УДК 692.23:699.86
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.3-66.47

ПРОГНОЗУВАННЯ НОРМОВАНОГО ПОКАЗНИКА ГРАДУСО-ДІБ ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПЕРІОДУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ДІНАМІКИ ЗМІНИ КЛІМАТУ В УКРАЇНІ

Коваленко Ю.Л.[1], **Полив'янчук А.П.**[2]
[1]Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
вул. Чорноглазівська, 17, 61002, м. Харків
[2]Вінницький національний технічний університет
Хмельницьке шосе, 95, 21021, м. Вінниця
kovalenkoy55@gmail.com, polyvianchuk_a@vntu.edu.ua

Стаття присвячена дослідженню динаміки глобальних викидів парникових газів та прогнозуванню змін кліматичного показника градусо-діб опалювального періоду (ГДОП) для різних регіонів Україні. Наукову основу досліджень склали статистичні дані про глобальні антропогенні викиди та концентрацію діоксиду вуглецю – CO_2 в атмосферному повітрі за 1950–2025 рр. відображені у матеріалах міжнародного дослідницького проєкту – Global Carbon Project та дослідницької лабораторії глобального моніторингу CO_2 Національного управління океанічних і атмосферних досліджень – NOAA. Авторами зібрано, узагальнено і проаналізовано архіви метеорологічних спостережень для міст Київ, Харків і Вінниця, які представляють різні кліматичні зони України. Розраховано усереднені за п'ятирічні періоди значення ГДОП для базової внутрішньої температури в будівлях +20°С і порогової зовнішньої температури +8°С. Встановлено стійку тенденцію до зниження ГДОП у всіх регіонах: у Києві – з 3 985 до 3 182 одиниць, у Харкові – з 4 240 до 3 474 одиниць, у Вінниці – з 3 892 до 3 128 одиниць. Для кількісного опису залежностей ГДОП від концентрацій CO_2 розроблено логарифмічні моделі з коефіцієнтом кореляції $r > 0,99$ для кожного міста. Виконано прогноз змін концентрації CO_2 і відповідних значень ГДОП до 2050 р. для різних кліматичних сценаріїв SSP1-1.9, SSP2-4.5, SSP5-8.5, розроблених Міжурядовою групою експертів з питань змін клімату (МГЕЗК). Встановлено, що за реалістичним сценарієм SSP2-4.5 очікується зниження ГДОП на 10–11% порівняно з поточними значеннями, що підтверджує необхідність перегляду чинних нормативних значень ГДОП та врахування прогнозованих кліматичних змін при проєктуванні систем опалення, розробці заходів з термомодернізації будівель і оцінюванні їхньої енергетичної, екологічної та економічної ефективності. *Ключові слова:* парникові гази, діоксид вуглецю, зміна клімату, градусо-доби опалювального періоду (ГДОП), прогнозування, енергозбереження, термомодернізація.

Prognostication the Heating Degree Days normalized indicator based on the analysis of climate change dynamics in Ukraine. Kovalenko Yu., Polyvianchuk A.

The article is devoted to the study of the dynamics of global greenhouse gas emissions and the forecast of changes in the climatic index of the Heating Degree Days (HDD) for different regions of Ukraine. The scientific basis of the research was statistical data on global anthropogenic emissions and the concentration of carbon dioxide – CO_2 in the atmospheric air for 1950–2025. reflected in the materials of the international research project – Global Carbon Project and the research laboratory for global CO_2 monitoring of the National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA. The authors collected, summarized and analyzed archives of meteorological observations for the cities of Kyiv, Kharkiv and Vinnytsia, which represent different climatic zones of Ukraine. The averaged values of HDD for five-year periods were calculated for the basic internal temperature in buildings of +20°C and the threshold external temperature of +8°C. A steady trend towards a decrease in the HDD was established in all regions: in Kyiv – from 3,985 to 3,182 units, in Kharkiv – from 4,240 to 3,474 units, in Vinnytsia – from 3,892 to 3,128 units. To quantitatively describe the dependence of HDD on CO2 concentrations, logarithmic models with a correlation coefficient of $r > 0.99$ were developed for each city. A forecast of changes in CO_2 concentrations and the corresponding HDD values by 2050 was made for various climate scenarios SSP1-1.9, SSP2-4.5, SSP5-8.5, developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). It was found that under the realistic SSP2-4.5 scenario, a decrease in the HDD by 10–11% compared to current values is expected, which confirms the need to revise the current regulatory values of the HDD and take into account projected climate changes when designing heating systems, developing measures for thermal modernization of buildings, and assessing their energy, environmental, and economic efficiency. *Key words:* greenhouse gases, carbon dioxide, climate change, prognostication, Heating Degree Days (HDD), energy saving, thermal modernization.

Постановка проблеми. Проблема точного визначення кліматичних навантажень на інженерні системи будівель є центральною для розробки та оцінки ефективності заходів з енергозбереження. Основним нормативно визначеним індикатором, який інтегрує в собі тривалість опалювального періоду та температуру атмосферного повітря, є показник градусо-діб опалювального періоду (ГДОП). В міжнародній

© Коваленко Ю.Л., Полив'янчук А.П., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

ISSN: 2306-9716 (Print), ISSN: 2664-6110 (Online)

практиці цей параметр відомий як Heating Degree Days (HDD) і використовується для нормування теплової оболонки будівель, розрахунку потреби в паливно-енергетичних ресурсах та оцінки ефективності енергозберігаючих заходів.

ГДОП за своєю суттю є інтегральною величиною, що відображає сумарний дефіцит тепла, який необхідно компенсувати системі опалення для підтримки заданого температурного режиму всередині приміщення протягом усього холодного сезону.

Для території розташування об'єкта досліджень в Україні ГДОП визначають, керуючись документом [1].

Актуальність дослідження. У сучасному світі посилюється тенденція глобальної зміни клімату. Відповідно змінюється показник градусо-діб опалювального періоду. У процесі розробки заходів з енергозбереження та оцінки їх ефективності необхідно враховувати прогнозовану зміну кліматичних умов досліджуваної території.

Метою досліджень є прогнозування змін показника градусо-діб опалювального періоду для врахування цього фактору в процесі техніко-економічного і екологічного обґрунтування проєктів термомодернізації будівель.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконано в межах наукової тематики кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля Вінницького національного технічного університету за участю кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова. Результати роботи спрямовані на вирішення практичних завдань енергетичної модернізації будівельного фонду України та розробки нормативно-методичного забезпечення у галузі будівельної кліматології в умовах глобальних кліматичних змін.

Результати досліджень застосовано в процесі виконання держбюджетних науково-дослідних робіт: «Підвищення еколого-енергетичної безпеки урбанізованих територій шляхом поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в сфері теплопостачання» (ДР № 0123U101998) та «Підвищення ефективності декарбонізації та екологізації комунальної енергетики методом оптимізованого впровадження енергоощадних технологій» (ДР №0124U001473).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним чинником глобальної зміни клімату є антропогенні викиди парникових газів. Основним джерелом для оцінки історичних та сучасних викидів є Global Carbon Project (GCP), який щорічно публікує Глобальний вуглецевий бюджет [2, 3]. Цей інструмент інтегрує дані про споживання викопного палива, виробництво цементу та зміни в землекористуванні, забезпечуючи найбільш повну картину антропогенного втручання. Моніторинг викидів та концентрацій CO_2 в атмосферне повітря здійснює дослідницька лабораторія у складі Національного управління океанічних і атмосферних досліджень – NOAA Global Monitoring Laboratory [5]. Для аналізу кліматичних даних України використано масиви Центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО) імені Бориса Срезневського та проєкт ClimUAd, що оперує даними 178 метеостанцій [6, 7]. Прогнозування базується на Шостій оціночній доповіді Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) [9] та результатів досліджень Міжнародного інституту прикладного системного аналізу (IIASA) [10, 11].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується дослідження. Попри наявність значного масиву кліматологічних даних, в Україні досі не розроблено кількісних моделей залежності нормативного кліматичного показника ГДОП від концентрації парникових газів в атмосфері. Чинні нормативні значення ГДОП [1] не відображають сучасних тенденцій потепління та потребують актуалізації з урахуванням прогнозованих кліматичних змін, що безпосередньо впливає на точність розрахунків систем теплопостачання та оцінку ефективності заходів з термомодернізації будівель.

Наукова новизна дослідження. Вперше для різних регіонів України – міст Київ, Харків і Вінниця розроблено та верифіковано логарифмічні моделі залежності ГДОП від концентрації CO_2 в атмосфері з коефіцієнтом кореляції $r > 0,99$. Запропоновано методологію прогнозування показника ГДОП на основі кліматичних сценаріїв МГЕЗК, а також сформовано прогнози ГДОП до 2050 року за трьома сценаріями: оптимістичним (SSP1-1.9), реалістичним (SSP2-4.5) та песимістичним (SSP5-8.5).

Методологічне або загальнонаукове значення. Розроблена методологія може бути застосована для будь-яких населених пунктів України за наявності відповідних кліматичних архівів, а також для інших країн і регіонів. Запропоновані логарифмічні моделі дозволяють інтегрувати глобальні кліматичні прогнози в розрахунки локальних енергетичних навантажень, що є важливим як для наукових досліджень у галузі будівельної кліматології, так і для практичного застосування при розробці нормативних документів та стратегій енергетичної модернізації будівельного фонду.

Викладення основного матеріалу. Враховуючи, що діоксид вуглецю – CO_2, є основним антропогенним парниковим газом та виступає головним індикатором цього впливу, відображаючи пряму кореляцію між економічною діяльністю людства та зміною фізико-хімічних параметрів атмосфери, ***на першому етапі досліджень*** було зібрано та узагальнено інформацію про глобальні викиди CO_2 та вміст С в атмосферному повітрі.

Період досліджень – 1950–2025 роки.

В процесі збирання інформації застосовано дані з відкритих джерел офіційних сайтів органів дер-

жавної влади, провідних наукових установ та індексованих наукових видань [2, 3, 4].

За результатами аналізу та узагальнення наявних даних сформовано підсумкову таблицю 1 з осередненими показниками глобальних антропогенних викидів CO_2 та концентрації діоксиду вуглецю в атмосфері за 5-річні періоди з 1951 по 2025 роки. Дані базуються на щорічних звітах Global Carbon Project (Global Carbon Budget 2025) та результатах моніторингу NOAA Global Monitoring Laboratory [5].

На ***другому етапі досліджень*** зібрано та узагальнено інформацію архівів погоди (метеоданих) в трьох містах України: Київ, Харків та Вінниця. Період досліджень – 1950 – 2025 роки. Дані базуються на масивах Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського (ЦГО), проєкті ClimUAd, що оперує даними 178 метеостанцій, та сучасних супутникових і наземних спостереженнях, інтегрованих у глобальні бази даних, такі як Eurostat та World Bank Climate Knowledge Portal. [6, 7].

Розраховано середній показник градусо-діб опалювального періоду (ГДОП) за кожні 5 років для цих міст.

Розрахунок виконано для базової внутрішньої температури 20 °C та порогової зовнішньої температури початку та завершення опалювального сезону +8 °C.

Для збирання та узагальнення статистичних кліматичних даних застосовано інструмент Gemini PRO Deep Research.

Для розрахунку ГДОП використано стандартну кліматологічну формулу, адаптовану до українських нормативів:

$$\text{ГДОП} = \sum_{i=1}^{zh} (t_i - t_{ex})$$

де t_i – розрахункова температура внутрішнього повітря (20 °C),

t_{ex} – середня добова температура зовнішнього повітря,

z_h – тривалість опалювального періоду в добах, протягом яких середня добова температура повітря є стійко нижчою або рівною порогу +8 °C.

Результати визначення ГДОП для міст Київ, Харків та Вінниця, осереднені за кожні 5 років, за період 1950 – 2025 роки наведено у таблиці 2.

Для порівняння вказано нормативні значення ГДОП для цих міст.

У всіх досліджуваних містах спостерігається чітко виражений тренд до зниження ГДОП протягом досліджуваного періоду що корелюється з висновками [8].

Тенденція демонструє майже монотонне зниження показника, що корелює зі зростанням вмісту CO_2.

Київ, розташований у зоні переходу між Поліссям та Лісостепом, демонструє значну чутливість до зміни складу атмосфери. Показник ГДОП у столиці впав з пікових 3 985 одиниць до 3 182 одиниць за період з 1951 по 2025 роки. Це свідчить про радикальне пом'якшення зимових умов. Окрім глобального парникового ефекту, на ГДОП Києва впливає феномен "міського острова тепла", коли щільна забудова та техногенне тепловиділення додатково підвищують локальну температуру, зменшуючи потребу в опаленні.

Харків, як найбільш східне місто в дослідженні, характеризується найбільш континентальним клима-

Таблиця 1

Глобальні викиди CO_2 та вміст CO_2 в атмосфері

Період, роки	Глобальні викиди CO_2 (млрд т/рік)	Вміст CO_2 в атмосфері (ppm)
1951–1955	6,72	312,68
1956–1960	8,59	315,42
1961–1965	10,49	318,90
1966–1970	13,37	323,36
1971–1975	16,38	328,96
1976–1980	18,70	335,36
1981–1985	19,30	342,98
1986–1990	21,82	351,14
1991–1995	22,87	357,74
1996–2000	24,48	366,16
2001–2005	27,50	375,48
2006–2010	31,84	385,62
2011–2015	35,09	396,26
2016–2020	35,90	409,02
2021–2025	37,16	421,17

ISSN: 2306-9716 (Print), ISSN: 2664-6110 (Online)

Таблиця 2

Результати визначення ГДОП

Рік (період)	ГДОП Київ	ГДОП Харків	ГДОП Вінниця
Нормативні значення	3 538	3 759	3 678
1951–1955	3985	4240	3892
1956–1960	3922	4198	3848
1961–1965	3894	4162	3822
1966–1970	3865	4138	3795
1971–1975	3812	4094	3744
1976–1980	3838	4115	3768
1981–1985	3742	4028	3688
1986–1990	3692	3982	3634
1991–1995	3618	3895	3562
1996–2000	3584	3858	3524
2001–2005	3498	3784	3444
2006–2010	3412	3708	3368
2011–2015	3372	3664	3318
2016–2020	3298	3588	3242
2021–2025	3182	3474	3128

том. Його базові значення ГДОП традиційно вищі, ніж у Києві чи Вінниці, досягаючи 4 240 у холодне п'ятиріччя 1950–1955 роки. Проте навіть у Харкові спостерігається стійке зниження до 3474 одиниць. Континентальність клімату проявляється в більшій інерції: незважаючи на зростання концентрації CO_2, Харків довше зберігає суворіші умови порівняно з іншими регіонами через вплив арктичних та сибірських антициклонів.

Вінниця демонструє найнижчі абсолютні значення ГДОП серед трьох міст у сучасному періоді (3 128 одиниці). Це місто більше відчуває вплив атлантичних повітряних мас, які в умовах глобального потепління стають теплішими та вологішими. Швидкість зниження ГДОП у Вінниці свідчить про те, що центрально-західні регіони України можуть першими відчути потребу в радикальному перегляді опалювальних норм.

Поточні значення ГДОП відрізняються від нормативних. Застосування нормативних значень ГДОП в процесі розробки систем теплопостачання та оцінки ефективності заходів з термомодернізації може призвести до помітної похибки.

На ***третьому етапі досліджень*** проаналізовано динаміку вмісту CO_2 в атмосфері та показника ГДОП для трьох досліджуваних міст (рис.1).

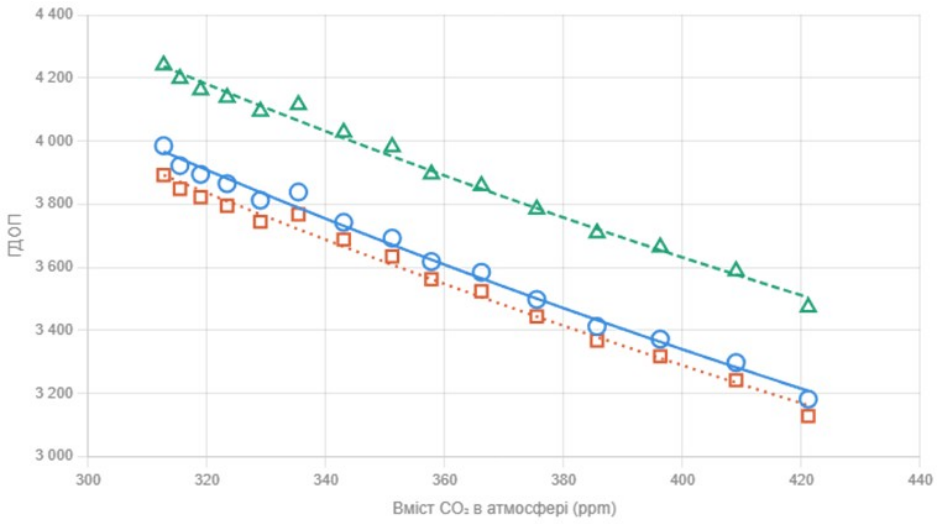

Рис. 1. Залежність ГДОП від концентрації CO_2 в атмосфері

Київ – круги, суцільна лінія, синій колір; Харків – трикутники, штрихова лінія, зелений колір; Вінниця – квадрати, пунктир, помаранчевий колір.

Встановлено, що кліматичні індикатори, засновані на температурі, такі як ГДОП, прямо чи опосередковано корелюють з динамікою концентрації CO_2 в атмосфері. Зі зростанням глобальної концентрації CO_2 спостерігається стійка тенденція до скорочення тривалості холодного періоду та підвищення середніх зимових температур. Це неминуче призводить до зменшення показника ГДОП, що має критичне значення для планування енергетичних потужностей та розробки стратегій енергозбереження.

Виконано моделювання залежності ГДОП від рівня антропогенного навантаження на атмосферу, вираженого через вміст парникових газів. Обрано логарифмічні функції, які демонструють, у порівнянні з іншими, найбільш високу кореляцію між вмістом CO_2 та показником ГДОП у кожному з досліджуваних міст, що підтверджує гіпотезу про те, що ГДОП безпосередньо залежить від вмісту CO_2 в атмосфері. Для дослідження використано узагальнені статистичні дані за період з 1951 по 2025 роки.

Для всіх трьох міст найкращий результат апроксимації дає логарифмічна функція з коефіцієнтом кореляції $r > 0,99$ – апроксимація дуже висока. Усі три залежності мають однаковий характер: зі збільшенням вмісту CO_2 в атмосфері ГДОП монотонно спадає:

$$ГДОП_{Kyiv} = 18\,593 – 2\,546 \cdot \ln(CO_2),$$
$$R^2 = 0,9918; \quad r = 0,9959;$$
$$ГДОП_{Kharkiv} = 18\,364 – 2\,459 \cdot \ln(CO_2),$$
$$R^2 = 0,9914; \quad r = 0,9957;$$
$$ГДОП_{Vinnytsia} = 17\,961 – 2\,449 \cdot \ln(CO_2),$$
$$R^2 = 0,9913; \quad r = 0,9957.$$

Висока кореляція ГДОП з CO_2 свідчить про те, що кліматичні умови змінюються швидше, ніж цикли оновлення будівельного фонду, що може призвести до масової невідповідності будівель новим реаліям уже через 15–20 років.

На ***четвертому етапі досліджень*** проаналізовано світові сценарії прогнозу викидів та концентрації CO_2 до 2050 року. Прогнозування концентрації CO_2 базується на інтегрованих моделях оцінки, які поєднують економічні, демографічні та технологічні чинники з фізичними процесами в атмосфері, океані та біосфері. Сучасна методологія використана у Шостій оціночній доповіді МГЕЗК [9]. Використання моделей зниженої складності, таких як MAGICC7.0, дозволяє переводити обсяги викидів у конкретні значення концентрації CO_2 в атмосфері [10–11].

Для цілей даного дослідження застосовано три основні сценарії: оптимістичний (SSP1-1.9, спрямований на обмеження потепління до 1,5 °C), реалістичний (SSP2-4.5, відображає поточну політику та помірний прогрес) та песимістичний (SSP5-8.5, передбачає відсутність нових кліматичних заходів) [12–13]. Зведені дані щодо прогнозів концентрації CO_2 в атмосфері наведено у таблиці 3.

На ***п'ятому етапі досліджень*** визначено прогнозні показники ГДОП для досліджуваних міст з використанням розроблених квадратичних моделей для кожного регіону.

Результати розрахунків ГДОП для міст Київ, Харків та Вінниця для різних сценаріїв прогнозу викидів CO_2 наведено у таблиці 4.

З результатів витікає, що є певна невизначеність у прогнозуванні ГДОП, пов'язана з наявністю різних сценаріїв динаміки світових викидів парникових газів. Але за результатами найбільш вірогідного реалістичного сценарію глобальних викидів CO_2, вже у середині сторіччя очікується зниження показника ГДОП у досліджуваних містах на 10–11%, що необхідно враховувати в процесі проєктування систем опалення та заходів з енергозбереження.

Візуалізацію отриманих результатів наведено на рисунку 2.

Головні висновки. Проведений аналіз демонструє глибоку взаємозалежність між глобальними атмосферними процесами та енергетичними потребами міст України. Основними результатами дослідження є:

1. Підтвердження стійкої тенденції до зростання концентрації CO_2 в атмосфері, що за останні 75 років збільшилося на понад 100 ppm, або у 1,35 рази.

2. Встановлено зниження показника ГДОП у Києві, Харкові та Вінниці протягом 1950–2025 років у 1,22-1,25 разів, що вказує на необхідність коригування чинних нормативних значень.

3. Запропоновано методологію прогнозування показника ГДОП.

4. Розроблено та верифіковано логарифмічні моделі залежності ГДОП від вмісту CO_2 у Києві, Харкові та Вінниці з коефіцієнтом кореляції понад 0,99, що дозволяє проводити високоточне прогнозування кліматичних навантажень.

Таблиця 3

Прогноз вмісту CO_2 в атмосфері, (ppm)

Рік	Оптимістичний (SSP1-1.9)	Реалістичний (SSP2-4.5)	Песимістичний (SSP5-8.5)
2030	434,0	444,0	452,0
2035	437,5	459,5	476,0
2040	440,0	475,0	500,0
2045	439,0	491,0	531,5
2050	438,0	507,0	563,0

ISSN: 2306-9716 (Print), ISSN: 2664-6110 (Online)

Таблиця 4

Прогнозовані сценарії ГДОП для досліджуваних міст

Рік	ГДОП								
	Песимістичний (SSP5-8.5)			Реалістичний (SSP2-4.5)			Оптимістичний (SSP1-1.9)		
	Київ	Харків	Вінниця	Київ	Харків	Вінниця	Київ	Харків	Вінниця
2030	3 027	3 324	2 984	3 072	3 368	3 028	3 130	3 424	3 084
2035	2 895	3 196	2 857	2 985	3 283	2 944	3 110	3 404	3 064
2040	2 769	3 075	2 737	2 900	3 201	2 863	3 095	3 390	3 051
2045	2 614	2 925	2 587	2815	3 119	2 781	3 101	3 396	3 056
2050	2 467	2 783	2 446	2 733	3 040	2 703	3 107	3 401	3 062

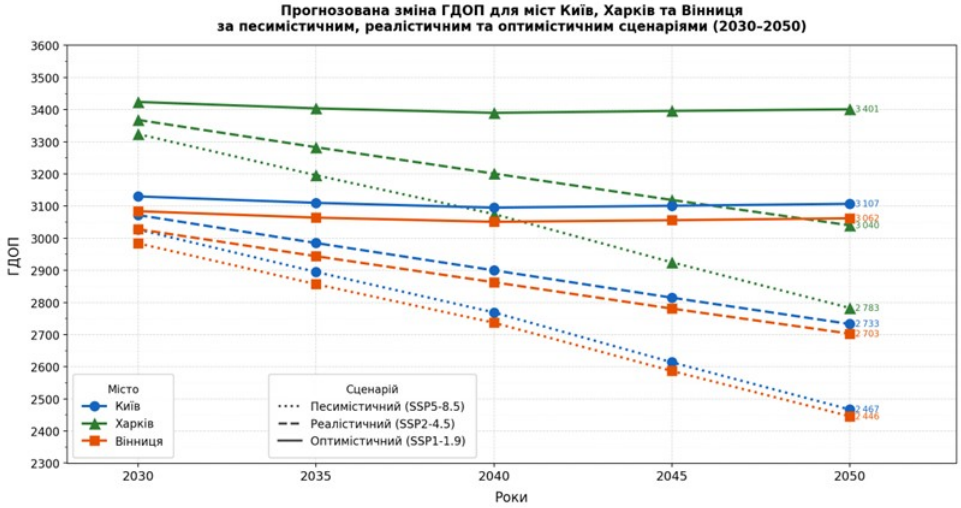

Рис. 2. Прогнозні показники ГДОП для досліджуваних міст

5. Сформовано прогнози ГДОП до 2050 року, згідно з якими за реалістичним сценарієм (SSP2-4.5) очікується подальше зниження потреби в опаленні на 10–11%, що вимагає негайної адаптації інженерних рішень та нормативної бази.

6. Обґрунтовано необхідність переходу до проєктування будівель з урахуванням їхнього повного життєвого циклу та майбутніх кліматичних умов.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження мають бути використані при розробці стратегій енергетичної модернізації та техніко-економічного обґрунтування проєктів термомодернізації, забезпечуючи стійкість інженерної інфраструктури України в умовах глобальної кліматичної нестабільності. Перспективним напрямом подальших досліджень є розширення географії аналізу на всі обласні центри України та розробка відповідних пропозицій щодо коригування нормативних значень ГДОП з урахуванням прогнозу зміни клімату.

Література

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27 :2010 . Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 72 с.
2. Friedlingstein P. et al. Глобальний вуглецевий бюджет 2025. Вуглецевий портал ICOS . 2025. URL: https://www.icos-cp.eu/science-and-impact/global-carbon-budget/2025 (дата звернення: 17.03.2026).
3. Глобальний вуглецевий проект. Останні дані GCB за 2025 рік. Центр даних глобального вуглецевого бюджету . 2025. URL: https://globalcarbonbudget.org/datahub/the-latest-gcb-data-2025/ (дата звернення: 17.03.2026).
4. Сукупні викиди CO_2. Наш світ у даних . URL: https://ourworldindata.org/grapher/cumulative-co-emissions (дата звернення: 17.03.2026).
5. Глобальна лабораторія моніторингу NOAA. Тенденції щодо вмісту вуглекислого газу в атмосфері: повний запис. Національне управління океанічних і атмосферних досліджень . URL: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/ (дата звернення: 17.03.2026).
6. Градусодні опалення та охолодження – місячні дані (nrg_chdd_m). Євростат . URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_chdd_m/default/table (дата звернення: 17.03.2026).

7. Україна: Історичні кліматичні дані. Портал кліматичних знань Світового банку . URL: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/ukraine/climate-data-historical (дата звернення: 17.03.2026).
8. Україна: прогнози кліматичних даних. Портал кліматичних знань Світового банку . URL: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/ukraine/climate-data-projections (дата звернення: 17.03.2026).
9. МГЕЗК. Зміна клімату 2021: Фізичні наукові основи. Внесок Робочої групи I до Шостого оціночного звіту МГЕЗК / Массон-Дельмотт В. та ін. (ред.). Кембридж: Видавництво Кембриджського університету, 2021. 2391 с. DOI: https://doi.org/10.1017/9781009157896 .
10. База даних сценаріїв SSP. Міжнародний інститут прикладного системного аналізу (IIASA) . URL: https://ssp.apps.ece.iiasa.ac.at/ (дата звернення: 17.03.2026).
11. База даних RCP. Міжнародний інститут прикладного системного аналізу (IIASA) . URL: https://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb/ (дата звернення: 17.03.2026).
12. Сценарії SSP для CMIP6. Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ) . URL: https://www.dkrz.de/en/communication/climate-simulations/cmip6-en/the-ssp-scenarios (дата звернення: 17.03.2026).
13. Майнсхаузен М. та ін. Спільний соціально-економічний шлях (SSP) концентрації парникових газів та їх поширення до 2500 року. Розробка геонаучної моделі . 2020. Том 13. С. 3571–3605. DOI: https://doi.org/10.5194/gmd-13-3571-2020 .

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.05.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026