

УДК 551.524:504.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2026-2-7>

ОЦІНКА КОМФОРТНОСТІ КЛІМАТУ В УКРАЇНІ ПРОТЯГОМ 2018–2023 РР. ЗА БІОКЛІМАТИЧНИМ ІНДЕКСОМ В.Г. БОКШІ

Федонюк Віталіна Володимирівна

кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри екології,
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна
ORCID ID: 0000-0002-1880-6710

Павлюк Маргарита Миколаївна

слухачка Волинського територіального відділення Малої академії наук
Комунальна установа «Волинська обласна Мала академія наук», м. Луцьк, Україна

Федонюк Микола Ананійович

кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри екології,
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна
ORCID ID: 0000-0002-4034-3695

Актуальність дослідження визначається підвищенням інтересом до впливу погодних умов, зміни метеорологічних величин (температури, тиску, вологості тощо) на стан здоров'я людей у зв'язку з глобальними змінами клімату Землі та зростанням числа проявів метеочутливості і метеозалежності. *Предметом дослідження* є статистично-математичний, графічний та картографічний аналіз часової та просторової мінливості біокліматичного індексу В.Г. Бокші в межах України з метою оцінки комфортності клімату у різних регіонах. *Мета дослідження* – оцінка динаміки та варіації комфортності клімату в Україні протягом 2018–2023 рр. на основі аналізу часового і просторового розподілу біокліматичного індексу В.Г. Бокші за даними 26 метеостанцій (обласні центри України та м. Севастополь). *Методологія дослідження*: використовувалися як загальнонаукові, так і спеціальні методи дослідження. Серед загальнонаукових методів варто виділити: 1) порівняльно-оціночний метод; 2) методи аналізу та синтезу; 3) математично-статистичний; 4) графічний. Серед спеціальних методів використовувалися методи комп'ютерного моделювання, картографічні, вебдизайну (розробка графічних матеріалів роботи). *Результати дослідження*: аналіз значень біокліматичного індексу $I_{\text{сумар}}$ В.Г. Бокші показав збільшення тривалості комфортного періоду в Україні. Комфортність клімату в 26 містах протягом року змінюється від оптимальної в теплий період (квітень–вересень) до подразнюючої взимку (грудень–лютий), гострих значень набуває в окремі дні. Число днів з гострими значеннями індексу коливається від 5–9 (Ужгород, Київ) до 30–31 (Рівне, Суми). Середні місячні значення $I_{\text{сумар}}$ протягом року коливаються в межах від 5–10 (травень–серпень) до 25–32 (січень–лютий). Найвищі подразнюючі показники визначені для 3-місячного зимового періоду (грудень–лютий). У цей період індекс може набувати значень понад 25–30. Найнижчі, оптимальні показники індексу визначені для тривалішого 6-місячного теплого періоду (квітень–вересень). У цей період індекс є меншим 10.

Аналіз річного розподілу днів із різними категоріями індексу показав подовження в Україні сприятливого та комфортного періоду на 1,5–2 місяці порівняно з його тривалістю у ХХ ст. Розрахований середній індекс $I_{\text{сумар}}$ за 2018–2023 рр. для всієї території України дорівнює 11,8. Це менше від значень індексу, визначеного В.Г. Бокшею наприкінці ХХ ст. для такої території (12–15). Отже, спостерігається загальне зниження показників біокліматичного індексу, він наближається до оптимальних значень у багатьох регіонах України. Зростання комфортності клімату може бути пов'язане із проявами кліматичних змін у регіоні. Розроблені та оприлюднені у вільному доступі онлайн-калькулятори для розрахунку біокліматичного індексу В.Г. Бокші дозволяють застосувати на практиці цей індекс для оцінки комфортності погодних умов у будь-якому регіоні України чи світу, у визначений день чи період. *Практичне значення*: отримані результати можуть бути використані у подальших дослідженнях у галузі медичної кліматології, у навчальному процесі, під час вивчення дисциплін географічного, медико-біологічного, туристично-рекреаційного циклу. Розроблені онлайн-калькулятори біокліматичного індексу є практичним інструментом для визначення комфортності погоди,

які дозволяють визначити таку комфортність у вибраному районі і періоді. Результати, отримані за онлайн-калькуляторами, можуть додаватися до щоденних прогнозів погоди, для інформування метеочутливих людей про комфортність погодних умов. **Висновки:** дослідження динаміки біоклімату та окремих біокліматичних показників – це важливе наукове завдання, яке дозволяє оцінити сприятливість та комфортність клімату і погоди у цій місцевості для людини та її господарської діяльності. Інструментом аналізу біоклімату є біокліматичні індекси (БКІ). Динаміка БКІ дозволяє комплексно оцінити загальну комфортність клімату у регіоні. Використання БКІ В.Г. Бокші як інструменту аналізу комфортності клімату показало високу адаптивність його для території України та дозволило встановити зміни просторово-часового розподілу показників комфортності, що сформувалися на фоні глобальних кліматичних змін. **Перспективи подальших досліджень:** продовження роботи над темою передбачатиме вивчення взаємозв'язку динаміки біокліматичного індексу В.Г. Бокші та здоров'я і самопочуття людини (шляхом проведення опитування групи добровольців і ведення цими особами щоденників самопочуття з наступним порівнянням результатів з індексом). Заплановано вдосконалення емпіричної формули БКІ з урахуванням набутих знань щодо динаміки комфортності клімату у сучасних умовах.

Ключові слова: Україна, біоклімат, біокліматичний індекс В. Бокші, комфортність клімату.

ASSESSMENT OF CLIMATE COMFORT IN UKRAINE DURING 2018–2023 ACCORDING TO THE BIOCLIMATIC INDEX OF V.G. BOKSHA

Fedoniuk Vitalina Volodymyrivna

Candidate of Geography Sciences, Associate Professor,
Assistant Professor at the Department of Ecology,
Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-1880-6710

Pavlyuk Margarita Mykolayivna

Student of the Volyn Regional Junior Academy of Sciences of Ukraine
Municipal Institution “Volyn Regional Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Lutsk, Ukraine

Fedoniuk Mykola Ananiyovych

Candidate of Geography Sciences (PhD in Geography), Associate Professor,
Assistant Professor at the Department of Ecology,
Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-4034-3695

This study is relevant due to the growing interest in the impact of weather conditions and changes in meteorological variables (e.g. temperature, pressure and humidity) on human health, particularly in the context of global climate change and the increasing prevalence of meteosensitivity and meteodependence. This study will involve a statistical, mathematical, graphical and cartographic analysis of the temporal and spatial variability of the V.G. Boksha bioclimatic index in Ukraine, with the aim of assessing climate comfort in different regions. The purpose of the study is to evaluate climate comfort dynamics and variations in Ukraine between 2018 and 2023, based on an analysis of the temporal and spatial distribution of the V.G. Boksha bioclimatic index, using data from 26 weather stations (regional centres of Ukraine and Sevastopol). Research methodology: both general scientific and specialised research methods were employed. Among the general scientific methods, the following should be highlighted: 1) comparative and evaluation methods; 2) analysis and synthesis methods; 3) mathematical and statistical methods; and 4) graphical methods. Special methods included computer modelling, cartographic methods and web design methods (development of graphic materials for the study). Research results. The analysis of the V.G. Boksha I^{sumar} bioclimatic index values showed an increase in the duration of the comfortable period in Ukraine. Climate comfort in the 26 studied cities varies throughout the year, ranging from optimal during the warm period (April–September) to irritating during the winter months (December–February), with extreme values being reached on certain days. The number of days with extreme index values ranges from 5–9 days (Uzhhorod, Kyiv) to 30–31 days (Rivne, Sumy). Average monthly I^{sumar} values throughout the year range from 5–10 (May–August) to 25–32 (January–February). The most irritating conditions are observed during the three-month winter period (December–February), when the index may exceed 25–30. The lowest and most optimal index values are recorded during the longer six-month warm period (April–September), when the index remains below 10. Analysis of the annual distribution of days

in different index categories indicates that the favourable and comfortable period in Ukraine has increased by 1.5–2 months compared to the 20th century. The calculated average I_{sumar} index for Ukraine for the period 2018–2023 is 11.8. This is lower than the values (12–15) determined by V.G. Boksha at the end of the 20th century for the same territory. Thus, there has been a general decrease in bioclimatic index values, with many regions of Ukraine approaching optimal levels. This increase in climate comfort may be associated with manifestations of climate change in the region. Online calculators have been developed to calculate the V.G. Boksha bioclimatic index, and these are freely accessible. This enables the index to be used in practice to assess weather comfort in any region of Ukraine or the world for a specific day or period. The results generated by these calculators can supplement daily weather forecasts, informing weather-sensitive individuals of the comfort level of weather conditions. **Practical significance:** The results obtained can be used for further research in medical climatology and in educational processes, as well as in the study of geographical, medical-biological and tourist-recreational disciplines. The online calculators serve as a practical tool for determining weather comfort in a selected area and time period. **Conclusions.** Research into the dynamics of bioclimate and individual bioclimatic indicators is an important scientific task. It makes it possible to assess the suitability and comfort of climate and weather conditions in a particular area for humans and their economic activities. Bioclimatic indices are effective tools for analysing bioclimate. Their dynamics allow for a comprehensive assessment of overall climate comfort in a region. Using the V.G. Boksha bioclimatic index as an analytical tool demonstrated its high adaptability to Ukraine and enabled changes in the spatial and temporal distribution of climate comfort indicators, formed under the influence of global climate change, to be identified. **Prospects for further research** include studying the relationship between the dynamics of the V.G. Boksha bioclimatic index and human health and well-being. This will involve conducting surveys of volunteers and analysing well-being diaries, which will then be compared to index values. There are also plans to improve the empirical formula of the bioclimatic index by taking into account newly acquired knowledge about the dynamics of climate comfort under modern conditions.

Keywords: Ukraine, bioclimate, V.G. Boksha bioclimatic index, climate comfort.

Постановка проблеми. Комфортність погоди та клімату – це комплексна оцінка їх сприятливості для людини. Натепер розроблено понад сто інтегральних показників (біокліматичних індексів, або БКІ), за допомогою яких дають її математичну оцінку. Від комфортності погоди залежать прояви метеочутливості – реакції організму людини на вплив погодно-кліматичних чинників. Кількість метеочутливих людей у світі постійно зростає, що пов'язують із високим темпом життя у мегаполісах, з наслідками змін клімату та ускладненою адаптацією до них та з іншими чинниками. Окрема галузь науки про атмосферу – медична кліматологія – вивчає взаємозв'язок між погодними умовами і фізіологічними або патологічними реакціями організму людини. Історія таких досліджень досить тривала – від описів впливу погоди на людину Гіпократом і Парацельсом та до подальших наукових розвідок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні та за кордоном докладно вивчаються причини метеочутливості та метеопатій із використанням сучасних наукових підходів. Питанням аналізу комфортності погодних умов для людини, біоклімату та його параметрів, методів їх оцінки

присвячені праці І.Д. Бойко, Л.А. Савранчук, В.Г. Бокші, Б.В. Богуцького, О.О. Врублевської, Л.В. Малицької, Г.П. Катеруши, Л.І. Григор'єва, Ю.А. Томіліна, А.М. Огородника, І.І. Даценко, Р.Д. Габовича, А.І. Польового, М.О. Шалімова та багатьох інших авторів [3; 4; 5; 6; 10; 11]. Зокрема, у працях Л.В. Малицької [6; 7] проведено ґрунтовний аналіз комфортності кліматичних умов для всієї території України, у розрізі теплового та холодного сезонів і року загалом, із застосуванням комплексу БКІ (серед яких – індекс еквівалентно-ефективних температур Міссенарда, індекс суворості погоди Бодмана, індекс спеки НІ та інші). Основна термінологія в галузі біомедичної кліматології розглянута в посібнику М.О. Шалімова [11], а у посібнику Г.П. Катеруши [5] наводяться методики розрахунку поширених БКІ.

У дослідженнях О.Г. Шевченко [10] дається класифікація та порівняльна оцінка біокліматичних індексів, які доцільні для застосування у процесі аналізу комфортності клімату в урбоєкосистемах (індекси ефективної температури (ЕТ) та еквівалентно-ефективної температури (ЕЕТ); індекс теплового навантаження, чи спеки (Heat Index, або НІ); універсальний термічний кліматичний

індекс (UTCI); та індекс фізіологічно еквівалентної температури (PET).

Роботи Н.В. Грабко, Л.М. Полетаєвої, О.В. Федченко, А.І. Польового, В.В. Федонюк, І.О. Роїк, М.А. Федонюка [4; 8; 9] присвячені вивченню застосування окремих БКІ для аналізу комфортності погоди в різних регіонах України (південь України, Карпатський регіон, Волинське Полісся). За кордоном питання використання біокліматичних індексів та оцінки комфортності погоди досліджувалися у працях N. Contor, J. Unger, L. Kalkstein, S. Kalkstein, H. Lee, J. Holst, H. Mayer, A. Matzarakis, B. Amelung, R.G. Steadman [12; 13; 14] та інших авторів.

Порівняльна оцінка наукових результатів використання дослідниками різних БКІ для аналізу комфортності клімату України та її окремих регіонів дозволила авторам вибрати саме БКІ В.Г. Бокші [3; 15] як інструмент проведення власного дослідження. Підставами для цього стали такі переваги такого БКІ: 1) комплексність і багатопараметричність індексу В.Г. Бокші; 2) доступність його застосування в розрахунках без потреби доступу до спеціалізованих програмних продуктів та математичних моделей. Використання комплексу метеопказників під час розрахунку цього індексу включає аналіз температури повітря, відносної вологості, швидкості вітру, атмосферного тиску, тривалості сонячного сяйва, оцінюється також міждодобова мінливість окремих параметрів (температури і тиску), що дуже важливо для аналізу метеопатичності погодних умов.

Водночас багато інших БКІ базуються на використанні лише 2–3 метеопараметрів (наприклад, температури та відносної вологості – під час розрахунку індексу теплового навантаження, чи спеки HI; температури і швидкості вітру – під час розрахунку індексу суворості погоди Бодмана S, температури, вологості та швидкості вітру – під час розрахунку індексу EET Міссенарда [6; 11]). Більш комплексними є універсальний термічний кліматичний індекс (UTCI) – еквівалентна температура (°C), яка відображає фізіологічну реакцію людини на комбінований

вплив погодних факторів, індекс фізіологічно еквівалентної температури (ФЕТ, чи PET, від англ. Physiologically Equivalent Temperature), який оцінює тепловий стан людини у порівнянні фактичних умов довкілля з еталонними умовами закритого приміщення [10]. Під час розрахунку цих індексів використовуються температура, відносна вологість, швидкість вітру та окремі фізіологічні параметри людського тіла, проте методика їх розрахунку передбачає вирішення диференціальних рівнянь із використанням спеціальних математичних моделей, які не є загальнодоступними.

Відокремлення не вирішених раніше частин загальної проблеми. У контексті наростання проявів змін клімату, комфортність кліматичних умов в Україні також змінюється, і ті дані, які були отримані науковцями 20, 30 або навіть 10 років тому щодо просторової та часової динаміки БКІ, потребують уточнення. Цим визначається актуальність та значення цієї роботи.

Мета дослідження – оцінка та візуалізація динаміки комфортності клімату в Україні на основі аналізу часового і просторового розподілу біокліматичного індексу В.Г. Бокші у 2018–2023 рр. у 26 містах (обласні центри і Севастополь).

Основний матеріал. Загальний (або сумарний) індекс патогенності $I_{\text{сумар}}$ В.Г.Бокші, який відображає комплексно метеорологічні умови певного періоду, визначається як сума ряду додатків, кожен з яких розраховується за окремим метеопказником. БКІ характеризує динаміку погоди за такими параметрами, як зміна температури, відносної вологості повітря, швидкості вітру, хмарності; враховується також міждодобова мінливість (перепад) температури повітря та атмосферного тиску. Методика розрахунку $I_{\text{сумар}}$ В.Г. Бокші наводиться у [3; 5].

Індекс патогенності В.Г. Бокші визначається за такою формулою у балах:

$$I_{\text{сумар}} = it + if + iv + in + i\Delta t + i\Delta p \text{ (бали)}$$

Величини it , if , iv , in , $i\Delta t$, $i\Delta p$ – це складники сумарного індексу, або проміжні індекси патогенності за окремими метеофакторами:

1) індекс патогенності температури повітря: $it = 0,02(18 - t)^2$ при $t \leq 18^\circ\text{C}$, $it = 0,2(t - 18)^2$ при $t > 18^\circ\text{C}$;

2) індекс патогенності вологості повітря $if = (f - 70)/2$;

3) індекс патогенності вітрового режиму $iv = 0,2v^2$;

4) індекс патогенності хмарності та інсоляції $in = 0,06n^2$, де $n = 10 - (10S_\phi/S_M)$;

5) індекс патогенності зміни температури повітря $i\Delta t = 0,3\Delta t^2$;

6) індекс патогенності зміни атмосферного тиску $i\Delta p = 0,06\Delta p^2$.

У цих формулах використано такі умовні позначення: t – це середня добова температура повітря, $^\circ\text{C}$; v – це середня добова швидкість вітру, м/с; p – це середній добовий атмосферний тиск, гПа; f – це середня добова відносна вологість повітря, %; Δt , Δp – це міждобові перепади температури повітря та атмосферного тиску (різниця між середньою добовою температурою чи тиском попереднього і цього дня); S_ϕ , S_M – це фактична і максимально можлива тривалість сонячного саява, по геліографу; n – умовна характеристика хмарності. Якщо на цій метеостанції не проводяться геліографічні спостереження і величини S_ϕ , S_M невідомі, то доданок in виключається під час розрахунку $I_{\text{сумар}}$ (оскільки в багатьох містах України метеостанції не проводять спостереження за сонячною радіацією, то ми такий доданок виключили з розрахунку $I_{\text{сумар}}$).

Залежно від величини індексу $I_{\text{сумар}}$ погодні умови можуть бути оцінені як оптимальні (менше 19 балів), подразнюючі (20–49) і гострі ($I_{\text{сумар}} = 50$ і більше).

Без врахування доданку in ці граничні показники зменшуються: оптимальні (менше 10 балів), подразнюючі (10 – 29) і гострі значення індексу ($I_{\text{сумар}} = 30$ і більше). Саме таку градацію було використано в роботі, оскільки складник in для 26 станцій не враховувався [3].

У дослідженні було проведено серію розрахунків для визначення динаміки в просторі і часі протягом 2018–2023 рр. у 26 містах України (всі обласні

центри та м. Севастополь) $I_{\text{сумар}}$ (щоденні, середні місячні та середні річні значення, а також середні значення за період дослідження). У розрахунках використовувалися стандартні статистичні методики, автоматизовані у програмі Excel. Архівна метеоінформація була вибрана з відкритих українських та європейських електронних архівів погоди [1; 2]. Відзначимо, що у кожному з 26 міст працює метеостанція, дані якої представлені в архівах. За окремі роки дані були неповними, особливо це стосується 2022 р. (початок війни): для того щоб коректно порахувати середні значення за весь період у випадку неповних даних за окремий рік, на станції використовувалися вагові коефіцієнти. Розрахунки та побудова таблиць і графіків проведено у програмі Excel. У програмах Surfer, MapInfo та з використанням ресурсу Datawrapper було створено серію підсумкових картограм та картодіаграм. За допомогою методів інформаційно-комунікаційних технологій розроблено також онлайн-калькулятори такого індексу для оцінки комфортності погоди, які оприлюднені для використання.

Біокліматичний індекс Б.Г. Бокші $I_{\text{сумар}}$ має виражену типову річну динаміку в усіх містах України. Переважно найнижчі значення індексу (менше 10) спостерігаються в теплий період року (з квітня до вересня, з мінімальними показниками у квітні–травні та у вересні), а найвищі значення – взимку (грудень–лютий, індекс більше 25). Водночас протягом теплого періоду року також спостерігається певне підвищення індексу в липні–серпні (пов'язане, ймовірно, з високими температурними контрастами і низькою відносною вологістю у цей період, що можна прослідкувати за графіками відповідних проміжних складників індексу it , if та $i\Delta t$). Водночас у різних регіонах України річна динаміка може відрізнятися за діапазоном зміни значень індексу (або за його амплітудою, зокрема, влітку): вищою вона є у південно-східних регіонах (м. Луганськ, Донецьк). Це можна пояснити вищою континентальністю клімату на південному сході України. Аналіз

динаміки окремих складників індексу також показує, що вони мають виражений річний хід, який і визначає зміни сумарного індексу.

Загалом у 26 містах України середній за період 2018–2023 рр. показник БКІ В.Г. Бокші $I_{\text{сумар}}$ коливався від 8,8–9,7 (Київ, Житомир, Одеса, Сімферополь) до 13,7–14,2 (Рівне, Тернопіль, Луганськ). Середній за 2018–2023 рр. для всієї території України індекс $I_{\text{сумар}}$ становив 11,8: це менше, ніж визначені В.Г. Бокшею наприкінці ХХ ст. показники індексу для нашої території в межах помірною кліматичного поясу, які становили 12–15. Отже, спостерігається зниження біокліматичного індексу та його наближення до оптимальних значень, що може бути пов'язане із проявами кліматичних змін.

Карти, що візуалізують просторовий розподіл біокліматичного індексу В.Г. Бокші, представлені на рис. 1–4. Крім побудови карт середніх річних та середніх за весь період 2018–2023 рр. показників $I_{\text{сумар}}$, окремо було розглянуто розподіл середніх місячних значень $I_{\text{сумар}}$ у червні та лютому. Ці місяці були вибрані на основі того, що у працях В.Г.Бокші вони були визначені як місяці, що мають максимальне число днів з оптимальними показниками індексу (червень) та з гострими показниками індексу (лютий). Проте за результатами проведених розрахунків ця гіпотеза не знайшла підтвердження. За результатами нашого аналізу для сучасного періоду (2018–2023 рр.) в межах України найгіршим місяцем року за індексом $I_{\text{сумар}}$ у 90% випадків є січень (для 24 міст, і тільки для 2 міст – Херсона та Хмельницького – таким місяцем виявився грудень). Щодо найоптимальнішого літнього місяця, то переважно (для 14 станцій) таким місяцем виявився серпень. Для 9 станцій – червень і ще для 3 станцій – липень. Тому для січня та серпня ми також побудували підсумкові картограми.

Отже, найбільш оптимальними є значення $I_{\text{сумар}}$ для Києва, Житомира, Одеси, Севастополя та Сімферополя (менше або близьке до 10). Досить низьким (та, відповідно, спри-

ятливим) індекс є і в низці інших міст: Полтава, Харків, Херсон, Донецьк, Луцьк, Чернівці (10–12 балів). Найвищі подразнюючі значення $I_{\text{сумар}}$ мають Луганськ, Суми, Рівне, Хмельницький (річний індекс – у межах 13–15). Відзначимо, що загалом для території України середні річні значення $I_{\text{сумар}}$ є сприятливими та перебувають у межах оптимальних або слабкопозражняючих значень (від 8,8 у Києві до 14,2 для Луганська). Тобто кліматичні умови території досить комфортні для людини. Просторовий розподіл індексу залежить не тільки від географічного розташування міста, але і від місцевих мікрокліматичних умов. Так, найнижче значення в Києві може пояснюватись тим, що метеостанція, за даними якої він визначався, розміщена у самому місті: великий мегаполіс формує клімат із згладженим ходом показників вітру, вологості повітря, меншими контрастами температури між сезонами – все це відобразилося на значеннях БКІ. Аналіз карт розподілу індексу $I_{\text{сумар}}$ (рис. 1) дозволяє зробити висновок про загальне зниження його річних значень з північного сходу на південний захід України.

Для середніх місячних значень $I_{\text{сумар}}$ у лютому (рис. 1–2) також спостерігається загальне зниження з північного сходу України на південний захід. Містами з найнижчими значеннями $I_{\text{сумар}}$ у лютому є Ужгород, Чернівці, Одеса, Житомир, Київ та кримські міста ($I_{\text{сумар}}$ – від 14 до 16). Містами з найвищими значеннями у лютому є Рівне, Тернопіль, Суми, Харків та Запоріжжя ($I_{\text{сумар}}$ – від 23 до 25). У червні розподіл БКІ інший: найнижчими є показники північно-східних та центральних регіонів (Житомир, Київ, Чернівці, Полтава, Харків, Донецьк, Луганськ, де $I_{\text{сумар}}$ менше 5). Найвищими у червні є значення у Чернівцях, Івано-Франківську, Миколаєві, Запоріжжі та в Криму (від 7 до 10).

Аналіз значень $I_{\text{сумар}}$ по окремих роках показує, що 2021–2022 роки виділялися підвищеними середніми річними показниками БКІ у низці міст. Середні місячні значення $I_{\text{сумар}}$ у червні для Західного і Північного

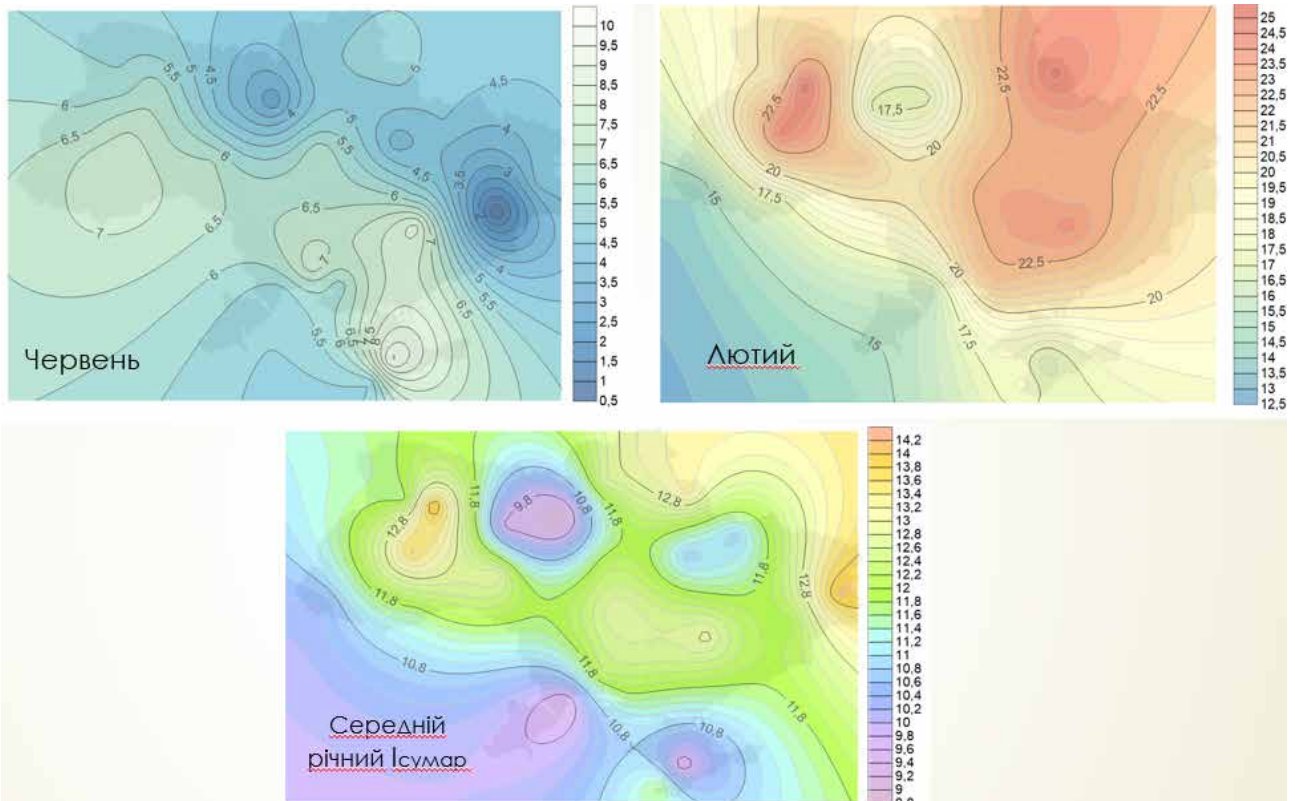


Рис. 1. Картохема просторового річного розподілу біокліматичного індексу В.Г. Бокші (середні показники $I_{\text{сумар}}$ в червні, в лютому та середні річні значення за 2018–2023 рр.)

регіону були високими у 2020 р., а у містах Центру, Півдня та Сходу найвищі показники $I_{\text{сумар}}$ спостерігалися у червні 2021 р. Середні місячні значення $I_{\text{сумар}}$ в лютому для більшості міст України були найвищими у 2021 р.

За даними проведеного аналізу, січень є найбільш дискомфортним серед місяців року за показниками $I_{\text{сумар}}$. Для середніх

місячних значень $I_{\text{сумар}}$ у січні (рис. 3) спостерігаються найбільш подразнюючі показники в низці північних, північно-східних, східних та центральних областей України. Значення $I_{\text{сумар}}$ у січні в низці міст (Рівне, Суми, Харків, Запоріжжя) досягають 27–29, що є близьким до гострого значення.

У серпні спостерігається зниження показників $I_{\text{сумар}}$ із заходу на схід України. Містами

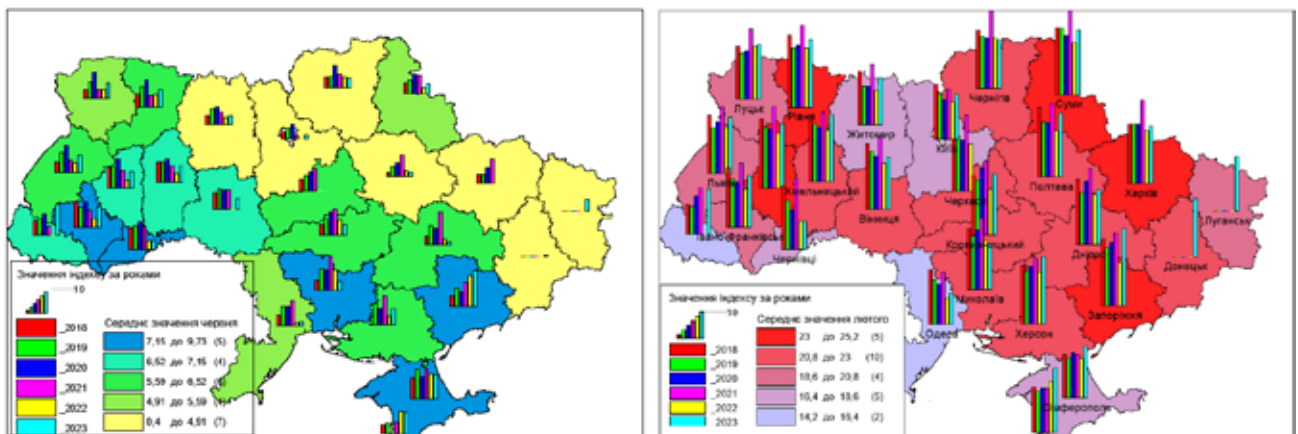


Рис. 2. Розподіл середніх місячних значень біокліматичного індексу В.Г. Бокші влітку і взимку в Україні у 2018–2023 рр. (зліва – червень, справа – лютий)



Рис. 3. Розподіл середніх місячних значень біокліматичного індексу В.Г. Бокші влітку і взимку в Україні протягом 2018–2023 рр. (зліва – серпень, справа – січень)

з найнижчими значеннями індексу (в межах 2–3) є Київ, Харків, Луганськ, Полтава. Причинами зміщення періодів з найбільш та найменш комфортною погодою з червня і лютого на січень та серпень, на нашу думку, є вплив глобальних кліматичних змін, які призводять до подовження теплого сезону року в Україні та скорочення холодного сезону.

Основні результати аналізу розподілу числа днів з різними категоріями індексу (оптимальний, подразнюючий та гострий) представлені на діаграмах (рис. 4). Протягом року в Україні спостерігається менше 5–10% днів із гострим значенням індексу (від 5–10 гострих днів в Ужгороді, Одесі, Києві, Севастополі до 25–32 таких днів у Рівному, Тернополі, Дніпрі, Сумах, Запоріжжі, Кропивницькому) та понад 90% днів з оптимальним і подразнюючим значенням індексу. Число днів з оптимальним та подразнюючим значенням індексу протягом року є співставним. Максимальне число днів з оптимальним індексом (близько 200) спостерігається в Києві, Одесі, Сімферополі, Ужгороді, Житомирі та Донецьку, а мінімальне число таких днів (менше 160) спостерігається в Луганську, Рівному, Тернополі, Севастополі. Отже, просторовий розподіл числа днів із різними категоріями індексу не є прямо

залежним від географічного розташування міста, а визначається місцевими мікрокліматичними умовами.

Наприклад, як уже зазначалось, високе число комфортних днів у Києві – це прояв пом'якшуючого впливу великого міста на мікроклімат. Відносно низьке число комфортних днів у Севастополі пояснюється, зокрема, високими амплітудами температури та швидкостями вітру у місті на березі моря.

Одним із головних результатів аналізу розподілу числа днів із різними категоріями індексу було встановлення того факту, що для території України нині не підтверджується виділення В.Г. Бокшею червня та лютого як місяців із найбільшим числом оптимальних та гострих днів для помірного кліматичного поясу. Місяцем із найбільшим числом гострих днів був січень.

Місяцями із максимальним числом днів з оптимальним індексом були травень, липень, червень та серпень. В окремі роки це число днів було високим також у квітні та вересні. Припускаємо, що одним з проявів глобальних змін клімату є подовження теплого, сприятливого періоду року: він охоплює квітень–вересень. В майбутньому ми плануємо детальніше проаналізувати динаміку днів з оптимальними значеннями індексу саме у теплий період року.

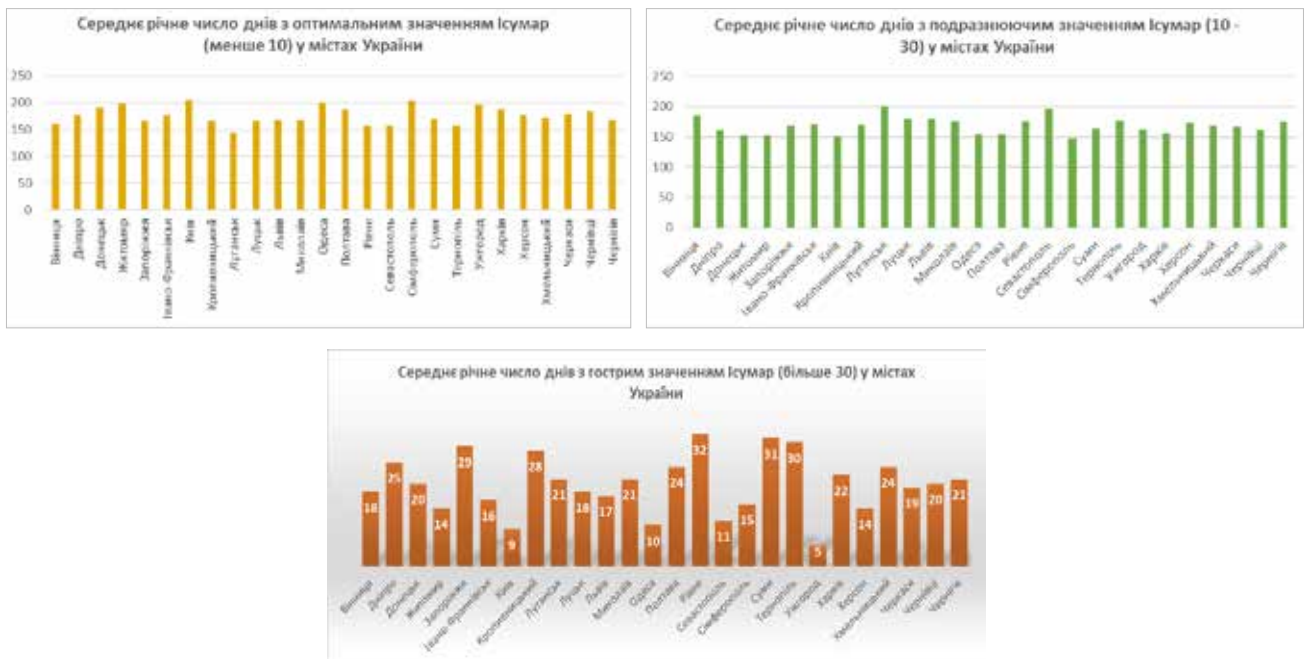


Рис. 4. Діаграми середньої річної кількості днів з різними категоріями біокліматичного індексу В.Г. Бокші за період 2018–2023 рр.

Висновки. В результаті проведеного аналізу часової та просторової динаміки біокліматичного індексу $I_{\text{сумар}}$ В.Г. Бокші протягом 2018–2023 рр. виявлено: 1) комфортність клімату в 26 містах України протягом року змінюється від оптимальної в теплий період (квітень–вересень) до подразнюючої взимку (грудень–лютий), гострих значень набуває в окремі дні, число яких коливається від 5–9 (Ужгород, Київ) до 30–31 (Рівне, Суми). Середні місячні значення індексу коливаються в межах від 5 до 10 (травень–серпень) до 25–32 (січень–лютий); 2) найвищі, подразнюючі показники визначені для 3-місячного зимового періоду (грудень–лютий, індекс понад 25–30), а найнижчі, оптимальні визначені для тривалішого 6-місячного теплого періоду (квітень–вересень, індекс менше 10). Аналіз річного розподілу днів із різними категоріями індексу

показав подовження в Україні сприятливого та комфортного періоду на 1,5–2 місяці порівняно з його тривалістю у ХХ ст; 3) розрахований середній за 2018–2023 рр. індекс $I_{\text{сумар}}$ становив 11,8, що є меншим від визначеного В.Г. Бокшею наприкінці ХХ ст. індексу для нашої території (12–15). Отже, спостерігається загальне зниження $I_{\text{сумар}}$, його показники наближаються до оптимальних у багатьох регіонах: зростання комфортності клімату є наслідком кліматичних змін; 4) у майбутньому плануємо дослідження взаємозв'язку динаміки БКІ В.Г. Бокші та здоров'я і самопочуття людини (проведення опитування добровольців, з веденням щоденника самопочуття і його порівняння з показниками індексу), а також удосконалення емпіричної формули БКІ з урахуванням набутих знань щодо динаміки комфортності клімату у сучасних умовах.

Література

1. Архів погоди Європейської метеорологічної агенції. URL: <https://www.ecad.eu/dailydata/customquery.php>
2. Архів метеоданих сайту Метеопост. URL: <https://meteopost.com/weather/archive/>
3. Бокша В.Г., Богуцький Б.В. Медична кліматологія та кліматотерапія. Київ : Здоров'я, 1980. 261 с.
4. Грабко Н.В., Полетаєва Л.М., Федченко О.В. Біокліматичні показники території як складова рекреаційного потенціалу Первомайського району Миколаївської області. *Природничий альманах. Біологічні науки*. Херсон. 2019, № 26. С. 37–49.

5. Катеруша Г.П. Методичні вказівки по виконанню практичних робіт при вивченні дисципліни «Аспекти екологічної кліматології» для студентів I року навчання, рівень ВО – магістр, 103 «Науки про Землю» (ОП «Метеорологія і кліматологія»). Одеса : ОДЕКУ, 2020. 40 с.
6. Малицька Л.В. Дискомфорт погодних умов зимового періоду в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса. 2017. № 20. С. 26–36.
7. Малицька Л.В. Кількісна оцінка комфортності погодних умов та клімату. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ. 2016. Т. 2 (41). С. 97–106.
8. Польовий А. Оцінка комфортності погодно-кліматичних умов в Українських Карпатах для кліматотерапії та рекреації. *Вісник Київського національного університету культури і мистецтв. Серія : Туризм*. Київ. 2019. Т. 2, № 1. С. 60–79.
9. Федонюк В.В., Роїк І.О. Проблеми метеорологічної чутливості та методи її зниження. *Сучасна наука та освіта Волині : збірник матеріалів науково-практичної онлайн-конференції (20 листопада 2020 р.) / упоряд., голов. ред. О.Ю. Ройко. Луцьк : Вежа-Друк, 2020. С. 217–220.*
10. Шевченко О.Г. Порівняльний аналіз біокліматичних індексів для оцінки комфортності урбанізованого середовища в теплий період. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ. 2016, № 3. С. 105–115.
11. Шалімов М.О. Біокліматологія: конспект лекцій для студентів-екологів. Одеса : Наука і техніка, 2011. 91 с.
12. Contor N., Unger J. The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment – the mean radiant temperature. *Central European Journal of Geosciences*. 2011. 3 (1). P. 90–100.
13. Lee H., Holst J., Mayer H. Modification of Human-Biometeorologically Significant Radiant Flux Densities by Shading as Local Method to Mitigate Heat Stress in Summer within Urban Street Canyons. *Advances in meteorology*. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/312572>
14. Matzarakis A., Amelung B. Physiological Equivalent Temperature as Indicator for Impacts of Climate Change on Thermal Comfort of Humans / M.C. Thomson et al. *Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health*. Springer Science + Business Media B.V, 2008. Chapter 9. P. 161–172.
15. Pavliuk M., Fedoniuk V., Vavdiuk N., Fedoniuk Yu. Distribution of V. Boksha's Bioclimatic Index in Ukraine and the Development of an Automated Application for Its Determination. *GeoTerrace-2025*. Internat. Conference of Young Professionals. 6–9 Oct 2025, European Association of Geoscientists & Engineers. Volume 2025. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202552084>

References

1. Arkhiv pohody Yevropeiskoi meteorolohichnoi ahentsii [Weather archive of the European meteorological agency]. Retrieved from: <https://www.ecad.eu/dailydata/customquery.php> [in Ukrainian].
2. Arkhiv meteodanykh сайту Meteopost [Meteorological data archive of Meteopost website]. Retrieved from: <https://meteopost.com/weather/archive/> [in Ukrainian].
3. Boksha, V.H., & Bohutskyi, B.V. (1980). *Medychna klimatolohiia ta klimatoterapiia* [Medical climatology and climatotherapy]. Kyiv: Zdorovia [in Ukrainian].
4. Hrabko, N.V., Polietaiieva, L.M., & Fedchenko, O.V. (2019). Bioklimatychni pokaznyky terytorii yak skladova rekreatsiinoho potentsialu Pervomaiskoho raionu Mykolaivskoi oblasti [Bioclimatic indicators of the territory as a component of recreational potential of Pervomaisk district of Mykolaiv region]. *Pryrodnychy almanakh. Biolohichni nauky – Natural almanac. Biological sciences*, 26, 37–49 [in Ukrainian].
5. Katerusha, H.P. (2020). *Metodychni vkazivky po vykonanni praktychnykh robіt pry vyvchenni dystsypliny «Aspekty ekolohichnoi klimatolohii»* [Methodical guidelines for practical works in the discipline “Aspects of ecological climatology”]. Odessa: ODEKU [in Ukrainian].
6. Malyska, L.V. (2017). *Dyskomfort pohodnykh umov zymovoho periodu v Ukraini* [Discomfort of weather conditions in winter period in Ukraine]. *Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi zhurnal – Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 20, 26–36 [in Ukrainian].
7. Malyska, L.V. (2016). *Kilkisna otsinka komfortnosti pohodnykh umov ta klimatu* [Quantitative assessment of weather and climate comfort]. *Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia – Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 2(41), 97–106 [in Ukrainian].
8. Polovyi, A. (2019). *Otsinka komfortnosti pohodno-klimatychnykh umov v Ukrainskykh Karpatakh dlia klimatoterapii ta rekreatsii* [Assessment of comfort of weather and climatic conditions in the Ukrainian Carpathians for climatotherapy and recreation]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu kultury i mystetstv. Serii: Turyzm – Bulletin of Kyiv National University of Culture and Arts. Series: Tourism*, 2(1), 60–79 [in Ukrainian].

9. Fedoniuk, V.V., & Roik, I.O. (2020). Problemy meteorologichnoi chutlyvosti ta metody yii znyzhennia [Problems of meteorological sensitivity and methods of its reduction]. In O.Yu. Roiko (Ed.). *Suchasna nauka ta osvita Volyni: zbirnyk materialiv naukovo-praktychnoi onlain-konferentsii* (pp. 217–220). Lutsk: Vezha-Druk [in Ukrainian].
10. Shevchenko, O.H. (2016). Porivnialnyi analiz bioklimatychnykh indeksiv dlia otsinky komfortnosti urbanizovanoho seredovyscha v teplyi period [Comparative analysis of bioclimatic indices for assessing comfort of urban environment in warm period]. *Hidrologiia, hidrokimiia i hidroekologiia – Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 3, 105–115 [in Ukrainian].
11. Shalimov, M.O. (2011). Bioklimatolohiia: konspekt lektsii dlia studentiv-ekolohiv [Bioclimatology: lecture notes for environmental students]. Odesa: Nauka i tekhnika [in Ukrainian].
12. Contor, N., & Unger, J. (2011). The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment – the mean radiant temperature. *Central European Journal of Geosciences*, 3(1), 90–100.
13. Lee, H., Holst, J., & Mayer, H. (2013). Modification of human-biometeorologically significant radiant flux densities by shading as local method to mitigate heat stress in summer within urban street canyons. *Advances in Meteorology*. <https://doi.org/10.1155/2013/312572>
14. Matzarakis, A., & Amelung, B. (2008). Physiological equivalent temperature as indicator for impacts of climate change on thermal comfort of humans. In M.C. Thomson et al. (Eds.). *Seasonal forecasts, climatic change and human health* (pp. 161–172). Springer.
15. Pavliuk, M., Fedoniuk, V., Vavdiuk, N., & Fedoniuk, Yu. (2025). Distribution of V. Boksha's bioclimatic index in Ukraine and the development of an automated application for its determination. *GeoTerrace-2025. International Conference of Young Professionals, 2025*, 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202552084>



Стаття поширюється на умовах
ліцензії відкритого доступу
CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 22.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 25.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 01.05.2026