

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА**

**ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА МЕТЕОРОЛОГІЇ ТА КЛІМАТОЛОГІЇ**

На правах рукопису

УДК 551.583(477.54+477.86)

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БІОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ХАРКОВА ТА
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА В СУЧАСНИЙ ПЕРІОД**

Галузь знань *10 – Природничі науки*
Спеціальність *103 – Науки про Землю*
Освітня програма *Метеорологія*

Кваліфікаційна робота бакалавра
студента 4-го курсу
освітнього рівня бакалавр
Семиліта Івана Євгенійовича
Науковий керівник:
Шевченко Ольга Григорівна,
д.геогр.н., професор кафедри
метеорології та кліматології

Допустити до захисту:

Завідувач кафедри метеорології та кліматології, проф.Сергій СНІЖКО

«__» _____ 2025 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ПОНЯТТЯ БІОКЛІМАТУ ТА ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ЙОГО ОЦІНКИ	6
1.1 Поняття біоклімату та теплового комфорту, підходи до типізації біокліматичних індексів.....	6
1.2 Фізіологічно-еквівалентна температура.....	10
1.3 Дослідження біоклімату України	12
1.4 Індeksi континентальності клімату	14
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ	18
2.1 Клімат Івано-Франківська	18
2.2 Клімат Харкова	19
2.3 Характеристика використаних даних та методики дослідження.....	20
РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БІОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ХАРКОВА ТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА	25
3.1 Порівняльний аналіз значень фізіологічно-еквівалентної температури.....	25
3.2 Порівняльний аналіз значень окремих метеорологічних величин	32
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТІ КЛІМАТУ НА БІОКЛІМАТ ХАРКОВА ТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА.....	43
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51

ВСТУП

Одним із найпомітніших наслідків зміни клімату є загальне підвищення температури повітря. Це призводить до зростання частоти тропічних ночей, а також до збільшення кількості та інтенсивності хвиль тепла. Такі зміни сприяють частішій появі теплового стресу, що, у свою чергу, підкреслює необхідність проведення біокліматичних досліджень.

Біоклімат визначається як сукупність кліматичних умов, які справляють комплексний вплив на людину в певному регіоні. Він безпосередньо характеризує тепловідчуття, визначаючи ступінь комфортності або несприятливості (у розрізі клімату) середовища для проживання у певній частині Землі. Основними метеорологічними параметрами, що формують біоклімат і впливають на тепловідчуття людини, є температура повітря, відносна вологість, швидкість вітру та рівень сонячної радіації.

Харків є одним з найбільших міст України, яке носить статус «мільйонника», водночас Івано-Франківськ є туристичним та курортним містом, також обидва міста знаходяться у різних частинах країни, що потенційно викликає зацікавленість у вивченні та порівнянні біоклімату цих двох міст. До того ж, раніше для міста Івано-Франківськ подібні дослідження не проводились. Отже, це дослідження вирізняється актуальністю та значимістю, оскільки його результати можна використати у плануванні стратегій розвитку рекреацій регіонів, адаптації до зміни клімату, профілактики захворювань та створення схем планування урбанізованого середовища. Разом з тим порівняльна складова даної роботи може урізноманітнити вибір місця та періоду для проведення важливих подій регіонального та всеукраїнського масштабу, а також розгляд потенційного міста для розвитку бізнесу у сфері надання послуг.

Метою роботи порівняння особливостей біоклімату Харкова та Івано-Франківська.

Для досягнення вказаної мети в роботі вирішувались наступні завдання:

- проаналізувати підходи до типізації біокліматичних індексів та обрати найбільш об'єктивний біокліматичний індекс для подальшої характеристики біоклімату Харкова та Івано-Франківська;
- вивчити з індекси континентальності клімату ;
- з використанням моделі «RayMan» здійснити моделювання біокліматичного індексу фізіологічно-еквівалентної температури для метеорологічних станцій Харків та Івано-Франківськ за період 1991–2020 рр.;
- охарактеризувати та порівняти біокліматичні умови Харкова та Івано-Франківська за кожну декаду року, проаналізувати повторюваність теплового та холодного стресу різної інтенсивності;
- проаналізувати відмінності режиму вітру, хмарності та зволоження в сучасний період у містах Харків та Івано-Франківськ.

Об'єктом дослідження є біокліматичні умови Харкова та Івано-Франківська.

Предметом дослідження є повторюваність теплового, холодного стресу та комфортних умов та рівень континентальності у містах Харкові та Івано-Франківську в 1991–2020 рр.

Для порівняльного аналізу біокліматичних умов міст Івано-Франківська та Харкова було використано дані Центральної геофізичної обсерваторії ім. Бориса Срезневського (ЦГО). Зокрема, значення температури та вологості повітря, хмарності та швидкості вітру, що виміряні на АМСЦ Івано-Франківськ та АМСЦ Харків (рис. 2.1) за всі строки спостереження (00 год, 03 год, 06 год, 09 год, 12 год, 15 год, 18 год та 21 год за міжнародним скоординованим часом) у період з 1991 по 2020 роки. Для розрахунку значень ФЕТ була використана мікромасштабна модель «RayMan». Статистичну та графічну обробку зібраних даних було виконано на персональному комп'ютері з використанням програми «Excel», також використано програму «Statistica».

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (42 найменування). Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 55 сторінок, з яких 46 сторінок основного тексту. Робота містить 13 рисунків та 3 таблиць.

РОЗДІЛ 1. ПОНЯТТЯ БІОКЛІМАТУ ТА ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ЙОГО ОЦІНКИ

1.1. Поняття біоклімату та теплового комфорту, підходи до типізації біокліматичних індексів

Біоклімат – це сукупність характеристик клімату конкретної території, які визначають комплексний вплив кліматичних умов на організм людини [10]. Цей вплив людина відчуває переважно через тепловідчуття та рівень теплового комфорту.

Тепловий комфорт визначається як стан, за якого терморегуляторна система людини працює з мінімальним навантаженням [10]. На формування теплового комфорту впливають три ключові фактори: фізіологічний стан організму, умови навколишнього середовища та теплоізоляція одягу. Окрім цього, на тепловідчуття впливають індивідуальні особливості (вік, стать, стан здоров'я), географічне розташування, рівень акліматизації та пора року. Фізіологічні аспекти проявляються через теплопродукцію організму, яка в стані спокою становить близько 80 Вт. Для підтримання комфорту людина використовує одяг, теплоізоляційні властивості якого залежать від матеріалу волокон та кількості газу між ними. Ці властивості оцінюють у одиницях КЛО, базуючись на вимірюванні теплопередачі в одязі [9].

Для аналізу біоклімату використовують біокліматичні індекси, які дозволяють оцінити вплив метеорологічних умов на здоров'я та комфорт людини. Основними параметрами, що визначають біоклімат і впливають на тепловідчуття, є температура та вологість повітря, швидкість вітру й інтенсивність сонячної радіації.

Серед значної кількості біокліматичних індексів існують різні підходи до їх класифікації. Згідно з підходом Е. Теодореану [39], біокліматичні індекси поділяються на такі групи:

- індекси, що використовують одну метеорологічну величину виміряну на метеорологічній станції (наприклад, Wind indices, Pulmonary stress index);
- індекси, що базуються на температурі та вологості повітря (Humidex index, Summer Index Simmer);
- індекси, що враховують температуру та швидкість вітру (Wind chill, coetaneous stress);
- індекси, розраховані за трьома параметрами (еквівалентно-ефективна температура).

За класифікацією, що наводить О.Г. Шевченко у своїй монографії [10], біокліматичні індекси поділяються на сім категорій:

1. Температурно-вологісні індекси.
2. Температурно-вітрові індекси холодного стресу.
3. Температурно-вологісно-вітрові індекси для затінених територій.
4. Температурно-вологісно-вітрові індекси для відкритих територій з урахуванням сонячної радіації.
5. Індекси патогенності та мінливості клімату.
6. Індекси континентальності клімату.
7. Індекси стану атмосфери.

Біокліматичні індекси також класифікують за основними чинниками:

1. Індекси, що базуються лише на метеорологічних величинах.
2. Індекси, розраховані на основі рівняння енергетичного балансу людського організму.

Друга група індексів є точнішою та актуальнішою [10]. До першої групи належать такі індекси, як ефективна температура, біологічно активна температура, вітровий індекс охолодження Сайпла-Пассела, індекси вітрового охолодження Хілла, індекс суворості погоди за Бодманом та інші менш поширені індекси.

До індексів ефективних температур належать еквівалентно-ефективна температура (ЕЕТ), нормально еквівалентно-ефективна температура (НЕЕТ) і радіаційно-еквівалентно-ефективна температура (РЕЕТ). Ці індекси розроблені

для оцінки умов, у яких перебуває людина, з урахуванням різних факторів. Зокрема, ЕЕТ застосовують для розрахунків для оголеної людини, яка знаходиться у затіненій зоні, тоді як НЕЕТ враховує аналогічні умови, але для особи, вдягненої у звичайний одяг. Для визначення цих індексів використовуються формули, номограми або таблиці, які базуються на таких метеорологічних даних, як швидкість вітру, відносна вологість та температура повітря. Розрахунок значень ЕЕТ може бути виконаний за допомогою формули Міссенарда [3]:

$$EET = 37^{\circ}C - (37^{\circ}C - t) / (0.68 - 0.0014 f + (1 / (1.76 + 1.4 V^{0.75}) - 0.29 t (1 - f / 100)) \quad (1.1)$$

де f , t , V – відповідно вологість та температура повітря і швидкість вітру.

Комфортними значеннями еквівалентно-ефективної температури для здорової людини є $17,3-21,7^{\circ}C$.

Розрахувати НЕЕТ можна за наступним співвідношенням [9]:

$$NEET = 0.8 \times EET + 7^{\circ}C \quad (1.2)$$

Комфортні температури для нормальної еквівалентно-ефективної температури знаходяться в межах $16,7-20,6^{\circ}C$.

Для визначення радіаційно-еквівалентно-ефективної температури (РЕЕТ) враховуються чотири основні метеорологічні величини: температура повітря, відносна вологість, швидкість вітру та інтенсивність сонячної радіації. Ці показники отримують за результатами стандартних метеорологічних та актинометричних спостережень. Розрахунки РЕЕТ виконують за допомогою різних формул, зокрема, ґрунтуючись на значеннях нормальної еквівалентно-ефективної температури (НЕЕТ) [3]:

$$REET = 6.2^{\circ}C + NEET \quad (1.3)$$

Значення РЕЕТ в межах 19,7–23,6 °С належать до комфортних умов.

Біологічно активна температура – це індекс, в основі розрахунків якого значення температури повітря, відносної вологості, швидкості вітру, сумарної сонячної радіації та довгохвильової радіації від підстильної поверхні, атмосфери та предметів навколишнього середовища. Цей показник може бути розрахований за формулою [1]:

$$\text{БАТ} = 9^{\circ}\text{C} + 0.8 \times \text{НЕЕТ} \quad (1.4)$$

або

$$\text{БАТ} = 6^{\circ}\text{C} + 0.8 \times \text{РЕЕТ} \quad (1.5)$$

Оптимальними межами тепловідчуття людини згідно БАТ є діапазон від 10 до 22°C.

За допомогою вітрового індексу охолодження Сайпла-Пассела, ми можемо оцінити тепловідчуття людини, внаслідок дії вітру і низьких температур у тіні без врахування випарування, а швидкість охолодження визначається враховуючи середньозважену температуру шкіри людини - 33 °С. Обчислення даного індексу відбувається за допомогою формули [33]:

$$N = (10.45 + 10V - V)(33 - T) \quad (1.6)$$

де N – вітровий індекс охолодження Сайпла-Пассела; v – швидкість вітру, м/с;
 T – температура повітря, °С.

Індекс суворості погоди Бодманом являє собою показник холодового стресу, який враховує вплив тепловідчуття та дискомфорту, коригуючи його з урахуванням швидкості вітру. Значення індексу виражаються в балах. Основним недоліком цього підходу є те, що при певних швидкостях вітру та температурних умовах можуть утворюватися однакові бали жорсткості погоди, навіть за різних реальних умов. Розрахунок індексу здійснюється за формулою [7]:

$$S = (1 - 0,04 * t) * (1 + 0,272 * v) \quad (1.7)$$

де S – індекс суворості Бодмана, t – добові значення температури повітря, °C; v – середня за добу швидкість вітру, м/с.

Згідно зі шкалою жорсткості погодних умов Бодмана, зима при $S < 1$ не сувора, м'яка; $S = 1-2$ – мало сувора; $S = 2-3$ – помірно сувора; $S = 3-4$ – сувора; $S = 4-5$ – дуже сувора; $S = 5-6$ – жорстко сувора; $S > 6$ – надзвичайно сувора.

З-поміж створених науковцями понад 160 біокліматичних індексів, найбільш популярними є Бі, які ґрунтуються на рівнянні енергетичного балансу тіла людини [32]:

- фізіологічно-еквівалентна температура (ФЕТ) (Physiological Equivalent Temperature (PET) – англ.);
- Predicted Mean Vote (PMV);
- універсальний біокліматичний індекс (Universal Thermal Climate Index (UTCI) – англ.);
- стандартна ефективна температура (CET) (Standard Effective Temperature (SET*) – англ.).

1.2. Фізіологічно-еквівалентна температура

Фізіологічно-еквівалентна температура (ФЕТ) – це біокліматичний індекс, розроблений на основі моделі MEMI, який вимірюється у градусах Цельсія, що забезпечує зручність його використання. Значення індексу відповідає температурі повітря, необхідній для досягнення теплового балансу середньостатистичного людського організму в приміщенні за певних умов. Ці умови включають середню радіаційну температуру, що дорівнює температурі повітря, швидкість вітру 0,1 м/с, а також парціальний тиск водяної пари 12 гПа, який при температурі повітря 20 °C відповідає приблизно 50% відносної вологості повітря [20].

Основою моделі MEMI є рівняння енергетичного балансу тіла людини [15]:

$$M + W + R + C + E_D + E_{Re} + E_{Sw} + S = 0 \quad (1.8)$$

Де, M – інтенсивність метаболізму, W – енергія, яку виробляє організм під час фізичної роботи, R – випромінювання тіла, C – конвективний тепловий потік, E_D – прихований тепловий потік для випаровування води зі шкіри, E_{Re} – сума теплових потоків, що використовується для нагрівання та зволоження видихуваного повітря, E_{Sw} – тепловий потік за рахунок випаровування поту, S – акумульований тепловий потік для нагрівання або охолодження маси тіла. Деякі складові цього рівняння мають позитивний знак, якщо вони призводять до надходження енергії до тіла або негативний – якщо енергія тілом втрачається (M – завжди позитивна, W , E_D та E_{Sw} – завжди негативні). Одиниці вимірювання потоків тепла – вати.

Фізіологічно-еквівалентна температура (ФЕТ) розраховується для людини із такими параметрами: чоловік віком 35 років, зростом 175 см, вагою 75 кг, одягнений у одяг із термоізоляцією 0,9 КЛО, перебуває у вертикальному положенні, з теплопродукцією організму на рівні 80 Вт.

Для визначення ступеню теплового/холодового стресу та комфортності користуються градаціями ФЕТ, які представлені у таблиці 1.1:

Таблиця 1.1.

Межі фізіологічно-еквівалентної температури для різних ступенів теплосприйняття та фізіологічного навантаження на організм людини [35]

ФЕТ (°C)	Теплове сприйняття	Рівень фізіологічного навантаження
<4	Дуже холодно	Екстремальний холодний стрес
4.1–8.0	Холодно	Сильний холодний стрес
8.1–13.0	Прохолодно	Помірний холодний стрес
13.1–18.0	Дещо прохолодно	Легкий холодний стрес
18.1–23.0	Комфортно	Тепловий стрес відсутній
23.1–29.0	Дещо тепло	Легкий тепловий стрес
29.1–35.0	Тепло	Помірний тепловий стрес
35.1–41.0	Спекотно	Сильний тепловий стрес
>41.1	Дуже спекотно	Екстремальний тепловий стрес

Фізіологічно-еквівалентна температура (ФЕТ) може бути розрахована за допомогою систем рівнянь або отримана з використанням спеціалізованих моделей, таких як SkyHelios Model, ENVI-Met [19], а також RayMan [16, 33, 35]. Модель RayMan доступна безкоштовно для некомерційного використання науковцями та студентами з освітньою метою.

Біокліматичний індекс ФЕТ широко застосовується у дослідженнях з біокліматології, медицини, туризму, з метою адаптації міст до зміни клімату та для проєктування нових районів. Об'єктивність цього індексу підтверджується тим, що він рекомендований Директивою Німецької асоціації інженерів (Verein Deutscher Ingenieure, VDI) № 3787, частина II «Методи біокліматичної оцінки клімату для людини та якості повітря для міського та регіонального планування, частина I: клімат» для оцінки термальних компонентів різних кліматичних умов.

1.3. Дослідження біоклімату України

Дослідження біоклімату України за допомогою найпростіших біокліматичних індексів, які ґрунтуються лише на значеннях метеорологічних величин та не враховують рівняння теплового балансу тіла людини, розпочалося ще у 70-х роках ХХ століття, про що згадується у роботі «Клімат Києва» [5]. Однак, навіть сьогодні для вивчення біоклімату України дослідники часто застосовують ці найпростіші біокліматичні індекси (БІ), точність яких є не дуже високою. Ряд сучасних досліджень [4, 5] також ґрунтується на найпростіших біокліматичних індексах, таких як ефективна температура (ЕТ), еквівалентно-ефективна температура (ЕЕТ), радіаційна еквівалентно-ефективна температура (РЕЕТ), індекс суворості Г. Бодмана та індекс вітрового охолодження, останній із яких розраховується у градусах Фаренгейта, що є незручним для застосування. Для аналізу динаміки змін біоклімату як у гірських районах, так і на території всієї України, також використовувалися прості БІ, засновані на метеорологічних

показниках – температурі повітря, швидкості вітру та відносній вологості (наприклад, ЕЕТ, індекс суворості Бодмана) [1].

Біокліматичне зонування України за тепловим станом людини було виконане у дослідженнях Малицької Л. та Москаленко С. Для цього було проаналізовано дані 187 метеорологічних станцій України за період 1981–2010 років. Оцінювання базувалося на функції бажаності Харрінгтона, що дозволило виділити чотири біокліматичні зони для зимового періоду та три для літнього [22].

Водночас на території України проводяться біокліматичні дослідження із застосуванням сучасних методологічних підходів – біокліматичних індексів, що ґрунтуються на рівнянні енергетичного балансу тіла людини, зокрема фізіологічно-еквівалентної температури (ФЕТ) [13, 22, 37, 36, 41, 40, 12] та універсального біокліматичного індексу (UTCI) [21]. Оцінку біоклімату Києва здійснили Шевченко О., Сніжко С., Мацаракіс А. [36], біоклімат Одеси аналізували Катеруша О. та Мацаракіс А. [21], а Харкова [35] та Львова [37] — Шевченко О., Сніжко С. та Матвієнко М. Біоклімат західних регіонів України був досліджений Томчиком А., Шевченко О. та Мацаракісом А. [41, 32]. Також у 2024 році нами було проведено дослідження біокліматичних умов Дніпропетровської області, що відображено у низці публікацій [40, 11], одна з яких у журналі, який індексується у наукометричній базі WoS. У монографії під редакцією Степаненка С. та Польового А. [6] розглядаються ймовірні зміни біокліматичного режиму України та їхній вплив на економіку країни, що підкреслює важливість і актуальність досліджень біокліматичних умов держави.

1.4 Індекси континентальності клімату

На комфортність середовища для людини значною мірою впливає і континентальність клімату. Добре відомо, що континентальний клімат характеризується високими амплітудами температури. Це здійснює

подразнюючий вплив на організм і може негативно впливати на самопочуття людей, які мають хронічні захворювання, в першу чергу, серцево-судинної системи.

Континентальність клімату є однією з ключових кліматичних характеристик території, що відображає вплив суходолу на формування кліматичних умов. З огляду біокліматології, географії та екології континентальність відіграє важливу роль у характеристиці природного середовища [28].

Для визначення континентальності клімату використовують індекси континентальності, які у своїх формулах містять різні метеорологічні величини, відтак їх можна класифікувати наступним чином:

1. Індекси, що розраховуються на основі значень температури повітря (індекси Горчинського, Конрада, Хромова, Іванова, Зупана).
2. Індекси, що розраховуються на основі значень інших метеорологічних величин (індекси Міколаскової, Сладека, Берга) .

Одним з найпоширеніших індексів континентальності клімату у Європі є індекс Горчинського [28]. Для розрахунку використовується формула запропонована Л. Горчинським у 1922 році [17]:

$$k = 1,7 (A - 12 \sin \alpha) / \sin \alpha = (1,7 A / \sin \alpha) - 20,4 \quad (1.9)$$

де k – це індекс континентальності Горчинського, A – амплітуда середніх річних коливань температури, α – це географічна широта. Вираз $A = 12 \sin \alpha$ демонструє високу відповідність зі спостереженнями над океанами. На основі цієї формули, Л. Горчинський представив географічний розподіл континентальності, виділяючи три рівні [17]:

1. Перехідна морська зона, де $k =$ від 0 до 33%;
2. Континентальна зона, де $k = 34$ –66%;
3. Екстремально континентальна зона, де $k = 67$ –100%.

Згодом, у 1944 році Конрад дослідив, що рівняння Горчинського дає від'ємне значення на Фарерських островах, що є не правильним, адже результат рівняння має бути у межах від 0 до 100%. Таким чином науковцем було зроблено спроби модифікувати формулу для забезпечення більшої точності. Найвідомішою трансформацією індексу Горчинського є індекс Конрада, який найчастіше використовується на теренах США та Канади [26]:

$$k = \frac{1,7A}{\sin(\alpha+10)} - 14 \quad (1.10)$$

Якщо значення індексу дорівнює 0, клімат більше не перебуває під впливом материка, а якщо значення становить 100 – клімат повністю втрачає вплив морських повітряних мас. Цей індекс дає кращі результати для нижчих широт (наприклад, близько 0°), проте його застосування стає недійсним для широт, що перевищують 80° [38].

Значення індексу Конрада може належати до однієї з п'яти категорій [14]:

1. Гіпер-океанічний клімат, де $k = -20-20\%$;
2. Океанічний клімат, де $k = 20-50\%$;
3. Субконтинентальний клімат, де $k = 50-60\%$;
4. Континентальний клімат, де $k = 60-80\%$;
5. Гіпер-континентальний клімат, де $k = 80-120\%$.

Вчені, які намагались покращити індекс Горчинського, лише змінювали коефіцієнти, проте у 1959 році С. Хромов створив свій індекс континентальності, результати розрахунків якого показують, що на Землі немає 100% континентальності. Для цього він використав формулу [26]:

$$k = \frac{A-5,4 \sin \alpha}{A} \times 100 \quad (1.11)$$

Де A – амплітуда середніх річних коливань температури у цій точці, $5,4\sin \alpha$ – це амплітуда річної температури винятково океанічного клімату, α – це географічна широта точки.

Найпростішим, у свою чергу, вважається індекс О. Зупана, що був використаний Рівас-Мартінесом та колегами у створенні нової всесвітньої класифікації біоклімату, формула має вигляд [34]:

$$I_c = T_{max} - T_{min} \quad (1.12)$$

Де T_{max} – це середня температура повітря найтеплішого місяця року, T_{min} – це середня температура повітря найхолоднішого місяця року.

Для характеристики рівня континентальності клімату застосовуються такі градації [28]:

- Екваторіальний клімат, де $I_c = <2,5^\circ\text{C}$;
- Океанічний клімат, де $I_c = 2,5-10^\circ\text{C}$;
- Перехідна морська зона, де $I_c = 10-25^\circ\text{C}$;
- Континентальний клімат, де $I_c = 25-40^\circ\text{C}$;
- Екстремально континентальний клімат, де $I_c = >40^\circ\text{C}$.

К. Міколаскова у своєму дослідженні [27] застосувала формулу:

$$R = \frac{\text{кількість опадів у період з 1 квітня по 30 вересня}}{\text{кількість опадів у період з 1 жовтня по 31 березня}} \quad (1.13)$$

Якщо R дорівнює більше 1 – це означає переважання опадів у літньому півріччі (результат конвективних опадів), а отже, континентальний клімат. У протилежному випадку, коли R менше 1 – це означає переважання опадів у зимовому півріччі (результат циклонічних опадів), а отже, океанічний клімат.

Формула для визначення континентальності І. Сладека [26] має вигляд:

$$Q = \frac{(\text{summer} + \text{winter})}{(\text{rising} + \text{falling part})} \quad (1.14)$$

Де, *summer* – це кількість днів, коли температура вища за медіану середньодобових значень температури у період від дня з мінімальним та максимальним значенням середньодобової температури повітря, *winter* – це кількість днів, коли температура нижча за медіану середньодобових значень температури у період від дня з максимальним та мінімальним значенням середньодобової температури, *rising* – це кількість днів від зимового мінімуму до літнього максимуму, *falling part* – це кількість днів від літнього максимуму до зимового мінімуму.

Якщо результат розрахунків дорівнює $>0,5$ – це свідчить про те, що клімат у цій місцевості континентальний, в іншому випадку, коли $<0,5$ – вказує на морський клімат.

Індекс континентальності Берга ґрунтується на співвідношенні морських та континентальних повітряних мас [30]:

$$K = \frac{c}{c+m} \quad (1.15)$$

Де, K – це індекс континентальності Берга, c – це кількість днів, коли на регіон впливають континентальні повітряні маси, m – це кількість днів або частка часу, коли регіон знаходиться під впливом морських повітряних мас.

У випадку коли результат обрахунків наближається до 1, це свідчить про домінування континентальних повітряних мас, що характерно для континентального клімату. В іншому випадку, коли результати ближче до 0, це вказує на переважання морських повітряних мас, що є ознакою морського (океанічного) клімату.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Клімат Івано-Франківська

Місто Івано-Франківськ, за класифікацією кліматів Кеппена-Гейгера, розташоване у вологому континентальному кліматі (позначення літерами – Dfb), для якого характерне холодна зима та тепле літо [42].

Важливу роль у формуванні кліматичних умов відіграють Карпати. Гірський масив спричиняє посилення опадів на навітряних схилах, а також викликає фєнові явища при південно-західних та західних вітрах. Це проявляється у вигляді сухої та теплої погоди з низькою вологістю повітря.

За даними Українського гідрометеорологічного центру середньорічна температура повітря за період спостережень 1991-2020 рр., в Івано-Франківську становить $+8,4^{\circ}\text{C}$. Найхолоднішим місяцем є січень із середньою температурою $-3,0^{\circ}\text{C}$, а найтеплішим – липень ($+19,5^{\circ}\text{C}$).

Вологість повітря в місті висока, середнє річне значення відносної вологості становить 78%. Найвищі показники (до 86%) спостерігаються в листопаді-грудні, тоді як найнижчі (69%) – у квітні.

Івано-Франківськ відзначається значною хмарністю: середній рівень загальної хмарності становить 6,8 бала, а нижньої – 5,2 бала. Максимальні значення спостерігаються в зимові місяці, тоді як у серпні кількість хмар мінімальна.

Стійкий сніговий покрив зазвичай формується наприкінці листопада і сходить у першій декаді квітня. Найбільша середня висота снігу досягає 9,5 см у лютому. Середня річна кількість опадів у місті становить 661 мм. Найбільше опадів випадає в червні та липні (близько 94 мм на місяць), найменше – у січні (29 мм).

Середня річна швидкість вітру в Івано-Франківську становить 2,6 м/с, найнижча фіксується в серпні (2,1 м/с), а найвища – в березні (3,2 м/с). Найчастіше спостерігається вітер північно-західного напрямку (29,4% випадків), найрідше – північного (3,6%). Максимальна зафіксована швидкість вітру – 32 м/с у липні 2012 року.

Тумани в Івано-Франківську спостерігаються в середньому 55 днів на рік, найчастіше – у листопаді. Грози є характерним явищем теплого періоду, зокрема в липні фіксується близько 10,6 грозових днів. Найбільша кількість днів з грозами зафіксована в червні 2018 та 2020 років (по 18 днів).

Град найчастіше випадає з квітня по вересень, максимальна ймовірність – у травні та липні. В середньому він спостерігається 0,4 дня на місяць, а найбільша кількість днів із градом за рік була зафіксована у 2016 році (6 днів).

2.2 Клімат Харкова

Харків, за класифікацією Кеппена-Гейгера, розташований у зоні вологого континентального клімату (позначення літерами – Dfb), тобто має однаковий клімат з Івано-Франківськом. У зимовий період морози часто змінюються відлигами.

За даними Українського гідрометеорологічного центру, середня річна температура за кліматичний період з 1991 по 2020 рік становить +8,7°C. Найхолоднішим місяцем є січень із середньою температурою -4,5°C, хоча іноді температура може знижуватися до -15...-30°C. Кліматична зима в місті розпочинається в середині листопада і триває до березня. Зима зазвичай не є суворою. Часто спостерігаються відлиги, іноді настільки інтенсивні, що сніговий покрив повністю зникає. Весна приходить у березні, а літо може розпочинатися наприкінці травня. Літо в Харкові зазвичай тепле або спекотне. Найспекотніший місяць – липень, середня температура якого становить +22°C.

Середня річна кількість опадів у період з 1991 по 2020 рік становила 522 мм. Осінь починається із середини жовтня, коли середня добова температура опускається нижче $+15^{\circ}\text{C}$. Протягом теплого періоду року тривала нестача опадів у поєднанні з підвищенням температури повітря призводить до посух і суховіїв. Суховії спостерігаються з квітня по вересень, найчастіше у серпні. Це явище виникає за умов підвищення температури понад $+25^{\circ}\text{C}$, зниження відносної вологості до 30% і швидкості вітру понад 5 м/с.

Особливістю клімату Харкова є те, що через його територію проходить зона високого тиску Войєйкова-Броунова, яка є важливою зоною розділу вітрів. Вона підвищує частоту південних, південно-східних і східних вітрів, сприяючи формуванню потужного стійкого антициклону. Влітку цей вплив майже непомітний, але взимку він проявляється чітко. Ця зона є межею розподілу вологих повітряних мас і опадів в Україні [29].

2.3 Характеристика використаних даних та методики дослідження

Для порівняльного аналізу біокліматичних умов міст Івано-Франківська та Харкова було використано дані Центральної геофізичної обсерваторії ім. Бориса Срезневського (ЦГО). Зокрема, значення температури та вологості повітря, хмарності та швидкості вітру, що виміряні на АМСЦ Івано-Франківськ та АМСЦ Харків (рис. 2.1) за всі строки спостереження (00 год, 03 год, 06 год, 09 год, 12 год, 15 год, 18 год та 21 год за міжнародним скоординованим часом) у період з 1991 по 2020 роки.

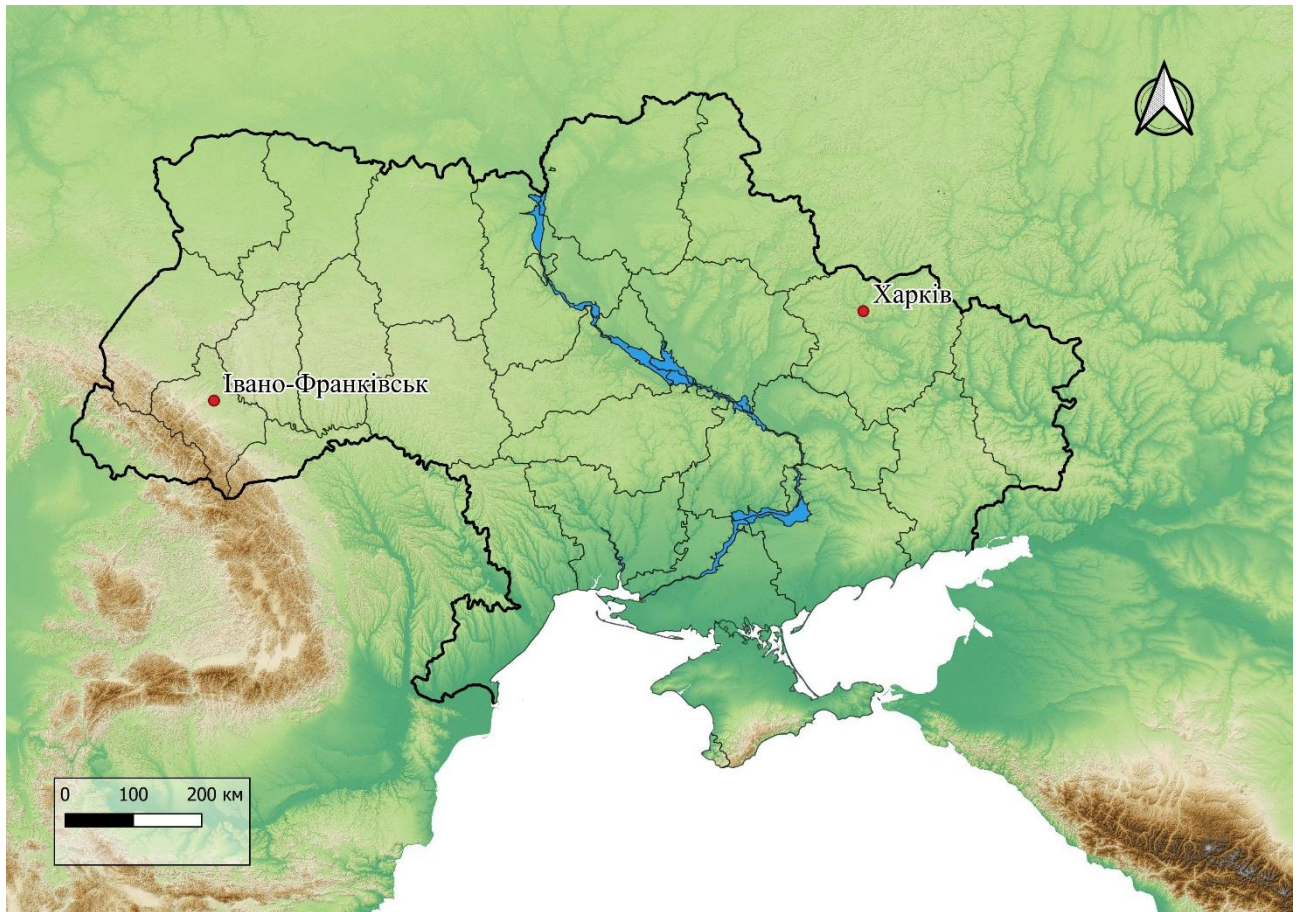


Рис. 2.1 Місцерозташування Івано-Франківська та Харкова на карті України

Біокліматичні умови області були проаналізовані з використанням біокліматичного індексу фізіологічно-еквівалентної температури (ФЕТ), який широко застосовується в сучасних дослідженнях [11, 13, 18, 21, 24, 31, 36].

Цей індекс базується на рівнянні енергетичного балансу людського тіла. Для розрахунку значень ФЕТ була використана мікромасштабна модель «RayMan», яка є оптимальним інструментом для аналізу теплового комфорту в конкретних точках. Вона також забезпечує ефективну обробку великих обсягів даних [25]. На рис. 2.2 показано інтерфейс моделі «RayMan» для введення даних.

The screenshot shows the RayMan Pro software interface with the following sections and data:

- Date and time:**
 - Date (day.month.year): 24.1.2025
 - Day of year: 24
 - Local time (h:mm): 22:15
 - Button: Now and today
- Geographic data:**
 - Location: Ivano-Frankivsk
 - Buttons: Add location, Remove location
 - Geogr. longitude (..°..' E): 24°41'
 - Geogr. latitude (..°..' N): 48°53'
 - Altitude (m): 280
 - Timezone (UTC + h): 2.0
- Current data:**
 - Air temperature Ta (°C): 20.0
 - Vapour pressure VP (hPa): 12.5
 - Rel. humidity RH (%): 53.5
 - Wind velocity v (m/s): 1.0
 - Cloud cover N (octas): 0.0
 - Global radiation G (W/ml): [empty]
 - Mean radiant temp. Tmrt (°C): [empty]
- Personal data:**
 - Height (m): 1.75
 - Weight (kg): 75.0
 - Age (a): 35
 - Sex: m
- Clothing and activity:**
 - Clothing (clo): 0.9
 - Activity (W): 80.0
 - Position: standing
- Thermal indices:**
 - PMV
 - PET
 - SET
- Calculation:**
 - Buttons: New, Add
- Close:** Button with a small icon and the text 'Close'.

Рис. 2.2. Інтерфейс програми «RayMan»

Для підготовки файлу з вхідними даними, необхідними для використання у моделі, їх слід конвертувати у текстовий формат (рис. 2.3).

Date	Time	Temp	RH	v	N
01.01.1991	0:00	-1.2	100	0.0	4
01.01.1991	3:00	-2.7	100	0.0	2
01.01.1991	6:00	-3.1	100	0.0	2
01.01.1991	9:00	-2.4	98	0.0	8
01.01.1991	12:00	1.0	96	4.0	8
01.01.1991	15:00	2.4	96	0.0	8
01.01.1991	18:00	1.4	98	0.0	8
01.01.1991	21:00	0.7	98	0.0	8
02.01.1991	0:00	3.3	90	4.0	8
02.01.1991	3:00	2.6	93	5.9	8
02.01.1991	6:00	2.0	89	5.9	8
02.01.1991	9:00	1.4	76	5.9	6
02.01.1991	12:00	1.7	67	4.9	7
02.01.1991	15:00	2.1	56	4.9	7
02.01.1991	18:00	1.1	66	3.0	0
02.01.1991	21:00	-3.1	86	0.0	0
03.01.1991	0:00	-2.9	86	0.0	5
03.01.1991	3:00	-1.9	85	0.0	7
03.01.1991	6:00	-0.5	84	0.0	8
03.01.1991	9:00	0.9	83	4.0	8
03.01.1991	12:00	5.4	68	3.0	2
03.01.1991	15:00	7.4	56	6.9	7
03.01.1991	18:00	5.6	68	7.9	6
03.01.1991	21:00	5.8	68	4.9	8
04.01.1991	0:00	5.6	74	2.0	8
04.01.1991	3:00	4.9	76	4.0	6
04.01.1991	6:00	3.0	86	0.0	8
04.01.1991	9:00	2.6	89	0.0	8
04.01.1991	12:00	4.0	90	3.0	6
04.01.1991	15:00	8.6	70	0.0	0
04.01.1991	18:00	7.0	75	0.0	2
04.01.1991	21:00	3.2	93	2.0	2
05.01.1991	0:00	0.8	96	0.0	2
05.01.1991	3:00	0.3	92	0.0	2

Рис. 2.3 Текстовий файл з даними, що завантажуються до моделі

Дані температури та вологості повітря використовувалися в моделі без змін. Швидкість вітру необхідно було привести до висоти 1,1 м, оскільки на метеорологічних станціях характеристики вітру вимірюють на висоті 10–12 м, і ці значення суттєво відрізняються від значень швидкості вітру на висоті 1,1 м, що є стандартом для оцінки теплового комфорту людини. Для коригування швидкості вітру було використано формулу [23]:

$$WS_{1.1} = WS_h^*(1.1/h)^a, \quad (2.1)$$

де WS_h^* - це швидкість вітру, що виміряна на метеостанції; h – висота на якій вимірюється швидкість вітру, на обраних метеостанціях це 12 метрів; a – коефіцієнт шорсткості поверхні, обрано 0,005, що відповідає низькому трав'яному покриву (умови метеорологічної станції).

Оскільки в моделі «RayMan» значення хмарності повинні бути подані в октантах, а на метеостанціях України цей показник вимірюється в балах, було виконано перетворення даних за допомогою спеціальної таблиці.

Після проведення розрахунків у моделі «RayMan» створюється текстовий файл із результатами. Для прикладу, на рисунку 2.4 показано такий файл.

The image shows a text file output from the RayMan software. The file contains simulation results for the location 'Ivano-Frankivsk' for the year 1991. The data is organized into columns representing various meteorological parameters over time. The first few columns include date, time, sunrise, sunset, and solar radiation (SDmax, SDact). Subsequent columns represent different radiation fluxes (Gmax, Gmin, Gact, Dact, A, E, Is, Ia, VP, RH, v, C, Tarr, PET) in various units. The data is presented in a tabular format with multiple rows for each day of the year.

date	day	time	sunr	sunse	SDmax	SDact	Gmax	Gmin	Gact	Dact	A	E	Is	Ia	VP	RH	v	C	Tarr	PET		
d.m.yyyy	year	h:mm	h:mm	h:mm	min	min	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	hPa	%	m/s	/8	°C	°C		
1.1.1991	1	0:00	8:15	16:35	500	497	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	239.9	294.0	-4.2	-1.2	5.6	100.0	0.0	4.0	-11.2	-4.6	
1.1.1991	1	3:00	8:15	16:35	500	497	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	224.7	285.5	-6.0	-2.7	5.0	100.0	0.0	2.0	-14.2	-6.7	
1.1.1991	1	6:00	8:15	16:35	500	497	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	222.5	283.6	-6.5	-3.1	4.9	100.0	0.0	2.0	-14.7	-7.2	
1.1.1991	1	9:00	8:15	16:35	500	497	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	221.4	297.1	-3.8	-2.4	5.0	98.0	0.0	8.0	-7.1	-3.1	
1.1.1991	1	12:00	8:15	16:35	500	497	12.3	0.0	12.3	3.5	0.0	293.2	317.5	0.7	1.0	6.3	96.0	4.0	8.0	-1.7	-6.1	
1.1.1991	1	15:00	8:15	16:35	500	497	0.6	0.0	0.6	0.2	0.0	202.6	321.1	1.4	2.4	7.0	96.0	0.0	8.0	-0.8	2.4	
1.1.1991	1	18:00	8:15	16:35	500	497	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	206.6	316.1	0.3	1.4	6.6	98.0	0.0	8.0	-2.0	1.3	
1.1.1991	1	21:00	8:15	16:35	500	497	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	291.9	312.6	-6.4	0.7	6.3	98.0	0.0	8.0	-2.9	0.5	
2.1.1991	2	0:00	8:15	16:36	501	497	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	306.6	328.5	3.0	3.3	7.0	90.0	4.0	8.0	0.4	-3.7	
2.1.1991	2	3:00	8:15	16:36	501	497	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	302.9	325.5	2.4	2.6	6.8	93.0	5.9	8.0	-0.3	-4.9	
2.1.1991	2	6:00	8:15	16:36	501	497	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	297.4	322.4	1.7	2.0	6.3	89.0	5.9	8.0	-1.3	-5.6	
2.1.1991	2	9:00	8:15	16:36	501	497	62.9	51.3	11.6	20.9	12.8	16.1	202.2	317.6	1.0	1.4	5.1	76.0	5.9	6.0	-2.5	-6.4
2.1.1991	2	12:00	8:15	16:36	501	497	321.5	294.9	26.6	119.0	36.9	82.1	271.2	323.8	2.3	1.7	4.6	67.0	4.9	7.0	10.0	-4.1
2.1.1991	2	15:00	8:15	16:36	501	497	170.3	142.8	27.5	63.0	17.8	45.2	267.6	322.3	2.0	2.1	4.0	56.0	4.9	7.0	3.4	-4.7
2.1.1991	2	18:00	8:15	16:36	501	497	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	232.0	318.1	-0.3	1.1	4.4	66.0	3.0	8.0	-10.2	-7.1	
2.1.1991	2	21:00	8:15	16:36	501	497	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	216.9	292.4	-6.7	-3.1	4.2	86.0	0.0	8.0	-15.6	-7.6	
3.1.1991	3	0:00	8:15	16:37	502	501	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	232.1	286.5	-5.9	-2.9	4.2	86.0	0.0	5.0	-13.1	-6.4	
3.1.1991	3	3:00	8:15	16:37	502	501	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	256.5	295.4	-4.0	-1.9	4.5	85.0	0.0	7.0	-9.0	-3.9	
3.1.1991	3	6:00	8:15	16:37	502	501	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	270.6	305.3	-2.0	-0.5	4.9	84.0	0.0	8.0	-5.3	-1.4	
3.1.1991	3	9:00	8:15	16:37	502	501	63.5	51.9	11.7	17.8	0.0	17.8	207.5	317.2	0.7	0.9	5.4	83.0	4.0	8.0	-0.1	-6.0
3.1.1991	3	12:00	8:15	16:37	502	501	323.3	297.0	26.3	265.1	222.8	42.3	259.0	349.5	8.0	5.4	6.1	68.0	3.0	2.0	13.3	1.0
3.1.1991	3	15:00	8:15	16:37	502	501	172.9	145.4	27.5	64.0	18.2	45.8	302.5	349.1	7.5	7.4	5.8	56.0	6.9	7.0	9.7	0.6
3.1.1991	3	18:00	8:15	16:37	502	501	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	284.9	337.4	5.2	5.6	6.2	68.0	7.9	6.0	-1.0	-2.5	
3.1.1991	3	21:00	8:15	16:37	502	501	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	314.1	340.3	5.5	5.8	6.3	68.0	4.9	8.0	2.5	-1.4	
4.1.1991	4	0:00	8:15	16:38	503	501	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	315.7	338.5	5.1	5.6	6.7	74.0	2.0	8.0	2.5	-0.3	
4.1.1991	4	3:00	8:15	16:38	503	501	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	284.0	332.9	4.2	4.9	6.6	76.0	4.0	6.0	-1.6	-2.5	
4.1.1991	4	6:00	8:15	16:38	503	501	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	303.0	323.4	1.9	3.0	6.5	86.0	0.0	8.0	-0.5	2.0	
4.1.1991	4	9:00	8:15	16:38	503	501	28.4	11.9	16.4	7.9	0.0	7.9	301.4	322.8	1.8	2.6	6.6	89.0	0.0	8.0	0.5	3.1
4.1.1991	4	12:00	8:15	16:38	503	501	244.0	125.8	118.1	112.2	31.5	80.8	283.6	335.7	4.8	4.0	7.3	90.0	3.0	6.0	11.9	-0.5
4.1.1991	4	15:00	8:15	16:38	503	501	175.7	148.2	27.5	175.7	148.2	27.5	276.7	368.8	11.8	8.6	7.8	78.0	0.0	8.0	12.0	12.1
4.1.1991	4	18:00	8:15	16:38	503	501	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	271.1	330.3	3.8	7.0	7.5	75.0	0.0	2.0	-3.3	3.1	
4.1.1991	4	21:00	8:15	16:38	503	501	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	255.4	320.2	1.7	3.2	7.1	93.0	2.0	2.0	-6.2	-4.1	
5.1.1991	5	0:00	8:14	16:39	505	505	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	242.8	301.5	-2.4	0.8	6.2	96.0	0.0	2.0	-9.9	-3.0	
5.1.1991	5	3:00	8:14	16:39	505	505	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	238.8	298.9	-3.0	0.3	5.7	92.0	0.0	2.0	-10.7	-3.7	
5.1.1991	5	6:00	8:14	16:39	505	505	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	267.6	309.0	-1.0	1.3	6.2	92.0	0.0	6.0	-6.1	-0.9	
5.1.1991	5	9:00	8:14	16:39	505	505	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	295.2	315.5	0.2	1.3	6.4	96.0	0.0	8.0	-2.3	1.1	
5.1.1991	5	12:00	8:14	16:39	505	505	13.4	0.0	13.4	3.7	0.0	3.7	303.3	322.2	1.6	2.5	7.0	96.0	0.0	8.0	-0.0	2.8
5.1.1991	5	15:00	8:14	16:39	505	505	35.6	2.3	33.3	10.0	0.0	10.0	313.8	333.8	4.1	4.2	7.7	93.0	5.9	8.0	3.3	-3.0
5.1.1991	5	18:00	8:14	16:39	505	505	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	309.3	330.1	3.3	3.6	7.3	92.0	4.0	8.0	0.9	-3.3	
5.1.1991	5	21:00	8:14	16:39	505	505	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	305.6	327.2	2.7	3.1	6.9	91.0	3.0	8.0	0.2	-3.5	
6.1.1991	6	0:00	8:14	16:40	506	505	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	302.3	324.2	2.1	2.4	6.9	95.0	4.0	8.0	-0.5	-4.7	
6.1.1991	6	3:00	8:14	16:40	506	505	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	239.5	308.0	-0.9	0.7	5.9	92.0	2.0	8.0	-9.6	-6.9	

Рис. 2.4. Файл з результатами моделювання значень ФЕТ програмою

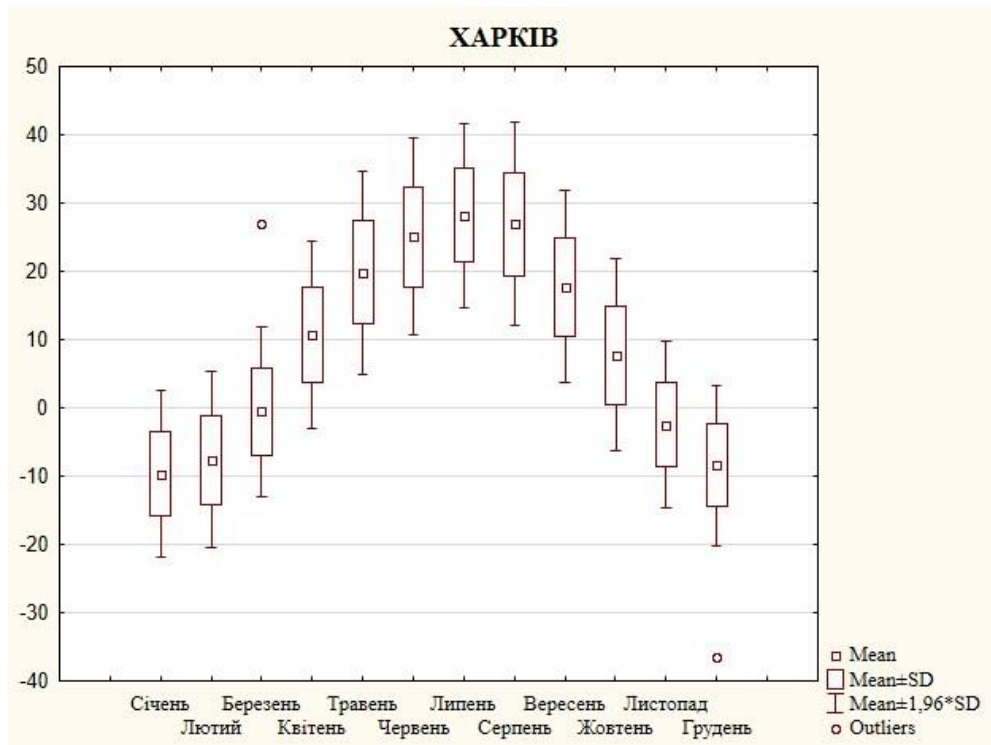
«RayMan»

Подальша обробка отриманих результатів масиву значень ФЕТ за 1991–2020 рр. (статистична обробка та графічні побудови) виконувалася за допомогою персонального комп'ютера з використанням програми «Microsoft Excel».

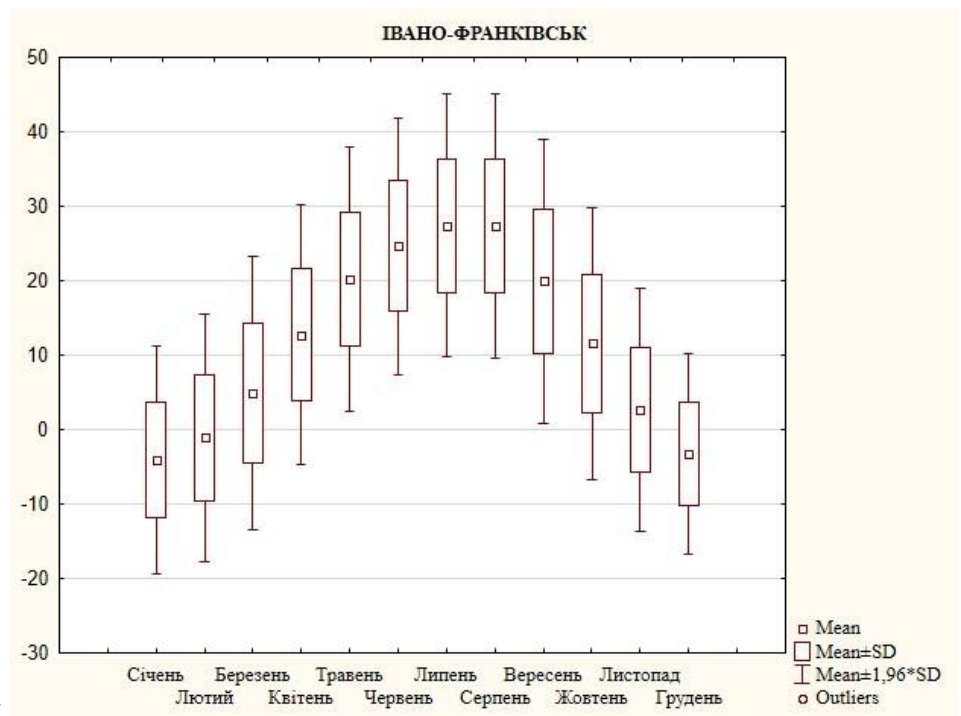
РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БІОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ХАРКОВА ТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

3.1 Порівняльний аналіз значень фізіологічно-еквівалентної температури

На основі значень фізіологічно-еквівалентної температури, отриманих за допомогою програми «RayMap», було встановлено, що щоденні значення ФЕТ о 12 МСЧ, мають високу варіативність протягом всіх місяців року.



а) Харків



б) Івано-Франківськ

Рис. 3.1 Середні значення фізіологічно-еквівалентної температури t_{12} МСЧ протягом року на метеостанціях а) Харків та б) Івано-Франківськ

На метеорологічній станції Харків найнижче значення ФЕТ спостерігалось у грудні 1997 року та становило $-40,7^{\circ}\text{C}$, на МС Івано-Франківськ найнижче значення було $-39,4^{\circ}\text{C}$ у лютому 2012 року. Найвищі значення фізіологічно-еквівалентної температури у Харкові та Івано-Франківську спостерігались у серпні 1998 року ($54,3^{\circ}\text{C}$) та у липні 2005 року ($51,8^{\circ}\text{C}$) відповідно. Таким чином, абсолютна амплітуда значень ФЕТ за досліджуваний період на МС Харків становила $95,0^{\circ}\text{C}$, на МС Івано-Франківськ – $91,2^{\circ}\text{C}$.

Найбільші діапазони значень ФЕТ спостерігались у різні сезони року, зокрема у Харкові найбільша амплітуда становить – $47,9^{\circ}\text{C}$ у грудні, в той час, як для Івано-Франківська максимальна амплітуда значень зафіксована у березні та складає – $52,9^{\circ}\text{C}$. Найнижчі амплітуди значень фізіологічно-еквівалентної температури по МС Харків та Івано-Франківськ відмічались у липні ($39,9^{\circ}\text{C}$) та грудні ($42,2^{\circ}\text{C}$) відповідно. У найхолодніший місяць року – січень, різниця між середніми значеннями ФЕТ у Харкові ($-9,7^{\circ}\text{C}$) та Івано-Франківську ($-4,1^{\circ}\text{C}$) становить $5,6^{\circ}\text{C}$. У липні середні місячні значення ФЕТ вище у Харкові та Івано-Франківську майже однакові – $28,2^{\circ}\text{C}$ та $27,4^{\circ}\text{C}$,

Від’ємні середні місячні значення ФЕТ у Харкові спостерігаються у зимові місяці (грудень, січень, лютий), а також у березні та листопаді, у Івано-Франківську – лише взимку. У липні та серпні на обох МС, а у Харкові ще і червні відзначаються найвищі середньомісячні значення фізіологічно-еквівалентної температури, що перевищують 25°C. Протягом року вищими середньомісячними значеннями ФЕТ характеризується Івано-Франківськ, лише у червні та липні вищі значення відмічаються на МС Харків. Середньорічне значення ФЕТ на МС Харків становить – 9°C, а на МС Івано-Франківськ, дещо вище – 11,9°C.

Для оцінки частоти повторюваності різних градацій ФЕТ для кожної декади побудовано діаграми для Харкова (рис. 3.1,а) та Івано-Франківська (рис. 3.1,б), що відображають повторюваність різних рівнів термічного навантаження на людину впродовж року.

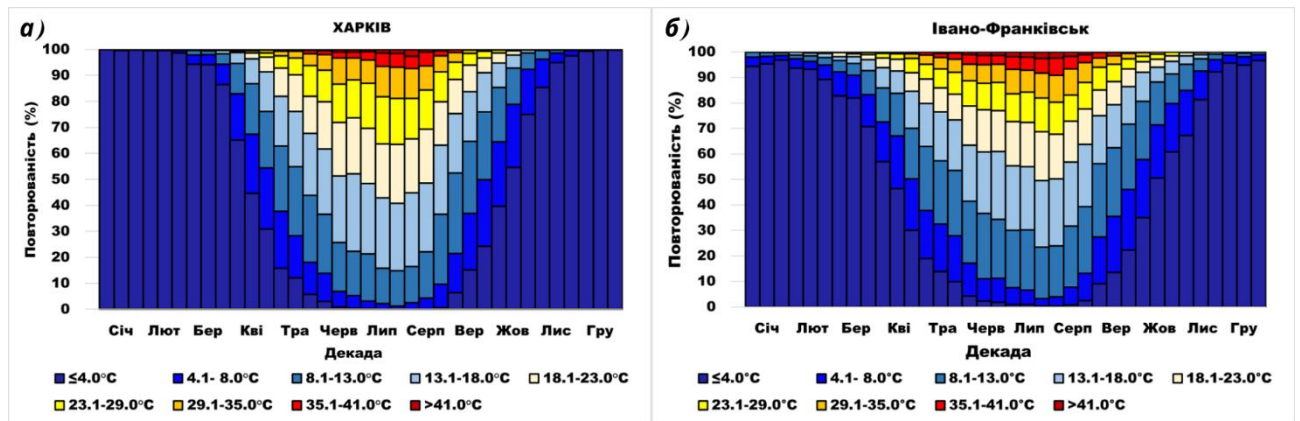


Рис. 3.1 Діаграми повторюваності різних градацій значень ФЕТ для кожної декади року а) для Харкова та б) для Івано-Франківська

Для більш детального опису біокліматичних умов Харкова та Івано-Франківська також було побудовано графіки повторюваності значень ФЕТ у денні строки (9, 12, 15, 18 год.) за період березень–листопад за той же кліматичний період 1991–2020 роки (рис. 3.2).

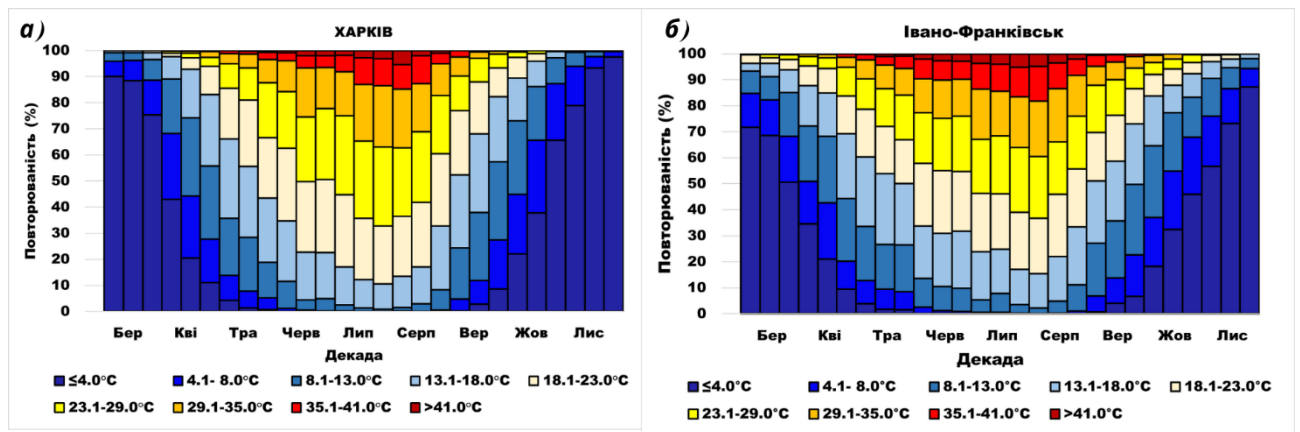


Рис. 3.2 Діаграми повторюваності різних градацій значень ФЕТ у денні строки (9, 12, 15, 18 год) для періоду березень–листопад а) для Харкова та б) для Івано-Франківська

На МС Харків холодний стрес (ФЕТ < 18°C) спостерігався протягом усіх місяців року. Найвища його повторюваність зафіксована взимку, а також у березні, першій декаді квітня, другій та третій декадах жовтня, а також у листопаді – у цей період домінуючою була повторюваність екстремального холодного стресу (ФЕТ < 4°C). Зокрема, найвища повторюваність спостерігалась у січні та становила 100%. Інтенсивність екстремального холодного стресу мала тенденцію до зменшення з наближенням до літніх місяців (червень–серпень). Найнижча повторюваність екстремального холодного стресу була зафіксована у другу та третю декаду липня та становила менше 0,1%, починаючи з другої декади жовтня повторюваність екстремального холодного стресу, перевищувала 50,0%.

Комфортні умови (ФЕТ = 18,1–23,0°C) у Харкові спостерігались з першої декади березня (менше 0,1%) по другу декаду листопада (менше 0,1%) з перервою у другій декаді березня. Найвищі значення повторюваності комфортних умов зафіксовано у третій декаді липня – 22,7%. У період березень–листопад у денні години комфортні умови у місті Харків фіксувались впродовж усіх декад, за винятком другої декади березня та третьої декади листопада. Починаючи з другої декади травня по першу декаду вересня повторюваність

комфортних умов перевищувала 20,0%, а максимальне значення сягало 28,1% у третій декаді червня.

Тепловий стрес ($\text{ФЕТ} > 23^{\circ}\text{C}$) на МС Харків спостерігається з першої декади квітня (0,4%) до третьої декади жовтня (менше 0,1%), а також у другій декаді березня, коли повторюваність теплового стресу сягає менше 0,1%. Найвища повторюваність всіх градацій теплового стресу була зафіксована у другій та третій декаді липня – 36,4% та 36,5% відповідно. Повторюваність сильного та екстремального теплового стресу ($\text{ФЕТ} > 35^{\circ}\text{C}$) була найвища у третю декаду липня та першу декаду серпня – 6,8% та 7,4% відповідно. Екстремальний тепловий стрес ($\text{ФЕТ} > 41^{\circ}\text{C}$) фіксувався з першої декади травня до першої декади вересня, у ці ж декади зафіксовані найнижчі значення повторюваності – менше 0,1%. Максимальна повторюваність екстремального теплового стресу припадає на першу декаду серпня та сягає 2,7%.

У період з березня по листопад у денні години тепловий стрес спостерігався безперервно з першої декади квітня по другу декаду жовтня, а також у другу декаду березня (рис. 3.2). Усі градації теплового стресу на МС Харків відзначаються з першої декади травня по першу декаду вересня, з максимальною частотою у третій декаді липня – 67,2%. Максимальна повторюваність екстремального теплового стресу фіксується у першій декаді серпня і становить 5,3%.

Біокліматичні умови Івано-Франківська за досліджуваний період були дещо схожими з умовами, що спостерігались у Харкові, проте є і певні відмінності.

Значення повторюваності холодного стресу ($\text{ФЕТ} < 18^{\circ}\text{C}$) у Івано-Франківську спостерігається протягом усіх місяців року. Повторюваність екстремального холодного стресу ($\text{ФЕТ} < 4^{\circ}\text{C}$) становила понад 50% у зимові місяці, у березні та першій декаді квітня, у другій та третій декаді жовтня і у листопаді, а найвищі значення спостерігались у третій декаді січня та сягали 96,9%.

Комфортні біокліматичні умови ($FET = 18,1-23,0^{\circ}C$) на МС Івано-Франківськ зафіксовані з третьої декади січня (менше 0,1%) до другої декади листопада (0,9%), максимальне значення повторюваності комфортних умов відзначалось у третій декаді липня та сягало 19,1%. Значення більш ніж 10,0% спостерігались у період з третьої декади травня по першу декаду вересня. Комфортні умови у денні години теплового періоду у Івано-Франківську спостерігалися з першої декади березня по другу декаду листопада, а максимум повторюваності – у другій та третій декадах червня (24,2%). Загалом значення повторюваності комфортних умов, що перевищують 20% фіксуються у літні місяці.

Тепловий стрес ($FET > 23^{\circ}C$) у Івано-Франківську спостерігався з третьої декади лютого по другу декаду листопада. Всі градації теплового стресу фіксувалися з третьої декади квітня по другу декаду вересня, з найвищим значенням у першій декаді серпня – 32,3%. Екстремальний тепловий стрес проявлявся у період з третьої декади квітня (менше 0,1%) до другої декади вересня, з максимумом частоти у третій декаді липня – 2,6%. У теплий період (березень–листопад) впродовж денних годин значення теплового стресу на МС Івано-Франківськ зафіксовано у всі декади, окрім останньої декади листопада (рис. 3.2). Усі градації теплового стресу проявляються у період з третьої декади квітня по другу декаду вересня, а максимальне значення їх повторюваності припадає на першу декаду серпня зі значенням 63,3%. Найвищий відсоток повторюваності екстремального теплового стресу становить 5,2% у третій декаді липня.

Аналіз значень FET у Харкові та Івано-Франківську показав певні відмінності біокліматичних умов цих міст:

- 1) Найвищі та найнижчі середні місячні значення FET на обох МС припадають на січень та липень, що є найхолоднішим та найтеплішим місяцем року для цих міст. У Харкові найбільша амплітуда значень FET становить – $47,9^{\circ}C$ у грудні, в той час, як для Івано-Франківська максимальна амплітуда значень зафіксована у березні та складає –

52,9°C. У липні та серпні на обох МС, а у Харкові ще і червні відзначаються найвищі середньомісячні значення фізіологічно-еквівалентної температури та перевищують 25°C.

- 2) Екстремальний холодний стрес (ФЕТ <4°C), як у Харкові, так і в Івано-Франківську спостерігався переважно взимку. При цьому, максимальна повторюваність цієї градації в Харкові була найвища у січні і сягала – 100%, в Івано-Франківську – у третій декаді січня – 96,9%.
- 3) Комфортні умови (ФЕТ = 18,1–23,0°C) у Харкові спостерігались з першої декади березня до другої декади листопада, з найвищою повторюваністю у третій декаді липня (22,7%). У Івано-Франківську комфортні умови спостерігались з третьої декади січня по другу декаду листопада, з максимальним значенням також у третій декаді липня (19,1%), що на 3,6% менше, ніж у Харкові. У період з березня по листопад у денні години найвищу повторюваність комфортних умов в обох досліджуваних містах зафіксовано у червні. При цьому, в Івано-Франківську цей показник був на кілька відсотків нижчим, ніж у Харкові (24,2% та 28,1%, відповідно).
- 4) Найвища повторюваність теплового стресу (ФЕТ >23°C) у Харкові зафіксована у липні (36,5%). В той же час у Івано-Франківську максимальна повторюваність цієї градації ФЕТ спостерігалася в першій декаді серпня і становила 32,3%. Таким чином, найвища повторюваність теплового стресу у Харкові та Івано-Франківську не лише спостерігалася у різний період року, але й відрізняється на 4,2%. Максимальна повторюваність екстремального теплового стресу (ФЕТ >41°C) у Харкові та Івано-Франківську була майже однаковою – 2,7% та 2,6%. В денні години у березні–листопаді максимальна повторюваність теплового стресу виявилася вищою у Харкові та складала 67,2% (остання декада липня), що на 3,9% вище ніж у Івано-Франківську (63,3% – перша декада серпня). Максимальна повторюваність екстремального теплового стресу (ФЕТ >41 °C)

зафіксована у Харкові у першій декаді серпня, у Івано-Франківську останню декаду липня і була майже однаковою у обох містах 5,3% та 5,2%, відповідно.

3.2 Порівняльний аналіз значень окремих метеорологічних величин

Для оцінки комфортності середовища проживання, крім значень біокліматичних індексів також слід проаналізувати значення окремих метеорологічних величин. В даному дослідженні вивчено режим опадів, вітру та хмарності у Харкові та Івано-Франківську.

Середня річна кількість опадів за 1991–2020 рр. у Івано-Франківську була вищою, ніж у Харкові на 93,1 мм (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Середня кількість опадів (мм) на МС Харків та Івано-Франківськ у сучасний період

МС/місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Харків	36,7	32,2	36,8	31,8	54,2	58,0	63,3	39,2	44,1	44,4	39,7	39,9	560,0
Івано-Франківськ	28,3	31,6	39,5	43,8	79,9	93,6	93,7	65,1	64,0	49,1	31,8	32,7	653,1

У Івано-Франківську кількість опадів була вищою ніж у Харкові в усі місяці року, за винятком зимових та листопада. Різниця кількості опадів між Харковом та Івано-Франківськом впродовж року коливається від 0,6 мм у лютому до 35,6 мм у червні. Найбільша кількість опадів на МС Харків та Івано-Франківськ спостерігалась в один і той самий місяць – липень (63,3 та 93,7 мм відповідно), однак фіксується значна різниця, у Харкові кількість опадів менше на 30,4 мм. Найменша кількість опадів у Харкові спостерігається у лютому (32,2 мм), тоді як у Івано-Франківську у січні (28,3 мм).

З метою аналізу повторюваності опадів різних градацій було використано градації Українського гідрометеорологічного центру ДСНС України:

- 0 мм – без опадів, без істотних опадів,
- 0,1–3,0 мм – слабкі (невеликі) опади,
- 3,1 – 14,9 мм – помірні опади,
- >15 мм – значні або сильні опади.

Ґрунтуючись на цих градаціях, було побудовано діаграми повторюваності різної кількості опадів для Харкова та Івано-Франківська (рис. 3.3).

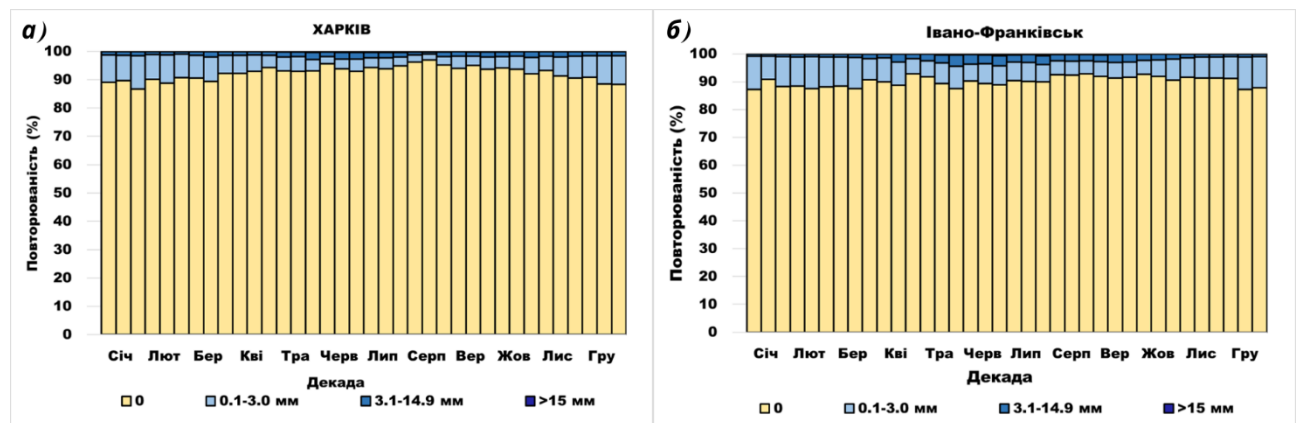


Рис. 3.3 Діаграми повторюваності градацій кількості опадів а) для Харкова та б) для Івано-Франківська

Впродовж року, на МС Харків домінуючою є погода без істотних опадів – повторюваність цієї градації майже у всіх випадках перевищує 90%, винятками є січень, друга декада лютого, друга декада березня та друга і третя декада грудня. Найвища повторюваність строків, коли опади були відсутні зафіксована у першій та другій декаді серпня – 96,3% та 96,9% відповідно. Слабкі опади (0,1–3,0 мм) у Харкові відзначаються впродовж усіх декад року, значення повторюваності, що перевищують 10%, фіксуються у третій декаді січня, другій декаді лютого та у третій декаді грудня. Помірні опади (3,1–14,9 мм) також спостерігаються впродовж всього року, з максимумом частоти у третій декаді травня зі значенням – 2,5%, а найменшим значенням у другій декаді серпня (0,7%). Починаючи з травня та закінчуючи останньою декадою серпня, у Харкові спостерігається безперервний період повторюваності значних або сильних

опадів (>15 мм), з максимумом у третій декаді червня, який сягає 0,4%. Також значні або сильні опади фіксувалися у лютому, першій декаді квітня, другій та третій декадах вересня, першій та третій декадах жовтня, першій та другій декадах листопада.

На МС Івано-Франківськ домінуючою, також є погода без опадів/без істотних опадів. Максимум повторюваності цієї градації зафіксовано у третій декаді серпня (92,9%), мінімум – у першій декаді січня (87,3%) та другій декаді грудня (87,2%). Слабкі опади (0,1–3,0 мм) у Івано-Франківську спостерігаються впродовж всього року, значення що перевищують 10% фіксуються у зимові місці (окрім другої декади січня та першої декади грудня) та у перші дві декади березня. Помірні опади (3,1–14,9 мм) спостерігаються протягом усіх декад року, максимум повторюваності припадає на третю декаду травня (4,1%), а найменші значення спостерігається у січні та не перевищують 0,9%. З початку травня до другої декади жовтня на МС Івано-Франківськ спостерігається безперервний період з проявом значних або сильних опадів (>15 мм), з максимальним значенням у третій декаді червня та липня (0,6% та 0,7% відповідно), також ця градація фіксувалась у другій та третій декаді березня (менше 0,1%) та у другій декаді квітня (0,1%).

Таким чином, режим опадів Харкова та Івано-Франківська загалом є досить схожим, проте в ньому виділяються і певні відмінності:

1. Кількість опадів протягом року на МС Харків нижча ніж на МС Івано-Франківськ, за винятком зимових місяців та листопада, коли у Харкові зафіксовані вищі значення даного показника на 0,6–8,4 мм. Середня річна кількість опадів у Івано-Франківську перевищує відповідний показник у Харкові на 93,1 мм. Максимум кількості опадів в обох містах припадає на липень, а мінімальне значення на зимові місці – лютий у Харкові та січень у Івано-Франківську, що характерно для річного ходу опадів внутрішньоматерикового типу помірних широт.

2. Упродовж року як у Харкові, так і в Івано-Франківську переважає погода без опадів або без істотних опадів, однак повторюваність таких днів у Харкові вища. На МС Харків майже всі декади року мають показник понад 90%, з максимумом у першій і другій декадах серпня та сягає 96,3% та 96,9% днів без опадів. Водночас максимум повторюваності погоди без опадів в Івано-Франківську сягає лише 92,9% у третій декаді серпня. А кількість декад, коли повторюваність цієї градації менше 90% є вищою та припадає на першу та останню декаду січня, лютий, перші дві декади березня та квітня, другу та третю декаду травня, червня та грудня, останню декаду липня.
3. Слабкі опади (0,1–3,0 мм) частіше фіксуються в Івано-Франківську. У Харкові лише деякі декади характеризуються повторюваністю понад 10% (кінець січня, середина лютого, кінець грудня), тоді як в Івано-Франківську таких декад значно більше – більшість зимових і дві декади березня.
4. Максимальна повторюваність помірних опадів (3,1–14,9 мм) у Харкові становить 2,5% (третя декада травня), а в Івано-Франківську – 4,1% у той самий період. Мінімальні показники спостерігаються в обох містах взимку – в Харкові найнижче значення – 0,7% у серпні, тоді як в Івано-Франківську – менше 0,9% у січні.
5. Значні або сильні опади (>15 мм) фіксуються в обох містах з весни до осені, однак у Івано-Франківську як триваліший період, так і вища повторюваність. У Харкові такий період триває з травня по серпень, з максимумом 0,4% (третя декада червня), тоді як в Івано-Франківську – з травня до другої декади жовтня, і з вищими максимальними значеннями: 0,6% у червні та 0,7% у липні. Крім того, в Івано-Франківську сильні опади спостерігаються вже у березні, що не характерно для Харкова.

Отже, аналіз свідчить про більш посушливі умови в Харкові з меншою кількістю опадів, вищою повторюваністю днів без опадів і нижчими

показниками слабких, помірних і сильних опадів. Івано-Франківськ, натомість, характеризується вищою зволоженістю території. Виявлені відмінності в режимі опадів пояснюються насамперед географічним положенням міст. Івано-Франківськ розташований у західній частині України, на межі передгір'я Карпат, що зумовлює більший вплив західного перенесення повітряних мас з Атлантики. Карпати виступають бар'єром, який сприяє підвищенню кількості опадів у цьому регіоні внаслідок орографічного підняття повітря. Разом з тим Харків знаходиться на сході країни, у межах степової зони, де більш континентальний клімат, отже і менше впливають атлантичні циклони, переважають сухі повітряні маси, особливо влітку. Це й зумовлює вищу повторюваність погоди без опадів та меншу частоту випадання опадів усіх градацій.

Швидкість вітру безпосередньо впливає на тепловідчуття людини, підвищуючи/знижуючи холодний чи тепловий стрес, або формуючи комфортні біокліматичні умови.

На основі щоденних строкових даних про швидкість вітру було розраховано середні місячні швидкості вітру на МС Харків та Івано-Франківськ за період 1991–2020 роки (табл. 3.2)

Таблиця 3.2

Середня швидкість вітру (м/с) на МС Харків та Івано-Франківськ у сучасний період

МС/місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Харків	4,0	4,3	4,4	4,1	3,6	3,5	3,2	3,1	3,4	3,6	4,0	4,2	3,8
Івано-Франківськ	2,7	3,0	3,2	3,0	2,7	2,6	2,4	2,1	2,2	2,4	2,6	2,5	2,6

Упродовж усього року середня швидкість вітру на МС Харків є стабільно вищою, ніж на МС Івано-Франківськ, переважно на 1 м/с. У холодний період року (листопад–березень) середні значення становлять близько 4 м/с для Харкова та 2,5–3,2 м/с для Івано-Франківська. Влітку в обох містах спостерігається зниження швидкості вітру, однак у Харкові середні значення залишаються на рівні в межах 3,1–3,5 м/с, тоді як в Івано-Франківську – 2,1–2,6

м/с. З огляду також і на середню річну швидкість вітру, впливає висновок – у Харкові вітер сильніший у всі місяці року.

Ці відмінності пов'язані з континентальністю клімату та особливостями циркуляційного режиму. Східна частина України, де розташований Харків, амплітуди температур більші, що сприяє формуванню глибших баричних градієнтів – основного механізму утворення вітру. Також на сході України менше природних перешкод, які могли б зменшувати швидкість вітру. Рельєф більш відкритий, що дозволяє повітряним потокам безперешкодно рухатися. В той час, як на заході – Карпати частково захищають Івано-Франківськ від вторгнення циклонічних утворень з північного заходу та заходу, а також знижують загальну турбулентність вітру. Натомість Харків часто потрапляє в зону впливу глибоких південних або східних циклонів, особливо з Причорномор'я.

На основі даних про швидкість вітру було побудовано діаграми повторюваності різних градацій швидкості вітру по МС Харків (рис. 3.4.а) та Івано-Франківськ (рис. 3.4.б).

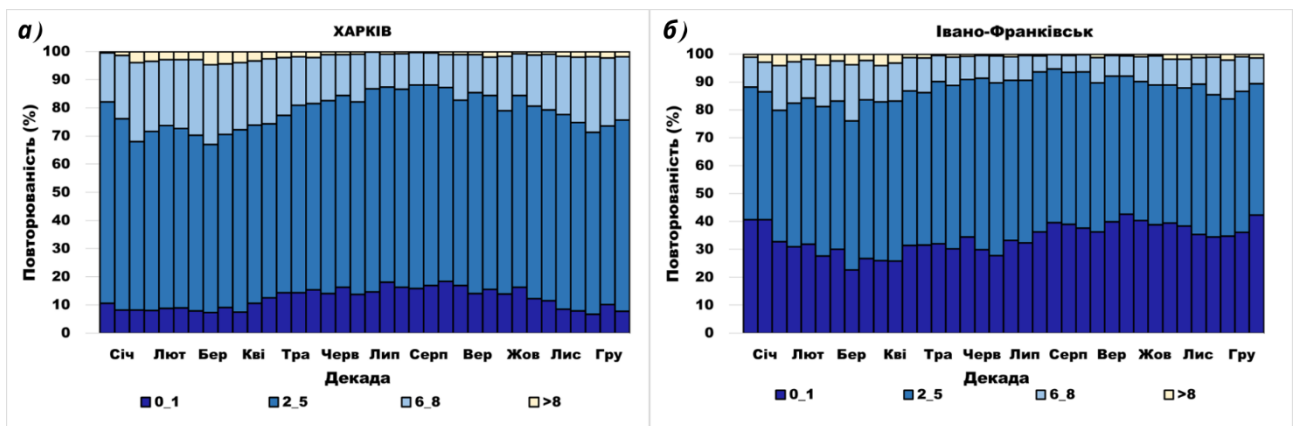


Рис. 3.4 Діаграми повторюваності градацій швидкості вітру а) для Харкова та б) для Івано-Франківська

У Харкові переважаючою була швидкість вітру у межах 2–5м/с, протягом майже усіх декад року, її повторюваність складала здебільшого понад 60%, винятками є третя декада січня (59,8%) та друга декада березня (59,7%), а максимальна частота відзначається у першу декаду серпня, де значення

повторюваності сягає 72,3%. Повторюваність випадків швидкості вітру до 1 м/с коливається в межах від 6,6% у першій декаді грудня до 18,1% у другій декаді липня. Випадки, коли швидкість вітру фіксувались у межах 6-8 м/с впродовж всього року повторюються у 28,4% вимірювань у другій декаді березня, найменшим значенням цієї градації є 11,4% у другій декаді серпня. Повторюваність швидкості вітру, що перевищує 8 м/с мають найменше значення, порівняно з іншими градаціями, протягом всіх місяців року. Найбільші значення частоти сягають 4,6% та 4,4% у другу та третю декаду березня відповідно, а мінімум повторюваності цієї градації на МС Харків спостерігається у першій декаді липня – 0,2%.

У Івано-Франківську протягом всіх декад року повторюваність швидкості вітру 2–5 м/с є найвищою та не спостерігається нижче 45,9% (друга декада січня), а максимальне значення сягає 61,9% у третій декаді червня. Значення повторюваності швидкості вітру до 1 м/с впродовж року не фіксувалась нижче 20%. Таким чином максимальна частота сягає 42,6% у третій декаді вересня, а мінімум припадає на другу декаду березня зі значенням – 22,7%. Повторюваність випадків зі швидкістю вітру 6–8 м/с, протягом усіх декад року коливалась у межах 5,2% (перша декада серпня) та 20,2% у другій декаді березня. Для швидкості вітру понад 8 м/с, було зафіксовано найменше випадків повторюваності, найвищі значення повторюваності були відзначені у третій декаді січня (4,2%) та у першій декаді квітня (4,1%), а найменші значення фіксуються у третій декаді серпня – 0,2%.

Аналіз вітрового режиму у Харкові та Івано-Франківську свідчить про переважання швидкості вітру 2–5 м/с протягом року в обох містах. У Харкові ця градація є стабільно домінуючою, із повторюваністю переважно понад 60%, досягаючи максимуму 72,3% у першій декаді серпня. В Івано-Франківську значення дещо нижчі. Водночас слабкий вітер (до 1 м/с) значно частіше спостерігається саме в Івано-Франківську, де його повторюваність ніколи не опускається нижче 20%, однак у Харкові, максимум становить лише 18,1%. Вітер швидкістю 6–8 м/с є більш характерним для Харкова, де його повторюваність

сягає 28,4% (друга декада березня), у той час як в Івано-Франківську максимум складає 20,2%. Швидкість понад 8 м/с має низьку повторюваність в обох містах, проте у Харкові вона дещо вища у весняні місяці. Загалом, Харкову притаманна вища повторюваність середніх і сильніших вітрів, тоді як для Івано-Франківська характерне слабкий рух повітря.

Хмарність також має істотний вплив на формування біокліматичних умов місцевості та тепловідчуття людини. Вона визначає особливості теплового режиму, регулює рівень сонячної радіації та впливає на показники вологості повітря.

Для аналізу режиму хмарності було використано дані строкових спостережень, що були відтворені у діаграмах повторюваності випадків, коли кількість хмар була менше 5 октант на МС Харків та Івано-Франківськ (рис.3.5).

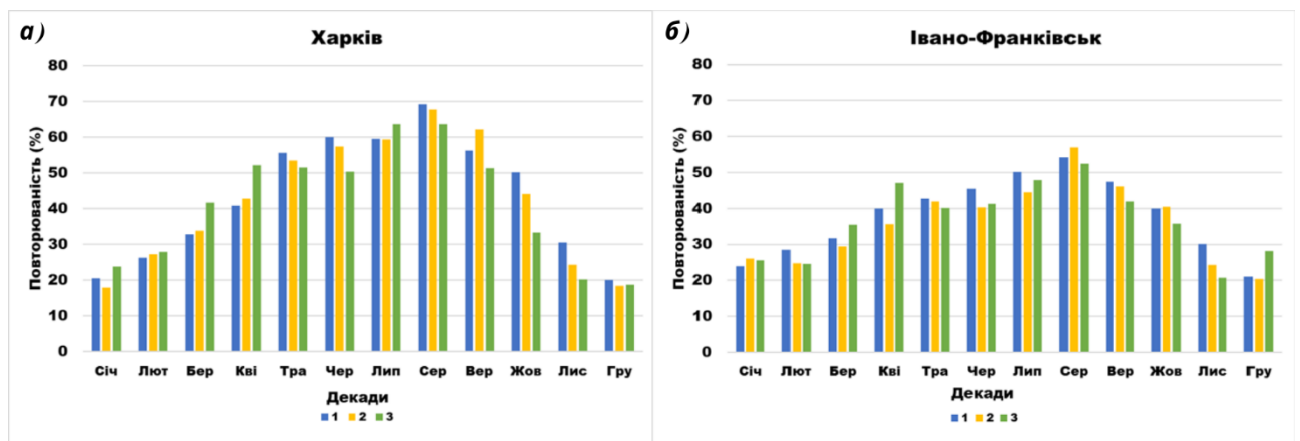


Рис. 3.5 Діаграми повторюваності значень хмарності менше 5 октантів

а) для Харкова та б) для Івано-Франківська

Повторюваність хмарності менше 5 октантів на МС Харків, більше 50% спостерігається у період з третьої декади квітня по першу декаду жовтня, найвищі значення припадають на першу декаду серпня зі значенням 69,2%, впродовж усіх декад року найменше значення цього показника відзначається у другій декаді січня – 17,9%.

У Івано-Франківську повторюваність кількості хмар менше 5 октантів дещо нижча, адже лише у першій декаді липня та у серпні значення перевищували 50%. Починаючи з третьої декади квітня по третю декаду вересня, а також у другу декаду жовтня значення повторюваності кількості хмар менше 5 октантів

перевищували 40%. Максимальне значення цього показника зафіксовано у другій декаді серпня – 57,0%, тоді як найменше у другій декаді грудня – 20,4%.

У містах Харків та Івано-Франківськ зростання повторюваності випадків хмарності менше 5 октантів спостерігається у схожі періоди – з третьої декади квітня. Зменшення частоти малохмарної погоди фіксується також майже синхронно: на МС Харків – з першої декади жовтня, а на МС Івано-Франківськ – з другої декади жовтня, що вказує на загальну сезонну динаміку зміни циркуляційних умов.

Максимальні значення повторюваності у Харкові є вищими, ніж в Івано-Франківську. Так, у першій декаді серпня на МС Харків повторюваність кількості хмар менше 5 октантів становила 69,2%, у той же час на МС Івано-Франківськ найвище значення – 57,0% (у другій декаді серпня).

Мінімальні значення повторюваності фіксувались у зимовий період, однак не в однакові строки: на МС Харків найнижчий показник – 17,9%, відзначено у другій декаді січня, тоді як на МС Івано-Франківськ мінімум (20,4%) припав на другу декаду грудня.

Вища повторюваність малохмарної погоди у Харкові порівняно з Івано-Франківськом пояснюється насамперед кліматичними та географічними відмінностями. Харків розташований у більш континентальній частині України, де частіше формуються антициклональні умови, що сприяють зменшенню хмарності, особливо в теплий період року. На частоту малохмарної погоди також впливає нижча вологість повітря та відсутність орографічного підсилення хмароутворення.

Івано-Франківськ, навпаки, розміщений поблизу Карпат, що створює сприятливі умови для формування хмарності внаслідок орографічного підйому повітря. Крім того, західна частина України частіше зазнає впливу вологих повітряних мас з Атлантики, що також сприяє підвищенню хмарності. Тому навіть у літній період повторюваність малохмарних днів у Івано-Франківську нижча, ніж у Харкові.

Отже, у результаті проведеного порівняльного аналізу біокліматичних умов у Харкові та Івано-Франківську встановлено, що період повторюваності сильного та екстремального теплового стресу мають різну тривалість на обох МС. Зокрема у Харкові період прояву сильного та екстремального теплового стресу починається з першої декади травня та триває по першу декаду вересня, з максимальним значенням повторюваності у першій декаді серпня – 7,4%. У Івано-Франківську період прояву сильного та екстремального теплового стресу разом, починається з третьої декади квітня та закінчується у другій декаді вересня, що на дві декади більше ніж у Харкові, однак максимум повторюваності припадає на ту ж декаду що і у Харкові – першу декаду серпня та становить 9,1%, і є вищим на 1,7%. У денні години у період з березня по листопад повторюваність сильного та екстремального теплового стресу у Харкові фіксується у період з першої декади травня по першу декаду вересня, з максимумом – 14,8% у першій декаді серпня, у цю ж декаду максимум спостерігається і у Івано-Франківську, однак він вище на 3,4% та складає 18,2%, а період прояву починається в останній декаді квітня та завершується у другій декаді вересня. Комфортні біокліматичні умови спостерігаються на обох МС у різні періоди, у Харкові період з окремими днями, коли фіксуються комфортні умови починається з першої декади березня та триває до другої декади листопада, тоді як у Івано-Франківську цей період довший, адже триває з першої декади січня по другу декаду грудня. Комфортні для людини біокліматичні умови мають окреслені часові рамки: у Харкові найбільш сприятливим періодом є травень, тоді як в Івано-Франківську – від третьої декади квітня до другої декади травня.

Зафіксовано певні відмінності і в режимі зволоження території та режимі вітру. Річна кількість опадів у Івано-Франківську є на 93,1 мм вищою, ніж кількість опадів у Харкові. Вітровий режим у Харкові характеризується стабільним переважанням швидкостей 2–5 м/с та вищою повторюваністю швидкості вітру 6–8 м/с (до 28,4%), у той час як в Івано-Франківську значно частіше спостерігається слабкий вітер до 1 м/с (понад 20%). У Харкові частіше

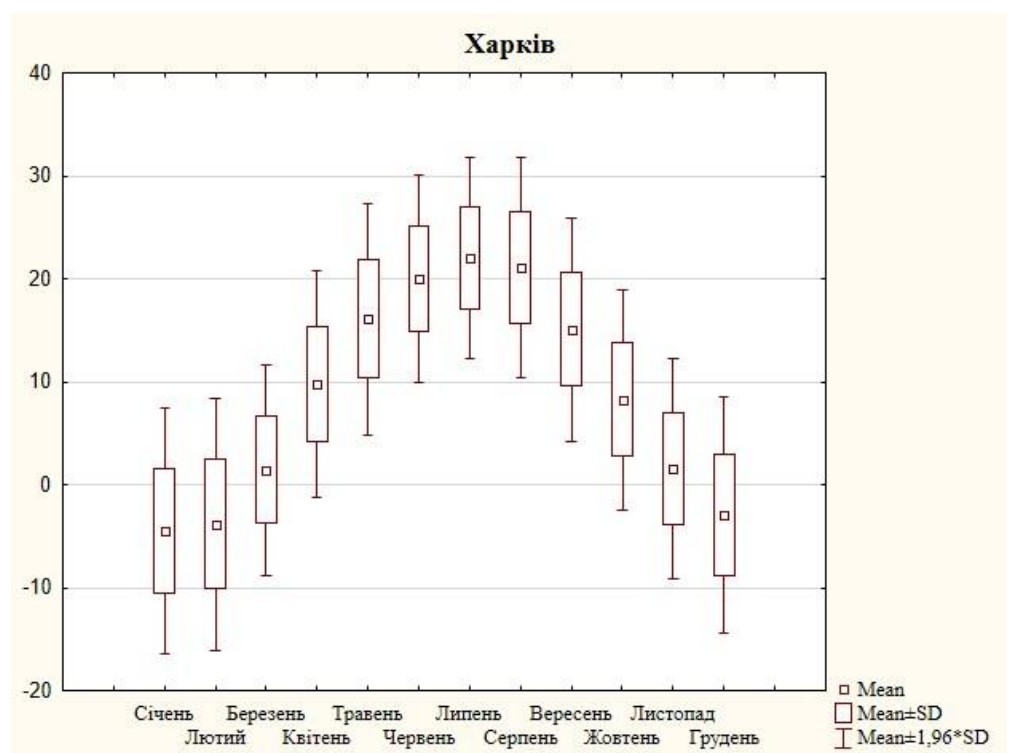
фіксується малохмарна погода: максимальне значення хмарності менше 5 октантів становить 69,2%, в той час як у Івано-Франківську – 57,0% .

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТІ КЛІМАТУ НА БІОКЛІМАТ ХАРКОВА ТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

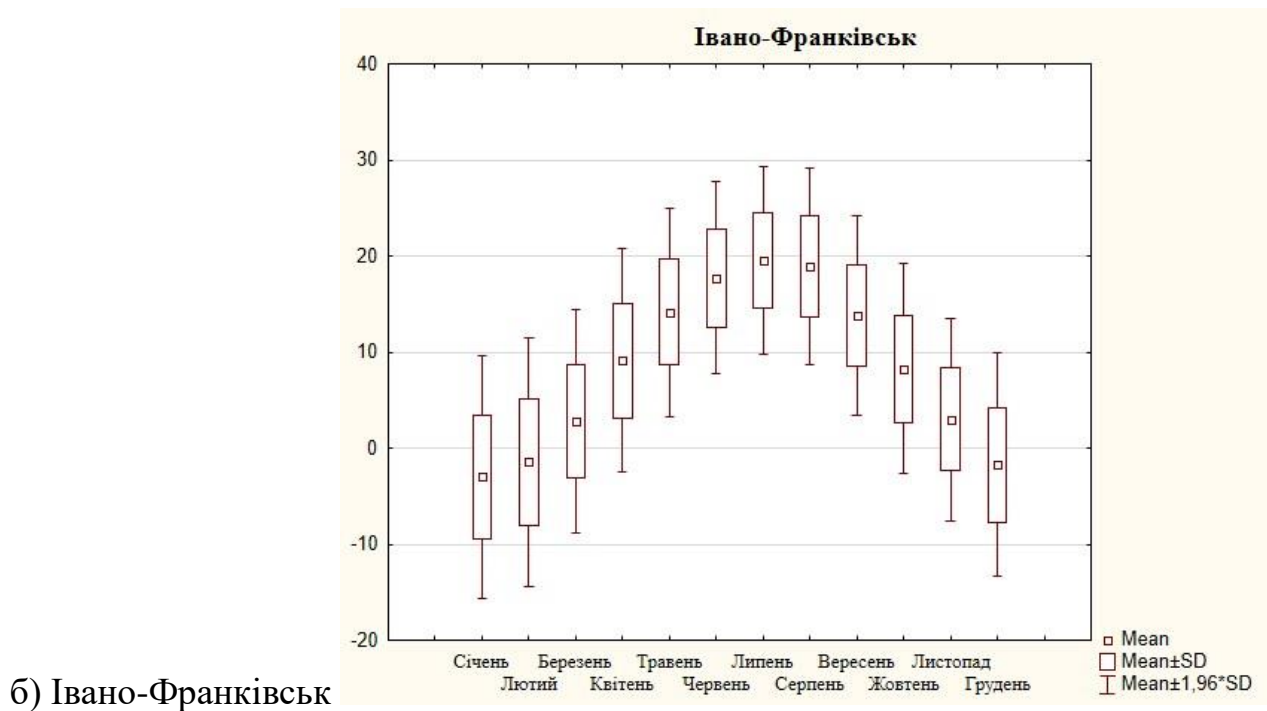
Континентальність клімату – це сукупність характерних рис клімату, що визначається впливом континенту на процеси формування клімату. Головною ознакою континентального клімату є річна амплітуда температури повітря: чим вона більша, тим більш континентальний клімат [2].

Для вивчення континентальності клімату Харкова та Івано-Франківська в сучасний період були використані дані щоденних строкових спостережень за температурою повітря у цих двох містах.

За 1991–2020 рр. на метеорологічній станції Харків найнижче значення температури повітря зафіксовано у грудні 1997 року ($-30,8^{\circ}\text{C}$), у Івано-Франківську найнижча температура повітря ($-35,2^{\circ}\text{C}$) була зафіксована у грудні 1996. Найвищі значення температури також зафіксовані у різні роки – у Харкові – $39,5^{\circ}\text{C}$ у серпні 2010 року, у Івано-Франківську – $36,5^{\circ}\text{C}$ у серпні 2000 року (рис. 4.1).



а) Харків



б) Івано-Франківськ

Рис. 4.1 Строкові значення температури повітря протягом року на метеостанціях а) Харків та б) Івано-Франківськ

Середні місячні значення температури повітря по МС Харків у період з квітня по вересень вищі на $0,6\text{--}2,5^\circ\text{C}$, ніж у Івано-Франківську. У січні – навпаки: вище середнє значення температури у Івано-Франківську ($-3,0^\circ\text{C}$), ніж у Харкові ($-4,5^\circ\text{C}$). У липні, значення середньої місячної температури на МС Харків є вищим, порівняно зі значенням у Івано-Франківську, на $2,5^\circ\text{C}$, що є найбільшою різницею протягом всього року. Найнижча різниця між середніми місячними значеннями температури повітря у досліджуваних містах фіксується у жовтні місяці та становить $0,1^\circ\text{C}$.

Найвища амплітуда значень температури у Харкові припадає на грудень зі значенням $43,8^\circ\text{C}$, тоді як максимальна амплітуда у Івано-Франківську фіксується у лютому зі значенням $52,0^\circ\text{C}$. Найнижчі амплітуди значень температури повітря протягом року у Харкові та Івано-Франківську відмічаються у липні – $28,8^\circ\text{C}$ та $30,1^\circ\text{C}$ відповідно. У найхолодніший місяць року (січень) амплітуда температури повітря у Харкові становить $36,9^\circ\text{C}$, що на $10,1^\circ\text{C}$ нижче ніж у Івано-Франківську.

Для визначення рівня континентальності було використано вираховані середні значення на основі щоденних строкових даних на досліджуваних метеостанціях, та рівняння індексу континентальності Зупана [34] :

$$Ic = Tmax - Tmin, \quad (4.1)$$

Де $Tmax$ – це середня температура повітря найтеплішого місяця року, $Tmin$ – це середня температура повітря найхолоднішого місяця року.

Для характеристики рівня континентальності клімату використано такі градації [34]:

- Екваторіальний клімат, де $Ic = <2,5^{\circ}\text{C}$;
- Океанічний клімат, де $Ic = 2,5-10^{\circ}\text{C}$;
- Перехідна морська зона, де $Ic = 10-25^{\circ}\text{C}$;
- Континентальний клімат, де $Ic = 25-40^{\circ}\text{C}$;
- Екстремально континентальний клімат, де $Ic = >40^{\circ}\text{C}$.

На основі розрахунку Ic , за допомогою коду на мові програмування Python та веб-інтерактивного обчислювального середовища для створення Notebook документів – Jupyter Notebook, було створено графік змін значень континентальності у Харкові та Івано-Франківську впродовж 1991-2020 р. (рис 4.2).

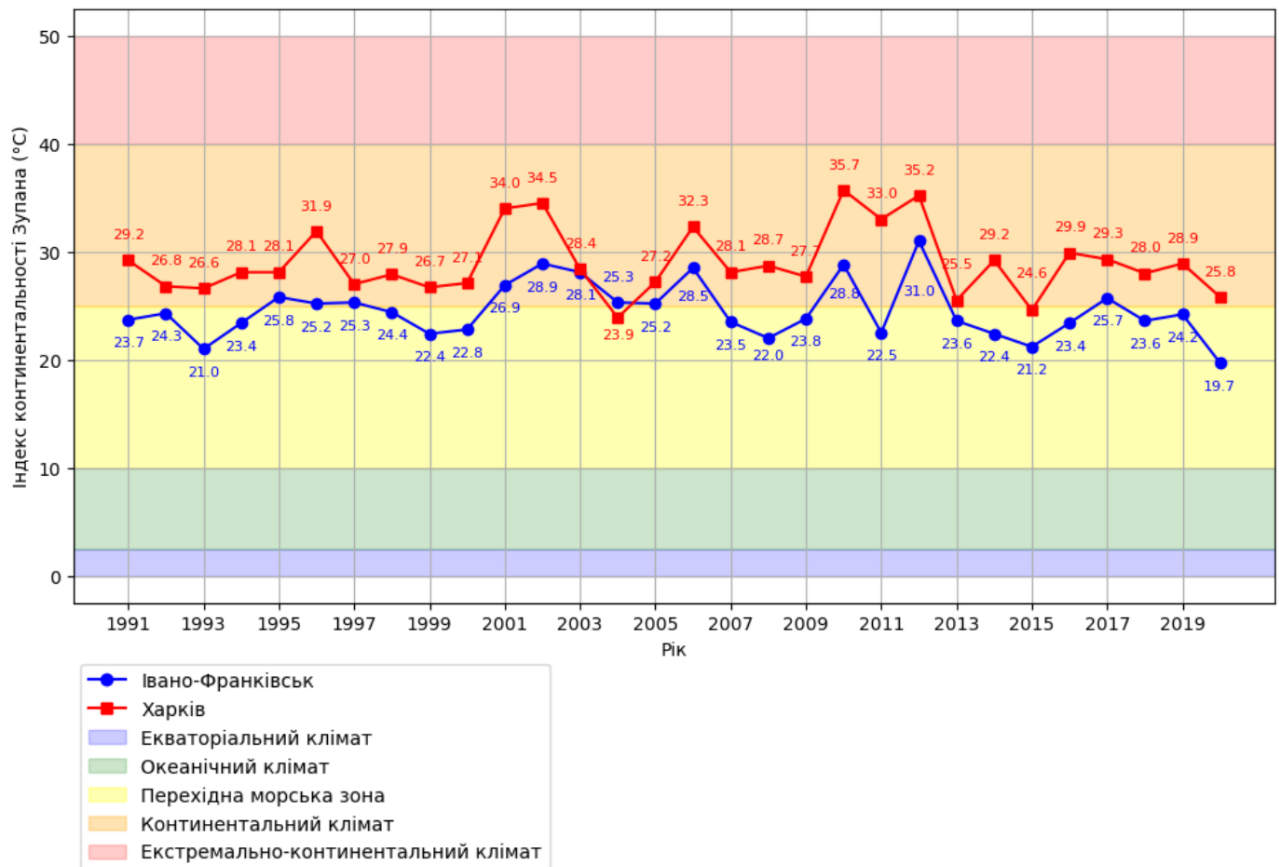
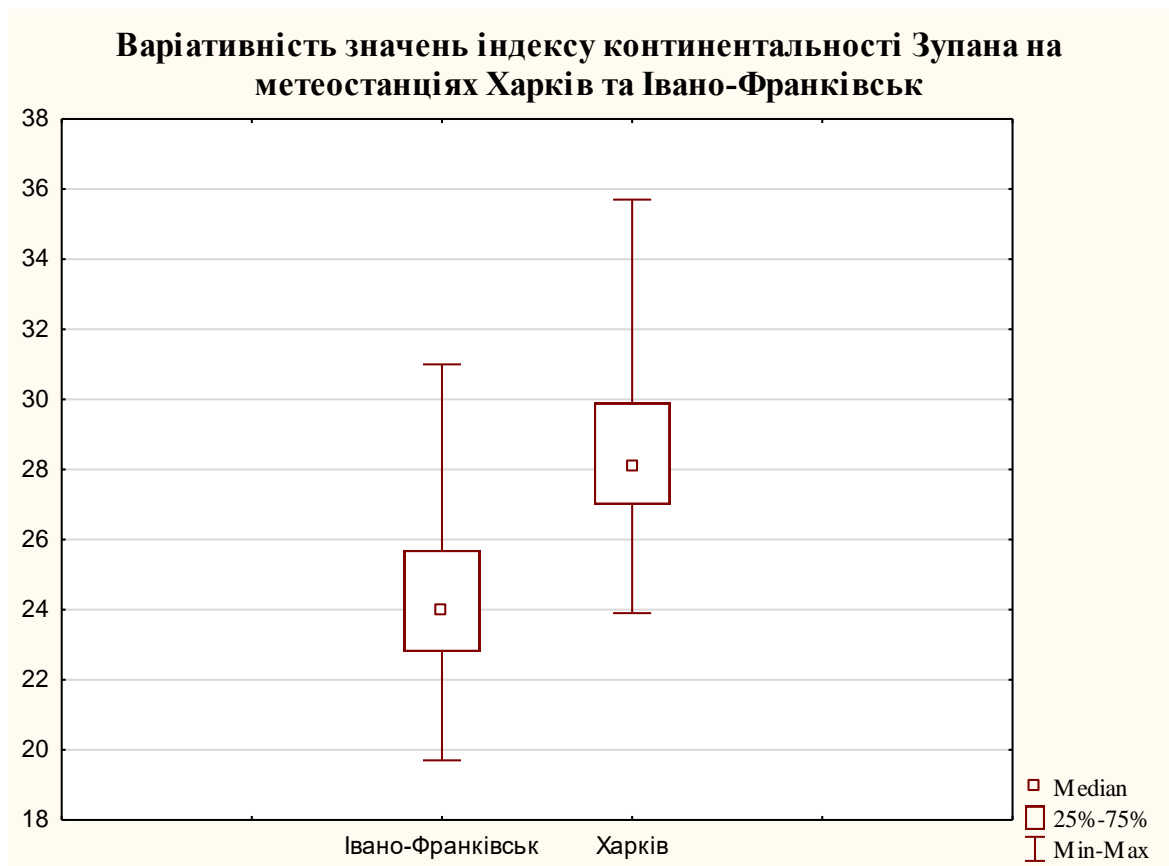


Рис. 4.2 Значення індексу континентальності клімату Зупана для Харкова та Івано-Франківська за 1991-2020 рр.

На основі розрахунків індексу континентальності Зупана прослідковуються виразні відмінності у рівні континентальності клімату у Харкові та Івано-Франківську. Упродовж усього аналізованого періоду майже всі значення індексу континентальності (I_c) для Харкова відповідають градації «континентальний клімат», тоді як для Івано-Франківська переважаючими є показники, характерні для «перехідної морської зони». Середнє значення індексу за 1991–2020 рр. становить $29,0^\circ\text{C}$ для метеостанції Харків та $24,6^\circ\text{C}$ для метеостанції Івано-Франківськ. У деякі роки різниця між цими показниками була особливо суттєвою: $10,5^\circ\text{C}$ у 2011 р., $7,1^\circ\text{C}$ у 2001 р., $6,9^\circ\text{C}$ у 2010 р. Таким чином рівень континентальності клімату в Харкові є стабільно вищим. Це свідчить про більшу амплітуду річних коливань температури повітря в порівнянні з Івано-Франківськом.

Головним чинником таких відмінностей є географічне положення міст. Харків, розташований у східній частині України ($36^{\circ}14'$ сх. д.), характеризується більш континентальним кліматом через обмежений вплив морських повітряних мас. Івано-Франківськ, що знаходиться західніше ($24^{\circ}42'$ сх. д.), навпаки, частіше перебуває під впливом повітряних мас морського походження, що зумовлює менші температурні контрасти та загалом м'якший клімат. Крім того, на кліматичні особливості Івано-Франківська впливає близькість до Карпат, що також сприяє зменшенню рівня континентальності.

Протягом тридцятирічного періоду спостережень (1991–2020 рр.) чіткої динаміки змін континентальності клімату в Харкові та Івано-Франківську не виявлено. У різні роки показники індексу демонструють значні коливання, однак загальної спрямованості до зростання чи зниження не простежується. У Харкові індекс змінювався в межах $23,9\text{--}35,7^{\circ}\text{C}$, тоді як в Івано-Франківську – від $19,7$ до $31,0^{\circ}\text{C}$ (рис. 4.3).



4.3 Варіативність значень індексу континентальності Зупана на метеорологічних станціях Харків та Івано-Франківськ

У деякі роки зміни показників на обох метеорологічних станціях відбувалися одночасно, що свідчить про вплив масштабних атмосферних процесів, які формували температурні аномалії на регіональному рівні. Однак, синхронність варіацій простежується не завжди.

Максимальне значення індексу континентальності зафіксовано у 2010 році в Харкові й становило $35,7^{\circ}\text{C}$. Його зростання, імовірно, пов'язане з інтенсивною хвилею тепла, внаслідок якої температури повітря досягали надзвичайно високих значень – до $+39,8^{\circ}\text{C}$ [8].

Отже, встановлено, що середні місячні значення температури повітря по МС Харків у період з квітня по вересень на $0,6\text{--}2,5^{\circ}\text{C}$ вищі, ніж у Івано-Франківську, тоді як у решту року середньомісячна температура у Харкові нижча на $0,1\text{--}2,4^{\circ}\text{C}$. Таким чином, річна амплітуда температур у Харкові становить $26,5^{\circ}\text{C}$ і є вищою, ніж цей же показник у Івано-Франківську на $1,0^{\circ}\text{C}$. За індексом континентальності Зупана Харків належить до зони «континентального клімату», а Івано-Франківськ – до «перехідної морської зони». Середнє значення індексу континентальності Зупана становить $29,0^{\circ}\text{C}$ для МС Харків та $24,6^{\circ}\text{C}$ для МС Івано-Франківськ. А у період з 1991 по 2020 роки чіткої динаміки до зміни континентальності клімату в Харкові та Івано-Франківську не виявлено.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження було встановлено, низку відмінностей між біокліматом Харкова та Івано-Франківська:

1. Середньорічне значення фізіологічно-еквівалентної температури о 12.00 МСЧ є вищим на МС Івано-Франківськ і становить $11,9^{\circ}\text{C}$, на МС Харків – 9°C .

2. Холодовий стрес ($\text{ФЕТ} < 18^{\circ}\text{C}$) фіксувався в усі місяці року на обох досліджуваних метеорологічних станціях. У Харкові лише холодний стрес спостерігався в усі строки спостережень у січні, лютому та грудні. Повторюваність екстремального холодного стресу ($\text{ФЕТ} < 4^{\circ}\text{C}$) в цей період становила 99.3–100.0 %. В Івано-Франківську період, коли фіксувався лише холодний стрес є коротшим (січень та грудень), а декад, коли фіксувався лише екстремальний холодний стрес взагалі не зафіксовано. Найвищі значення повторюваності екстремального холодного стресу спостерігалися у третій декаді січня та сягали 96,9%.

3. Найвища повторюваність комфортної погоди (10% і вище) спостерігалася з травня до третьої декади вересня у Харкові (10.2 – 22.7 %) та з останньої декади травня до першої декади вересня – у Івано-Франківську (10.0 – 19.1 %).

4. Тепловий стрес в окремі строки спостережень зафіксовано у Харкові з другої декади березня до кінця жовтня, проте помітне зростання повторюваності цієї градації значень ФЕТ відмічається з останньої декади травня до першої декади вересня (11.5–36.5 %). У Івано-Франківську тепловий стрес в окремі строки спостережень зафіксовано з третьої декади лютого до третьої декади листопада. Зростання повторюваності теплового стресу відбувається з травня по третю декаду вересня (10.7–32.3%). Повторюваність сильного та екстремального теплового стресу в літні місяці у Івано-Франківську становить 4.1–9.1 %, у Харкові – 2.0–7.4 %.

5. Харків характеризується більш посушливими умовами – річна кількість опадів у цьому місті становить 560.0 мм і є на 93,1 мм нижча, порівняно з Івано-Франківськом. У Івано-Франківську кількість опадів була вищою ніж у Харкові

в усі місяці року, за винятком зимових та листопада. Різниця кількості опадів між Харковом та Івано-Франківськом впродовж року коливається від 0,6 мм у лютому до 35,6 мм у червні. Упродовж року як у Харкові, так і в Івано-Франківську переважає погода без опадів або без істотних опадів, однак повторюваність таких днів у Харкові вища (86.8 – 96.9%, в той час як у Івано-Франківську – 87.2–92.9%). Значні або сильні опади (>15 мм) фіксуються в обох містах з весни до осені, однак у Івано-Франківську як триваліший період, коли такі опади фіксуються, так і вища їх повторюваність. У Харкові такий період триває з травня по серпень, з максимумом 0,4% (третья декада червня), тоді як в Івано-Франківську – з травня до другої декади жовтня, і з вищими максимальними значеннями: 0,6% у червні та 0,7% у липні.

6. Упродовж усього року середня швидкість вітру на МС Харків є стабільно вищою, ніж на МС Івано-Франківськ, переважно на 1 м/с. У холодний період року (листопад–березень) середні значення становлять близько 4 м/с для Харкова та 2,5–3,2 м/с для Івано-Франківська. Влітку в обох містах спостерігається зниження швидкості вітру – у Харкові до 3,1–3,5 м/с, в Івано-Франківську – 2,1–2,6 м/с. У Харкові та Івано-Франківську протягом року переважає швидкість вітру 2–5 м/с. У Харкові повторюваність такої швидкості вітру становить понад 59,7%, з максимумом 72,3% у першій декаді серпня. У Івано-Франківську протягом всіх декад року повторюваність швидкості вітру 2–5 м/с перевищує 45,9%, а максимальне значення сягає 61,9% у третій декаді червня. Слабкий вітер (до 1 м/с) значно частіше спостерігається саме в Івано-Франківську, де його повторюваність протягом року варіюється від 22.7 до 42.6%, в той час як у Харкові – від 6.6 до 18.3%.

7. Середнє значення індексу континентальності Зупана становить 29,0 °С для МС Харків та 24,6 °С для МС Івано-Франківськ. Таким чином, за індексом континентальності Зупана, Харків належить до зони «континентального клімату», а Івано-Франківськ – до «перехідної морської зони». За період з 1991 по 2020 роки чіткої динаміки до зміни континентальності клімату в Харкові та Івано-Франківську не виявлено.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Врублевська О. О., Катеруша Г.П. Прикладна кліматологія: Конспект лекцій. – Одеса: Вид-во ТЕС, 2005. – 131с.
2. Глосарій термінів та понять з курсів «Метеорологія і кліматологія» та «Гідрологія»/Уклад.: О.В. Непша, М.М. Стецишин. –Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2017. – 83 с.
3. Грабко, Н. В., Л. М. Полетаєва, О. В. Федченко. Біокліматичні показники території як складова рекреаційного потенціалу Первомайського району Миколаївської області. Природничий альманах. Біологічні науки. : 37-49.
4. Катеруша, Г. П., Сафранов, Т. А., Катеруша, О. В. Можливі зміни біокліматичних умов зимового періоду в Україні. Людина та довкілля. Проблеми неоекології, (30), 17-27 – URL: https://journals.uran.ua/ludina_dov/article/view/155304
5. Клімат Києва / В.І. Осадчий, В.М. Бабіченко, О.О. Косовець та ін. ; за ред. В.І. Осадчого, О.О. Косовця, В.М. Бабіченко ; М-во України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобил. катастрофи [та ін.]. – Київ : Ніка-Центр, 2010. – 319.
6. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеський державний екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2018. 548 с.
7. Малицька, Л. В. Дискомфорт погодних умов зимового періоду в Україні. Український гідрометеорологічний журнал 20 (2017): 26-36.– URL: http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/2110/1/uhmj_20_2017_26.pdf
8. Свінцицька Г. І., Шевченко О. Г. Дослідження хвиль тепла літнього сезону в східних областях України. // Фізична географія та геоморфологія. – 2017. – Вип. 4 (88). – С. 91–98.

9. Шевченко О. Г. Порівняльний аналіз біокліматичних індексів для оцінки комфортності урбанізованого середовища в теплий період. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2016. Т. 3 (42). С. 105–115.
10. Шевченко О.Г. Теоретико-методологічні засади комплексних досліджень урбометеорологічних трансформацій у містах. – К.: ДІА, 2021. – 288 с.
11. Шевченко О.Г., Костирко І.О., Семиліт І.Є. Особливості біокліматичних умов Кривого Рогу. Міжнародна науково-практична конференція ”Природничо-географічні дослідження рельєфу, клімату та поверхневих вод: сучасний стан та перспективи розвитку (до 75-річчя кафедр землезнавства та геоморфології, метеорології та кліматології, гідрології та гідроекології)”, 2-4 жовтня 2024 року, м. Київ
12. Шевченко О.Г., Сніжко С.І. Біокліматичні умови у місті Чернівці під час хвиль тепла в літній період. Міжнародна наукова конференція «Природа і суспільство: виклики і поступ», присвячена 80-річчю географічного факультету ЧНУ ім. Ю.Федьковича, 11-13 жовтня 2024 року, м. Чернівці
13. Amelung, Bas & Blazejczyk, Krzysztof & Matzarakis, Andreas. (2007). *Climate Change and Tourism: Assessment and Coping Strategies*.
14. Andrade C., Corte-Real J. A. Spatial distribution of climate indices in the Iberian Peninsula. *Proceedings of the international conference on numerical analysis and applied mathematics 2014 (icnaam-2014)*, Rhodes, Greece. 2015. URL: <https://doi.org/10.1063/1.4912413>
15. Blazejczyk K. Assessment of Regional Bioclimatic Contrasts in Poland. *Miscellanea Geographica - Regional Studies on Development*. 2011. Vol. 15, no. - 1.
16. Blazejczyk K., Matzarakis A. Assessment of bioclimatic differentiation of Poland based on the human heat balance. *Geographia Polonica*. 2007. Vol. 80, No. 1. P. 63–83.
17. Gorczyński L. The calculation of the degree of continentality.1. *Monthly weather review*. 1922. Vol. 50, no. 7. P. 370. URL: [https://doi.org/10.1175/15200493\(1922\)50%3C370b:tcotdo%3E2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/15200493(1922)50%3C370b:tcotdo%3E2.0.co;2)

18. Höppe P. The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*. 1999. Vol. 43, no. 2. P. 71–75.
19. Influence of geographical factors on thermal stress in northern Carpathians / B. Krzysztof et al. *International Journal of Biometeorology*. 2020.
20. Jänicke B., Milošević D., Manavvi S. Review of User-Friendly Models to Improve the Urban Micro-Climate. *Atmosphere*. 2021. Vol. 12, no. 10. P. 1291.
21. Katerusha O., Matzarakis A. Thermal bioclimate and climate tourism analysis for Odessa, black sea. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*. 2015. Vol. 97, no. 4. P. 671–679.
22. Malytska L., Moskalenko S. Bioclimatic zoning of the territory of Ukraine based on human thermal state assessment. *Meteorology Hydrology and Water Management*. 2020. Vol. 8, no. 2. P. 20–26.
23. Matzarakis A., De Rocco M., Najjar G. Thermal bioclimate in Strasbourg - the 2003 heat wave. *Theoretical and Applied Climatology*. 2009. Vol. 98, no. 3-4. P. 209–220.
24. Matzarakis A., Endler C. Climate change and thermal bioclimate in cities: impacts and options for adaptation in Freiburg, Germany. *International Journal of Biometeorology*. 2010. Vol. 54. P. 479–483
25. Matzarakis A., Gangwisch M., Fröhlich D. RayMan and SkyHelios Model. *Urban Microclimate Modelling for Comfort and Energy Studies*. Cham, 2021. P. 339–361.
26. Mikolášková K. A regression evaluation of thermal continentality. *Geografie*. 2009. Vol. 114, no. 4. P. 350–362.
URL: <https://doi.org/10.37040/geografie2009114040350>
27. Mikolaskova K. Continental and oceanic precipitation régime in Europe. *Open geosciences*. 2009. Vol. 1, no. 2. URL: <https://doi.org/10.2478/v10085-009-0013-8>

28. Minimal change of thermal continentality in Slovakia within the period 1961–2013 / J. Vilček et al. *Earth system dynamics*. 2016. Vol. 7, no. 3. P. 735–744. URL: <https://doi.org/10.5194/esd-7-735-2016>
29. Niemets K.A., Mazurova A.V. Environment as a factor of the spatial organizations of the big city (on the example of the city of Kharkiv) // *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 2015. № 1049 (38). C. 95-98.
30. Oliver J. E. An air mass evaluation of the concept of continentality. *The professional geographer*. 1970. Vol. 22, no. 2. P. 83–87. URL: <https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1970.00083.x>.
31. Omonijo A. G., Adeofun C. O., Oguntoke O., Matzarakis A. Relevance of thermal environment to human health: a case study of Ondo State, Nigeria. *Theoretical and Applied Climatology*. 2013. Vol. 113. P. 205–212.
32. Potchter, Oded & Cohen, Pninit & Lin, Tzu Ping & Matzarakis, Andreas. (2018). Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification. *The Science of the total environment*. 631-632.
33. Relevance of thermal environment to human health: a case study of Ondo State, Nigeria / A. G. Omonijo et al. *Theoretical and Applied Climatology*. 2012. Vol. 113, no. 1-2. P. 205–212. Roshan, G., Mirkatouli, G., Shakoor, A., & Mohammad-Nejad, V. (2010). Studying wind chill index as a climatic index effective on the health of athletes and tourists interested in winter sports. *Asian journal of sports medicine*, 1(2), 108. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3289168/>
34. Rivas-Martínez S., Sáenz S., Penas A. Worldwide Bioclimatic Classification System. *Global Geobotany*. 2011. Vol. 1. P. 1–634 + 4 maps. DOI: 10.5616/gg110001.
35. Shevchenko O., Snizhko S., Matviienko M. Human-biometeorological assessment of Kharkiv (Ukraine) in the summer season. *Hrvatski meteorološki časopis*. 2021. Vol. 54/55, no. 54/55. P. 43–54.

36. Shevchenko O., Snizhko S., Matzarakis A. Recent trends on human thermal bioclimate conditions in Kyiv, Ukraine. *Geographia Polonica*. 2020. Vol. 93, no. 1. P. 89–106.
37. Shevchenko, Olga & Sergiy, Snizhko & Matviienko, Mariia. (2021). Thermal comfort conditions during heat wave events in Lviv.
38. Szabó-Takács, Beáta & Farda, Ales & Zahradníček, Pavel & Stepanek, Petr. (2015). Continentality in Europe according to various resolution regional climate models with A1B scenario in the 21st century. *Időjárás*. 119. 515-535.
39. Teodoreanu E. Thermal Comfort Index. *Present Environment and Sustainable Development*. 2016. Vol. 10, no. 2. P. 105–118.
40. Thermal comfort conditions of the Dnipropetrovsk region in the modern period / O. G. Shevchenko et al. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2024. Vol. 33, no. 4. P. 817–829. URL: <https://doi.org/10.15421/112474>
41. Tomczyk A. M., Shevchenko O., Matzarakis A. Biometeorological conditions during cold spells in south-east Poland and west Ukraine. *International Journal of Biometeorology*. 2023.
42. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated / M. Kottke et al. *Meteorologische Zeitschrift*. 2006. Vol. 15, no. 3. P. 259–263. URL: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>