

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2024.5.5>

УДК 697.132

^{1,2}ДЕШКО В. І., ^{1,3}БІЛОУС І. Ю., ¹СУХОДУБ І. О.,
¹ГЕТМАНЧУК Г. О., ¹КРАМАРЕНКО С. О.

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

² Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

³ Інститут загальної енергетики НАН України, Україна

АНАЛІЗ ЗМІНИ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ЗІ СПЕЦІАЛЬНИМ ФОКУСОМ НА МОЖЛИВИХ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ

Метою статті є аналіз даних температури зовнішнього середовища з кліматичних баз даних України та Meteororm з використанням історичних, поточних та прогнозованих даних для оцінки потенціалу використання відновлювальних джерел енергії.

Методика включає використання методів синтезу та аналізу кліматичних даних.

Результати включають аналіз температур зовнішнього середовища, як кліматичних даних, що мають найбільший вплив на енергоефективність будівель та забезпечення комфортності. Особлива увага приділена аналізу екстремальних погодних умов, таким як: хвилі спеки, тропічні ночі, морозні дні та холодні дні.

В статті проведено порівняння нормативних та кліматичних даних за історичний та поточний періоди, а також майбутніх сценаріїв розвитку зміни температури зовнішнього середовища під впливом антропогенних факторів. Встановлено, що з кожним наступним сценарієм RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5 відбуватиметься швидше зростання середньорічної температура зовнішнього середовища. У Києві до 2100 року температура зовнішнього середовища згідно RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5 зростає на 1,2°C, 3,1°C, 5,8°C відповідно. У Одесі ріс температури до 2100 року відповідно RCP 2.6 становитиме 1,1°C, за RCP 4.5 – 2,9°C, за RCP 8.5 – 5,3°C.

Результати також збільшення кількості теплових хвиль і тропічних ночей, та скорочення кількості морозних та холодних днів.

Наукова новизна полягає у обґрунтуванні використання міжнародних кліматичних баз даних для проектування систем енергозабезпечення будівель з використанням відновлювальних джерел енергії в контексті змін клімату та діючої нормативної кліматології України.

Практична значимість результатів дослідження дозволяє оцінити відмінність кліматичних різних регіонів України, їх зміни в контексті історичного, поточного та майбутніх змін клімату. Також, в статті проведено аналіз екстремальних погодних даних, що є актуальним в контексті проектування інженерних систем та джерел будівель.

Ключові слова: кліматичні дані; Meteororm; температура зовнішнього середовища; екстремальні погодні умови; енергоефективність.

Вступ. В Україні на національному рівні діє стандарт ДСТУ 9190:2022 [1], який установлює вимоги до методу розрахунку показників енергоефективності будівель під час проектування, нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту, зокрема з метою термомодернізування. В даному стандарті кліматичні параметри визначені на підставі даних ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія [2]. Середньомісячні кліматичні параметри наведені ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 розраховано на основі інформації метеорологічних спостережень 53 метеорологічних станцій за період 1961–2005 років. Нормативної погодинної кліматології в Україні немає. Середньомісячних кліматичних даних достатньо при стаціонарному та квазістаціонарному методах розрахунку, проте для динамічного визначення енергетичних характеристик будівель необхідним є використання погодинних кліматичних даних. Особливо в умовах моделювання відновлювальних джерел енергії для енергозабезпечення будівель.

Дане дослідження присвячене аналізу температура повітря за сухим термометром (°C) за історичний та поточний періоди, а також майбутніми сценаріями розвитку погодних змін

під впливом антропогенних факторів. З глобальної кліматичної бази даних Meteororm [3, 4] були отримані середньомісячні кліматичні дані за історичний (1981–1990 роки) та поточний періоди. Особлива увага приділена аналізу екстремальних погодних умов в Україні, а саме: хвилі спеки, тропічні ночі, морозні дні та холодні дні.

В огляді було більш детально опрацьовано помісячні дані для міст Києва та Луганська – як представників I температурної зони Центральної та Східної України, Одеси та Ужгорода – як представників II температурної зони Південної та Західної України [5].

Аналіз кожного регіону території України є важливим також через введення військового стану, оскільки велика частина населення зі східних та південних регіонів перемістилась в центральні та західні регіони. Станом на грудень 2023 року в Україні налічувалося близько 3,7 мільйона ВПО, причому 80% з них були переміщені на термін понад рік [6]. Відповідно, актуальним є комфортне розміщення та тих територіях значної кількості людей. В той же час, на сході і півдні багато людей втратили житло і є актуальним і затребуваним розміщенням там тимчасового модульного житла з забезпеченням комфортних умов перебування. Згідно з вимогами до тимчасового житла для ВПО, встановленими Кабінетом Міністрів України, в тому числі і до швидкокомонтованих містечок, воно повинно бути обладнане функціонуючими інженерними системами будівлі, до яких відносяться системи електропостачання, опалення, вентиляції, водопостачання та водовідведення. Він також повинен забезпечувати температуру повітря в приміщенні в межах 18–25°C залежно від сезону експлуатації [7]. В умовах постійних обстрілів енергетичної системи України все більшої актуальності набуває розробка автономних систем енергозабезпечення будівель на основі відновлювальних джерел енергії.

Постановка завдання. Метою роботи є аналіз температура повітря за сухим термометром з різних кліматичних баз даних з використанням історичних, поточних та прогнозованих даних для оцінки потенціалу використання відновлювальних джерел енергії в різних регіонах України.

Результати дослідження.

Аналіз помісячних значень за історичні, поточні періоди та нормативних значень. На рис. 1 наведено гістограми помісячних змін температури зовнішнього середовища за поточний (2000–2019 роки) та історичний періоди отримані з глобальної кліматичної бази даних Meteororm [4], та відповідно ДСТУ 9190:2022 [1] (1961–2005 роки).

Часовий проміжок за який усереднювали кліматичні дані наведені в ДСТУ 9190:2022 [1] знаходиться між історичним та поточним періодами з бази даних Meteororm [4]. З рис. 1 видно, що для усіх міст помісячна температура зовнішнього середовища відповідно ДСТУ 9190:2022 [1] знаходиться між значеннями за історичний та поточний періоди з бази даних Meteororm [4]. Різниця помісячних змін температури зовнішнього середовища між даними за поточний період та даними наведеними в ДСТУ 9190:2022 [1] для міста Київ становить 0,3–1,6 °C, Одеси – 0,1–2,1 °C, Ужгорода – 0,4–1,5 °C, Луганська – 0,4–2,0 °C. Між даними за історичний період та даними наведеними в ДСТУ 9190:2022 [1] для міста Київ становить 0–0,9 °C, Одеси – 0–0,5°C, Ужгорода – 0–0,4°C, Луганська – 0,1–1,0 °C.

Аналіз поточних, нормативних та майбутніх кліматичних даних. Також в Meteororm [4] доступні до аналізу дані помісячних та погодинних кліматичних даних для трьох сценаріїв зміни клімату – RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5.

Сценарії майбутнього клімату базуються на сценаріях RCP (Representative Concentration Pathways), прийнятих Міжурядовою групою експертів зі зміни клімату (МГЕЗК). Причиною прийняття цих сценаріїв є невизначеність щодо того, наскільки сильно зміниться клімат у майбутньому. Викиди CO₂ залежатимуть не лише від зростання споживання викопного палива через збільшення чисельності населення, але й від частки відновлюваних

джерел енергії та питомого енергоспоживання. Крім того, на баланс вуглекислого газу впливають вирубка лісів та збільшення площі орних земель [8]. Поглиблений аналіз кліматичних даних для різних сценаріїв зміни клімату проведено для двох міст-представників I та II кліматичних зон – Київ та Одеса, відповідно [2].

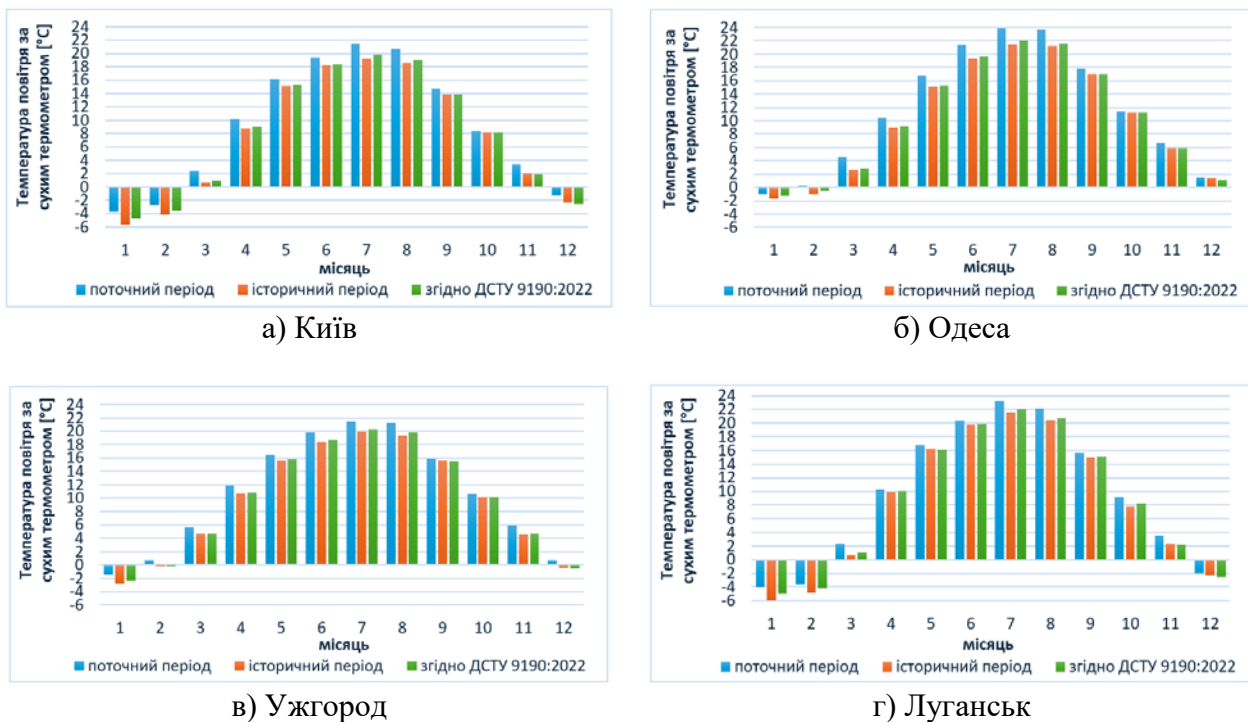
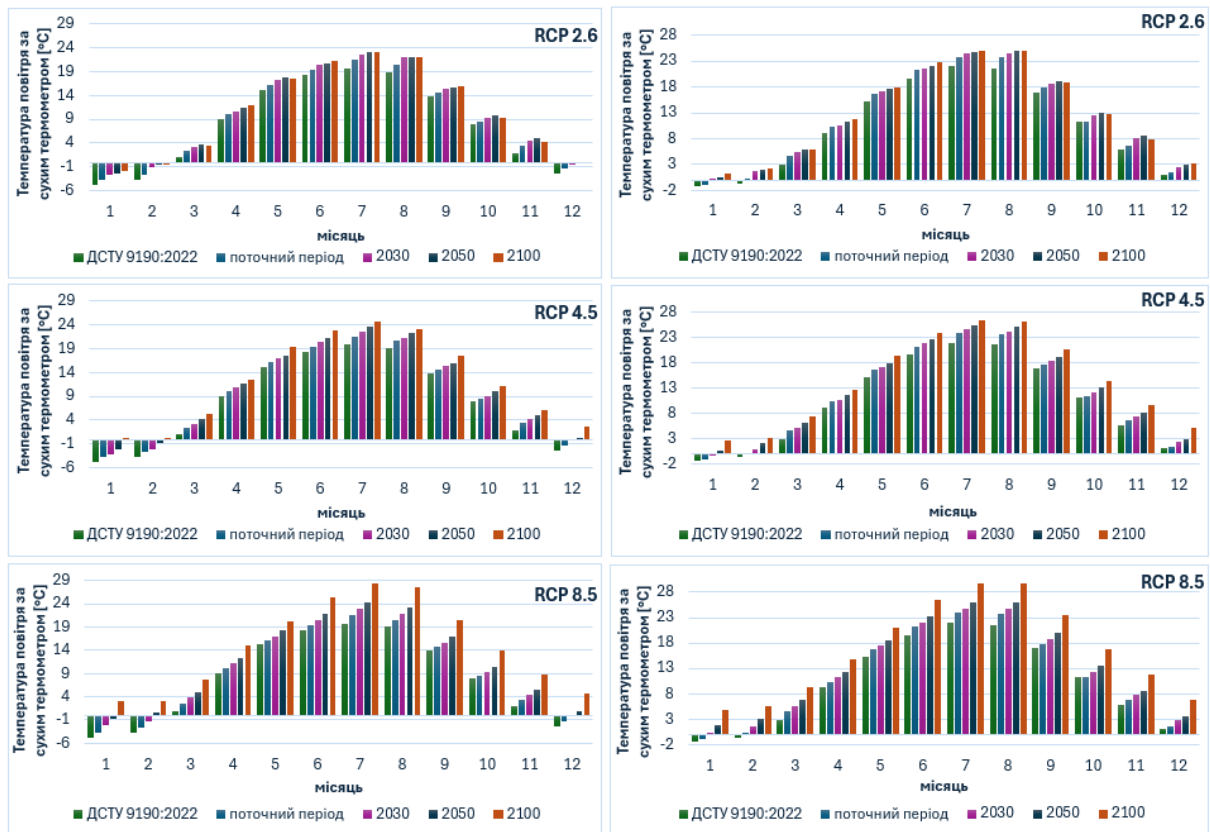


Рис. 1. Помісячна зміна температури зовнішнього середовища для різних міст за поточний період, історичні дані та відповідно до ДСТУ 9190:2022

На рис. 2 зображено помісячну зміну температури зовнішнього середовища для міста Києва та Одеси відповідно, за поточний період, згідно ДСТУ 9190:2022 [1] та відповідно до різних RCP. Середньорічна різниця температури зовнішнього середовища між поточним періодом та нормативними значеннями з ДСТУ 9190:2022 [1] для Києва – $1,2^{\circ}\text{C}$, а для Одеси становить $1,1^{\circ}\text{C}$.

Згідно прогнозів Meteorom [4] в період 2020-2100 років температура зовнішнього середовища буде збільшуватись. Наприклад для міста Київ за сценарієм RCP 2.6 до 2030 року середньорічна температура зовнішнього середовища виросте на $0,5^{\circ}\text{C}$ в порівнянні з 2020, наступні два десятиліття відбуватиметься ріст по $0,2^{\circ}\text{C}$, а з 2070 ріст припинеться. За сценарієм RCP 4.5 з кожним десятиліттям температура зовнішнього середовища зростатиме в середньому на $0,34^{\circ}\text{C}$ і у 2100 середньорічна температура для Києва становитиме $12,2^{\circ}\text{C}$, що на $3,1^{\circ}\text{C}$ більше за поточну. За сценарієм RCP 8.5 з кожним десятиліттям температура зовнішнього середовища зростатиме в середньому на $0,65^{\circ}\text{C}$ і у 2100 середньорічна температура для Києва становитиме $14,9^{\circ}\text{C}$, що на $5,8^{\circ}\text{C}$ більше за поточну.

Для Одеси за сценарієм RCP 2.6 до 2030 року середньорічна температура зовнішнього середовища виросте на $0,4^{\circ}\text{C}$ в порівнянні з 2020, до 2060 температура зросте ще на $0,6^{\circ}\text{C}$, і з 2060 ріст припинеться. За сценарієм RCP 4.5 з кожним десятиліттям температура зовнішнього середовища зростатиме в середньому на $0,31^{\circ}\text{C}$ і у 2100 середньорічна температура для Одеси становитиме $14,3^{\circ}\text{C}$, що на $2,9^{\circ}\text{C}$ більше за поточну. За сценарієм RCP 8.5 з кожним десятиліттям температура зовнішнього середовища зростатиме в середньому на $0,6^{\circ}\text{C}$ і у 2100 середньорічна температура для Одеси становитиме $16,7^{\circ}\text{C}$, що на $5,3^{\circ}\text{C}$ більше за поточну.



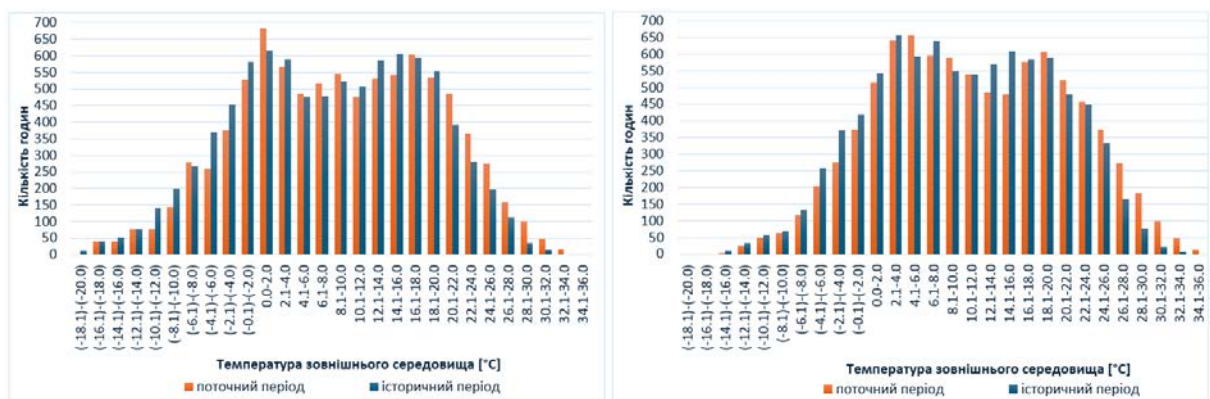
а) Київ

б) Одеса

Рис. 2. Помісячна зміна температури зовнішнього середовища для міст (а) Києва та (б) Одеси за поточний період, відповідно до ДСТУ 9190:2022 та відповідно до різних RCP

Тобто за кожним наступним сценарієм RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5 відбуватиметься швидше зростання середньорічної температура зовнішнього середовища.

На рис. 3 наведено графіки кількості годин стояння температур для міста Києва та Одеси, відповідно, за поточний та історичний періоди.



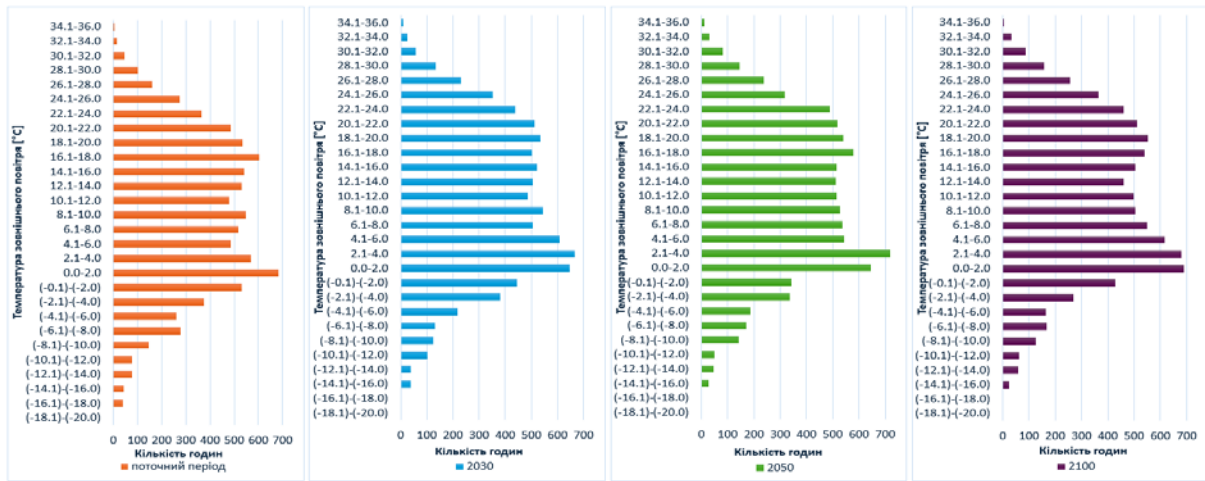
а) Київ

б) Одеса

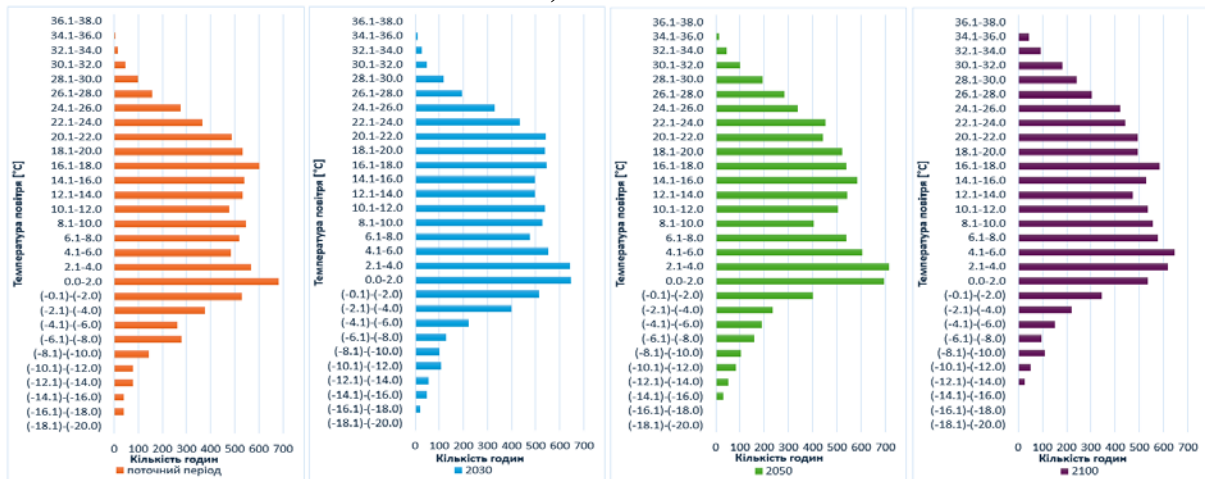
Рис. 3. Кількість годин стояння температур для міст (а) Києва та (б) Одеси за поточний та історичний періоди

З графіків (рис. 3) видно, що кількість годин стояння температур зовнішнього середовища протягом року в поточному періоді знаходиться в області вищих температур в

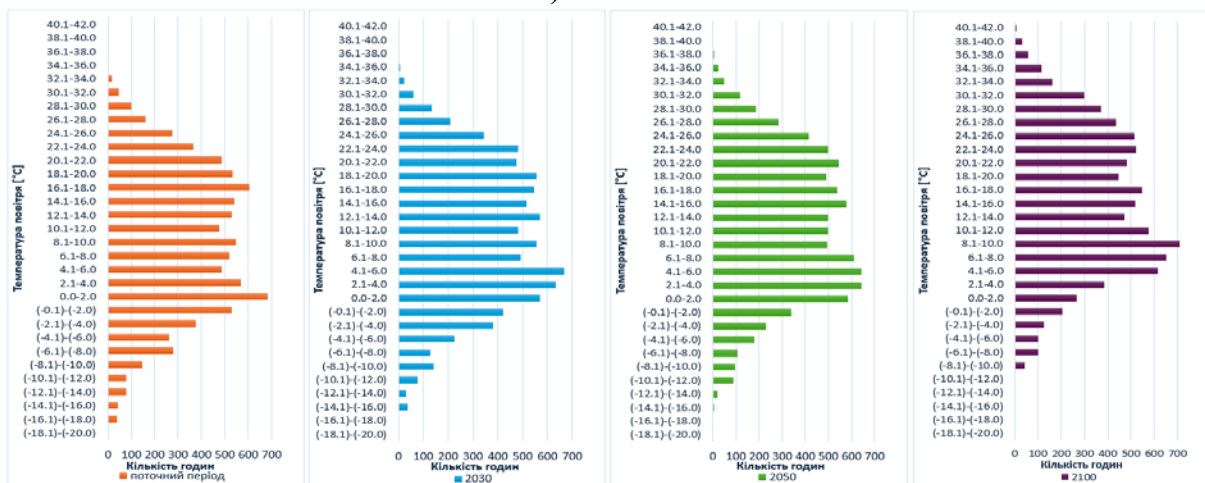
порівнянні з температурами за історичний період. Кількість «тепліших» годин збільшилась в діапазонах 0–10°C та 20–36°C.



а) RCP 2.6



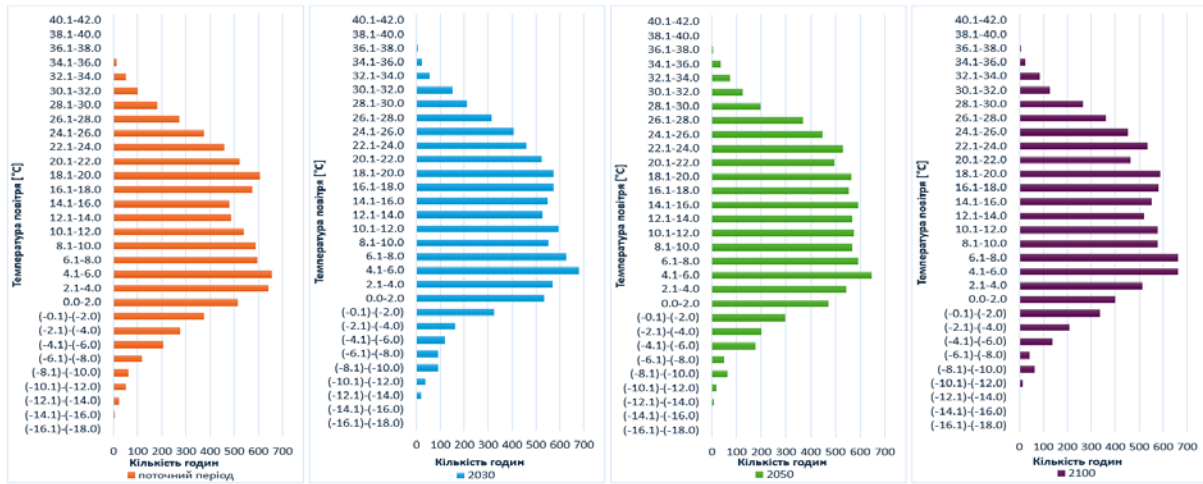
б) RCP 4.5



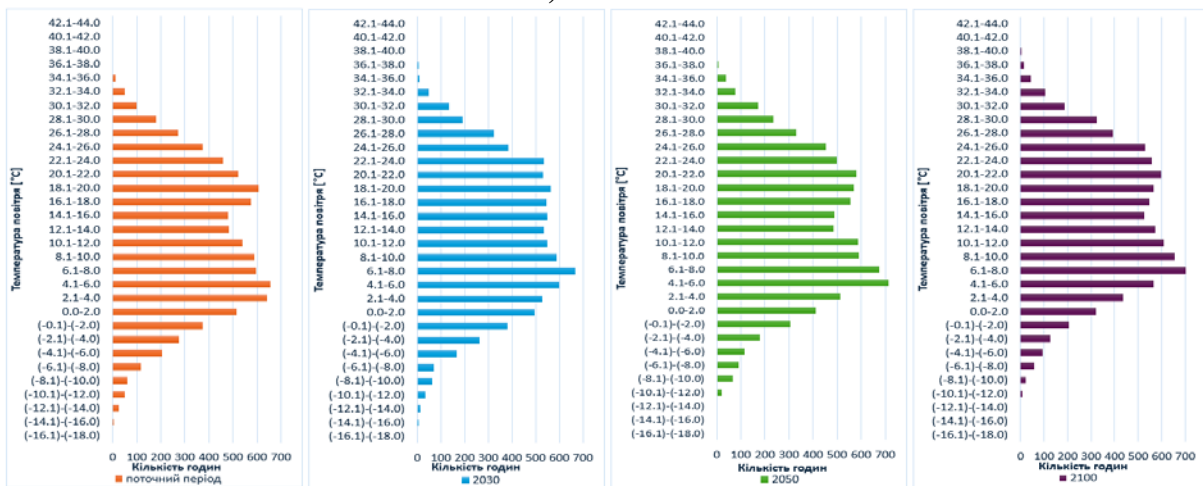
в) RCP 8.5

Рис. 4. Кількість годин стояння температур для міста Київ за поточний період та 2030, 2050 та 2100 роки за різними сценаріями

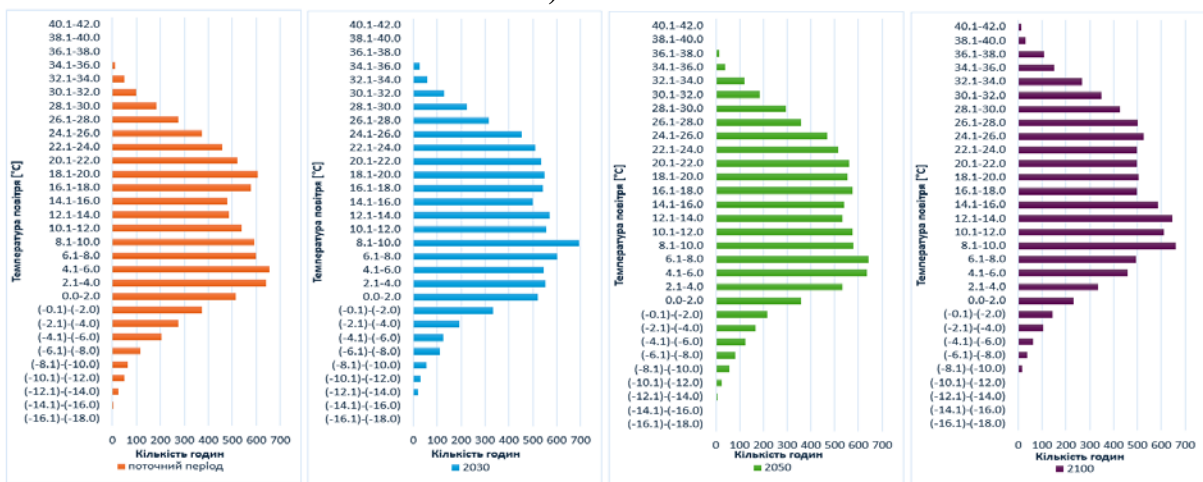
На рисунках 4 та 5 наведено порівняльні графіки кількості годин стояння температур для міста Києва та Одеси, відповідно, за поточний період та 2030, 2050 та 2100 роки за різними сценаріями зміни клімату.



а) RCP 2.6

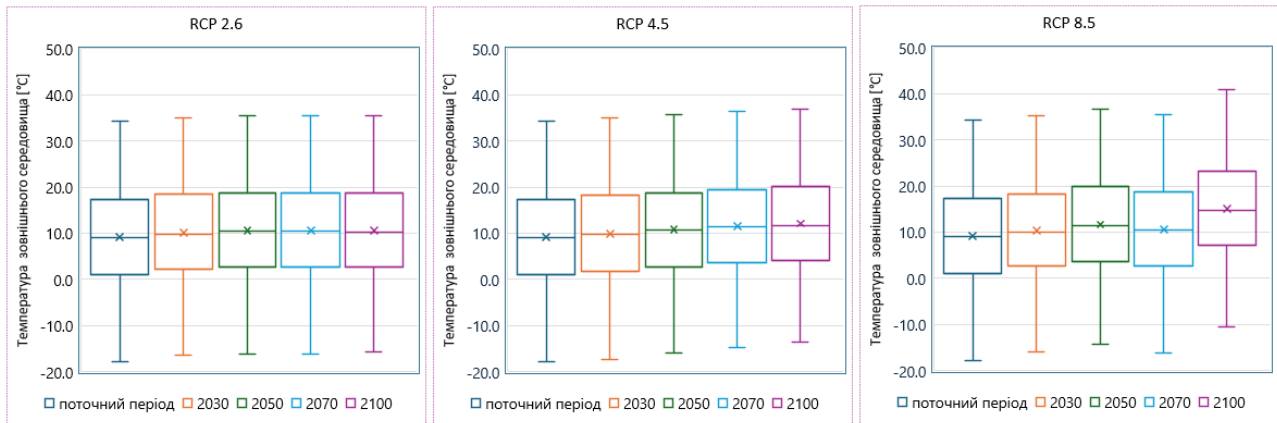


б) RCP 4.5

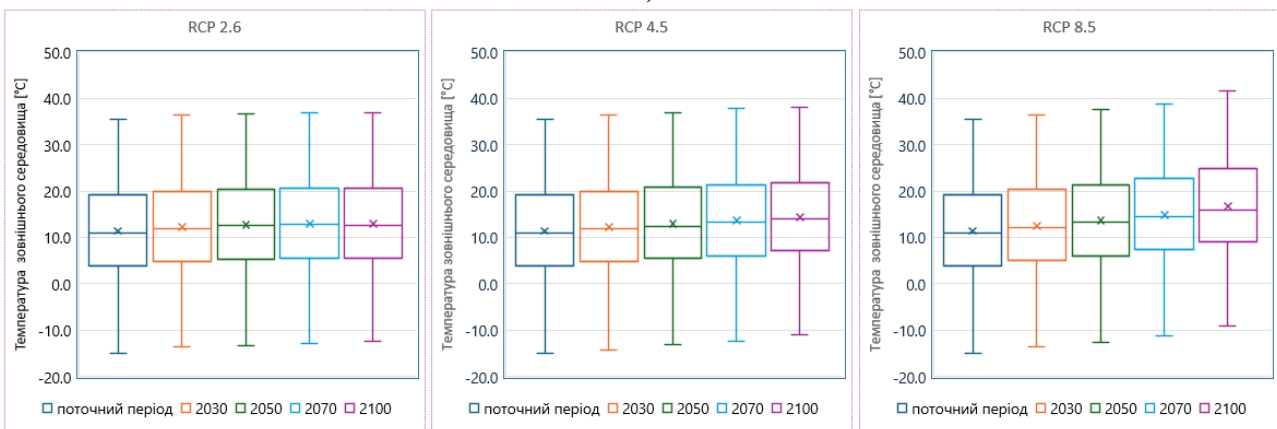


в) RCP 8.5

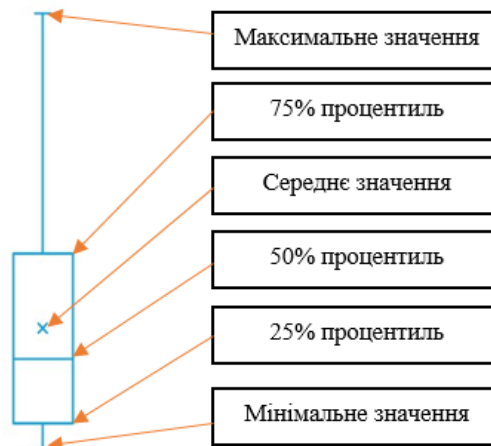
Рис. 5. Кількість годин стояння температур для міста Одеса за поточний період та 2030, 2050 та 2100 роки за різними сценаріями



а)



б)



в)

Рис. 6. Частотний розподіл погодинної температури за поточний період та 2030, 2050, 2070 та 2100 роки за сценаріями RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5 для міст (а) Київ та (б) Одеса, (в) пояснення коробкового графіка

На рис. 6 наведено графіки розподілу температур для міста Київ та Одеси, відповідно, за поточний період та 2030, 2050, 2070 та 2100 роки за різними сценаріями зміни клімату.

На даних рисунках також демонструється тенденція зміщення температури зовнішнього середовища з зони з нижчими температурами в зону вищих температур.

На рис. 7 наведено графіки тривалості стояння різних градацій температур зовнішнього повітря протягом опалювального періоду для міст Києва, Одеси, Ужгорода та Луганська сформовані за даними з кліматичної бази даних Meteonorm [4] за поточний та історичний періоди, а також згідно даних сайту погоди гр.5 [9], що наведені у статті В.Г. Крамара [10].

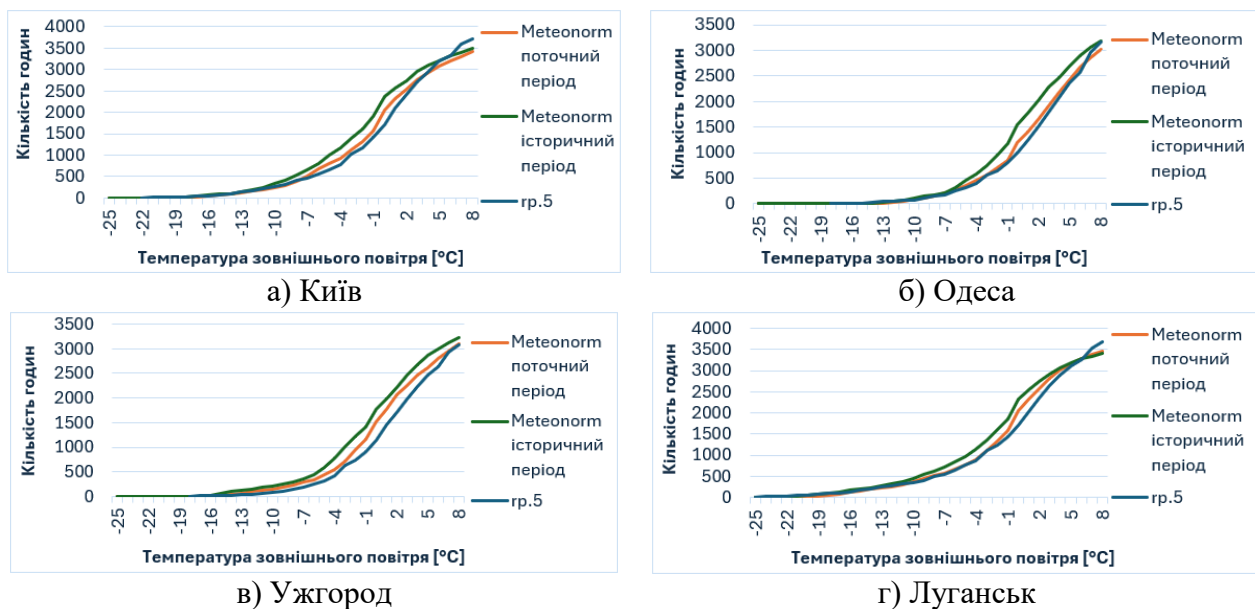


Рис. 7. Тривалість стояння різних градацій температур зовнішнього повітря протягом опалювального періоду для міст України

Зменшення HDD вказує на зменшення потреби в тепловій енергії, що можна пояснити загальною тенденцією до потепління. У містах, де спостерігається найбільш значне скорочення HDD, ймовірно, потребуватимуть набагато менше теплової енергії в майбутньому. І навпаки, збільшення значень CDD означає зростання попиту на енергію для охолодження, що може бути пов'язано з вищими температурами та частішими випадками теплових хвиль.

Ці зміни мають значні наслідки для енергоспоживання в будівлях.

Зменшення значень HDD свідчить про потенціал для енергозбереження в системах опалення, але це може бути нівельовано вищим попитом на охолодження через збільшення значень CDD. Проекти будівель та стратегії енергоменеджменту можуть потребувати адаптації до таких змін у попиті на енергію.

Екстремальні погодні умови. Оскільки з 70-х років 20-го століття спостерігається чітка тенденція до підвищення температури повітря у світі, кількість днів з високими температурами зовнішнього середовища з кожним роком збільшується, в той же час зменшується кількість днів коли надворі від'ємні температури. В даній роботі розглянуто такі критерії для аналізу екстремальних погодних умов як хвилі спеки, тропічні ночі, морозні дні та холодні дні.

В даному звіті розглядалися хвилі спеки (рис. 8), тропічні ночі (рис. 9), морозні дні (рис. 10) та холодні дні (рис. 11) для міста Києва та Одеси за історичний та поточний періоди, а також за 2030, 2050 та 2100 роки згідно трьох сценаріїв RCP.

Під визначенням «хвилі спеки» розуміється кількість днів в яких максимальна температура протягом доби була вищою за 30°C. Кількість тропічних ночей розраховувалась як кількість днів коли температура протягом доби не падала менше ніж 30°C. Кількість морозних днів – кількість днів протягом яких мінімальна температура за добу була менша ніж 0°C, а для холодних днів – мінімальна температура за добу менша ніж -10°C.

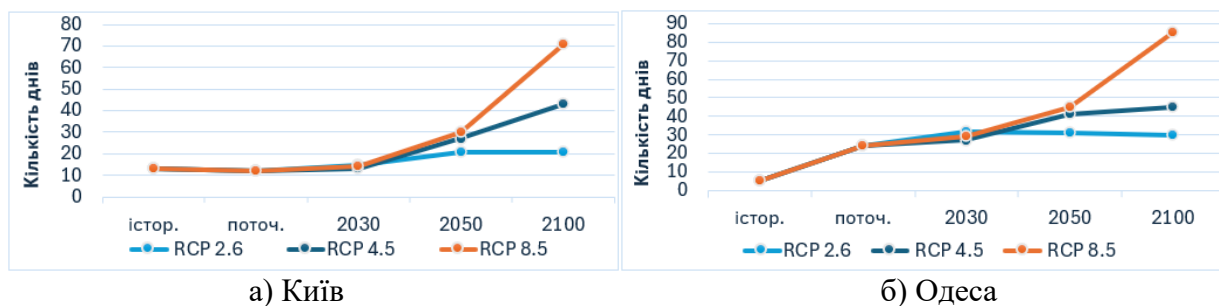


Рис. 8. Хвилі спеки

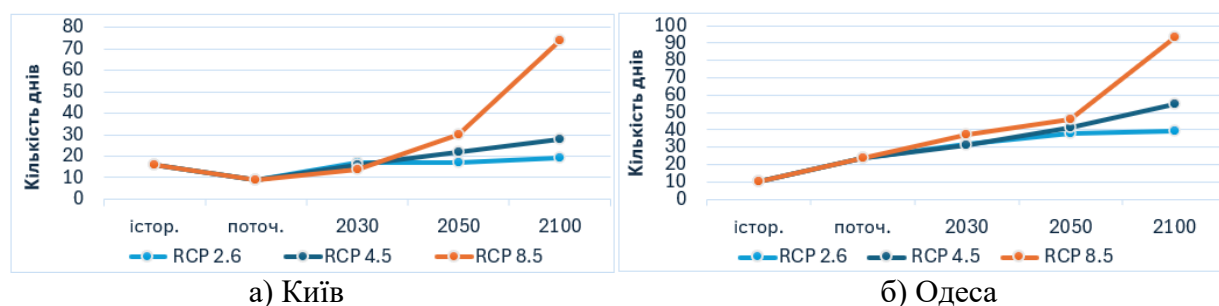


Рис. 9. Тропічні ночі

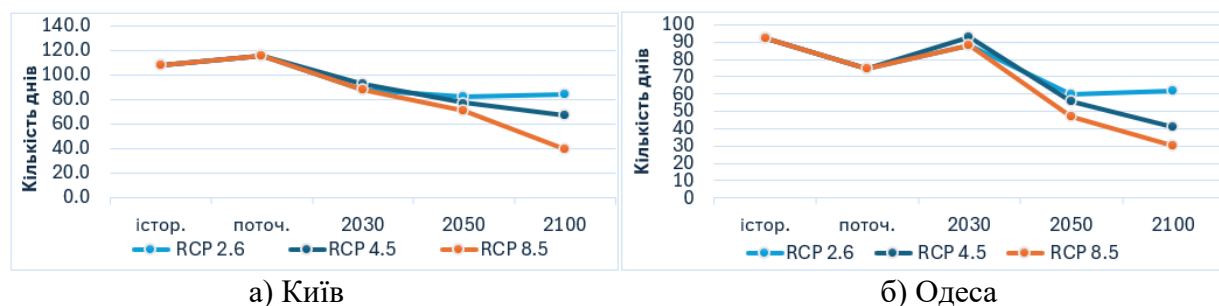


Рис. 10. Морозні дні

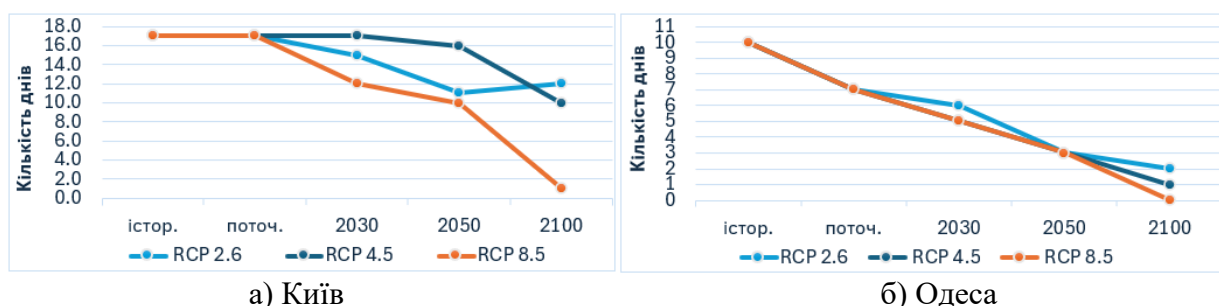


Рис. 11. Холодні дні

З рис. 8 видно, що відповідно до кожного наступного прогнозу RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5 кількість хвиль спеки зростатиме все більше. Для Києва у 2100 році кількість хвиль спеки в порівнянні з поточними значеннями буде у 1,75 рази більше для RCP 2.6, у 3,6 рази більше для RCP 4.5 та у 5,9 рази більше для RCP 8.5. Для Одеси у 2100 році кількість хвиль спеки в порівнянні з поточними значеннями буде у 1,3 рази більше для RCP 2.6, у 1,9 рази більше для RCP 4.5 та у 3,5 рази більше для RCP 8.5.

Кількість тропічних ночей також має тенденцію до збільшення. За найм'якшим сценарієм RCP 2.6 у 2100 році у Києві буде на 10 днів більше з температурою протягом доби

більше 20°C, а за найгіршим сценарієм RCP 8.5 таких днів буде на 65 більше. В Одесі за найм'якшим сценарієм RCP 2.6 у 2100 році буде на 15 днів більше з температурою протягом доби більше 20°C, а за найгіршим сценарієм RCP 8.5 таких днів буде на 69 більше. Кількості морзних та холодних днів в свою чергу навпаки зменшуватимуться.

Висновки. В національних стандартах України наведені середньомісячні кліматичні параметри за період 1961–2005 років, і порівняльний аналіз нормативних значень по температурі зовнішнього середовища з помісячними та усередненими погодинними даними з кліматичної бази даних Meteororm [4] свідчить про наявність різниці через вплив глобального потепління і зміни клімату.

За даними майбутніх сценаріїв зміни кліматичних показників Meteororm [4] в період 2020–2100 років температура зовнішнього середовища буде збільшуватись. За сценаріями RCP 2.6, RCP 4.5 та RCP 8.5, з кожним десятиліттям температура зовнішнього середовища зростатиме і середньорічна температура для Києва становитиме більше за поточну на 2,5 °C відповідно до сценарію RCP 2.6, на 3,1 °C відповідно до сценарію RCP 4.5 та на 5,3 °C відповідно до сценарію RCP 8.5. Дані зміни призведуть до зменшення кількості градусо-днів на оталення та більшої кількості градусо-днів на охолодження.

Результати порівняння температур зовнішнього середовища за поточний та історичний періоди свідчать про збільшення кількості «тепліших» годин в діапазонах 0–10°C та 20–36°C.

Зміна температури зовнішнього середовища в майбутньому за різними сценаріями зміни клімату має тенденцію до зміщення з зони з нижчими температурами в зону вищих температур. Чим жорсткіших сценарій зміни клімату, тим швидше відбувається перехід температури зовнішнього середовища в зону вищих температур.

Аналіз екстримальних погодних умов свідчить про збільшення кількості хвиль спеки та тропічних ночей, і відповідно до зменшення кількості морозних та холодних днів.

References

1. DSTU 9190:2022 Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pid chas opalennia, okholodzhennia, ventyliatsii, osviltennia ta hariachoho vodopostachannia [Energy Efficiency of Buildings. Method for Calculating Energy Consumption for Heating, Cooling, Ventilation, Lighting, and Hot Water Supply. Replaces DSTU B A.2.2-12:2015; effective from 2023-03-01. Official edition]. Kyiv. 156 p. [in Ukrainian].
2. DSTU-N B V.1.1–27:2010 Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezhi. Budivelna klimatolohiia [Protection Against Hazardous Geological Processes, Harmful Operational Impacts, and Fire. Building Climatology. Replaces SNiP 2.01.01-82 and Table 2 of DSTU-N B A.2.2-5:2007; effective from 2011-11-01. Official edition]. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine. 127 p. [in Ukrainian].
3. Handbook Part I: Software. Meteororm 8. Radiation Data for Any Location on Earth. URL: https://meteororm.com/assets/downloads/mn82_software.
4. Handbook Part II: Software. Meteororm 8. Radiation Data for Any Location on Earth. URL: https://meteororm.com/assets/downloads/mn82_software.pdf.

Література

1. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. На заміну ДСТУ Б А.2.2-12:2015; чинний від 2023-03-01. Вид. офіц. Київ, 2022. 156 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. На заміну СНиП 2.01.01-82 і таблиці 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007; чинний від 2011-11-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 127 с.
3. Handbook Part I: Software. Meteororm 8. Radiation Data for Any Location on Earth. URL: https://meteororm.com/assets/downloads/mn82_software.pdf.
4. Handbook Part II: Software. Meteororm 8. Radiation Data for Any Location on Earth. URL: https://meteororm.com/assets/downloads/mn82_software.pdf.

5. DBN V.2.6-31:2021 Teplova izoliatsiia ta enerhoefektyvnist budivel [Thermal Insulation and Energy Efficiency of Buildings. Replaces DBN V.2.6-31:2016; effective from 2022-01-31. Official edition. Kyiv: Ukrarkhbudininform. 23 p. [in Ukrainian].
6. Ukraine: Crisis Movements. Migration Data Portal. URL: [https://www.migrationdataportal.org/ukraine/crisis-movements#:~:text=Internally%20Displaced%20Persons%20\(IDPs\),Displacement%20Tracking%20Matrix,%202024](https://www.migrationdataportal.org/ukraine/crisis-movements#:~:text=Internally%20Displaced%20Persons%20(IDPs),Displacement%20Tracking%20Matrix,%202024).
7. Deiaki pytannia funktsionuvannia mistv tymchasovoho prozhyvannia vnutrishno peremishchenykh osib: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy [Some Issues of Functioning of Places of Temporary Residence for Internally Displaced Persons: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 930 dated 01.09.2024]. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/deiaki-pytannia-funktsionuvannia-mists-tymchasovoho-prozhyvannia-vnutrishno-peremishchenykh-s930-10923> [in Ukrainian].
8. Detlef P. van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., et al. (2011). The Representative Concentration Pathways: An Overview. *Climatic Change*, Vol. 109, No. 5. URL: <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>.
9. Weather in Ukraine and Worldwide. RP5. URL: <http://rp5.ua>.
10. Kramar, V. (2018). Vyznachennia kryvoi tryvalosti navantazhennia (hrafika rossandera) dlia rehioniv Ukrainy [Determination of the Load Duration Curve (Rossander Graph) for the Regions of Ukraine]. *Teplofizyka i teploenerhetyka = Heat Physics and Thermal Power Engineering*, Vol. 20, No. 4, P. 44–45. URL: <https://doi.org/10.31472/ihe.4.2018.06> [in Ukrainian].
5. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. На заміну ДБН В.2.6-31:2016; чинний від 2022-01-31. Вид. офіц. Київ: Укрархбудінформ, 2022. 23 с.
6. Ukraine: Crisis Movements. Migration Data Portal. URL: [https://www.migrationdataportal.org/ukraine/crisis-movements#:~:text=Internally%20Displaced%20Persons%20\(IDPs\),Displacement%20Tracking%20Matrix,%202024](https://www.migrationdataportal.org/ukraine/crisis-movements#:~:text=Internally%20Displaced%20Persons%20(IDPs),Displacement%20Tracking%20Matrix,%202024).
7. Деякі питання функціонування місць тимчасового проживання внутрішньо переміщених осіб: Постанова Кабінету Міністрів України від 01.09.2024 № 930. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/deiaki-pytannia-funktsionuvannia-mists-tymchasovoho-prozhyvannia-vnutrishno-peremishchenykh-s930-10923>.
8. Detlef P. van Vuuren D.P., Edmonds J., Kainuma M. et al. The representative concentration pathways: an overview. *Climatic change*. 2011. Vol. 5, No. 109. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>.
9. Weather in Ukraine and worldwide. RP5. URL: <http://rp5.ua>.
10. Крамар В. Визначення кривої тривалості навантаження (графіка россандера) для регіонів України. *Теплофізика і теплоенергетика*. 2018. Т. 20, № 4. С. 44–45. DOI: <https://doi.org/10.31472/ihe.4.2018.06>.

DESHKO VALERII

Dr. Sci., Professor, Professor at the Department of Thermal and Alternative Energy, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8218-3933>
Scopus Author ID: 6506189670
Researcher ID: J-6517-2017
E-mail: te@kpi.ua

SUKHODUB IRYNA

PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Thermal and Alternative Energy, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5895-1306>
Scopus Author ID: 57140834000
Researcher ID: I-9788-2017
E-mail: ira_krot@ukr.net

BILOUS INNA

PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Thermal and Alternative Energy, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6640-103X>
Scopus Author ID: 57194104035
Researcher ID: J-7070-2017
E-mail: bilous_inna@ukr.net

HETMANCHUK HANNA

PhD, Engineer of the Scientific and Educational Center of Energy Decarbonization, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1655-8642>
Scopus Author ID: 57220188205
Researcher ID: GRR-4081-2022
E-mail: hetmanchuk.anna@gmail.com

KRAMARENKO SEMEN

PhD student at the Department of Thermal and Alternative
Energy, National Technical University of Ukraine "Igor
Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1534-9793>
E-mail: next1212122@gmail.com

^{1,2}**DESHKO V. I.**, ^{1,3}**BILOUS I. Y.**, ¹**SUKHODUB I. O.**,
¹**HETMANCHUK H. O.**, ¹**KRAMARENKO S. O.**

¹ National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine

² Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

³ Institute of General Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

ANALYSIS OF CHANGES IN OUTDOOR AIR TEMPERATURE IN UKRAINIAN REGIONS WITH SPECIAL FOCUS ON POSSIBLE EXTREME CONDITIONS

The **purpose** of the article is to analyze outdoor temperature data from Ukraine's climatic databases and *Meteonorm*, using historical, current, and forecast data to assess the potential for utilizing renewable energy sources.

The **methodology** includes the application of synthesis and analysis methods for climatic data.

Findings an analysis of outdoor temperatures as climatic data that have the greatest impact on building energy efficiency and comfort provision. Special attention is paid to the analysis of extreme weather conditions, such as heatwaves, tropical nights, frost days, and cold days.

The article compares regulatory and climatic data for historical and current periods, as well as future scenarios of outdoor temperature changes influenced by anthropogenic factors. It has been established that with each subsequent RCP scenario (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5), there will be a faster increase in the average annual outdoor temperature. By 2100, outdoor temperatures in Kyiv are expected to rise by 1.2°C, 3.1°C, and 5.8°C, respectively, under RCP 2.6, RCP 4.5, and RCP 8.5 scenarios. In Odesa, the temperature increase by 2100 will amount to 1.1°C under RCP 2.6, 2.9°C under RCP 4.5, and 5.3°C under RCP 8.5.

The results also indicate an increase in the number of heatwaves and tropical nights, alongside a reduction in the number of frost and cold days.

Originality is the justification of the use of international climatic databases for the design of building energy supply systems using renewable energy sources in the context of climate change and the current regulatory climatology of Ukraine.

The **practical value** of the research results allows us to assess the differences in the climate of different regions of Ukraine, their changes in the context of historical, current and future climate changes. Also, the article analyzes extreme weather data, which is relevant in the context of the design of engineering systems and building sources.

Keywords: climatic data; *Meteonorm*; outdoor temperature; extreme weather conditions; energy efficiency.