
ЗМІНА КЛІМАТУ

УДК 551.583:504.05

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.2-59.33>

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА МІСЬКІ ЗЕЛЕНІ ЗОНИ

Гуреля І.В., Василенко О.В.

Уманський національний університет
вул. Інститутська, 1, 20300, м. Умань
ivan.gurelya@ukr.net, vsolga05@gmail.com

Основні аспекти змін клімату в Україні, що спостерігаються за останні десятиліття: підвищення середньорічної температури, зміни в режимі опадів, зміщення сезонів, зростання частоти екстремальних погодних явищ, зміни в біорізноманітті. Зелена інфраструктура має низку потенціалів щодо пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації в міських районах. Міські зелені насадження відіграють ключову роль у покращенні якості навколишнього середовища, життєздатності та стійкості міст. Міська зелень забезпечує значне покращення мікроклімату, тому, що рослинність може знизити високі літні температури повітря і тим самим допомогти пом'якшити міську спеку та «ефект теплового острова». Рослинність забезпечує охолодження простору кількома способами, а саме транспірацією рослин, випаровуванням, затіненням поверхонь і відбиття випромінювання. Тополя та клен мають найвищі показники охолодження завдяки високій здатності до транспірації та великим розмірам листя. Дуб та липу характеризують досить високі ефекти охолодження завдяки великим та густим листкам, хоча їх ефект охолодження дещо менший, ніж у тополі чи клена.

Проте, зміни клімату можуть мати значний вплив на зелені насадження в міських зонах, викликаючи не лише фізичний стрес для рослин, але й зміну екологічних взаємозв'язків. Внаслідок підвищених температур та зменшення вологості спостерігаються морфологічні зміни деревної рослинності в урбоекосистемі м. Умань. Морфологічні зміни, зокрема зменшення розміру листя, є типовими для основних видів дерев, які ростуть в місті Умань та, в принципі, в усіх містах центральної України. Видимий вплив на кількість пагонів також може бути значним, особливо для водно-залежних видів. А зміни в кольорі листя (передчасне пожовтіння) є важливим індикатором стресу від високих температур і дефіциту вологи.

Одним із варіантів вирішення проблеми є запровадження стратегій планування та управління, які належним чином пом'якшують стреси, одночасно збільшуючи кліматичні та соціально-екологічні переваги міських зелених насаджень. Іншим комбінованим варіантом є вибір видів, стійких до кліматичних умов, що виникають, і ризиків поширення шляхом диверсифікації вибору порід дерев. *Ключові слова:* урбоекосистема, зміни клімату, міські зелені зони, деревна рослинність, морфологічні зміни.

Impact of climate change on urban green areas. Hurelia I., Vasylenko O.

The main aspects of climate change observed in Ukraine over the past decades include an increase in the average annual temperature, changes in precipitation patterns, shifts in seasons, an increase in the frequency of extreme weather events, and changes in biodiversity. Green infrastructure has significant potential for mitigating the impacts of climate change and adapting to it in urban areas. Urban greenery plays a key role in improving environmental quality, livability, and resilience in cities. Urban vegetation provides significant improvements to the microclimate because plants can reduce high summer air temperatures, thereby helping to mitigate urban heat and the “urban heat island effect.” Vegetation cools the environment in several ways, including through plant transpiration, evaporation, shading surfaces, and radiation reflection. Poplar and maple have the highest cooling potential due to their high transpiration rates and large leaf size. Oak and linden also show considerable cooling effects due to their large and dense leaves, though their cooling effect is somewhat lower than that of poplar or maple.

However, climate change can have a significant impact on green vegetation in urban areas, causing not only physical stress on plants but also altering ecological relationships. Due to higher temperatures and reduced humidity, morphological changes in woody vegetation have been observed in the urban ecosystem of Uman. Morphological changes, particularly the reduction in leaf size, are typical for the main tree species growing in Uman and, in general, throughout the cities of central Ukraine. A visible impact on the number of shoots can also be significant, especially for water-dependent species. Changes in leaf color (premature yellowing) are an important indicator of stress caused by high temperatures and water shortage.

One solution to the problem is the introduction of planning and management strategies that effectively mitigate stresses while increasing the climatic and socio-ecological benefits of urban greenery. Another combined solution is selecting species that are resilient to emerging climatic conditions and spreading risks through the diversification of tree species choices. *Key words:* urban ecosystem, climate change, urban green zones, woody vegetation, morphological changes.

Постановка проблеми. Урбанізація – це глобальне явище. Частка населення світу, що живе у міських районах становила лише 30% у 1950 році, але досягла 55% у 2018 році, і, за прогнозами, становитиме 68% до 2050 року [1]. Ці зміни мають суттєвий вплив на людей, навколишнє середовище і розвиток

у локальному, регіональному та глобальному масштабах [2, 3]. Зміни включають забруднення повітря і води [4, 5], втрату біорізноманіття [6] та деградацію екосистем [7], в той час як викиди вуглецю в містах і пов'язані з ними зміни землекористування стають важливим фактором глобальної зміни клімату.

У глобальному масштабі зміна клімату є темою, яка резонує серед професіоналів, політиків, міст та загалом громадськості. Зміна клімату входить до п'ятірки найсерйозніших проблем світу нашого часу [8]. Через сукупний вплив зміни клімату та швидкої урбанізації міське середовище зазнає різних змін. Більш висока температура і збільшення частоти екстремальних явищ, пов'язаних зі зміною клімату, погіршують якість міського середовища. Збільшення непроникних поверхонь (забудованих, забетонованих, заасфальтованих і т.д.) та зменшення зелених насаджень у містах сприяють випаровуванню і утворенню прихованого теплового потоку в межах міських територій [9].

Актуальність дослідження. Уже понад 400 міст світу оголосили «надзвичайний кліматичний стан» [10]. У зв'язку з цим уряди багатьох країн намагаються знайти відповідний метод пом'якшення наслідків зміни клімату, як правило, щодо інфраструктури зелених насаджень. Тому, парки, вуличні дерева, міські природні заповідники та інші міські зелені зони мають вирішальне значення. Насправді зелені насадження у містах є важливою «зеленою інфраструктурою», оскільки вони пропонують різноманітні екосистемні послуги, які мають позитивне значення та соціально-економічні та екологічні наслідки, такі як зниження міських «теплових островів». Цей ефект суттєво впливає на якість життя мешканців міст та посилює загальне потепління клімату. Крім того, це призводить до збільшення захворюваності на захворювання, пов'язані з спекою [11].

Враховуючи значну роль зелених зон у житті міських жителів, актуальність дослідження впливу змін клімату на ці території є надзвичайно важливою. На основі таких досліджень можна розробити стратегії адаптації та управління, що сприятимуть збереженню та розвитку міських зелених насаджень у нових кліматичних умовах. Це дозволить підвищити стійкість міського середовища до кліматичних змін, зменшити негативний вплив на екосистеми та покращити умови для життя населення.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дані дослідження проводились в рамках наукової роботи на тему: «Розробка методологічних підходів і практичного механізму екологічно-збалансованого природокористування» (державний номер реєстрації – 0108U009772) Уманського національного університету.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняні [12–14] та іноземні [15, 16] науковці дослідили, що міські екосистеми надзвичайно вразливі до наслідків змін клімату порівняно з природними екосистемами. Міські зелені зони виконують численні функції, такі як очищення повітря, зниження температури навколишнього середовища, збереження водних ресурсів і зменшення шуму [17, 18]. Однак зміни клімату можуть порушити ці процеси,

і їхня здатність виконувати екологічні функції може зменшитися [19]. Тому, потрібно більш детально вивчити, як зміни клімату впливають на ефективність цих функцій і які адаптаційні стратегії можна застосувати для їх збереження.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Загальна проблема, котрій присвячена стаття, – оцінка наслідків змін клімату для міських зелених насаджень м. Умань. Зміни клімату можуть призвести до суттєвих морфологічних змін у деревних видах. Це питання залишається недостатньо дослідженим, і вплив таких змін на життєздатність дерев у міських умовах потребує додаткового вивчення.

Новизна. Новизна цієї наукової статті полягає в комплексному аналізі впливу змін клімату на морфологічні характеристики деревних рослин у міських зелених зонах. Вперше в рамках дослідження проведено порівняння змін, які відбуваються в найбільш розповсюджених видах дерев, враховуючи такі фактори, як підвищення температури та зниження рівня опадів. Це дослідження відкриває нові підходи до управління міськими зеленими зонами в умовах кліматичних змін.

Методологічне або загальнонаукове значення. Методологічне значення цієї статті полягає в розробці нових підходів для вивчення впливу змін клімату на міські екосистеми, зокрема на зелені зони. Вона поєднує аналіз морфологічних змін у деревних рослин за умов зміненої кліматичної ситуації. Це дозволяє створити основи для подальших досліджень і розробки адаптаційних стратегій управління міськими зеленими зонами.

Викладення основного матеріалу. Клімат України, як і в інших країнах світу, переживає значні зміни, зумовлені глобальним потеплінням. Ці зміни мають суттєвий вплив як на природні, так і на індустріальні чи урбанізовані екосистеми. Основні аспекти змін клімату в Україні, що спостерігаються за останні десятиліття: підвищення середньорічної температури, зміни в режимі опадів, зміщення сезонів, зростання частоти екстремальних погодних явищ, зміни в біорізноманітті.

За даними досліджень, середня температура повітря в Україні з початку XXI століття зросла на 1,2°C, що є значно більше за середньосвітові показники [20]. Прогнозується, що до 2050 року температура може підвищитися на 2–3°C, а до кінця століття – на 4°C в порівнянні з базовим періодом середини XX століття [21]. Особливо виражене потепління спостерігається в зимовий період, що впливає на гідрологічні процеси в Україні. Зміни клімату також призводять до змін у режимі опадів. Спостерігається зменшення кількості опадів влітку та збільшення кількості зимових опадів. Відзначається більш інтенсивне випадання опадів у вигляді сильних дощів, що може призвести до повеней.

За допомогою інформації з УкрНДГМІ [22] можна простежити динаміку зміни середньомісячних температур ($^{\circ}\text{C}$) та середніх місячних сум опадів (%) в центральній частині України за період 2011–2030 рр. відносно періоду 1991–2010 рр. (рис. 1).

Отже, до 2030 р. зростання середньорічної температури по Україні буде в межах $0,5^{\circ}\text{C}$. До 2030 року у серпні кількість опадів прогнозовано може зменшитись на 12%, у жовтні – на 7%.

Зміни клімату в Україні є реальністю, і вони матимуть значний вплив на економіку, природні ресурси та життя громадян. Адаптація до нових кліматичних умов вимагає розробки стратегій, що включають використання стійких до кліматичних змін видів рослин, модернізацію інфраструктури для забезпечення стійкості до екстремальних погодних явищ, а також проведення активної інформаційно-освітньої роботи серед населення про наслідки кліматичних змін.

Зелена інфраструктура має низку потенціалів щодо пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації в міських районах. Міські зелені насадження відіграють ключову роль у покращенні якості навколишнього середовища, життєздатності та стійкості міст. Вони забезпечують низку переваг як на національному, так і на місцевому рівнях і пропонують людям багато екологічних послуг. Вони також роблять великий внесок у соціальне та економічне життя, а також у місцеві екологічні системи та системи планування, і в цілому в якість життя в містах.

Міська зелень забезпечує значне покращення мікроклімату, тому, що рослинність може знизити високі літні температури повітря і тим самим допомогти пом'якшити міську спеку та «ефект теплового острова». Рослинність забезпечує охолодження простору кількома способами, а саме транспірацією рослин, випаровуванням, затіненням поверхонь і відбиття випромінювання. Дерева особливо важливі для затінення та перехоплення опадів, та охолодження в сухих умовах, оскільки вони висихають повільніше, ніж трава, і, отже, можуть забезпечити охолоджуючий ефект протягом більш тривалого періоду. В таблиці 1 показані кількісні ефекти охолодження в місті Умань від найбільш поширених видів дерев. Вона включає дані про середні ефекти охолодження (температурне зниження) для кожного виду дерева, виміряні на основі їхньої здатності знижувати температуру навколишнього середовища через тінь, транспірацію та інші фактори.

Тополя та клен мають найвищі показники охолодження завдяки високій здатності до транспірації та великим розмірам листя. Дуб та липу характеризують досить високі ефекти охолодження завдяки великим та густим листкам, хоча їх ефект охолодження дещо менший, ніж у тополі чи клена. Сосна та туя мають помірні ефекти охолодження через їх відносно менше листя та менш інтенсивну транспірацію, але вони все одно можуть значно знижувати температуру у міських умовах.

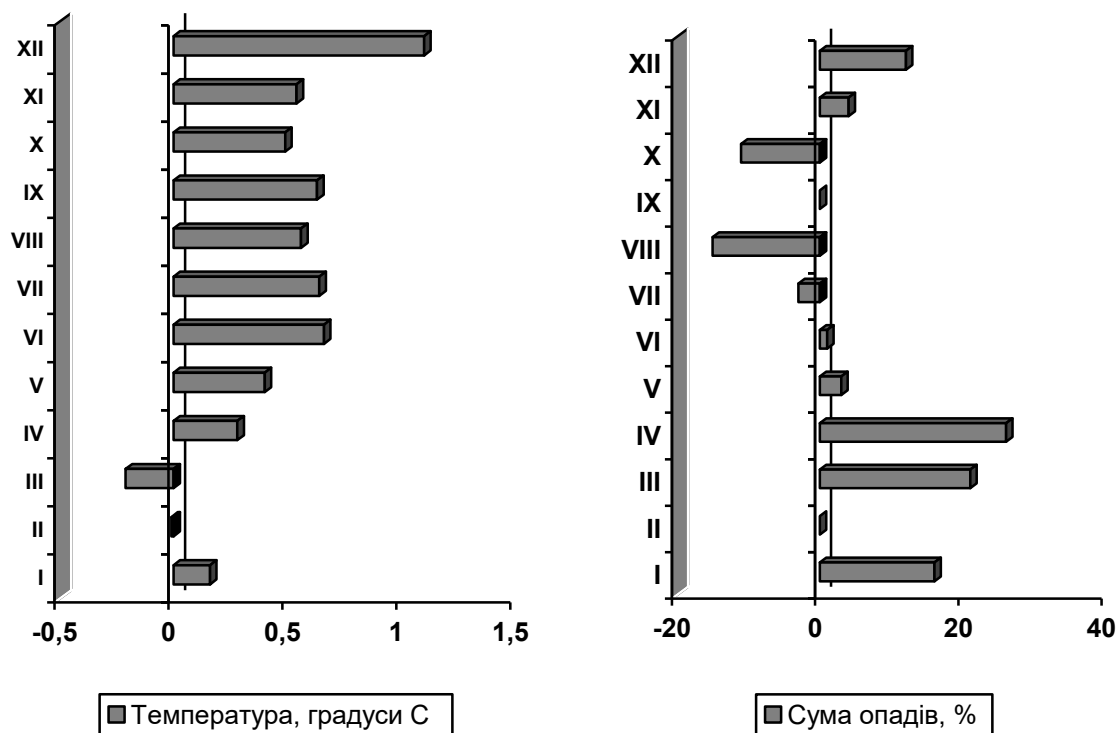


Рис. 1. Динаміка змін середньомісячних температур ($^{\circ}\text{C}$) та середніх місячних сум опадів (%) в центральній частині України у 2011–2030 рр. відносно 1991–2010 рр.

Таблиця 1

Кількісні ефекти охолодження в місті Умань від найбільш поширених видів дерев

Вид рослини	Середнє зниження температури, °С	Метод охолодження	Ефективність охолодження, м²/ дерево
Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i>)	3,2	тінь, транспірація, випаровування води з листя	50-70
Клен гостролистий (<i>Acer platanoides</i>)	4,6	тінь, високий рівень транспірації, створення мікроклімату	40-60
Тополя чорна (<i>Populus nigra</i>)	5,3	тінь, висока транспірація, швидке поглинання води	60-90
Липа дрібнолиста (<i>Tilia cordata</i>)	3,4	тінь, висока здатність до транспірації та випаровування води	50-80
Береза повисла (<i>Betula pendula</i>)	2,3	тінь, середня транспірація, зниження температури через листя	40-60
Сосна звичайна (<i>Pinus sylvestris</i>)	2,1	тінь, помірна транспірація, поглинання вологи через корені	40-50
Граб звичайний (<i>Carpinus betulus</i>)	2,7	тінь, середня транспірація, випаровування з листя	40-60
Туя західна (<i>Thuja occidentalis</i>)	1,2	тінь, низька транспірація, здатність до створення екранів з тіні	30-50

Проте, зміни клімату можуть мати значний вплив на зелені насадження в міських зонах, викликаючи не лише фізичний стрес для рослин, але й зміну екологічних взаємозв'язків (табл. 2).

Таким чином, зміни клімату, зокрема підвищення температури, зменшення опадів, зміщення сезонних циклів та підвищення рівня забруднення повітря, мають значний вплив на міські зелені насадження. Для збереження біорізноманіття та підтримки здоров'я міських екосистем необхідно впроваджувати стратегії адаптації, включаючи вибір стійких до кліматичних змін видів, оптимізацію водопостачання та поливу, а також збереження екологічної рівноваги у міських зонах.

Внаслідок підвищених температур та зменшення вологості спостерігаються морфологічні зміни деревної рослинності в урбоєкосистемі м. Умань (рис. 2).

За умов підвищених температур і зменшення вологості, морфологічні зміни, зокрема зменшення розміру листя, є типовими для основних видів дерев, які ростуть в місті Умань та, в принципі, в усіх містах центральної України. Видимий вплив на кількість пагонів також може бути значним, особливо для водно-залежних видів. А зміни в кольорі листя (передчасне пожовтіння) є важливим індикатором стресу від високих температур і дефіциту вологи.

Окрім вищезазначених факторів, на міські дерева впливають численні обмеження, включаючи забруднення повітря, води та ґрунту, ущільнені та обмежені ґрунти, малі та обмежені посадкові ями, мікрокліматичні умови тощо. Таким чином, зміна клімату є ще одним викликом у довгому списку змінних, що впливають на умови росту дерев та інших типів

рослинності в міських районах. Одним із варіантів вирішення проблеми є запровадження стратегій планування та управління, які належним чином пом'якшують стреси, одночасно збільшуючи кліматичні та соціально-екологічні переваги міських зелених насаджень. Іншим комбінованим варіантом є вибір видів, стійких до кліматичних умов, що виникають, і ризиків поширення шляхом диверсифікації вибору порід дерев.

Головні висновки. Отже, зелена інфраструктура є вразливою до впливу зміни клімату. Високі температури в поєднанні з пізнішими весняними заморозками та зміна режиму випадання опадів викликають триваліші посушливі періоди та більшу частоту раптових паводків. У поєднанні з ефектом «теплого острова» підвищення температури повітря більш виражене в містах, ніж у сільській місцевості, і тому реакції рослин більш інтенсивні. Зміни клімату можуть мати значний вплив на зелені насадження в міських зонах, викликаючи не лише фізичний стрес для рослин, але й зміну екологічних взаємозв'язків. За даних умов типовими є морфологічні зміни дерев: зменшення розміру листя, кількості пагонів та передчасне пожовтіння листя. Найбільш вразливими до таких змін є клен гостролистий та береза повисла.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження відкривають широкий спектр перспектив для науковців, урядів, міських планувальників, екологів та громадян. Зокрема, ці результати можуть бути використані для формулювання стратегії адаптації до змін клімату, покращення управління міським зеленим простором та розвитку стійких екосистем. Вивчення можливих наслідків зміни клімату для зелених насаджень доз-

Таблиця 2

Можливі наслідки змін клімату для зелених насаджень у міських зонах

Прояви змін клімату	Можливі наслідки для зелених насаджень
Збільшення середньої температури	Зниження стійкості до посухи у багатьох видів рослин. Можливість витіснення місцевих видів через розширення ареалу теплолюбних видів. Раннє пробудження рослин і подовження вегетаційного періоду.
Підвищення кількості екстремальних погодних явищ	Пошкодження зелених насаджень через сильні дощі, вітри та бурі. Підвищення рівня забруднення повітря, що може шкодити рослинам. Збільшення шкідників і хвороб, що можуть вражати дерева та кущі.
Зниження рівня опадів (посухи)	Збільшення стресу для рослин, що може призвести до в'янення та загибелі. Зменшення біорізноманіття в міських зелених зонах. Необхідність збільшення поливів, що навантажує водні ресурси.
Зміна сезонних патернів (ранні весни та пізні осені)	Раннє цвітіння і плодоношення рослин, що може порушити екологічні цикли. Зміна співвідношення весняних і осінніх видів рослин, що може вплинути на біорізноманіття.
Підвищення рівня вуглекислого газу	Посилене зростання деяких видів рослин, особливо декоративних, що може спричинити їх неконтрольоване розповсюдження. Зміна складу рослинності в бік видів, які мають високий рівень фотосинтетичної активності.
Збільшення забруднення повітря	Погіршення стану зелених насаджень через токсичні гази, що знижують їх здатність до фільтрації повітря. Пошкодження листя, зменшення здатності до фотосинтезу.
Зміна кількості сонячного світла	Зміни в освітленості можуть призвести до зміщення місцевих видів рослин та зміни складу рослинних угруповань. Зміна співвідношення трав'яних та деревних видів у міських зелених зонах.

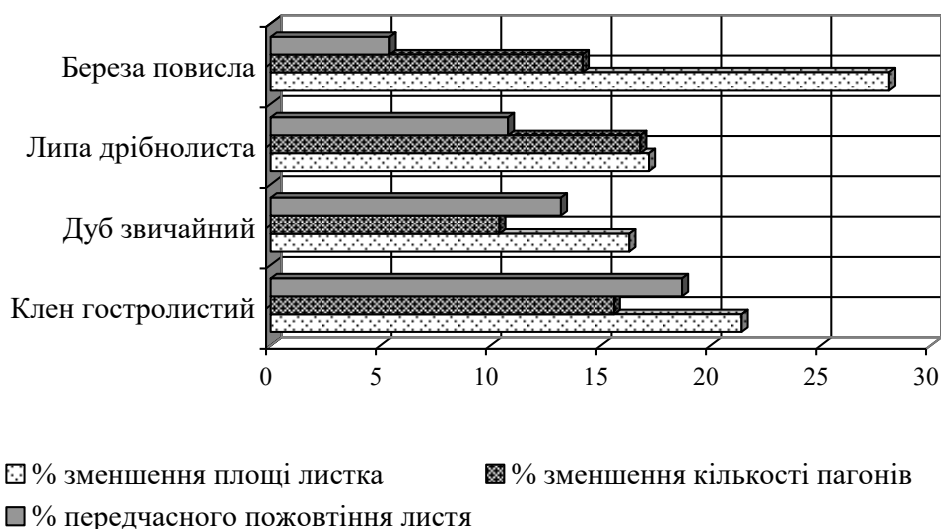


Рис. 2. Морфологічні зміни деревної рослинності внаслідок змін клімату в м. Умань

воляє міським планувальникам розробляти більш стійкі до кліматичних змін схеми використання територій. Це включатиме оптимальний вибір місць

для зелених зон, використання різноманітних видів рослин, а також планування та реконструкцію інфраструктури з урахуванням нових кліматичних умов.

Література

1. DESA. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*. United Nations: New York, NY, USA, 2018.
2. Li G., Fang C., Qi W. Different effects of human settlements changes on landscape fragmentation in China: Evidence from grid cell. *Ecol. Indic.*, 2021. 129. P. 107–127.
3. Nagendra H., Bai X., Brondizio E.S., Lwasa S. The urban south and the predicament of global sustainability. *Nat. Sustain.*, 2018. 1. P. 341–349.
4. Lin B., Zhu J. Changes in urban air quality during urbanization in China. *J. Clean. Prod.*, 2018. 188. P. 312–321.

5. Hoekstra A.Y., Buurman J., van Ginkel K.C.H. Urban water security: A review. *Environ. Res. Lett.*, 2018. 13. 053002.
6. Newbold T., Hudson L.N., Hill S.L.L., Contu S., Lysenko I., Senior R.A., Börger L., Bennett D.J., Choimes A., Collen B. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 2015. 520. P. 45–50.
7. DeFries R.S., Rudel T., Uriarte M., Hansen M. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nat. Geosci.*, 2010. 3. P. 178.
8. Cheng Y. (Daniel), Farmer J. R., Dickinson S. L., Robeson S. M., Fischer B. C., Reynolds H. L. Climate change impacts and urban green space adaptation efforts: Evidence from U.S. municipal parks and recreation departments. *Urban Climate*, 2021. 39. P. 1009–1062.
9. Ige S.O., Ajayi V.O., Adeyeri O.E., Oyekan K.S.A. Assessing remotely sensed temperature humidity index as human comfort indicator relative to landuse landcover change in Abuja, Nigeria. *Spat. Inf. Res.*, 2017. 25. P. 523–533.
10. Kabisch N., Qureshi S., Haase, D. Human-environment interactions in urban green spaces—A systematic review of contemporary issues and prospects for future research. *Environmental Impact Assessment Review*, 2016. 58. P. 1–14.
11. Leal Filho W., Icaza L.E., Neht A., Klavins M., Morgan E.A. Coping with the impacts of urban heat islands: A literature based study on understanding urban heat vulnerability and the need for resilience in cities in a global climate change context. *J. Clean. Prod.*, 2018. 171. P. 1140–1149.
12. Шевченко О.Г. Вразливість урбанізованого середовища до змін клімату. *Фізична географія та геоморфологія*. 2014. Вип. 4(76). С. 114–120.
13. Ліпінський В.М. Глобальна зміна клімату та її відгук в динаміці клімату України. *Інвестиції та зміна клімату: можливості для України*: тези доп. Міжнар. конф. м. Київ, 10–11 липня 2002 р.
14. Василенко О.В., Балабак А.О., Балабак А.В., Нікітіна О.В. Оцінка адаптації рослин Липи серцелистої (*Tilia cordata mill.*) до забруднення урбофітоценозів в умовах змін клімату. *Екологічні науки*. 2022. 2 (41). С. 146–150.
15. Kalafatis S. When do climate change, sustainability, and economic development considerations overlap in cities? *Environ. Politics*. 2017. 27. P. 1–24.
16. Broto V.C. Urban Governance and the Politics of Climate Change. *World Dev.*
17. Middel A., Nazarian N., Demuzere M., Bechtel B. Urban Climate Informatics: An Emerging Research Field. *Front. Environ. Sci.*, 2022. 10. 867434.
18. Li H., Meier F., Lee X., Chakraborty T., Liu J., Schaap M., Sodoudi S. Interaction between urban heat island and urban pollution island during summer in Berlin. *Sci. Total Environ.*, 2018. 636. P. 818–828.
19. Di Leo N., Escobedo F.J., Dubbeling M. The role of urban green infrastructure in mitigating land surface temperature in Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Environ. Dev. Sustain.*, 2016. 18. P. 373–392.
20. Середня місячна температура повітря по Україні. URL: <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/klimatolohichna/klimatychni-danni-ro-ukraini> (дата звернення 13.03.2025).
21. Степаненко С. М., Польовий А. М., Лобода Н. С., та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: [монографія] /колектив авт.: С. М. Степаненко, А. М. Польовий, Н. С. Лобода [та ін.]; за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса: Вид. „ТЕС”, 2015. 520 с.
22. Краковська С.В. Можливі сценарії майбутніх кліматичних умов для Полтавської області. *Підтримка регіональних зусиль з розробки регіональних планів заходів з адаптації до зміни клімату*: матеріали державного семінару, Київ, 24–25 жовтня 2013 р.