УДК 551.583.16:551.509.33-19/20-477

ДАТИ ПЕРЕХОДУ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ЧЕРЕЗ 0, 5, 10 І 15 °С І ТРИВАЛІСТЬ ВІДПОВІДНИХ КЛІМАТИЧНИХ СЕЗОНІВ З ДРУГОЇ ПОЛОВИНИ XX ДО СЕРЕДИНИ XXI СТ. В УКРАЇНІ

С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

Український гідрометеорологічний інститут, проспект Науки, 37, м.Київ, 03028, Україна,
e-mail: ***svitlanakrakovska@gmail.com, shpital@bigmir.net***

Для розрахунків дат переходу температури повітря через 0, 5, 10 і 15 °С, тривалості відповідних кліматичних сезонів та зміни цих показників у різні кліматичні періоди для всіх обласних центрів і м. Сімферополь (АР Крим) України використано дані верифікованого ансамблю регіональних кліматичних моделей та Європейської бази даних E-Obs. Запропоновано вдосконалення кліматологічного методу визначення вказаних показників за допомогою ковзних середніх. Розроблено оригінальну форму подання результатів у вигляді діаграм для полегшення аналізу зміни дат початку, закінчення й тривалості кліматичних сезонів. Проаналізовано зміни розрахованих показників у сучасний період 1981—2010 рр. відносно стандартного 1961—1990 рр. та у майбутній період 2021—2050 рр. відносно сучасного. Результати дослідження підтвердили раніше отримані іншими авторами висновки щодо зміни показників у сучасних кліматичних умовах і засвідчили подальше значне подовження теплого сезону, сезонів вегетації і активної вегетації рослин та кліматичного літа до середини XXI ст. Прогнозовані зміни кліматологічних показників можуть стати основою для розробки та впровадження відповідних заходів щодо адаптації в господарчій, природоохоронній та інших видах діяльності на державному, місцевому, локальному та індивідуальному рівнях в Україні.

Ключові слова: дати стійкого переходу середньої добової температури повітря, регіональна кліматична модель, теплий сезон, вегетаційний сезон, кліматичне літо.

Вступ. Дати початку, закінчення і тривалість періодів із середньою добовою температурою повітря (t) вище граничних значень належать до спеціалізованих метеорологічних показників. Вони характеризують і за ними визначають теплий період року (t >0 °С), вегетаційний період (t>5 °С), період активної вегетації рослин (t>10 °С) і кліматичне, або справжнє, літо (t>15 °С) [3]. Ці показники використовують як індикатори початку та закінчення певних видів сільськогосподарських робіт [8], заходів у лісорозведенні та лісокористуванні [13], для визначення теплових ресурсів і теплозабезпеченості території [2, 7], розрахунків показників та індикаторів у суміжних галузях природничих наук (ботаніці, ентомології, гідрології та ін.) [19] та у залежних секторах економіки (будівництво, енергетика, транспорт, туризм, охорона здоров'я та ін.) [18]. Очевидно, що ці спеціалізовані показники термічного режиму змінюються рік від року в деяких межах, а їх багаторічні середні значення характеризують кліматичні умови і ресурси певної географічної області.

Через нещодавні швидкі зміни глобального клімату та їх регіональні прояви постають задачі уточнення та прогнозування подальших змін кліматичних показників для розробки заходів щодо адаптації як безпосередньо життєдіяльності людей і функціонування галузей економіки, так і збереження екосистем та біорізноманіття регіонів, що, у свою чергу, є запорукою зменшення антропогенового впливу на кліматичну систему. Так, у сучасних кліматичних умовах глобального потепління практично всі отримані показники для першого визначеного Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) 30-річного кліматичного періоду 1961—1990 рр. в усіх регіонах світу, без винятку, значно змінилися і змінюватимуться надалі, поки не припиниться або збалансується вплив людської діяльності на кліматичну систему [17]. Тому, зокрема, визначення таких змін і прогнозування на майбутнє сучасними методами чисельного моделювання тривалості сезонів з певною температурою та дат їх початку і закінчення є актуальними й навіть критичними для оцінювання уразливості та розробки заходів щодо адаптації відповідних об'єктів, на які впливають зміни цих показників.

Сучасні дослідження термічного режиму, зокрема дат переходу температури через граничні значення і тривалості сезонів в Україні, переважно ґрунтуються на даних метеорологічних станцій [3, 4, 7, 12]. Деякі автори використовують для визначення згаданих характеристик бази даних, у яких ті самі ряди температури на станціях перераховані у вузли регулярної сітки із застосуванням методів перевірки на похибки, гомогенізації та просторово-часової інтерполяції [6, 9, 18], що дає змогу отримувати точніші й детальніші результати, ніж у минулому [1]. Очевидно, що для отримання прогнозів на майбутнє слід застосовувати сучасні методи, а саме чисельні

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

моделі, розраховані за певними сценаріями [17, 20]. Автори публікації [8] розглянули 5 сценаріїв майбутніх змін клімату для основних агрокліматичних зон України щодо показників вегетації рослин, але отримані результати викликають певні сумніви: по-перше, з тексту статті не зрозуміло, чи проводили попередню верифікацію застосованих глобальних і регіональних кліматичних моделей для України і відповідну корекцію похибок як, наприклад, у публікаціях [2, 6, 15, 18, 20], що є запорукою отримання валідних результатів; по-друге, не зрозуміло, чим може бути зумовлене зменшення тривалості сезонів вегетації рослин у сценаріях RCP4.5 та RCP8.5, оскільки вони передбачають зростання глобальної температури (принаймні у сценарії RCP8.5 температура перевищує показники сценарію A2). У статті [2] наведено проекції змін і очікувані значення середніх та екстремальних показників термічного режиму, у тому числі тих, що обговорюються. На відміну від попередньої публікації [8] у статті [2] застосовано один сценарій A1B і одну регіональну кліматичну модель REMO, але цю модель було неодноразово верифіковано для території України, застосовано адитивний метод корекції похибок моделі і розраховано статистичну значущість отриманих змін кліматичних показників.

Відомо, що, застосувавши ансамблі чисельних моделей та корекцію похибок, можна значно знизити похибки моделювання та підвищити якість прогнозів [5, 6, 15, 18, 20]. Тому ***мета*** цієї роботи: за уніфікованою методикою проаналізувати сучасні зміни та проекції до середини XXI ст. очікуваних змін і значень дат початку, закінчення, а також тривалості основних кліматичних сезонів в обласних центрах і м. Сімферополь за даними європейської бази E-Obs і верифікованого ансамблю регіональних кліматичних моделей проекту FP-6 ENSEMBLES.

Вихідні дані та методи дослідження. Для розрахунків дат переходу температури повітря через граничні значення в окремих пунктах та їх змін у сучасний період 1981—2010 рр. відносно стандартного 1961—1990 рр. було розроблено методику застосування даних щодо середніх добових значень температури повітря у вузлах регулярної сітки 25×25 км, отриманих з бази даних E-Obs, версія 10.0. Цю базу розроблено у рамках проекту European Climate Assessment & Dataset [16], на відміну від попередніх версій, залучено більшу кількість станцій саме на території України. Попередньо дані E-Obs було верифіковано для території України і підтверджено можливість їх застосування, у тому числі як базові, для корекції похибок і побудови проекцій кліматичних показників з використанням регіональних кліматичних моделей (РКМ) [6, 14].

Для визначення проекцій змін дат переходу температури повітря через фіксовані значення у період 2021—2050 рр. залучено результати розрахунків 10 РКМ з Європейського проекту FP-6 ENSEMBLES для сценарію SRES A1B з кроком 25 км [20], які в попередніх дослідженнях багаторічних середніх місячних значень визначено як оптимальний ансамбль для аналізу температурного режиму в Україні [5]. Для проведення верифікації та подальшого оцінювання можливих змін спеціалізованих кліматичних показників в Україні створено базу даних середньої за добу температури повітря за період 1961—2050 рр. для тих самих 10 РКМ і визначено багаторічні середні добові значення температури повітря для трьох вищезазначених досліджуваних 30-річних періодів.

При першій спробі об'єднання в ансамбль отриманих кліматичних річних розподілів температури 10 моделей було виявлено проблему: у розрахунках деяких РКМ використовували спрощений календар, в якому 12 місяців мають по 30 днів і, отже, загальна кількість днів у році дорівнює 360. Використання такого календаря не вносить суттєвих похибок у розрахунки середніх місячних величин, навіть у розрахунки змін дат переходу через граничні значення, але при цьому неможливо об'єднати в ансамбль моделі з різною кількістю днів у році в разі розрахунку багаторічного середнього для конкретної дати. Тому з попередньо визначеного оптимального для температури ансамблю з 10 РКМ було вилучено 4 моделі. В результаті ансамбль складався з 6 РКМ (REMO, RCA3-E, RegCM3, RACMO2, RM5.1 (Aladin), HIRHAM-BCM) і мав допустиму точність [5].

У дослідженнях термічного режиму окремою проблемою завжди було визначення ***стійкості*** дати переходу температури повітря через граничні значення. Аналіз різних методів [10, 11] виявив, що за жодним з існуючих методичних підходів не можна чітко визначити поняття ***стійкості***, натомість отримано алгоритм обчислення дат стійких переходів без пояснення його суті. Тому за розробленими раніше методами та методиками часто маємо різні результати, а різниця у датах ***стійких*** переходів, обчислених за різними методами, може сягати місяця і більше [10].

Згідно з методичними рекомендаціями з визначення кліматичних індексів [16], ***стійким*** вважають перехід, коли для Північної півкулі 6 послідовних днів після 1 січня на висхідній гілці та 1 липня на низхідній гілці річного розподілу температура повітря відповідно є вищою або нижчою за порогове значення. Таке визначення використовують для щорічних розподілів і застосовують, зокрема, й в агрометеорології. Початок (закінчення) опалювального періоду в Україні настає за умови, якщо протягом 3 діб середня добова температура повітря не перевищує (перевищує) +8 °С.

У цьому досліджені використано означення ***стійкості*** дати температурного переходу [10, 11], яке є чітким і зрозумілим з точки зору кліматології, тобто ***стійкість дати в межах деякого кліматичного періо-***

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

ду. Це означає, що, якщо в річному ході температури протягом якогось багаторічного періоду в силу тих чи інших причин виникатимуть «малі» флуктуації на висхідних чи низхідних гілках в окремі роки, то це не має ***суттєво*** вплинути на обчислювану дату переходу. Для цього розраховують усереднений річний хід середньої добової температури за багаторічний період, тобто ***кліматологічний річний хід***. І тому вказаний метод буде ***кліматологічним методом***, який доцільно застосувати саме для оцінювання як сучасного стану кліматичної системи України, так і можливих змін її характеристик у майбутньому.

Аналіз перших результатів виявив певні проблеми з визначення дат переходу температури через фіксовані значення кліматологічним методом: навіть 30-річне усереднення недостатньо згладжувало річний хід температури, і деколи через інтенсивні малоамплітудні флуктуації було декілька переходів температури повітря протягом деякого відносно малого проміжку часу (від декількох до 15 днів). Причиною таких флуктуацій температури є те, що саме в перехідні сезони перебудовуються циркуляційні процеси в атмосфері, і короткоперіодичні затоки як холодніших, так і тепліших повітряних мас змінюються досить часто, а в умовах сучасних кліматичних змін перехідні сезони набули ще більшої нестабільності.

На рис. 1, *а* на прикладі м. Ужгород показано кліматологічні річні розподіли добової температури та позначено горизонтальними лініями відповідні середні місячні значення у три розглянуті кліматичні періоди. По-перше, очевидні зміни температурного режиму, що відбулися і прогнозуються надалі, з найбільшими різницями середніх місячних значень взимку. По-друге, наявні досить значні коливання навесні, особливо навколо порогового значення для початку активної вегетації 10 °С. У цьому дослідженні для визначення дати стійкого переходу в ситуаціях, коли перехід через одне й те саме значення відбувався декілька разів за декілька днів, застосовано згладжування методом ковзних середніх з базою від 5 до 31 діб, доки перехід не ставав однозначним. На рис. 1, *б* проілюстровано таке застосування саме для наведеного вище прикладу переходу температури повітря через 10 °С у м. Ужгород у сучасний період 1981—2010 рр. Такий метод відрізняється від традиційно застосовуваного у багатьох сучасних дослідженнях методу Педя [3, 7—12], але, очевидно, найближчий до означення клімату як багаторічного режиму погоди, тобто усередненого прояву стану кліматичної системи на певній території. До того ж завдяки застосуванню цієї методики можна оцінити саме зміни характеристики від одного до іншого кліматичних періодів і уникнути впливу років з екстремальними розподілами температури. Зауважимо, що метод ковзних середніх з базою 7 днів і більше не можна застосовувати поблизу точок максимуму і мінімуму річного ходу.

Отже, методика розрахунків дат переходу температури й тривалості періодів з температурою, вищою за фіксовані значення для кожного обласного центру України і м. Сімферополь була такою:

- за даними E-Obs розраховували кліматологічні річні розподіли температури у два періоди: стандартний 1961—1990 рр. і сучасний 1981—2010 рр., тобто для кожного дня року визначали усереднені значення температури повітря за два 30-річні періоди;
- за отриманими розподілами за допомогою розроблених оригінальних алгоритмів і програм визначали дати стійкого переходу температури повітря через 0, 5, 10 та 15 °С навесні та восени, тривалості відповідних періодів і зміни дат у сучасний період відносно стандартного;
- за даними ансамблю з 6 РКМ проводили аналогічні обчислення для сучасного періоду

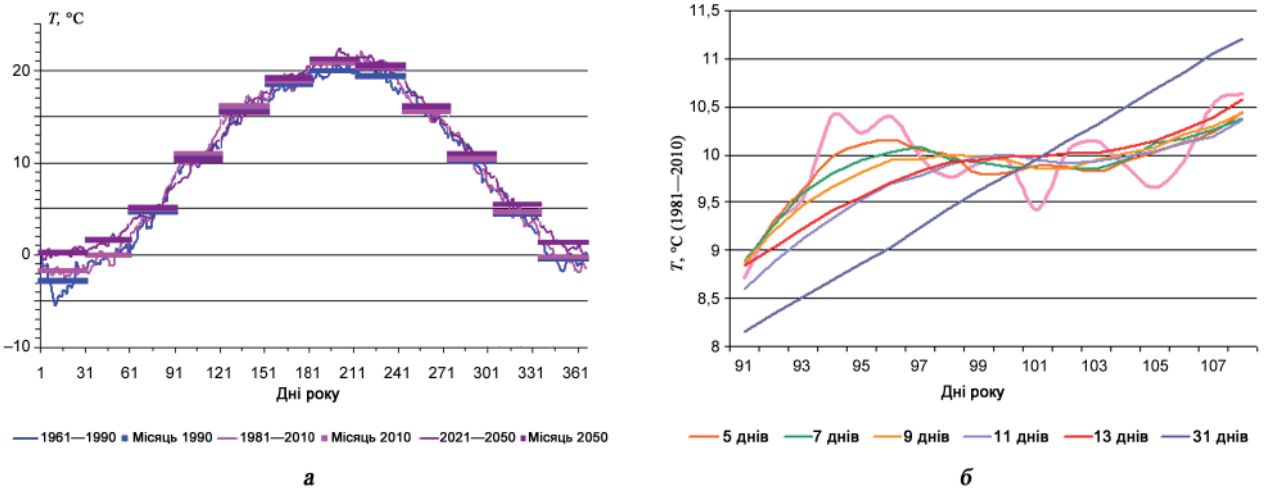


Рис. 1. Кліматологічний часовий хід добової температури повітря у м. Ужгород: *а* — для трьох кліматичних періодів із місячними середніми, позначеними горизонтальними лініями; *б* — у період 1981—2010 рр. (рожева крива) і згладжений ковзними середніми з різною зазначеною базою

Fig. 1. Climatological annual daily temperature in Uzhgorod: *а* — averaged for three pointed climatic periods with monthly means; *б* — running means with different daily bases for spring 1981—2010

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

1981—2010 рр. і для періоду 2021—2050 рр. і визначали проекції змін у датах переходу на висхідній та низхідній гілках кліматичних річних розподілів температури;

- отримані зміни додавали до значень E-Obs у сучасному періоді і, таким чином, корегували прогнозовані до середини XXI ст. дати переходу температури та тривалості відповідних періодів з температурою вище 0, 5, 10 та 15 °С, застосувавши адитивний метод [5, 15];
- результати заносили у звичайні та спеціально розроблені шаблони електронних таблиць, за якими будували та аналізували діаграми для кожного обласного центру і м. Сімферополь.

Результати дослідження. Результати розрахунків наведено у табл. 1—4 у традиційному вигляді. Аналіз даних таблиць достатньо важкий, оскільки вони містять дуже багато інформації, яку важко сприймати і, навіть, перевіряти на наявність технічних помилок. Тому для наочності розроблено спеціальну форму подання інформації про дати стійких переходів температури через фіксовані значення 0, 5, 10 та 15° С і тривалості відповідних сезонів. Приклад такої діаграми для м. Сімферополь ілюструє рис. 2. На рис. 3 показано 24 діаграми для всіх обласних центрів країни у послідовності — західний, північний, східний, центральний та південний регіони. На цих діаграмах наведено такі результати для пункту, зазначеного у легенді:

- для кожного з періодів різними кольорами проведено по 4 горизонтальні прямі (для м. Сімферополь — 3 у прогнозний період, коли кліматологічний річний хід вищий за 0° С протягом усього року);
- початок і кінець періодів по горизонталі відповідають календарним датам переходу температури через відповідні значення, а розташування по вертикалі лише показує, для якого з трьох періодів побудовано прямі без відповідності конкретним рокам, лише для наочності прямі проведено одну над одною;
- над кожною прямою відповідним кольором зазначено тривалість сезону, коли температура повітря вища за відповідне значення, що дає змогу відразу порівняти три періоди між собою;
- на кінцях прямих зазначено зміни у датах настання переходу через відповідні температури: у сучасний період відносно стандартного, а у майбутній — відносно сучасного. Знак «мінус» означає, що перехід через відповідне значення температури відбувся раніше, а знак «плюс» — пізніше;
- кінці прямих відповідних сезонів з'єднано лініями, кут нахилу яких наочно демонструє величину та напрямок змін тривалості сезонів і дат їх початку і закінчення або їх відсутність.

На всіх діаграмах помаранчевим кольором позначено літній сезон (t>15 °С), рожевим — сезон активної вегетації рослин (t >10 °С), зеленим — сезон вегетації морозостійких рослин (t >5 °С) і синім — теплий сезон (t>0 °С). Зауважимо, що для м. Сімферополь відсутній синій колір у прогнозний період 2021—2050 рр., оскільки там теплий сезон триватиме цілий рік за кліматичними річними розподілами температури.

Порівняння між собою трьох періодів і за даними табл. 1—4, і за діаграмами (рис. 2, 3) показало, що за дуже рідкісним винятком тривалість всіх сезонів збільшилась у сучасний період відносно стандартного кліматичного і збільшуватиметься до середини XXI ст.

Найбільші зміни теплого сезону (табл. 1) уже відбулись у м. Одеса: весна у сучасному періоді починалася на 13 днів раніше, а на майбутнє він прогнозується у 337 днів, коли зима починатиметься на 13 днів пізніше, а весна — на 14 днів раніше, тобто очікується збільшення теплого сезону практично на місяць. Подібні зміни очікуємо і в містах Миколаїв та Херсон, коли теплий сезон перевищуватиме 10 місяців на рік. Також значні зміни

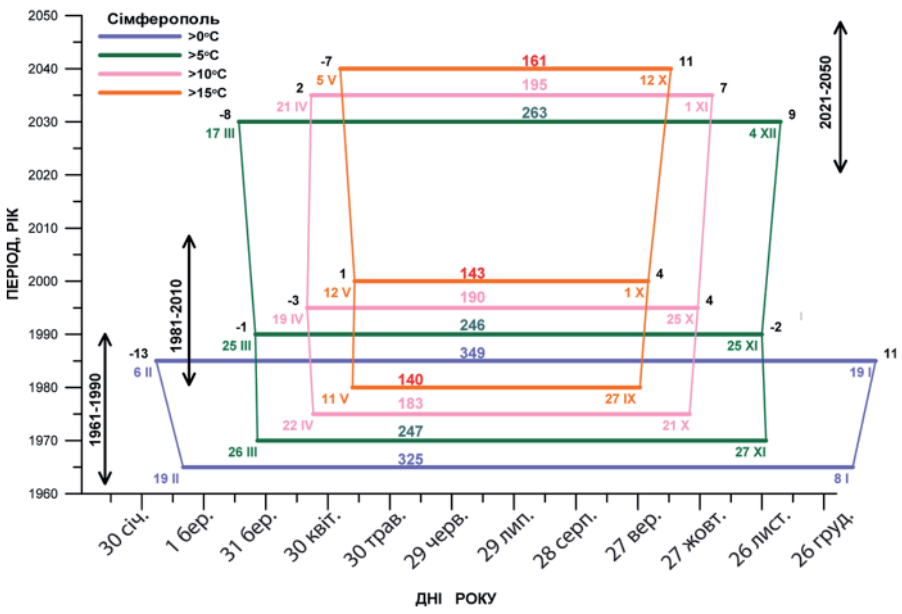


Рис. 2. Тривалість і положення протягом року сезонів із температурою повітря вище граничних значень для трьох кліматичних періодів та їхні зміни відносно один одного

Fig. 2. Length and position within a year of seasons with temperatures over the pointed gradations for three climatic periods and their respective changes of start and end dates (Simpheropol)

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

Талиця 1. Початок, кінець (дата/день року) і тривалість (дні) теплого сезону з середньою добовою температурою повітря вище за 0 °С для обласних центрів і м. Сімферополь України у стандартний, сучасний і майбутній кліматичні періоди

Table 1. Start, end (date/day of a year) and length (days) of warm season with mean daily air temperature over 0 °C for cities — administrative centers in Ukraine in standard, recent and future climatic periods

Місто	1961—1990			1981—2010			2021—2050		
	Початок	Закінчення	Тривалість	Початок	Закінчення	Тривалість	Початок	Закінчення	Тривалість
Суми	22.III / 82	22.XI / 327	246	17.III / 77	19.XI / 324	248	6.III / 66	1.XII / 336	271
Чернігів	17.III / 77	26.XI / 331	255	12.III / 72	21XI 326	255	27.II / 58	4.XII / 339	282
Київ	16.III / 76	1.XII / 336	261	7.III / 67	29.XI / 334	268	27.II / 58	6.XII / 341	284
Житомир	17.III / 77	29.XI / 334	258	9.III / 69	29.XI / 334	266	1.III / 61	3.XII / 338	278
Луцьк	16.III / 76	1XII 336	261	5.III / 65	30.XI / 335	271	24.II / 55	21.XII / 356	302
Рівне	16.III / 76	1.XII / 336	261	9.III / 69	30.XI / 335	267	25.II / 56	7.XII / 342	287
Львів	10.III / 70	1.XII / 336	267	4.III / 64	1XII 336	273	20.II / 51	22.XII / 357	307
Івано-Франківськ	8.III / 68	2.XII / 337	270	29.II / 60	1.XII / 336	277	17.II / 48	22.XII / 357	310
Ужгород	19.II / 50	5.XII / 340	291	20.II / 51	10.XII / 345	295	10.I / 10	23.XII / 358	349
Чернівці	9.III / 69	1.XII / 336	268	29.II / 60	1XII 336	277	16.II / 47	21.XII / 356	310
Тернопіль	16.III / 76	29.XI / 334	259	10.III / 70	30.XI / 335	266	25.II / 56	6.XII / 341	286
Хмельницький	17.III / 77	29.XI / 334	258	9.III / 69	30.XI / 335	267	28.II / 59	4.XII / 339	281
Вінниця	17.III / 77	1.XII / 336	260	9.III / 69	30.XI / 335	267	1.III / 61	4.XII / 339	279
Черкаси	16.III / 76	2.XII / 337	262	5.III / 65	30.XI / 335	271	25.II / 56	10.XII / 345	290
Дніпро	15.III / 75	2.XII / 337	263	5.III / 65	30.XI / 335	271	1.III / 61	11.XII / 346	286
Кропивницький	16.III / 76	2.XII / 337	262	5.III / 65	30.XI / 335	271	29.II / 60	9.XII / 344	285
Полтава	16.III / 76	28.XI / 333	258	11.III / 71	27.XI / 332	262	4.III / 64	5.XII / 340	277
Харків	17.III / 77	27.XI / 332	256	15.III / 75	20.XI / 325	251	9.III / 69	4.XII / 339	271
Луганськ	16.III / 76	28.XI / 333	258	15.III / 75	27.XI / 332	258	11.III / 71	11.XII / 346	276
Донецьк	16.III / 76	30.XI / 335	260	15.III / 75	27.XI / 332	258	8.III / 68	7.XII / 342	275
Запоріжжя	15.III / 75	7.XII / 342	269	4.III / 64	30.XI / 335	272	28.II / 59	22.XI / 357	299
Миколаїв	6.III / 66	10.XII / 345	280	29.II / 60	12.XII / 347	288	24.II / 55	20.XII / 355	301
Херсон	6.III / 66	13.XII / 348	283	27.II / 58	15.XII / 350	293	14.II / 45	22.XII / 357	313
Одеса	1.III / 61	3.I / 369	309	17.II / 48	1.I / 367	320	11.II / 42	9.I / 375	334
Сімферополь	19.II / 50	8.I / 374	325	8.II / 39	19.I / 385	349	—	—	—

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

Таблиця 2. Початок, кінець (дата/день року) і тривалість (дні) сезону вегетації з середньою добовою температурою повітря вище за 5 ˚С для обласних центрів і м. Сімферополь України у стандартний, сучасний і майбутній кліматичні періоди

Table 2. Start, end (date/day of a year) and length (days) of growth season with mean daily air temperature over 5 ˚C for cities – administrative centers in Ukraine in standard, recent and future climatic periods

Місто	1961—1990			1981—2010			2021—2050		
	Початок	Закінчення	Тривалість	Початок	Закінчення	Тривалість	Початок	Закінчення	Тривалість
Суми	2.IV / 93	25.X / 299	207	1.IV / 92	26.X / 300	209	27.III / 87	29.X / 303	217
Чернігів	3.IV / 94	27.X / 301	208	31.III / 91	28.X / 302	212	26.III / 86	30.X / 304	219
Київ	30.III / 90	28.X / 302	213	29.III / 89	4.XI / 309	221	22.III / 82	7.XI / 312	231
Житомир	31.III / 91	28.X / 302	212	31.III / 91	31.X / 305	215	24.III / 84	2.XI / 307	225
Луцьк	31.III / 91	31.X / 305	215	29.III / 89	3.XI / 308	220	22.III / 82	7.XI / 312	231
Рівне	31.III / 91	28.X / 302	212	30.III / 90	3.XI / 308	219	23.III / 83	6.XI / 311	229
Львів	29.III / 89	6.XI / 311	223	29.III / 89	5.XI / 310	222	27.III / 87	14.XI / 319	233
Івано-Франківськ	28.III / 88	7.XI / 312	225	26.III / 86	5.XI / 310	225	24.III / 84	8.XI / 313	230
Ужгород	20.III / 80	12.XI / 317	238	17.III / 77	11.XI / 316	240	15.III / 75	13.XI / 318	244
Чернівці	28.III / 88	7.XI / 312	225	26.III / 86	5.XI / 310	225	24.III / 84	14.XI / 319	236
Тернопіль	31.III / 91	27.X / 301	211	31.III / 91	3.XI / 308	218	25.III / 85	6.XI / 311	227
Хмельницький	31.III / 91	27.X / 301	211	31.III / 91	31.X / 305	215	24.III / 84	3.XI / 308	225
Вінниця	30.III / 90	28.X / 302	213	31.III / 91	31.X / 305	215	24.III / 84	2.XI / 307	224
Черкаси	30.III / 90	29.X / 303	214	28.III / 88	4.XI / 309	222	24.III / 84	10.XI / 315	232
Дніпро	29.III / 89	31.X / 305	217	28.III / 88	4.XI / 309	222	22.III / 82	11.XI / 316	235
Кропивницький	29.III / 89	31.X / 305	217	28.III / 88	4.XI / 309	222	24.III / 84	9.XI / 314	231
Полтава	31.III / 91	27.X / 301	211	30.III / 90	28.X / 302	213	25.III / 85	31.X / 305	221
Харків	1.IV / 92	26.X / 300	209	1.IV / 92	27.X / 301	210	25.III / 85	29.X / 303	219
Луганськ	31.III / 91	26.X / 300	210	30.III / 90	31.X / 305	216	23.III / 83	4.XI / 309	227
Донецьк	1.IV / 92	26.X / 300	209	31.III / 91	31.X / 305	215	26.III / 86	31.X / 305	220
Запоріжжя	28.III / 88	4.XI / 309	222	28.III / 88	5.XI / 310	223	23.III / 83	9.XI / 314	232
Миколаїв	27.III / 87	12.XI / 317	231	25.III / 85	10.XI / 315	231	15.III / 75	19.XI / 324	250
Херсон	26.III / 86	14.XI / 319	234	25.III / 85	10.XI / 315	231	16.III / 76	23.XI / 328	253
Одеса	27.III / 87	21.XI / 326	240	25.III / 85	19.XI / 324	240	12.III / 72	29.XI / 334	263
Сімферополь	26.III / 86	27.XI / 332	247	25.III / 85	25.XI / 330	246	17.III / 77	4.XII / 339	263

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

Таблиця 3. Початок, кінець (дата/день року) і тривалість (дні) сезону активної вегетації з середньою добовою температурою повітря вище за 10 ˚С для обласних центрів і м. Сімферополь України у стандартний, сучасний і майбутній кліматичні періоди

Table 3. Start, end (date/day of a year) and length (days) of active growth season with mean daily air temperature over 10 ˚C for cities — administrative centers in Ukraine in standard, recent and future climatic periods

Місто	1961—1990			1981—2010			2021—2050		
	Початок	Закінчення	Тривалість	Початок	Закінчення	Тривалість	Початок	Закінчення	Тривалість
Суми	24.IV / 115	29.IX / 273	159	25.IV / 116	5.X / 279	164	18.IV / 109	13.X / 287	179
Чернігів	24.IV / 115	29.IX / 273	159	24.IV / 115	6.X / 280	166	19.IV / 110	15.X / 289	180
Київ	21.IV / 112	11.X / 285	174	24.IV / 115	12.X / 286	172	16.IV / 107	21.X / 295	189
Житомир	26.IV / 117	2.X / 276	160	26.IV / 117	10.X / 284	168	18.IV / 109	19.X / 293	184
Луцьк	30.IV / 121	10.X / 284	164	25.IV / 116	10.X / 284	169	20.IV / 111	20.X / 294	184
Рівне	29.IV / 120	10.X / 284	165	25.IV / 116	10.X / 284	169	18.IV / 109	19.X / 293	185
Львів	30.IV / 121	10.X / 284	164	25.IV / 116	10.X / 284	169	20.IV / 111	21.X / 295	185
Івано-Франківськ	25.IV / 116	13.X / 287	172	25.IV / 116	12.X / 286	171	20.IV / 111	23.X / 297	187
Ужгород	6.IV / 97	17.X / 291	195	11.IV / 102	17.X / 291	190	2.IV / 93	27.X / 301	209
Чернівці	22.IV / 113	13.X / 287	175	25.IV / 116	13.X / 287	172	18.IV / 109	19.X / 293	185
Тернопіль	30.IV / 121	5.X / 279	159	28.IV / 119	10.X / 284	166	28.IV / 119	21.X / 295	177
Хмельницький	29.IV / 120	6.X / 280	161	27.IV / 118	10.X / 284	167	22.IV / 113	20.X / 294	182
Вінниця	25.IV / 116	6.X / 280	165	24.IV / 115	10.X / 284	170	17.IV / 108	20.X / 294	187
Черкаси	21.IV / 112	11.X / 285	174	19.IV / 110	13.X / 287	178	12.IV / 103	20.X / 294	192
Дніпро	21.IV / 112	13.X / 287	176	17.IV / 108	14.X / 288	181	13.IV / 104	23.X / 297	194
Кропивницький	22.IV / 113	9.X / 283	171	20.IV / 111	13.X / 287	177	13.IV / 104	19.X / 293	190
Полтава	22.IV / 113	7.X / 281	169	19.IV / 110	12.X / 286	177	12.IV / 103	19.X / 293	191
Харків	23.IV / 114	30.IX / 274	161	20.IV / 111	10.X / 284	174	14.IV / 105	17.X / 291	187
Луганськ	22.IV / 113	6.X / 280	168	18.IV / 109	13.X / 287	179	12.IV / 103	18.X / 292	190
Донецьк	23.IV / 114	9.X / 283	170	20.IV / 111	13.X / 287	177	13.IV / 104	19.X / 293	190
Запоріжжя	20.IV / 111	15.X / 289	179	16.IV / 107	14.X / 288	182	11.IV / 102	24.X / 298	197
Миколаїв	18.IV / 109	17.X / 291	183	15.IV / 106	17.X / 291	186	11.IV / 102	29.X / 303	202
Херсон	20.IV / 111	17.X / 291	181	18.IV / 109	19.X / 293	185	18.IV / 109	27.X / 301	193
Одеса	21.IV / 112	20.X / 294	183	19.IV / 110	25.X / 299	190	14.IV / 105	30.X / 304	200
Сімферополь	22.IV / 113	21.X / 295	183	19.IV / 110	25.X / 299	190	21.IV / 112	1.XI / 306	195

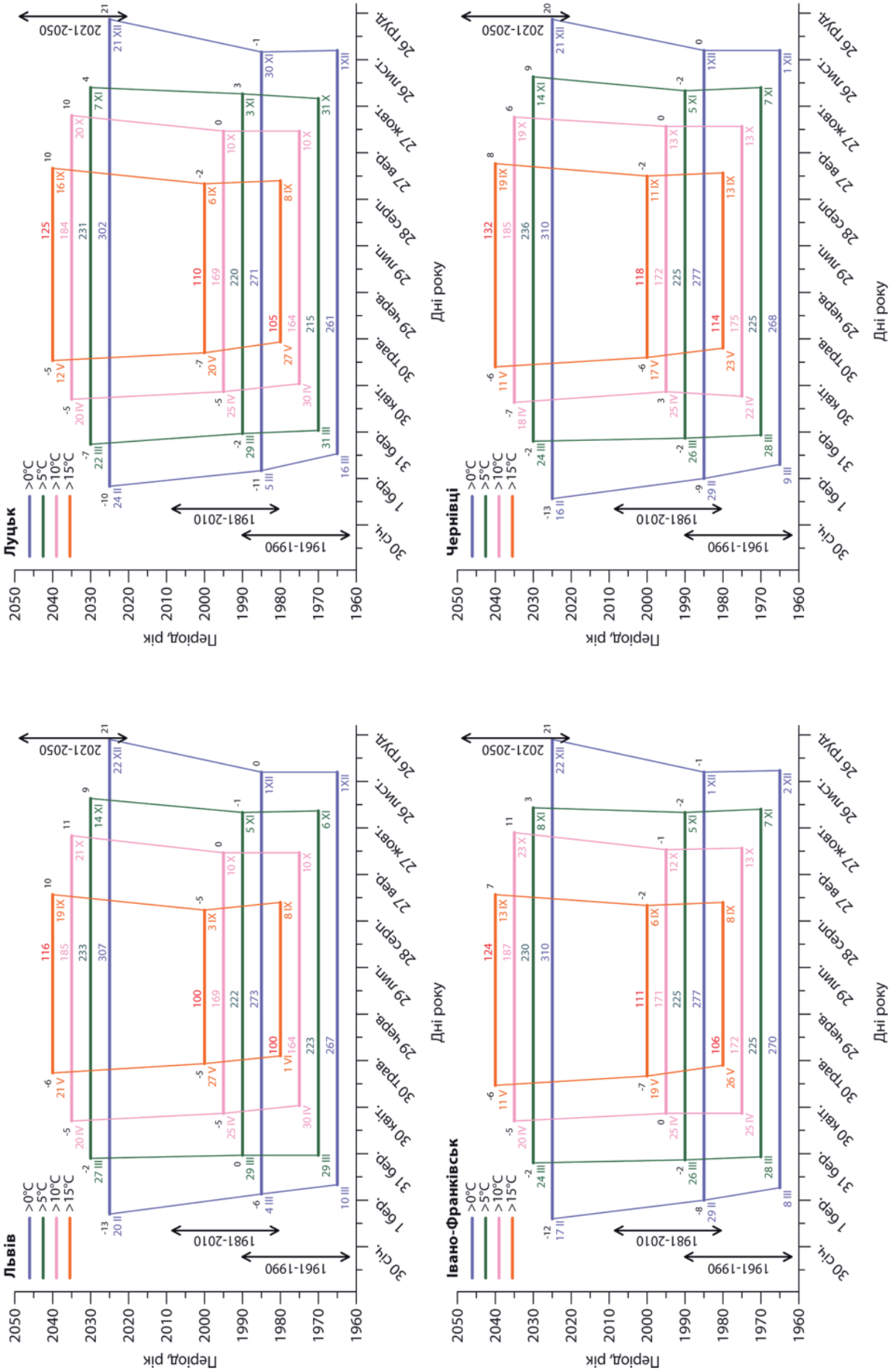
© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

Таблиця 4. Початок, кінець (дата/день року) і тривалість (дні) літнього сезону з середньою добовою температурою повітря вище за 15 ˚С для обласних центрів і м. Сімферополь України у стандартний, сучасний і майбутній кліматичні періоди

Table 4. Start, end (date/day of a year) and length (days) of summer season with mean daily air temperature over 15 ˚C for cities — administrative centers in Ukraine in standard, recent and future climatic periods

Місто	1961—1990			1981—2010			2021—2050		
	Початок	Закінчення	Тривалість	Початок	Закінчення	Тривалість	Початок	Закінчення	Тривалість
Суми	14.V / 135	9.IX / 253	119	16.V / 137	9.IX / 253	117	10.V / 131	16.IX / 260	130
Чернігів	16.V / 137	8.IX / 252	116	15.V / 136	9.IX / 253	118	9.V / 130	18.IX / 262	133
Київ	11.V / 132	9.IX / 253	122	11.V / 132	12.IX / 256	125	8.V / 129	20.IX / 264	136
Житомир	17.V / 138	8.IX / 252	115	16.V / 137	6.IX / 250	114	11.V / 132	15.IX / 259	128
Луцьк	27.V / 148	8.IX / 252	105	20.V / 141	6.IX / 250	110	12.V / 133	16.IX / 260	125
Рівне	27.V / 148	8.IX / 252	105	16.V / 137	6.IX / 250	114	10.V / 131	16.IX / 260	130
Львів	1.VI / 153	8.IX / 252	100	27.V / 148	3.IX / 247	100	21.V / 142	14.IX / 258	116
Івано-Франківськ	26.V / 147	8.IX / 252	106	19.V / 140	6.IX / 250	111	11.V / 132	13.IX / 257	124
Ужгород	12.V / 133	18.IX / 262	130	11.V / 132	18.IX / 262	131	6.V / 127	20.IX / 264	138
Чернівці	23.V / 144	13.IX / 257	114	17.V / 138	11.IX / 255	118	11.V / 132	19.IX / 263	132
Тернопіль	1.VI / 153	8.IX / 252	100	25.V / 146	5.IX / 249	104	22.V / 143	16.IX / 260	118
Хмельницький	26.V / 147	8.IX / 252	106	22.V / 143	6.IX / 250	108	16.V / 137	15.IX / 259	123
Вінниця	21.V / 142	9.IX / 253	112	17.V / 138	6.IX / 250	113	12.V / 133	14.IX / 258	126
Черкаси	7.V / 128	14.IX / 258	131	11.V / 132	14.IX / 258	127	6.V / 127	15.IX / 259	133
Дніпро	8.V / 129	18.IX / 262	134	11.V / 132	19.IX / 263	132	9.V / 130	26.IX / 270	141
Кропивницький	8.V / 129	14.IX / 258	130	11.V / 132	13.IX / 257	126	7.V / 128	15.IX / 259	132
Полтава	9.V / 130	14.IX / 258	129	11.V / 132	16.IX / 260	129	7.V / 128	17.IX / 261	134
Харків	8.V / 129	10.IX / 254	126	14.V / 135	11.IX / 255	121	13.V / 134	17.IX / 261	128
Луганськ	8.V / 129	14.IX / 258	130	11.V / 132	16.IX / 260	129	9.V / 130	17.IX / 261	132
Донецьк	8.V / 129	18.IX / 262	134	11.V / 132	18.IX / 262	131	9.V / 130	22.IX / 267	138
Запоріжжя	8.V / 129	20.IX / 264	136	11.V / 132	23.IX / 267	136	10.V / 131	30.IX / 274	144
Миколаїв	7.V / 128	24.IX / 268	141	10.V / 131	29.IX / 273	143	4.V / 125	6.X / 280	156
Херсон	10.V / 131	27.IX / 271	141	10.V / 131	29.IX / 273	143	4.V / 125	9.X / 283	159
Одеса	14.V / 135	27.IX / 271	137	12.V / 133	1.X / 275	143	5.V / 126	12.X / 286	161
Сімферополь	11.V / 132	27.IX / 271	140	12.V / 133	1.X / 275	143	5.V / 126	12.X / 286	161

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь



© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

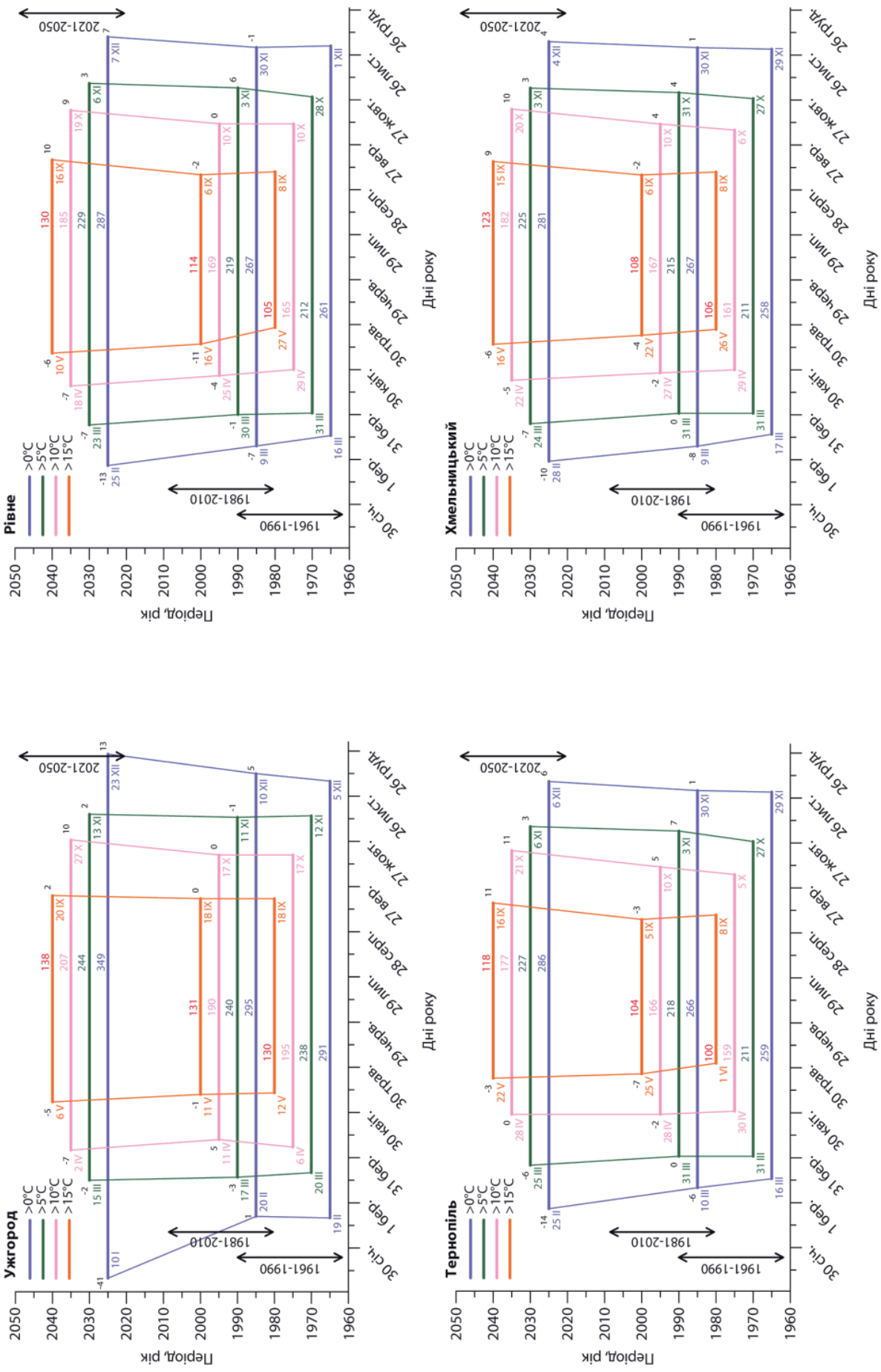
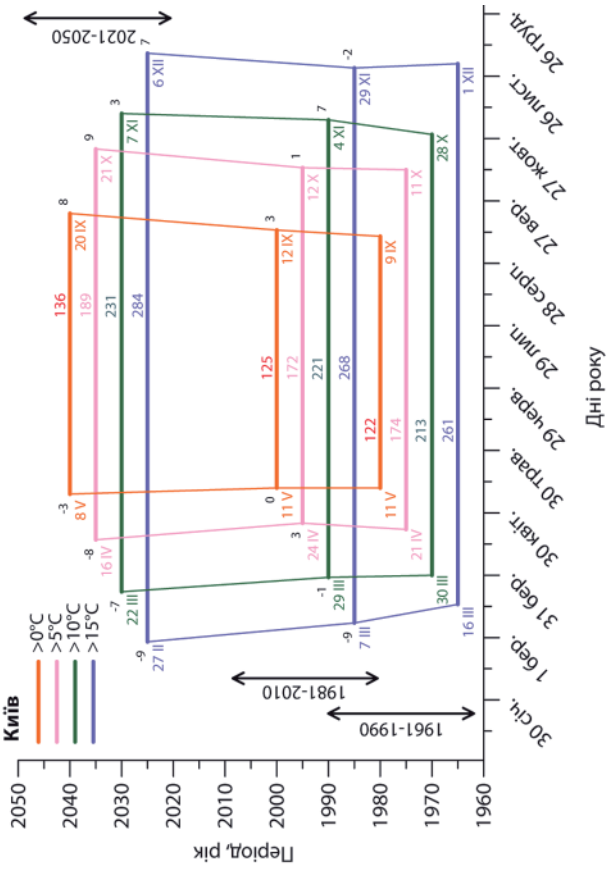
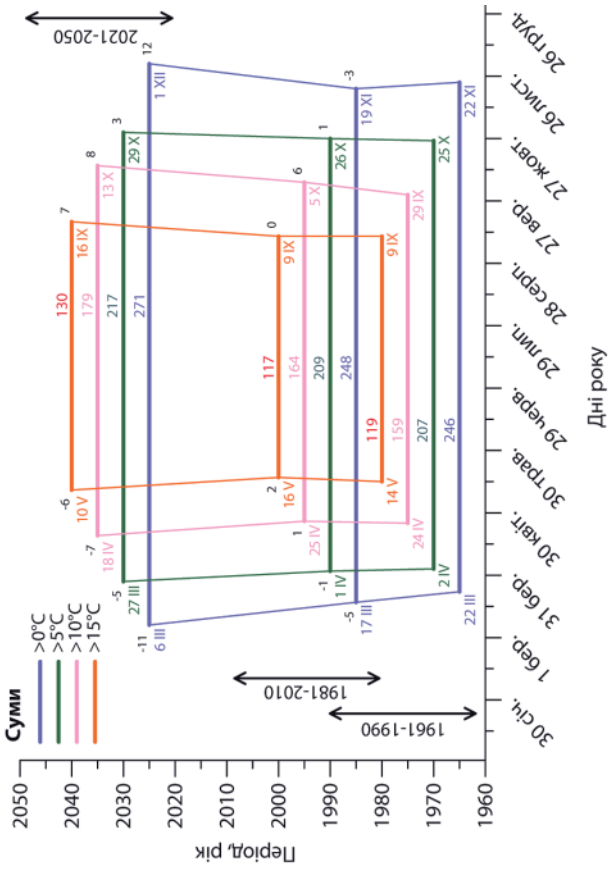
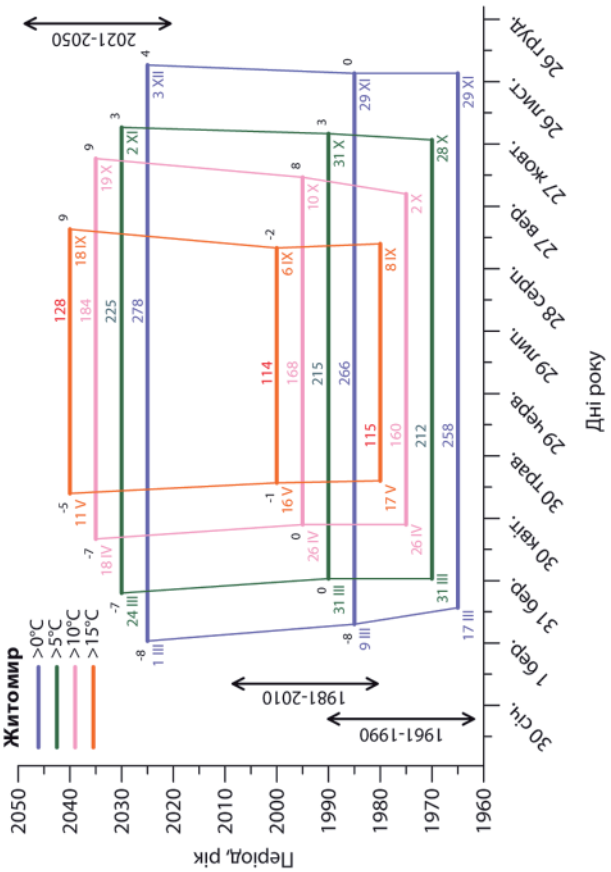


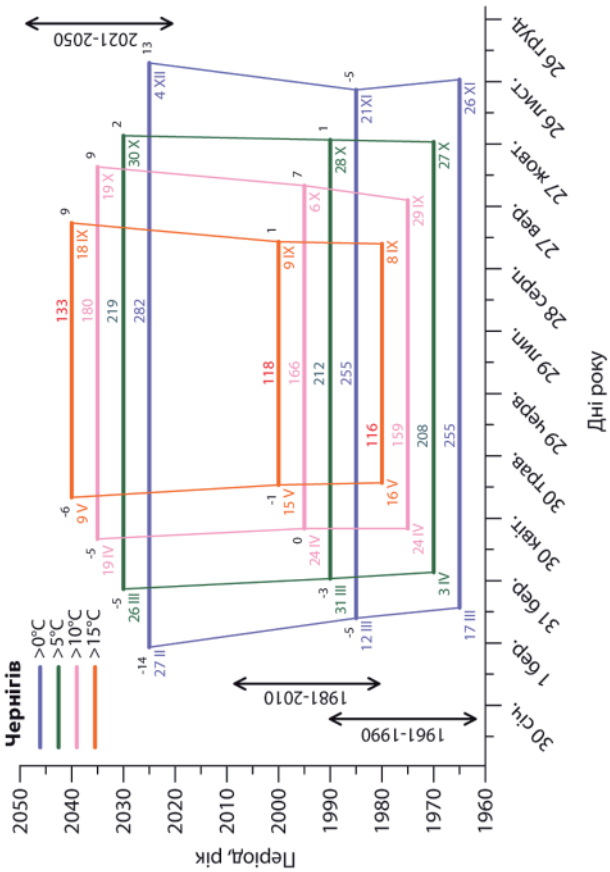
Рис. 3. Тривалість і положення протягом року періодів із температурою повітря, вищою за фіксовані значення для трьох кліматичних періодів, та їхні зміни відносно один одного для обласних центрів України
Fig. 3. Length and position within a year of seasons with temperatures over the pointed gradations for three climatic periods and their respective changes of start and end dates (Simpheropol)

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь









© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

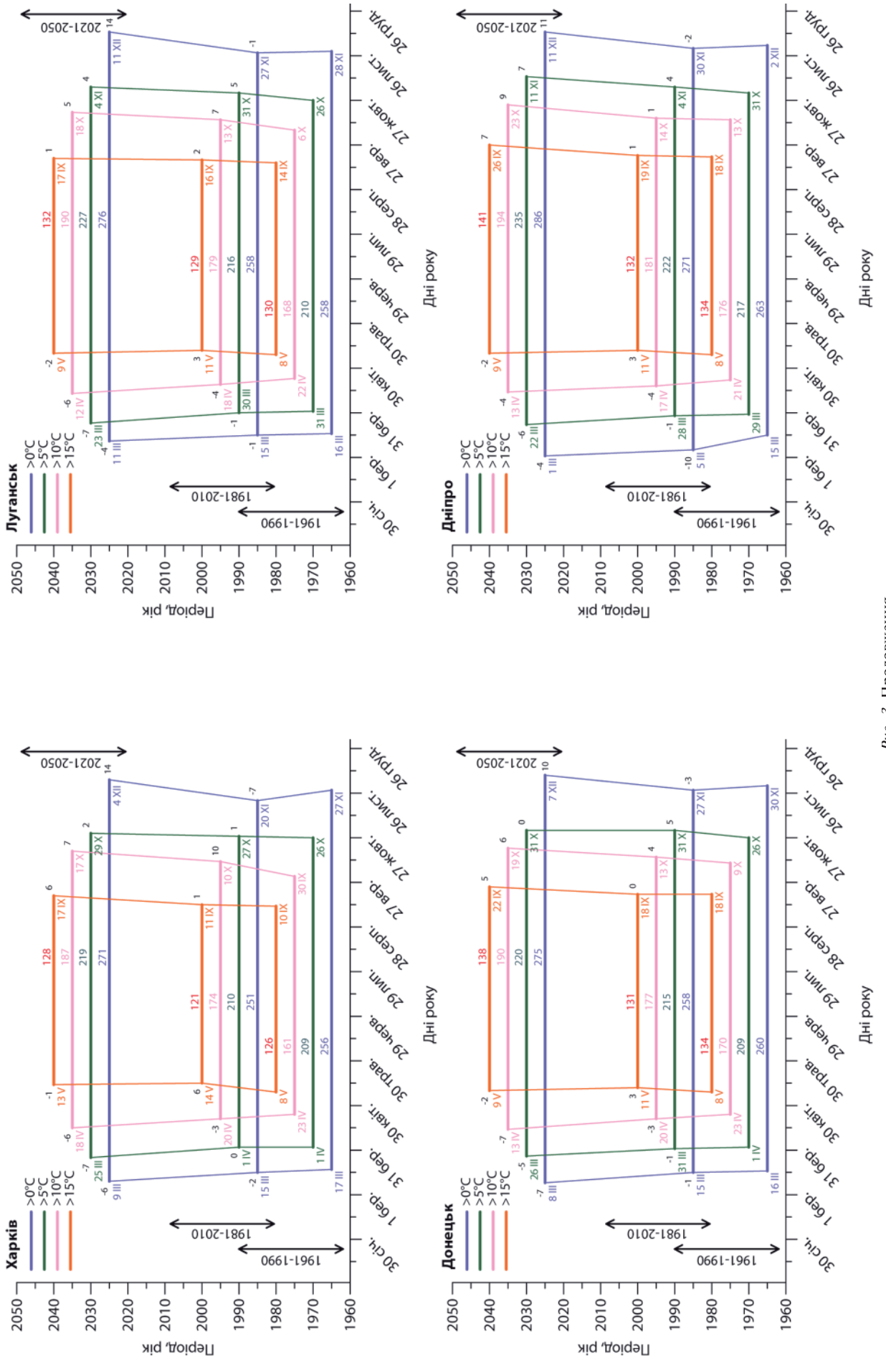
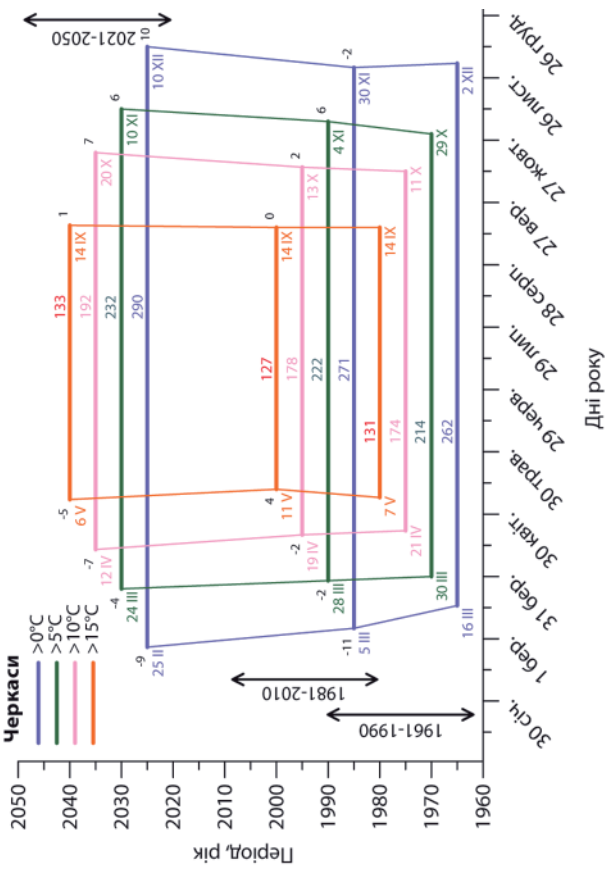
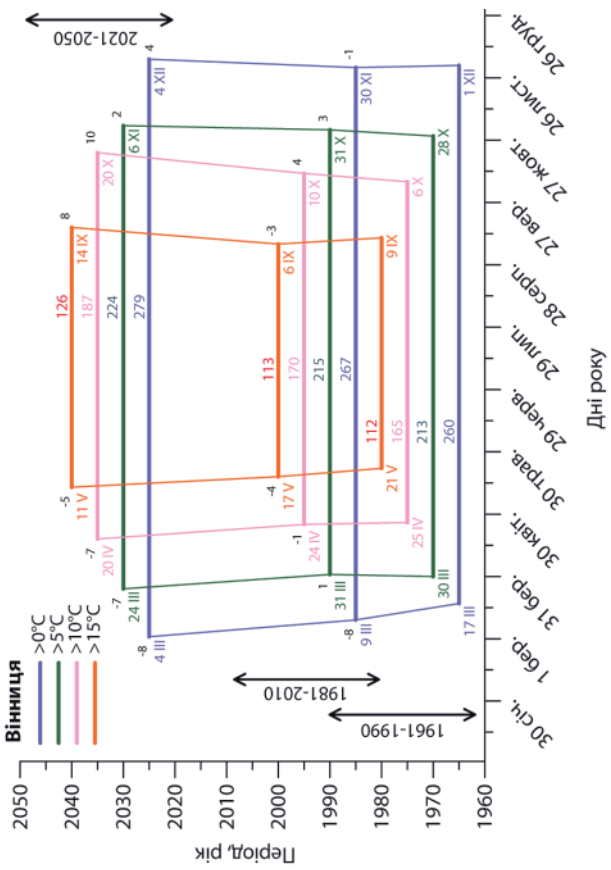
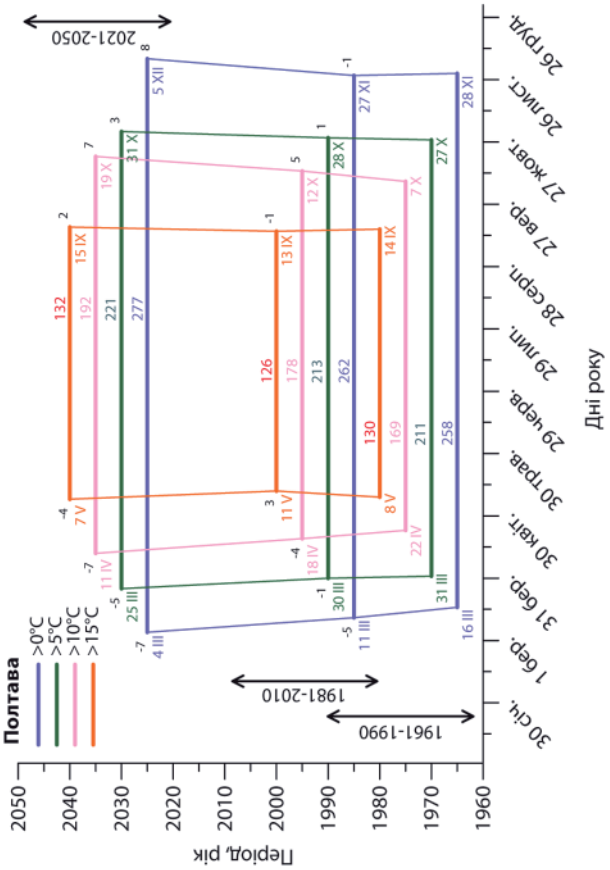
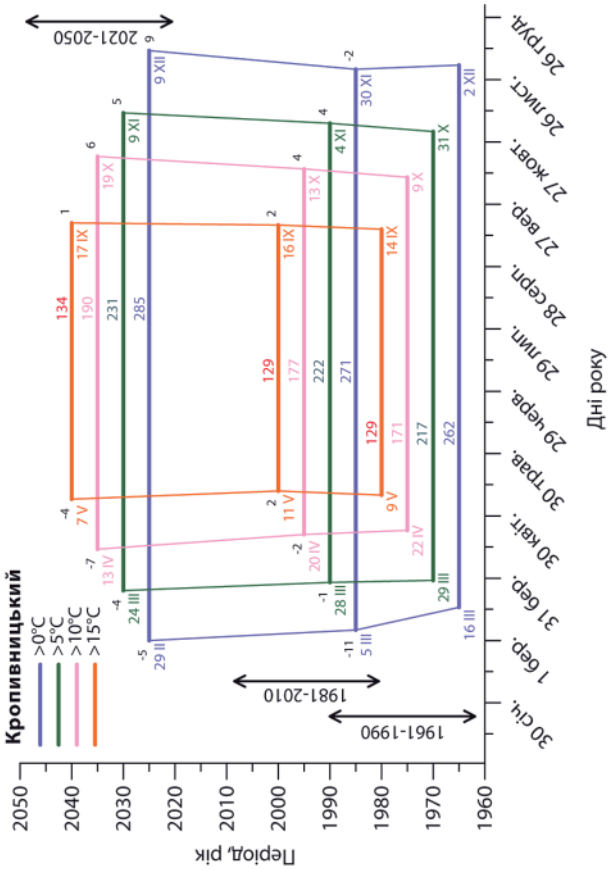


Рис. 3. Продовження
Fig. 3. Continuation









© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

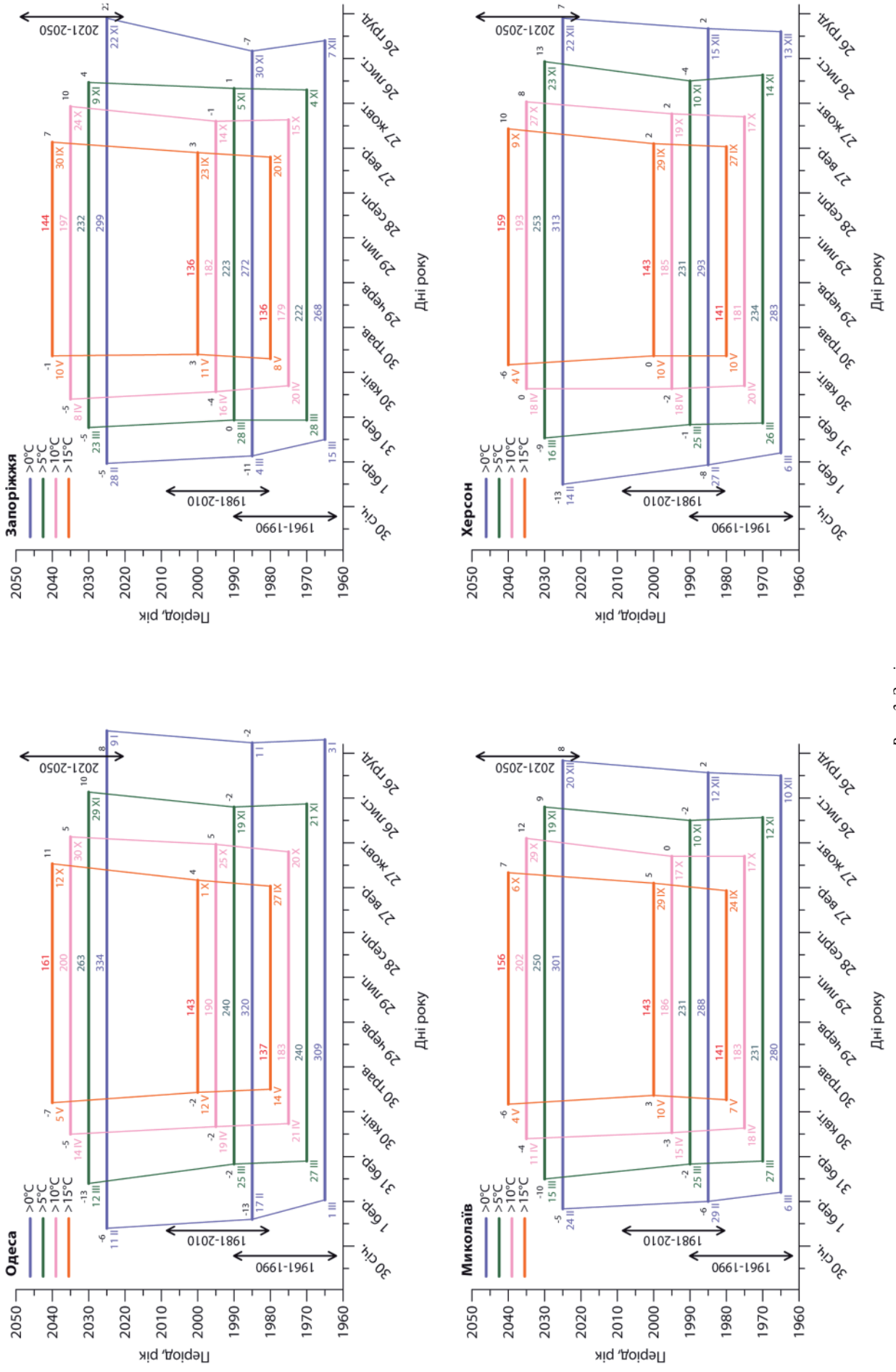


Рис. 3. Закінчення
Fig. 3. End

теплого сезону очікуються і в західному регіоні: у містах Луцьк, Львів, Івано-Франківськ та Чернівці він подовжиться на місяць і триватиме 302—310 днів, при цьому переважно за рахунок того, що зима починатиметься на 3 тижні пізніше (20—21 день), а весна — на майже 2 тижні (10—13 днів) раніше. Для східного регіону зміни протилежні, оскільки тільки у м. Луганськ тривалість теплого сезону не змінилась, але його початок зсунувся на день раніше, так само раніше починалась весна у містах Донецьк і Харків, але й зима починалась у цих містах на сході раніше — максимально у Харкові на 7 діб. Утім до середини сторіччя очікується подовження теплого сезону і в східних областях на 10—14 діб відносно сучасного періоду.

Зміни у датах початку сезону вегетації рослин (t >5 °C) не настільки значні в сучасний період відносно стандартного, і для більшості обласних центрів вони становлять у межах ±1—2 дні, тільки у містах Чернігів та Ужгород цей сезон починався на 3 дні раніше (табл. 2). Водночас закінчення сезону вегетації восени для більшості обласних центрів було пізніше, за винятком міст Сімферополь, Херсон, Миколаїв, Одеса, Чернівці, Івано-Франківсь, Львів і Ужгород. Максимально цей період зсунувся на 7 діб у містах Київ і Тернопіль, на 6 діб — Черкаси і Рівне, на 5 — Луганськ і Донецьк. Відповідно тривалість сезону вегетації максимально збільшилась на 8 діб у містах Київ і Черкаси, на 7 діб — у містах Рівне і Тернопіль. До середини сторіччя очікується як раніший початок, так і пізніше закінчення даного сезону по всій території країни, максимальний зсув як початку, так і закінчення сезону на 9—13 діб очікується у містах Одеса, Миколаїв, Херсон і Сімферополь. Це приведе до значного збільшення тривалості вегетаційного сезону в південних областях на 20—23 дні.

Сезон активної вегетації рослин (t >10 °C) практично на всій території країни починався раніше у сучасний період, ніж у стандартний, за винятком міст Ужгород, Чернівці та Київ, де через це відмічено зменшення тривалості цього сезону (табл. 3). Водночас у містах Львів, Луцьк, Рівне, Черкаси, Дніпро, Запоріжжя та Луганськ зафіксовано максимальний зсув початку активної вегетації на 4—5 діб раніше. Восени перехід температури повітря через 10 °C відбувався пізніше майже на всій території країни, максимальний зсув закінчення сезону активної вегетації встановлено у м. Харків — на 10 діб пізніше. До середини сторіччя цей кліматичний сезон значно подовжуватиметься, у середньому на 14 днів за рахунок як ранішого початку, так і пізнішого закінчення.

Зміни тривалості літнього сезону (t >15 °C) у сучасний період відносно стандартного в основному позитивні, за винятком східних і центральних областей країни, максимально цей сезон скоротився на 5 діб у м. Харків (табл. 4). Початок, як і кінець сезону, змінився по-різному: раніше до 6 діб починається літо на Правобережній і пізніше так само на 6 діб на Лівобережній Україні, і восени ці тенденції зберігаються. Інакше кажучи, дійсно відбувся зсув літнього сезону, коли літо і починається, і закінчується раніше на заході й півночі, а у центрі, на півдні й на сході — пізніше. У прогнозі до середини сторіччя літо починатиметься у середньому на 3—5 днів раніше за сучасний період, а закінчуватиметься, за декількома винятками у центрі країни, на 7—10 днів пізніше. Тривалість літнього сезону збільшиться максимально у середньому на два тижні на заході, півночі та півдні, мінімально — у центрі та на сході, у м. Луганськ усього на 3 дні порівняно із сучасним періодом.

Обговорення та перспективи. Дослідженнями розглянутих в цій статті кліматичних показників в Україні займалися досить давно, і в одній з перших присвячених цій проблематиці публікації [1] наведено аналогічні представленим у цьому дослідженні характеристики, але усереднені для 25 областей за даними «Справочника по Климату СССР». На жаль, у цій роботі, яка надрукована у 1980 р., не вказано, якому періоду відповідають отримані результати. Очевидно, що в той час клімат розглядали як досить стабільну характеристику певної географічної області і вважали, що кліматологічні показники не змінюватимуться з плином часу. У Кліматичному кадастрі України [4] наведено кліматологічні характеристики для всіх метеорологічних станцій України за період 1961—1990 рр. Зауважимо, що саме цей період і його характеристики й досі вважають кліматологічною нормою в Україні, і всі прогнози та оцінки сучасних показників наводять стосовно цього періоду, визначеного ВМО вперше як норму. Втім також відомо, що як глобальний, так і регіональний клімат змінюється досить швидко [17], що спонукає багатьох дослідників використовувати коротші періоди для порівнянь [3, 6, 8, 13]. Очевидно, що вибір тривалості періоду для аналізу слід визначати цілями досліджень, а також специфікою характеристики, її добовою, річною та міжрічною природною мінливістю, тощо. Зазначимо, що, згідно із сучасними уявленнями про кліматичну систему та зміни її характеристик, ВМО рекомендує використовувати саме 30-річні періоди і перераховувати кліматологічну норму кожні 10 років. Таким чином, остання кліматологічна норма має відповідати періоду 1981—2010 рр., який у запропонованому дослідженні й розглянуто як «сучасний».

Відповідно до порівняння отриманих у цьому дослідженні результатів з ранішими результатами інших авторів [2—4, 7—9, 12, 13, 18], різниця у датах початку/закінчення сезонів переважно становить 2—3 доби, лише подекуди сягає 5—6 діб, що пояснюється застосуванням різних методів, моделей, сценаріїв. Проте основні висновки щодо подовження як теплого сезону, так і сезонів вегетації рослин

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

в різних регіонах України у сучасний період і надалі все ж збігаються. Продовженням цих досліджень можуть бути оцінювання теплозабезпеченості території України у майбутній кліматичний період, а також застосування інших сценаріїв та чисельних моделей після їх верифікації сучасними методами.

Перспективи використання отриманих проекцій розглянутих показників досить широкі, оскільки, як зазначено вище, початком, закінченням й тривалістю кліматичних сезонів визначається функціонування екосистем, енергетичної, сільськогосподарської й туристичної галузей, транспорту, інфраструктури багатьох видів виробництва, зрештою, здоров'я населення. Сучасне пришвидшення кліматичних змін потребує адекватних і вчасних дій стосовно адаптації життєдіяльності та методів господарювання. При цьому надзвичайно важливо, щоб такі заходи щодо адаптації ґрунтувалися на сучасних наукових засадах і враховували як синергію для різних галузей та споживачів, так і можливі негативні наслідки й конфлікти інтересів [13, 17, 19].

Висновки. Запропоновано вдосконалення кліматологічного методу визначення дат переходу температури повітря через граничні значення за допомогою ковзних середніх. Отримано та проаналізовано дані щодо дат переходу температури повітря через 0, 5, 10 і 15 °С, тривалість відповідних кліматичних сезонів і зміни цих показників у різні кліматичні періоди для всіх обласних центрів України і м. Сімферополь. Розроблено оригінальну форму подання результатів у вигляді діаграм для полегшення аналізу кліматологічних показників початку, закінчення і тривалості кліматичних сезонів. Отримані результати засвідчують, що порівняно із сучасним періодом, до середини XXI ст. очікуються такі зміни:

1) значне подовження теплого сезону: у західних областях більш як на місяць, максимально у м. Ужгород — на 54 дні, в інших регіонах у середньому на 15—20 днів, у м. Сімферополь зима (t<0 °С) зникне зовсім;

2) сезон вегетації рослин в усіх областях подовжиться найменше на 5 днів у м. Донецьк, в інших регіонах — у середньому на 8—10 днів, за винятком міст Одеса, Миколаїв і Херсон, де очікується збільшення на 20 днів;

3) сезон активної вегетації триватиме у середньому на 13—15 днів довше, найменші зміни отримано для міст Сімферополь (5 днів) і Херсон (8 днів), найбільші — для міст Ужгород (19 днів), Київ і Вінниця (17 днів);

4) кліматичне літо збільшиться у середньому на 10—12 днів, найменше — у містах Луганськ (3 дні) та Кропивницький (5 днів), найбільше — у містах Сімферополь та Одеса — 18, Рівне, Львів та Херсон — 16 діб. Прогнозовані зміни кліматичних показників потребуватимуть розробки та впровадження відповідних заходів щодо адаптації в господарюванні на державному, місцевому, локальному та індивідуальному рівнях в Україні.

Список бібліографічних посилань

1. Бабиченко В.Н., Бондаренко З.С., Рудышина С.Ф. Даты перехода средней суточной температуры воздуха через определенные пределы по административным областям Украины. *Труды УкрНИИ Госкомгидромета.* 1980. Вип. 180. С. 12—21.
2. Балабух В.А., Малицкая Л.В., Ягодинец С.Н., Лавриненко Е.Н. Проекции изменения и ожидаемые значения климатических средних и показателей экстремальности термического режима к середине XXI века в Украине. *Природопользование.* Минск, Республика Беларусь, 2018. № 1. С. 97—113.
3. Дати переходу температури повітря в Україні за сучасних умов клімату [за ред. В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко]. Київ: Ніка-Центр, 2010. 304 с.
4. Кліматичний кадастр України (електронна версія). Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ, Центральна геофізична обсерваторія. Київ, 2006. http://www.cgo.kiev.ua/index.php?dv=pos-klim-kadastr (дата звернення: 04.11.2018).
5. Краковская С.В. Оптимальный ансамбль региональных климатических моделей для оценки изменений температурного режима в Украине. *Природопользование.* Минск, Республика Беларусь, 2018. № 1. С. 114—126.
6. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Шпиталь Т.М. Електронні бази метеорологічних даних та результати чисельних кліматичних моделей у визначенні спеціалізованих кліматичних показників. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* 2016. Т. 3 (42). С. 95—105.
7. Писаренко Л.А., Круківська А.В. Особливості просторового розподілу ресурсів теплозабезпеченості території України у період активної вегетації сільськогосподарських культур. *Часопис картографії.* 2018. Вип. 18. С. 69—81.
8. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Барсукова О.А. Вплив змін клімату на агрокліматичні умови вегетаційного періоду основних сільськогосподарських культур. *Український гідрометеорологічний журнал.* 2017. № 20. С. 61—70.
9. Скриник О.А. Вегетаційний період в Українських Карпатах за умов сучасного клімату. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* 2014. Т. 2 (33). С. 91—98.
10. Скриник О.А., Скриник О.Я. До проблеми визначення дати стійкого переходу середньої добової температури повітря через фіксоване значення. *Наукові праці УкрНДГМІ.* 2006. Вип. 255. С. 41—55.
11. *Скрыник О.Я., Скрыник О.А.* Климатологический метод определения даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через заданное пороговое значение. *Метеорология и гидрология.* 2009. № 10. С. 90—99.
12. Сніжко С.І., Скриник О.А., Щербань І.М. Особливості тривалості вегетаційного періоду і періоду активної вегетації на території України (тенденції зміни внаслідок глобального потепління). *Український гідрометеорологічний журнал.* 2007. № 2. С. 119—128.
13. Швиденко А.З., Букша І.Ф., Краковська С.В. Уразливість лісів України до зміни клімату. Монографія. Київ: Ніка-Центр, 2018. 183 с.

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

14. Шедеменко І.П., Краковська С.В., Гнатюк Н.В. Верифікація даних Європейської бази E-OBS щодо приземної температури повітря та кількості опадів у адміністративних областях України. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2012. Вип. 262. С. 36—48.

15. Berg P., Feldmann H., Panitz H.-J. Bias correction of high resolution regional climate model data. *Journal of Hydrology*. 2012. Vol. 448. P. 80—92. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.026 (дата звернення: 06.11.2018).

16. European Climate Assessment & Dataset (ECA&D)' Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). https://www.ecad.eu/documents/atbd.pdf (дата звернення: 05.11.2018).

17. IPCC. 2018. Summary for Policymakers. Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty; [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pцrtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, Y. Chen, S. Connors, M. Gomis, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, N. Reay, M. Tignor, T. Waterfield, X. Zhou (eds.)]. In press. http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf (дата звернення: 04.11.2018).

18. Krakovska S., Shpytal T., Gnatiuk N., Palamarchuk L., Chyhareva A. Heating period features in Ukraine till the middle of the 21st century based on ensemble and individual RCM projections. *Conference 2 nd PannEx Workshop on the climate system of the Pannonian basin*. Budapest, Hungary. 2016. https://www.researchgate.net/publication/304336014_Heating_period_features_in_Ukraine_till_the_middle_of_the_21st_century_based_on_ensemble_and_individual_RCM_projections (дата звернення: 08.11.2018).

19. Meshkova V. L. Seasonal development of foliage browsing insects. Publisher: Kharkov: Planeta-print. ISBN: 978-966-2046-69-4. 2009. 396 p. HYPERLINK "https://www.researchgate.net/publication/%20308208227_" https://www.researchgate.net/publication/ 308208227_Meshkova_V_L_Seasonal_development_of_foliage_browsing_insects_Meskova_V_L_Sezonnoe_razvitie_hvoelistogryzusih_nasekomyh

20. Van der Linden P., J.F.B. Mitchell (eds). ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre: 2009, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160 p. http://ensembles-eu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf (дата звернення: 05.11.2018).

Надійшла до редакції 07.11.2018 р.

ДАТЫ ПЕРЕХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ 0, 5, 10 И 15°С И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СООТВЕТСТВУЮЩИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ СЕЗОНОВ СО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX ДО СЕРЕДИНЫ XXI СТ. В УКРАИНЕ

С.В. Краковская, Т.Н. Шпиталь

Украинский гидрометеорологический институт, проспект Науки, 37, г. Киев, 03028, Украина, e-mail: svitlanakrakovska@gmail.com, shpital@bigmir.net

Для расчетов дат перехода температуры воздуха через 0, 5, 10 и 15 °С, продолжительности соответствующих климатических сезонов и изменения этих показателей в разные климатические периоды для всех областных центров и г. Симферополь (АР Крым) Украины были использованы данные верифицированного ансамбля региональных климатических моделей и Европейской базы данных E-Obs. Предложено усовершенствование климатологического метода определения указанных показателей при помощи скользящих средних. Разработана оригинальная форма представления результатов в виде диаграмм для облегчения анализа изменений в датах начала, окончания и продолжительности климатических сезонов. Проанализированы изменения рассчитанных показателей в современном периоде 1981—2010 гг. относительно стандартного 1961—1990 гг., а также в будущем 2021—2050 гг. относительно современного. Результаты исследования подтвердили полученные ранее другими авторами выводы об изменениях показателей в современных климатических условиях, а также засвидетельствовали дальнейшее значительное удлинение теплого сезона, сезонов вегетации и активной вегетации растений и климатического лета к середине XXI ст. Полученные прогнозируемые изменения климатологических показателей могут быть основой для разработки и внедрения соответствующих мероприятий по адаптации в хозяйственной, природоохранной и других видах деятельности на государственном, местном, локальном и индивидуальном уровнях в Украине.

Ключевые слова: даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха, региональная климатическая модель, теплый сезон, вегетационный сезон, климатическое лето.

DATES OF AIR TEMPERATURE TRANSITION OVER 0, 5, 10 AND 15 °C AND CORRESPONDING LENGTHS OF CLIMATIC SEASONS FROM THE SECOND PART OF THE 20TH TO THE MIDDLE OF THE 21ST CENTURY IN UKRAINE

S.V. Krakovska, T.M. Shpytal

Ukrainian Hydrometeorological Institute, 37, Prospekt Nauki, Kyiv, 03028, Ukraine, e-mail: svitlanakrakovska@gmail.com, shpital@bigmir.net

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

To obtain the dates of the transition of air temperature through 0, 5, 10 and 15 °C, the lengths of the relevant climatic seasons and changes in these indicators in different climatic periods for all administrative centers of Ukraine, data of both the verified ensemble of regional climate models and the European database E-Obs were used. The improvement of the climatological method for determining the above indicators by applying running averages has been proposed. The original form of presentation of the results as diagrams has been developed to facilitate the analysis of changes in the start/end dates and the length of the climatic seasons. The changes of the calculated indicators were analyzed for the recent period of 1981—2010 in relation to the standard 1961—1990 and for the future period 2021—2050 in relation to the recent one. Results of the study have confirmed earlier findings obtained by other authors about changing in indicators in the current climate conditions and showed a further significant extension of warm, growing, as like as active vegetation and climatic summer seasons to the middle of the 21st century. Obtained projected changes in climatological characteristics can serve as a basis for the development and implementation of adaptation measures to climate change in economic, environmental and other activities at national, regional, local and individual levels in Ukraine.

Key words: dates of steady transition of mean daily air temperature, regional climate model, warm season, growing season, climatic summer

References

1. Babichenko V.N., Bondarenko Z.S., Rudyshina S.F. Daty perekhoda sredney sutochnoy temperatury vozdukha cherez opredelennye predely po administrativnym oblastyam Ukrainy. *Trudy UkrNII Goskomgidrometa*. 1980. Vyp. 180. P. 12—21.
2. Balabukh V.A., Malitskaya L.V., Yagodinets S.N., Lavrinenko E.N. Proektsii izmeneniya i ozhidaemye znacheniya klimaticheskikh srednikh i pokazateley ekstremal'nosti termicheskogo rezhima k seredine KhKhI veka v Ukraine. *Prirodopol'zovanie*. Minsk, Respublika Belarus', 2018. N 1. P. 97—113.
3. Daty perehodu temperatury povitrja v Ukrai'ni za suchasnyh umov klimatu [za red. V.I. Osadchogo, V.M. Babichenko]. Kyiv: Nika-Centr, 2010. 304 p.
4. Klimatychnyj kadastr Ukrai'ny (elektronna versija). Derzhavna gidrometeorologichna sluzhba, UkrNDGMI, Central'na geofizychna observatorija. Kyiv, 2006. http://www.cgo.kiev.ua/index.php?dv=pos-klim-kadastr (data zvernennja: 04.11.2018).
5. Krakovskaya S.V. Optimal'nyy ansambl' regional'nykh klimaticheskikh modeley dlya otsenki izmeneniy temperaturnogo rezhima v Ukraine. *Prirodopol'zovanie*. Minsk, Respublika Belarus', 2018. N 1. P. 114—126.
6. Krakovs'ka S.V., Palamarchuk L.V., Shpytal' T.M. Elektronni bazy meteorologichnyh danyh ta rezul'taty chysel'nyh klimatychnyh modelej u vyznachenni specializovanyh klimatychnyh pokaznykiv. *Gidrologija, gidrohimija i gidroekologija*. 2016. T. 3 (42). P. 95—105.
7. Pysarenko L.A., Krukivs'ka A.V. Osoblyvosti prostorovogo rozpodilu resursiv teplozabezpechenosti terytorii' Ukrai'ny u period aktyvnoi' vegetacii' sil's'kogospodars'kyh kul'tur. *Chasopys kartografii'*. 2018. Vyp. 18. P. 69—81.
8. Pol'ovyj A.M., Bozhko L.Ju., Barsukova O.A. Vplyv zmin klimatu na agroklimatychni umovy vegetacijnogo periodu osnovnyh sil's'kogospodars'kyh kul'tur. *Ukrai'ns'kyj gidrometeorologichnyj zhurnal*. 2017. N 20. P. 61—70.
9. Skrynyk O.A. Vegetacijnyj period v Ukrai'ns'kyh Karpatah za umov suchasnogo klimatu. *Gidrologija, gidrohimija i gidroekologija*. 2014. T. 2 (33). P. 91—98.
10. Skrynyk O.A., Skrynyk O.Ja. Do problemy vyznachennja daty stijkogo perehodu seredn'oi' dobovoi' temperatury povitrja cherez fiksovane znachennja. *Naukovi praci UkrNDGMI*. 2006. Vyp. 255. P. 41—55.
11. Skrynik O.Ya., Skrynik O.A. Klimatologicheskiy metod opredeleniya daty ustoychivogo perekhoda sredney sutochnoy temperatury vozdukha cherez zadannoe porogovoe znachenie. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2009. N 10. P. 90—99.
12. Snizhko S.I., Skrynyk O.A., Shherban' I.M. Osoblyvosti tryvalosti vegetacijnogo periodu i periodu aktyvnoi' vegetacii' na terytorii' Ukrai'ny (tendencii' zminy vnaslidok global'nogo poteplinnja). *Ukrai'ns'kyj gidrometeorologichnyj zhurnal*. 2007. N 2. P. 119—128.
13. Shvydenko A.Z., Buksha I.F., Krakovs'ka S.V. Urazlyvist' lisiv Ukrai'ny do zminy klimatu. Monografija. Ktiv: Nika-Centr, 2018. 183 p.
14. Shedemenko I.P., Krakovs'ka S.V., Gnatjuk N.V. Veryfikacija danyh Jevropejs'koi' bazy E-OBS shhodo pryzemnoi' temperatury povitrja ta kil'kosti opadiv u administratyvnyh oblastjah Ukrai'ny. *Naukovi praci UkrNDGMI*. 2012. Vyp. 262. P. 36—48.
15. Berg P., Feldmann H., Panitz H.-J. Bias correction of high resolution regional climate model data. *Journal of Hydrology*. 2012. Vol. 448. P. 80—92. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.026 (дата звернення: 06.11.2018).
16. European Climate Assessment & Dataset (ECA&D)' Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). https://www.ecad.eu/documents/atbd.pdf (дата звернення: 05.11.2018).
17. IPCC. 2018. Summary for Policymakers. Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty;

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь

[V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pцrtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, Y. Chen, S. Connors, M. Gomis, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, N. Reay, M. Tignor, T. Waterfield, X. Zhou (eds)]. In press. http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf (дата звернення: 04.11.2018).

18. Krakovska S., Shpytal T., Gnatiuk N., Palamarchuk L., Chyhareva A. Heating period features in Ukraine till the middle of the 21st century based on ensemble and individual RCM projections. *Conference 2nd PannEx Workshop on the climate system of the Pannonian basin*. Budapest, Hungary. 2016. https://www.researchgate.net/publication/304336014_Heating_period_features_in_Ukraine_till_the_middle_of_the_21st_century_based_on_ensemble_and_individual_RCM_projections (дата звернення: 08.11.2018).

19. Meshkova V.L. Seasonal development of foliage browsing insects. Publisher: Kharkov: Planeta-print. ISBN: 978-966-2046-69-4. 2009. 396 p. HYPERLINK “https://www.researchgate.net/publication/%20308208227_” https://www.researchgate.net/publication/ 308208227_Meshkova_V_L_Seasonal_development_of_foliage_browsing_insects_Meskova_V_L_Sezonnoe_razvitie_hvoelistogryzusih_nasekomyh.

20. Van der Linden P., J.F.B. Mitchell (eds). ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre: 2009, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160 p. http://ensembles-eu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf (дата звернення: 05.11.2018).

Received 07/11/2018

© С.В. Краковська, Т.М. Шпиталь