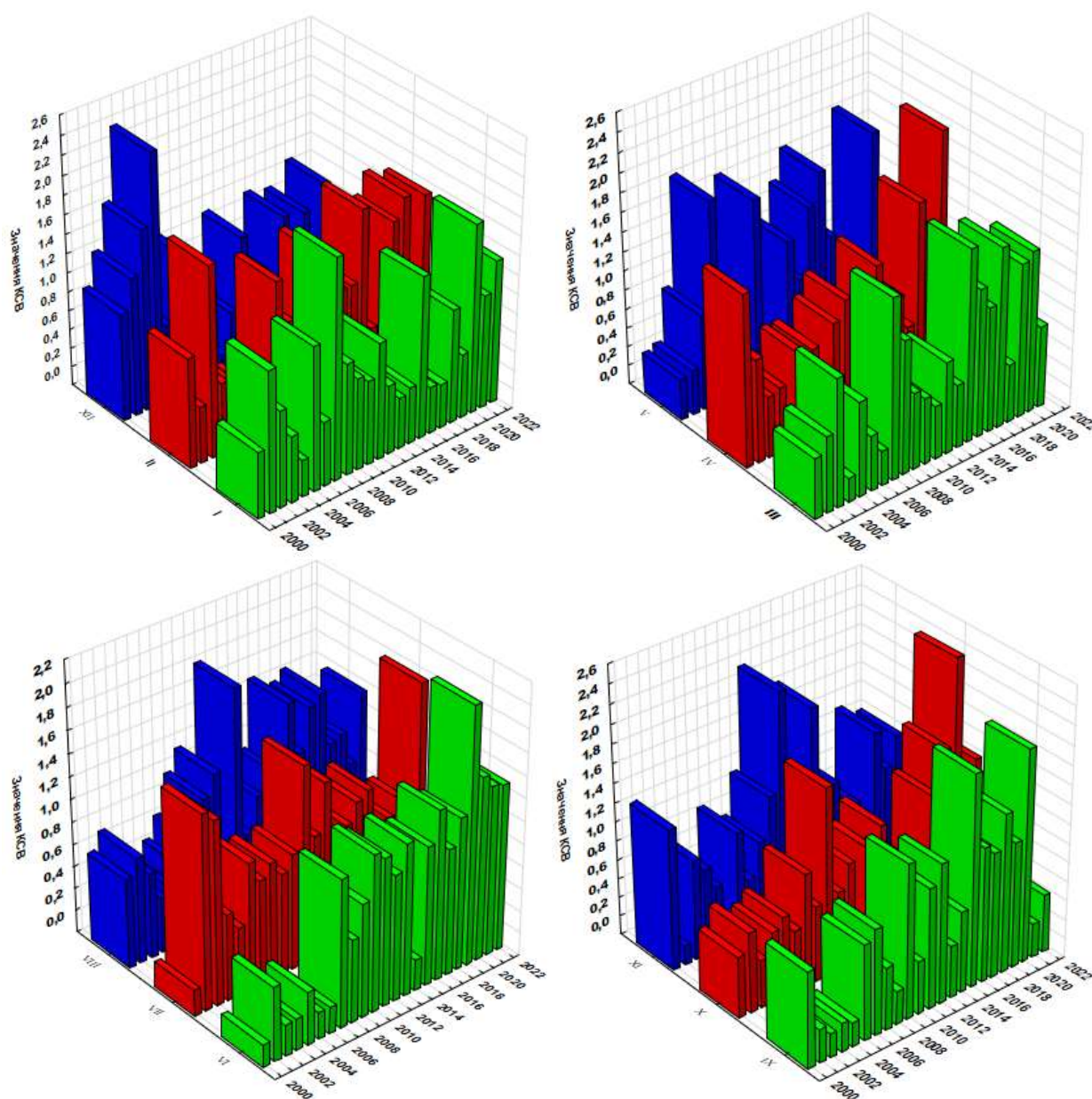
Порівнюючи між собою періоди 2000 – 2010 рр. та 2011 – 2020 рр., варто відмітити, що умови, які істотно відрізняються від середніх багаторічних ( $|KCB_{TII}|$  від 1 до 2) у першому десятилітті мали місце у 20,4% випадків, а у другому – у два рази більше – у 43,3%. В розрізі сезонів року саме влітку спостерігалося найбільше випадків, коли мали умови, які істотно відрізняються від середніх багато-

річних – 39,1% (взимку – 31,9%, навесні – 29%, восени – 26,1%) (рис. 3).

За досліджуваний період на підставі значень  $KCB_{TII}$  зафіксовані наступні температурні умови:

- близькі до звичайних мали місце у 2000 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,742$ ), 2001 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,463$ ), 2003 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,575$ ), 2004 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,392$ ), 2005 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,530$ ), 2006 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,492$ ), 2009 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,907$ ), 2010 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,776$ ), 2011 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,795$ ), 2012 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,690$ ), 2013 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,929$ ), 2014 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,899$ ), 2021 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,824$ ) та 2022 р. ( $|KCB_{TII}| = 0,981$ );

- умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних, були характерні для 2002 р. ( $|KCB_{TII}| = 1,201$ ), 2007 р. ( $|KCB_{TII}| = 1,134$ ), 2008 р. ( $|KCB_{TII}| = 1,172$ ), 2015 р. ( $|KCB_{TII}| = 1,421$ ), 2016 р. ( $|KCB_{TII}| = 1,093$ ), 2017 р. ( $|KCB_{TII}| = 1,071$ ), 2018 р. ( $|KCB_{TII}| = 1,048$ ), 2019 р. ( $|KCB_{TII}| = 1,537$ ), 2020 р. ( $|KCB_{TII}| = 1,567$ ).



**Рис. 3** - Коефіцієнти суттєвості відхилень температури повітря від середніх багаторічних значень за період 2000 – 2022 років

**Fig. 3** - Significance coefficients of deviations of air temperature from long-term averages for the period 2000-2022

Враховуючи, що саме на місцевому рівні найбільше відчуваються наслідки зміни клімату, саме звідси повинні прийматися заходи щодо адаптації до них. Одним з прикладів на території міста Житомир є Державний університет «Житомирська політехніка», який усвідомлюючи свою роль, як закладу вищої освіти у формуванні політики з урахуванням ЦСР, наказом від 01 вересня 2021 р. №517/од затвердив Страте-

гію щодо адаптації до зміни клімату [3], основними цілями якої є врахування впливу зміни клімату у загально-організаційній та адміністративно-господарській діяльності, запобігання зміни клімату через скорочення викидів та збільшення поглинання парникових газів, посилення наукового забезпечення у сфері адаптації до зміни клімату, підвищення обізнаності, рівня освіти, підготовки кадрів у сфері адаптації до зміни

клімату, що успішно реалізуються у загально-організаційній та адміністративно-господарській, освітній, науковій та позачасовій діяльності.

Short J.R. та Farmer A. [4] потепління вважають екзистенційною кризою, що швидко наближається, що у короткостроковій та середньостроковій перспективі вже вплинула на міста, а адаптація до змін клімату в містах суперечить швидким темпам глобального потепління та прискоренню зміни клімату, Abbass K. та ін. [25] – глобальною загрозою, яка чинить тиск на різні сектори. В роботі Lyon C.J. та ін. [8] зазначено, що критичні проблеми з виробництвом їжі та викликані кліматом міграцією людей виникнуть задовго до 2100 року, що порушить питання щодо придатності для життя деяких регіонів Землі після рубежу століть. Дослідженнями Vicedo-Cabrera A.M. та ін. [16] зроблено висновок, що зміна клімату є суттєвою причиною надзвичайного надмірного тягаря для здоров'я. Lenton T.M. та ін. [26] своїми дослідженнями показують, що зміна клімату вже вивела ~9% людей (>600 мільйонів) за межі ніші, а до кінця століття (2080–2100 рр.) нинішня політика, яка призведе до глобального потепління приблизно на 2,7 °C, може залишити одну третину (22–39%) людей поза нішою.

Huang K. та ін. [9] прогнозують збільшення міст та інтенсифікації теплового острова до 2050 року. В їх праці показано, що розширення міст спричинить таке ж значне потепління, як і внаслідок викидів парникових газів або навіть більше. А викиди, потепління і соціально-економічний розвиток називають чинниками зростаючих ризиків екстремальної спеки. І саме політи-

ка щодо обмеження або перерозподілу розширення чи планування міст є важливою у стратегії пом'якшення міського тепла, що забезпечить зменшення негативного впливу останнього на здоров'я людини, енергетичні системи, міські екосистеми та інфраструктуру. Patseva I. та ін. [12] в якості ефективного засобу для поліпшення екологічної ситуації в містах та відмінного способу благоустрою території, районів, будинків пропонують зовнішнє озеленення будівель. Leal Filho W. та ін. [6] підкреслюють, що після недавніх смертельних хвиль спеки в багатьох країнах існує явний тиск щодо впровадження планів, і тому їх розвиток був обов'язково швидким. Автори рекомендують послідовно розробляти зміст таких планів у міру накопичення інформації про ефективність втручань, щоб зробити громади менш вразливими до вже триваючих наслідків зміни клімату шляхом жорсткої політики пом'якшення наслідків, щоб зменшити викиди парникових газів, та проведення адаптаційних заходів з боку охорони здоров'я. Lin B. та ін. [11] зазначають, що інтеграція рішень для адаптації до зміни клімату пропонує можливості та великий потенціал для довгострокових стійких змін, а краще розуміння того, як створювати сприятливі середовища, як інтегрувати рішення в різних контекстах, як рішення можуть бути взаємодоповнюючими, а також як передавати та масштабувати рішення – все це важливі наступні кроки для впровадження інтегрованих рішень у рішення щодо адаптації міст у всьому світі.

Підняття питання зміни клімату на місцевому рівні є важливим кроком у подоланні невідомості та підвищення рівня знань населення.

### Висновки

За період 2000–2022 рр. років температура повітря на території міста збільшилася на 1,9 °C порівняно з кліматичною нормою, а найбільш теплими виявилися 2015, 2019 та 2020 рр. За окремими місяцями року за період 2000–2022 рр. у 2,9% фіксувалися умови, наближені до екстремальних, у 31,9% – умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних, у решти 65,2% – умови,

близькі до звичайних. За роками спостережень температурні умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних, мали місце у 2002, 2007, 2008, 2015 – 2020 рр. (КСВ<sub>тп</sub> від 1,048 до 1,567).

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у проведенні оцінки кліматичних змін на території інших міст Житомирської області.

### Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію

### Список використаної літератури

1. IPCC, Synthesis Report of the Sixth Assessment Report: Climate change 2023. URL: <https://www.ipcc.ch/ar6-syr> (дата звернення 04.10.2023)
2. Climate Change Performance Index (CCPI). URL: <https://ccpi.org> (дата звернення 04.10.2023)
3. Strategies for Climate Change Adaptation of the State University "Zhytomyr Polytechnic". URL: <https://docs.ztu.edu.ua/?mdocs-file=1636> (дата звернення 04.10.2023)
4. Short J. R., Farmer A. Cities and Climate Change. *Earth*. 2021. Vol. 2, No 4. P. 1038–1045. DOI: <https://www.mdpi.com/2673-4834/2/4/61>
5. Kumar P. Climate Change and Cities: Challenges Ahead. *Frontiers in Sustainable Cities*. 2021. Vol. 3. DOI: <https://10.3389/frsc.2021.645613>
6. Leal F. W., Tuladhar L., Li C., Balogun A.-L. B., Kovaleva M., Abubakar I. R., Azadi H., Donkor F. K. K. Climate change and extremes: implications on city livability and associated health risks across the globe. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*. 2023. Vol. 15, No 1. P. 1–19. DOI: <https://10.1108/IJCCSM-07-2021-0078>
7. Wang X., Hou X., Piao Y., Li Y. Climate Change Projections of Temperature Over the Coastal Area of China Using SimCLIM. *Front. Environ. Sci., Sec. Interdisciplinary Climate Studies*. 2021. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.782259>
8. Lyon C. J., Saupé E. E., Smith C. J., Hill D. J., Beckerman A. P., Stringer L. C., Aze T. Climate change research and action must look beyond 2100. *Global Change Biology*. 2021. Vol. 28, No 2. P. 349–361. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.15871>
9. Huang K., Li X., Liu X., Seto K. C. Projecting global urban land expansion and heat island intensification through 2050. *Environ Res Lett*. 2019. Vol. 14, 114037. DOI: <https://10.1088/1748-9326/ab4b71>
10. Filho W. L., Balogun A. L., Olayide O. E., Azeiteiro U. M., Ayal D. Y., Muñoz P. D. C., Nagy G. J., Bynoe P., Oguge O., Yannick T. N., Saroar M., Li C. Assessing the impacts of climate change in cities and their adaptive capacity: Towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. *Sci Total Environ*. 2019. Vol. 692. P. 1175–1190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.227>
11. Lin B. B., Ossola A., Alberti M., Andersson E., Bai X., Dobbs C., Elmqvist T., Evans K. L., Frantzeskaki N., Fuller R. A., Gaston K. J., Haase D., Jim C. Y., Konijnendijk C., Nagendra H., Niemelä J., McPhearson T., Moomaw W. R., Parnell S., Pataki D., Ripple W. J., Tan P. Y. Integrating solutions to adapt cities for climate change. *The Lancet Planetary Health*. 2021. Vol. 5, No 7. P. 479–486. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00135-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00135-2)
12. Пацева І., Алпатова О., Рибак О., Циганенко-Дзюбенко І., Медвідь О. Озеленення даху як захід по адаптації зміни клімату на прикладі м. Житомир. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2022. №3. С. 67–74. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-9>
13. Марущак М. І., Криницька І. Я., Руденко О. В., Габор Г. Г. Особливості зміни клімату у місті Тернопіль: чи відображають регіональні зміни глобальні процеси? *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2017. № 2(72). С. 62–68. <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2017.2.8108>
14. Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Мартенюк Г. М. Тенденції зміни клімату на території м. Новоград-Волинський Житомирської області. *Наукові горизонти*. 2018. №2(65). С. 42–50. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/9497> (дата звернення 04.10.2023)
15. Валерко Р. А. Екологічна оцінка змін клімату на території м. Коростень Житомирської області. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 2(50), т. 1. С. 46–54. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/3334> (дата звернення 04.10.2023)
16. Vicedo-Cabrera A. M., Schrijver E., Schumacher D. L., Ragettli M. S., Fischer E. M., Seneviratne S. I. The footprint of human-induced climate change on heat-related deaths in the summer of 2022 in Switzerland. *Environmental Research Letters*. 2023. Vol. 18, No 7. 074037. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ace0d0>
17. McKay D. I. A., Staal A., Abrams J. F., Winkelmann R., Sakschewski B., Loriani S., Fetzer I., Cornell S. E., Rockström J., Lenton T. M. Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science*. 2022. Vol. 377, No 6611. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abn7950>



18. NOAA, National Centers for Environmental Information. State of the Climate: Global Climate Report for 2022. URL: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202213> (дата звернення 04.10.2023)
19. Herasymchuk L. O., Valerko R. A. Coverage of climate change trends in Zhytomyr over a 19-year period. *Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural science*: Collective monograph. Riga: Baltija Publishing, 2020. P. 85-101. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.6>  
<http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/61/1107/2449-1>
20. Стрямець Г. В., Прикладівська Т. Р., Гребельна В. О., Скобало О. С., Ференц Н. М. Оцінка кліматичних тенденцій в Українському Розточчі за результатами динаміки пльовіотермічних умов. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2021. № 23. С. 130–151. DOI: <https://doi.org/10.15421/41213>
21. Forster P. M., Smith C. J., Walsh T., Lamb W. F., Lamboll R., Hauser M., Ribes A., Rosen D., Gillett N., Palmer M. D., Rogelj J., von Schuckmann K., Seneviratne S. I., Trewin B., Zhang X., Allen M., Andrew R., Birt A., Borger A., Boyer T., Broersma J. A., Cheng L., Dentener F., Friedlingstein P., Gutiérrez J. M., Gütschow J., Hall B., Ishii M., Jenkins S., Lan X., Lee J.-Y., Morice C., Kadow C., Kennedy J., Killick R., Minx J. C., Naik V., Peters G. P., Pirani A., Pongratz J., Schleussner C.-F., Szopa S., Thorne P., Rohde R., Rojas Corradi M., Schumacher D., Vose R., Zickfeld K., Masson-Delmotte V., Zhai P. Indicators of Global Climate Change 2022: annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and human influence. *Earth Syst. Sci. Data*. 2023. Vol. 15. P. 2295–2327. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-15-2295-2023>
22. Lindsey R., Dahlman, L. Climate Change: Global Temperature. URL: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature> (дата звернення 04.10.2023)
23. Шевченко О., Сніжко С. Зміна клімату та українські міста: прояви та проєкції до кінця XXI століття на основі RCP-сценаріїв. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2019. № 2(75). С. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2721.2019..75.2>
24. Arnell N. W., Lowe J. A., Challinor A. J., Osborn T. J. Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change*. 2019. Vol. 155. P. 377–391. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02464-z>
25. Abbass K., Qasim M. Z., Song H., Murshed M., Mahmood H., Younis I. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environ Sci Pollut Res*. 2022. Vol. 29. P. 42539–42559. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
26. Lenton T. M., Xu C., Abrams J. F., Ghadiali A., Loriani S., Sakschewski B., Zimm C., Ebi K. L., Dunn R. R., Svenning J.-C., Scheffer M. Quantifying the human cost of global warming. *Nat Sustain*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01132-6>

Стаття надійшла до редакції 04.10.2023

Стаття рекомендована до друку 12.11.2023

**L. O. HERASYMCHUK**<sup>1</sup>, PhD (Agriculture),

Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Technologies

e-mail: [Gerasim4uk@ukr.net](mailto:Gerasim4uk@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3166-5588>

**P. A. VALERKO**<sup>1</sup>, PhD (Agriculture),

Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Technologies

e-mail: [valerko\\_ruslana@ukr.net](mailto:valerko_ruslana@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4716-0100>

**I. G. PATSEVA**<sup>1</sup>, DSc (Technical Sciences), Prof.,

Head of the Department of Ecology and Environmental Technologies

e-mail: [rig@ztu.edu.ua](mailto:rig@ztu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6271-7355>

<sup>1</sup>State University "Zhytomyr Polytechnic"

m. Chudnivska str., 103, Zhytomyr, 10005, Ukraine

## AIR TEMPERATURE CHANGE MANIFESTATION AT THE ZHYTOMYR TERRITORY

The territory of cities with a changing environment, a significant density of population, industrial and transport facilities, daily activities that ensure its vital activity and cause significant greenhouse gas emissions,

causes a significant contribution to climate change, which is one of the most acute environmental problems of our time.

**Purpose.** To assess the manifestations of air temperature changes in the city of Zhytomyr for the period 2000-2022.

**Methods.** Statistical, the coefficient of deviation essentiality of air temperature from the average long-term values was calculated in accordance with the methodology of Pede D.A. .

**Results.** The information base of the research was the data on average annual and average monthly air temperatures in Zhytomyr of the Zhytomyr Regional Centre for Hydrometeorology. It was determined that in the period 2000–2022, the air temperature in the city increased by 1.9 °C compared to the climatic norm. 2015, 2019, and 2020 were the warmest during the period of our observations. Based on the calculation of the coefficients of of deviation essentiality of air temperature deviations from long-term average values, it was determined that for individual months of the year for the period 2000–2022, 2.9% of recorded conditions were close to extreme, and 31.9% – recorded conditions that differ significantly from the perennial average, the remaining 65.2% have conditions close to normal. According to the years of observation, temperature conditions that are significantly different from the long-term average occurred in 2002, 2007, 2008, 2015-2020, close to normal - during the rest of the years.

**Conclusion.** The obtained results are important for understanding the problem of increasing air temperature in Zhytomyr and developing measures to adapt to climate change at the local level.

**KEYWORDS** *warming, climate norm, coefficient of deviation essentiality, climate change, conditions*

### References

1. IPCC, Synthesis Report of the Sixth Assessment Report: Climate change 2023. (2023). Retrieved from <https://www.ipcc.ch/ar6-syr>
2. Climate Change Performance Index (CCPI). (2023). Retrieved from <https://ccpi.org>
3. Strategies for Climate Change Adaptation if the State University "Zhytomyr Polytechnic". Retrieved from <https://docs.ztu.edu.ua/?mdocs-file=1636>
4. Short, J.R., & Farmer, A. (2021). Cities and Climate Change. *Earth*, 2(4), 1038-1045. <https://www.mdpi.com/2673-4834/2/4/61>
5. Kumar, P. (2021). Climate Change and Cities: Challenges Ahead. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3. <https://10.3389/frsc.2021.645613>
6. Leal Filho, W., Tuladhar, L., Li, C., Balogun, A.-L.B., Kovaleva, M., Abubakar, I.R., Azadi, H., & Donkor, F.K.K. (2023). Climate change and extremes: implications on city livability and associated health risks across the globe. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 15(1), 1-19. <https://10.1108/IJCCSM-07-2021-0078>
7. Wang, X., Hou, X., Piao, Y., & Li, Y. (2021). Climate Change Projections of Temperature Over the Coastal Area of China Using SimCLIM. *Front. Environ. Sci., Sec. Interdisciplinary Climate Studies*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.782259>
8. Lyon, C.J., Saupe, E.E., Smith, C.J., Hill, D.J., Beckerman, A.P., Stringer, L.C., & Aze, T. (2021). Climate change research and action must look beyond 2100. *Global Change Biology*, 28(2), 349-361. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.15871>
9. Huang, K., Li, X., Liu, X., & Seto, K.C. (2019). Projecting global urban land expansion and heat island intensification through 2050. *Environ Res Lett.*, 14, 114037. <https://10.1088/1748-9326/ab4b71>
10. Filho, W.L., Balogun, A.L., Olayide, O.E., Azeiteiro, U.M., Ayal, D.Y., Muñoz, P.D. C., Nagy, G.J., Bynoe, P., Ogue, O., Yannick, T.N., Saroar, M., & Li C. (2019). Assessing the impacts of climate change in cities and their adaptive capacity: Towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. *Sci Total Environ.*, 692, 1175–1190. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.227227>
11. Lin, B.B., Ossola, A., Alberti, M., Andersson, E., Bai, X., Dobbs, C., Elmqvist, T., Evans, K.L., Frantzeskaki, N., Fuller, R.A., Gaston, K.J., Haase, D., Jim, C.Y., Konijnendijk, C., Nagendra, H., Niemelä, J., McPhearson, T., Moomaw, W.R., Parnell, S., Pataki, D., Ripple, W.J., & Tan, P.Y. (2021). Integrating solutions to adapt cities for climate change. *The Lancet Planetary Health*, 5(7), 479-486. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00135-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00135-2)
12. Patseva, I., Alpatova, O., Rybak, O., Tsyhanenko-Dziubenko, I., & Medvid, O. (2022). "Rooftop gardening as an adaption measure of the climate changes a case study of Zhytomyr". *Problemy khimii ta staloho rozvytku*, 3, 67–74. <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-9> (in Ukrainian)
13. Marushchak, M.I., Krynytska, I.Ya., Rudenko, O. V., & Habor, H.H. (2017). "The Features of Climate Changes in Ternopil: do the Regional Changes Represent Global Processes?" *Visnyk sotsialnoi hihiieny ta orhanizatsii okhorony zdorov'ia Ukrainy*, 2(72), 62-68. <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2017.2.8108> (in Ukrainian)

14. Herasymchuk, L.O., Valerko, R.A., & Marteniuk, H.M. (2018). Climate change tendencies on the territory of the city of Novohrad-Volynskiy in Zhytomyr region". *Naukovi horyzonty*, 2(65), 42–50. Retrieved from <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/9497> (in Ukrainian)
15. Valerko, R.A. (2015). "The ecological assessment of climate changes on the territory of the city of Korosten of Zhytomyr region". *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroeklohichnoho universytetu*, 2(50), 46–54. Retrieved from <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/3334> (in Ukrainian)
16. Vicedo-Cabrera, A.M., Schrijver, E., Schumacher, D.L., Ragettli, M.S., Fischer, E.M., & Seneviratne, S.I. (2023). The footprint of human-induced climate change on heat-related deaths in the summer of 2022 in Switzerland. *Environmental Research Letters*, 18(7), 074037. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ace0d0>
17. McKay, D.I.A., Staal, A., Abrams, J.F., Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., Fetzer, I., Cornell, S.E., Rockström, J., & Lenton, T.M. (2022). Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science*, 377(6611). <https://doi.org/10.1126/science.abn7950>
18. NOAA National Centers for Environmental Information. State of the Climate: Global Climate Report for 2022. (2023). Retrieved from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202213>
19. Herasymchuk, L.O., & Valerko, R.A. (2020). Coverage of climate change trends in Zhytomyr over a 19-year period. *Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural science*: Collective monograph (85-101). Riga: Baltija Publishing. <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.6>
20. Striamets, H., Prykladivska, T., Hrebelna, V., Skobalo, V., & Ferents, N. (2021). "The appraisal of climate trends in the Ukrainian Roztochya on the basis of pluviothermal conditions". *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy*, 23, 130-151. <https://doi.org/10.15421/41213> (in Ukrainian)
21. Forster, P.M., Smith, C.J., Walsh, T., Lamb, W.F., Lamboll, R., Hauser, M., Ribes, A., Rosen, D., Gillett, N., Palmer, M. D., Rogelj, J., von Schuckmann, K., Seneviratne, S.I., Trewin, B., Zhang, X., Allen, M., Andrew, R., Birt, A., Borger, A., Boyer, T., Broersma, J.A., Cheng, L., Dentener, F., Friedlingstein, P., Gutiérez, J. M., Gütschow, J., Hall, B., Ishii, M., Jenkins, S., Lan, X., Lee, J.-Y., Morice, C., Kadow, C., Kennedy, J., Killick, R., Minx, J.C., Naik, V., Peters, G.P., Pirani, A., Pongratz, J., Schleussner, C.-F., Szopa, S., Thorne, P., Rohde, R., Rojas Corradi, M., Schumacher, D., Vose, R., Zickfeld, K., Masson-Delmotte, V., & Zhai, P. (2023). Indicators of Global Climate Change 2022: annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and human influence. *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 2295–2327. <https://doi.org/10.5194/essd-15-2295-2023>
22. Lindsey, R., & Dahlman, L. (2023). Climate Change: Global Temperature. Retrieved from <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
23. Shevchenko, O., & Snizhko, S. (2019). "Climate Change and Ukrainian Cities: Manifestations and Projections on 21st Century Based on RCP-Scenarios". *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, 2(75), 11-18. <https://doi.org/10.17721/1728-2721.2019.75.2> (in Ukrainian)
24. Arnell, N.W., Lowe, J.A., Challinor, A.J., & Osborn, T.J. (2019). Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change*, 155, 377–391. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02464-z>
25. Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environ Sci Pollut Res*, 29, 42539–42559. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
26. Lenton, T.M., Xu, C., Abrams, J.F., Ghadiali, A., Loriani, S., Sakschewski, B., Zimm, C., Ebi, K.L., Dunn, R.R., Svenning, J.-C., & Scheffer, M. (2023). Quantifying the human cost of global warming. *Nat Sustain.* <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01132-6>

The article was received by the editors 04.10.2023  
The article is recommended for printing 12.11.2023