МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

КОМПЛЕКСНА МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ДИНАМІКА ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ТЕМПЕРАТУР І ОПАДІВ В УКРАЇНІ В КОНТЕКСТІ СУЧАСНИХ ЗМІН КЛІМАТУ

1. Динаміка екстремальних температур в Україні в умовах сучасних змін клімату

Виконав магістр групи МЗК-18
Богушенко А.О.
Керівник: доц., к.геогр.н. Хоменко І.А.

2. Динаміка екстремальних опадів в Україні в умовах сучасних змін клімату

Виконав магістр групи МЗК-18
Яценко В.О.
Керівник: доц., к.геогр.н. Хоменко І.А.

Провідний науковий керівник: доц., к.геогр.н. Хоменко І.А.

Рецензент: д.геогр.н., проф. Берлінський М.А.

Одеса 2020 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Гідрометеорологічний інститут

Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Динаміка екстремальних температур в Україні в умовах сучасних змін клімату

Виконав магістр 2 курсу групи МЗК – 18
спеціальності 103 “Науки про Землю”
Богушенко Анна Олегівна

Керівник к.геогр.н., доц.
Хоменко Інна Анатоліївна

Рецензент д.геогр.н., проф.
Берлінський Микола Анатолійович

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет Гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 103 "Науки про Землю"
(шифр і назва)
Освітньо-наукова програма Кліматологія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Прокоф'єв О.М.
" 23 " березня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Богушенко Анні Олегівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Динаміка екстремальних температур в Україні в умовах сучасних змін клімату

керівник роботи Хоменко Інна Анатоліївна, к.геогр.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "04" березня 2020 року № 23-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12 травня 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *річні значення екстремальних кліматичних індексів, що характеризують температурний режим для шістнадцяти станцій України, а саме: Ай-Петрі, Асканія Нова, м. Вінниця, Керч, Київ, Лубни, Луганськ, Львів, Миколаїв, Одеса, Полтава, Ужгород, Умань, Феодосія, Чернівці, Шепетівка за весь період інструментальних спостережень на цих станціях*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *побудова теоретичних розподілів для середньорічних температур і емпіричних розподілів для 15 екстремальних кліматичних індексів, які характеризують температурний режим; виявлення просторово-часових змін в температурному режимі України і здійснення висновків щодо змін середньорічної і абсолютних екстремальних температур у майбутньому з використанням методів спектрального і гармонічного аналізу; побудова просторових розподілів відхилень середніх значень індексів за період 1981-2010 рр. від їх кліматичної норми, визначеної за період 1961-1990 рр.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Просторові розподіли відхилень середніх значень індексів за 1981-2010 рр. від їх кліматичної норми; графічне представлення теоретичних розподілів середньорічної температури і емпіричних розподілів екстремальних температурних індексів; графічне представлення часового ходу спостережуваних індексів і значень індексів, змодельованих і спрогнозованих за допомогою гармонічного аналізу.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 23 березня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін Виконання етапів проекту (роботи)	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Вивчення літературних джерел за темою дипломного проекту.	23 березня - 5 квітня 2020р.	98	відмінно
2.	Підготовка даних метеорологічних спостережень до обробки.	1-5 квітня 2020р.	100	відмінно
3.	Обробка даних метеорологічних спостережень за допомогою графічно-розрахункових пакету «Excel», пакету прикладних програм «Matlab»	6-11 квітня 2015р.	100	відмінно
4.	Отримання теоретичних і емпіричних розподілів за різні кліматичні періоди, виявлення лінійних трендів, визначення коефіцієнтів рівнянь регресії, застосування спектрального і гармонічного аналізу для моделювання і прогнозування середньорічної і екстремальних температур. побудова графіків. Побудова карт за допомогою картографічного пакету Golden Software Surfer.	12-18 квітня 2020р.	100	відмінно
5.	Аналіз отриманих результатів.	19-23 квітня 2020 р.	98	відмінно
Атестація		20-26 квітня 2020 р.	100	відмінно
6	Аналіз отриманих результатів.	24 квітня – 5 травня 2020р.	98	відмінно
7.	Оформлення магістерської роботи.	6 – 10 травня 2020 р.	100	відмінно
8.	Підготовка комп'ютерної презентації та доповіді до захисту магістерської роботи.	11-20 травня 2020 р.	100	відмінно
9	Попередній захист дипломної роботи.	23-24 травня 2020 р.	100	відмінно
Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			99	відмінно

Студент_____ Богушенко А.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Хоменко І.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Тема: „Динаміка екстремальних температур в Україні в умовах сучасних змін клімату”

Автор: Богушенко А.О.

Актуальність проблеми полягає в тому, що температура є таким кліматичним параметром, який має найвищу ймовірність підвищення у більшості майбутніх сценаріїв глобальних змін клімату. Переважна більшість найбільших середньорічних аномалій припадає на останні 30 років. Температура в Україні за останні 20 років зазнала значних змін у порівнянні зі стандартним кліматичним періодом 1961-1990 рр., так середні та максимальні температури стали вищими для більшості місяців та за рік в цілому.

Метою даної роботи є виявлення особливостей динаміки і просторового розподілу екстремальних температур на території України в умовах сучасних змін клімату.

Відповідно до поставленої мети було розв’язано такі **задачі**:

- побудовано теоретичні розподіли для середньорічних температур і емпіричні розподіли для 15 екстремальних кліматичних індексів, що характеризують температурний режим;
- виявлено лінійні тренди за весь період спостережень і кліматичні періоди 1901-1930 рр, 1931-1960 рр., 1961-1990 рр., 1981-2010 рр., визначено рівняння регресії лінійних трендів і їх статистичну значущість для $\alpha = 0.05$ і $\alpha = 0.01$ для 15 екстремальних температурних індексів для 16 станцій України;
- для виявлення просторово-часових змін в температурному режимі України застосовано модель лінійної регресії і тест Манна-Кендалла. Для здійснення прогнозу середньорічної температури, річного абсолютного максимуму і річного абсолютного мінімуму температури на найближчі 22 роки (2019-2050 рр.) було застосовано методи спектрального і гармонічного аналізу;
- побудовано просторові розподіли відхилень середніх значень індексів за період 1981-2010 рр. від їх кліматичної норми, визначеної за період 1961-1990 рр.

Об’єкт дослідження – екстремальні кліматичні індекси, які характеризують режим температури.

Предмет дослідження – кліматичні і фізико-статистичні характеристики екстремальних температурних індексів.

Методи дослідження – фізико-статистичний та кліматичний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів.

В даній роботі *вперше* для території України:

- отримано просторово-часовий розподіл екстремальних температурних індексів;
- здійснено прогноз середньорічної і абсолютних екстремальних температур до 2050 р. для восьми станцій України за допомогою гармонічного аналізу.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані режимні характеристики можуть бути використані для ефективного вирішення проблем адаптації до змін клімату і пом’якшення наслідків змін клімату.

Магістерська робота в обсязі 228 сторінок складається з 3 розділів, висновків, переліку посилань з 31 джерела, чотирьох додатків, містить 34 рисунки та 6 таблиць.

Ключові слова: екстремальні кліматичні індекси, глобальне потепління, екстремальні температури, аналіз трендів, прогноз температури

Summary

Theme: „Extreme temperature dynamics in Ukraine in the context of the modern climate change”

Author: Bohushenko A.O.

Urgency of the issue is formed that temperature is such a climatic parameter characterized with highest probability in most of future scenarios of global climate change. Most of highest annual average anomalies are observed during the last 30 years. During the past 20 years the temperature in Ukraine changed significantly versus climatic standard period of 1961-1990, thus, mean and maximum temperatures became higher for year and most of months.

Aim of this study is to reveal features of dynamics and spatial distribution of extreme temperature over Ukraine in the context of the modern climate change.

According to aim assigned **such tasks** are solved:

- non-parametric probability distribution of mean annual temperature and empirical probability distributions of fifteen extreme temperature indices are derived;
- linear trends are obtained for period of available observations for each stations and periods of 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010, linear trend equations are derived and their statistical significance are determined for $\alpha = 0.05$ i $\alpha = 0.01$ for 15 extreme temperature indices for 16 stations of Ukraine;
- in order to reveal spatiotemporal changes in the temperature conditions of Ukraine a combination of linear regression and Mann-Kendal test are used. Mean annual temperature, annual maxima of daily maximum temperature and annual minima of daily minimum temperature were predicted by a combination of spectral analysis and harmonic regression for the next 22 years (2019-2050)
- spatial distribution anomaly of extreme temperature indices for 1981-2010 period relative to the 1961-1990 mean are obtained.

Object of scientific research is extreme temperature indices.

Subject of scientific research is climatic characteristics and statistical characteristics of extreme temperature indices.

Methods of scientific research is statistical and climatic analysis.

Scientific novelty of results obtained.

In this study for the Ukraine for the first time

- spatiotemporal distributions of extreme temperature indices are obtained;
- prediction of mean annual temperature, annual maxima of daily maximum temperature and annual minima of daily minimum temperature are made up to 2050 for eight stations of Ukraine using the combination of spectral analysis and harmonic regression.

Practical importance of results obtained. The results obtained are practically important for solution for the problems of climate change adaptation and mitigation.

Master thesis of 228 pages consists of three chapters, conclusions, bibliography of 31 sources, four annexes, contains 34 figures and 6 tables.

Keywords: extreme climate indices, global warming, extreme temperature, trend analysis, temperature prediction

ЗМІСТ

Пояснювальна записка…… 7
Вступ…… 11
1 Методики оцінки змін, які відбуваються у повторюваності та інтенсивності екстремальних кліматичних і погодних явищ……. 13
1.1 Екстремальні кліматичні індекси, які використовуються для характеристики температурно-вологісного режиму……... 13
1.2 Екстремальні кліматичні індекси ETCCDMI для характеристики режиму опадів…… 19
2 База даних і методика дослідження…….. 27
2.1 Аналіз лінійних трендів……. 28
2.2 Аналіз емпіричних розподілів…….. 31
2.3 Аналіз часових рядів…….. 31
2.4 Просторовий аналіз індексів……. 33
3 Просторово-часовий розподіл екстремальних температурних індексів над територією України в контексті сучасних змін клімату…… 34
3.1 Сучасні зміни в часовому розподілі середньорічної температури на території України…… 34
3.2 Сучасні зміни в просторово-часовому розподілі абсолютних температурних індексів на території України 38
3.3 Сучасні зміни в просторово-часовому розподілі процентильних температурних індексів на території України…… 59
3.4 Сучасні зміни в просторово-часовому розподілі фіксованих порогових температурних індексів на території України…… 71
3.5 Сучасні зміни в просторово-часовому розподілі індексів тривалості, які характеризують температурний режим, на території України……... 83
Висновки…… 92
Перелік посилань…….. 95
Додаток А……... 98
Додаток Б……... 114
Додаток В……... 142
Додаток Г……... 200

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Назва теми комплексної кваліфікаційної роботи: “Динаміка екстремальних температур і опадів в Україні в контексті сучасних змін клімату”, до складу якої входять дві окремі кваліфікаційні роботи за темами: “Динаміка екстремальних температур в Україні в умовах сучасних змін клімату”, виконавцем якої є магістрант гр. МЗК-18 Богушенко А.О. і “Динаміка екстремальних опадів в Україні в умовах сучасних змін клімату”, виконавцем якої є магістрант гр. МЗК-18 Яценко В.О. Старостою групи з виконання комплексної кваліфікаційної магістерської роботи є Богушенко А.О. Науковим керівником комплексної роботи і окремих комплексних наукових робіт є доцент кафедри метеорології та кліматології, к.геогр.н. Хоменко І.А.

Глобальне потепління, викликане емісіями парникових газів в атмосферу, є беззаперечним, і протягом останнього століття концентрація CO_2 значно зросла, що спричинило збільшення середньої глобальної температури на 0.74°C порівняно з доіндустріальною ерою. Швидке зростання температури перш за все виявляється в почастішанні і інтенсифікації екстремальних кліматичних умов і явищ в просторово-часовому розподілі опадів і температурі. Поточні зміни температурного режиму і режиму опадів є серйозним викликом для суспільства і економіки багатьох країн, тому знання мінливості клімату і трендів в змінах клімату є важливим для вищих посадових осіб, економістів і суспільства в цілому для розробки заходів з адаптації і пом’якшення змін клімату. Для виявлення поточних змін, які відбуваються, необхідно зробити комплексну і всебічну оцінку трендів в різних екстремальних індексах, які характеризують режим опадів і температури.

Метою даного дослідження є виявлення особливостей просторово-часового розподілу екстремальних температур і опадів на території України в умовах сучасних змін клімату на основі 25 екстремальних кліматичних

індексів, рекомендованих Експертною групою з виявлення кліматичних змін та індексів змін клімату

Серед задач, які було поставлено в даному комплексному дипломному проекті, такі: 1) виявлення основних тенденцій, які відбувається в змінах екстремальних кліматичних індексів з часом; 2) виявлення головних особливостей часового розподілу екстремальних кліматичних індексів, які характеризують температурно-вологісний режим, 3) виявлення змін, які відбуваються у просторовому розподілі випадків інтенсивних атмосферних опадів, екстремальних температур і посух; 4) прогноз середньорічної температури, річної абсолютної максимальної і річної абсолютної мінімальної температур, річної кількості опадів, індексу посушливості і річного максимуму одноденної кількості опадів за допомогою методів спектрального і гармонічного аналізу. Виконання задач щодо виявлення особливостей просторово-часового розподілу екстремальних температур на території України було покладено на Богушенко А.О., а Яценко В.О. виконувала частину завдань, яка стосувалась виявлення особливостей режиму екстремальних опадів на території України.

Загальна методика досліджень полягала в застосуванні моделі лінійної регресії, тест Манна-Кендалла, методи спектрального і гармонічного аналізу до часових рядів середньорічної температури, річної кількості опадів, 25 кліматичних екстремальних індексів, які характеризують температурно-вологісний режим.

Загальні висновки, які були отримані при виконанні комплексного дипломного проєкту:

1. Середньорічна температура і абсолютні річні температури зростають з часом: починаючи з 1945 р. зміна середньорічної температури відбувається на 2.0-2.4°C, зміна абсолютного максимуму температури коливається в межах від 0.5°C для західних і північних областей і на 2.8°C для південних, зміна абсолютного мінімуму спостерігається в тих самих межах, що і для середньорічної температури. При збереженні лінійних трендів в найближчі 32 роки в усіх регіонах України спостерігатиметься подальше збільшення середньорічної, максимальної і мінімальної температур приблизно на 1.0°C;

2. Теоретичні розподіли річної суми опадів, отримані за допомогою непараметричних методів, показали в останні 75 років зростання кількості опадів на 40-50 мм для більшості міст України. Лише в м. Умань і Ужгород кількість опадів лишається незмінною;
3. Індекс посушливості характеризується від'ємними лінійними трендами для всіх станцій України, окрім м. Лубни. В майбутні 32 роки продовжуватиметься зменшення індексу посушливості на цих станціях і тенденції посилюватимуться. В м. Лубни, навпаки, індекс посушливості має зрости до 2050 р., але лише на 2 дні;
4. Річні абсолютні максимальні і річні абсолютні мінімальні температури, кількість літніх днів, кількість теплих днів і ночей, тривалість теплих періодів сягають найвищих значень, у той час як кількість прохолодних днів і ночей, морозних і крижаних днів, тривалість холодних періодів сягають рекордного мінімуму;
5. Глобальне потепління в різний спосіб впливає на зміни в просторовому розподілі екстремальних температурних індексів. Найбільше зростання кількості літніх днів, прохолодних і теплих днів відбувається в західних областях, в той самий час на сході країни спостерігається найінтенсивніше зростання кількості тропічних ночей і тривалості вегетаційного періоду. В просторовому розподілі абсолютної максимальної і мінімальної температур, кількості морозних днів, прохолодних днів і ночей найбільш рекордне зростання відбувається в смузі, яка поширюється з південного заходу на північний схід;
6. Для всієї території України в індексах, які характеризують випадки з екстремальними опадами, відбувається зсунення часових розподілів в бік високих значень, а емпіричний індекс посушливості, навпаки, зсувається в бік низьких значень;

7. В полі змін загальної кількості опадів в дощові дні за період 1961-2010 рр. простежується суттєве зменшення опадів в смузі, яка поширюється з Кримських гір на регіони Придніпровської височини. На заході і сході країни відбувається збільшення опадів. В річній максимальній за рік одноденній і п’ятиденній сумі опадів, кількості днів з надзвичайним зволоженням, кількості днів з опадами ≥ 10 мм відбуваються такі самі зміни в просторовому розподілі як і в загальній кількості опадів в дощові дні. Кількість днів з сильним зволоженням і кількість днів з опадами ≥ 20 мм характеризуються збільшенням значень для всієї території України, виключаючи Кримські гори і Придніпровську височину.
8. Індекс посушливості зростає на Кримському півострові, в південних регіонах і на північному сході країни, що вказує на те, що в цих регіонах спостерігатиметься найбільш небезпечна ситуація через зростання тривалості посушливих періодів, які будуть чергуватися з періодами зі значними опадами.

ВСТУП

П'ятий звіт про оцінку Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (МГЕЗК) робить висновок, що “Глобальні осереднені комбіновані дані про температуру поверхні суші і океану виявили потепління на рівні 0,85°C (0,65–1,06°C) за період 1880–2012 рр., таким чином, потепління кліматичної системи є явно вираженим і беззаперечним” [14]. Глобальне потепління може здійснювати безпосередній вплив на екстремальні кліматичні умови, збільшуючи повторюваність виникнення аномальних екстремальних кліматичних явищ, таких як аномально спекотна погода, хвилі тепла, повені, град, смерчі. Зростання екстремальних кліматичних явищ має значний вплив на сільське господарство, енергетику, екосистеми та здоров'я людини та привертає увагу всього світу [13].

Екстремальні кліматичні явища визначаються як явища, які мають малу ймовірність появи, за умов, що значення метеорологічної величини вище (або нижче) за певний верхній (або нижній) поріг діапазону спостережуваної величини, для якого ймовірність виникнення зазвичай менша 10%. Існує багато критеріїв, основаних на різних вимогах, для визначення того, чи відбулося екстремальне кліматичне явище. Наприклад, деякі показники посухи, такі як індекс інтенсивності посухи Палмера (PDSI), стандартизований індекс опадів (SPI) та комплексний метеорологічний індекс посухи (CI).

Відсутність довгих рядів глобальних кліматичних даних та уніфікованих індексів та порогів для визначення екстремальних кліматичних явищ у різних країнах певною мірою перешкоджала здійсненню подальших досліджень в цьому напрямку. Тому для вирішення цього питання на початку XXI століття Всесвітня метеорологічна організація та Всесвітня програма досліджень клімату спільно створили Експертну групу з виявлення кліматичних змін та індексів змін клімату та визначили 27 репрезентативних

кліматичних індексів для оцінки екстремальних зміни клімату в глобальному та регіональному масштабах.

Екстремальні кліматичні індекси, отримані Експертною групою з виявлення кліматичних змін та індексів змін клімату, сприяли подальшому дослідженню спостережуваних екстремальних кліматичних явищ і допомогли в верифікації кліматичних моделей при моделюванні екстремальних кліматичних явищ.

Метою даної роботи було виявлення особливостей динаміки і просторового розподілу екстремальних температур на території України в умовах сучасних змін клімату.

Для вивчення екстремального температурного режиму на території України було залучено річні значення п’ятнадцяти індексів, рекомендованих Експертною групою моніторингу і індексів для характеристики екстремальних кліматичних явищ, пов’язаних з температурами, для 16 станцій України за весь доступний період спостережень.

Роботу виконано на кафедрі метеорології та кліматології під керівництвом к.геогр.н., доц. Хоменко І.А.

1 МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЗМІН, ЯКІ ВІДБУВАЮТЬСЯ У ПОВТОРЮВАНОСТІ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ І ПОГОДНИХ ЯВИЩ

1.1 Екстремальні кліматичні індекси, які використовуються для характеристики температурно-вологісного режиму

Підвищення повторюваності і інтенсифікація кліматичних стихійних лих в останній час спричиняють великі економічні збитки і навіть людські жертви. Життя і діяльність людей напряму залежить від змін, які відбуваються в навколишньому середовищі. Характер цих змін відбивається в різноманітності кліматичних характеристик. Особливо гостро сьогодні постає питання щодо зміни характеристик екстремальних станів кліматичної системи, які показують межі їх природної мінливості. Окрім того, викликає велику занепокоєність і наслідки небезпечних явищ погоди, які в своїй більшості мають гідрометеорологічне походження. Питання щодо заходів з пом’якшення наслідків екстремальних явищ погоди є одним з пріоритетних, а дослідження кліматичних екстремумів – однією з головних сфер діяльності Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО). Дані проблеми обумовлюють необхідність кращого розуміння тенденцій у змінах клімату, а перед метеорологією, гідрологією та пов’язаними з ними геофізичними науками постають нові задачі. В зв’язку з цим в теперішній час проводяться масштабні дослідження з оцінки ймовірних впливів змін клімату на весь спектр екстремальних кліматичних умов. Але ще й досі немає надійних підтверджень щодо статистичної значущості збільшення (або зменшення) інтенсивності і тривалості екстремумів, чи їх зв’язку зі змінами клімату [3]. Тільки на сьогоднішній день ми можемо давати більш повні оцінки поведінки (повторюваності і інтенсивності) екстремальних кліматичних явищ, оскільки стають доступними більш нові дані, подовжуються

багаторічні ряди гідрометеорологічної інформації. У зв'язку з цим актуальними стають завдання виявлення змін клімату як на глобальному, так і на регіональному рівнях. Важливість і перспективність досліджень регіональних проявів глобальної зміни клімату не викликає сумнівів, оскільки сучасна глобальна зміна є інтегральним показником регіональних змін клімату, тим більше що на регіональному рівні особливо сильно проявляються негативні наслідки кліматичних змін.

Погодні та кліматичні екстремуми є більш інформативними, ніж середні показники, оскільки останні мають потребу в додатковій інтерпретації, оскільки навіть для температури зміни можуть бути неузгодженими між середнім та екстремумами, мінімальними і максимальними значеннями та іншими частинами розподілу [16,10] через зміни у зворотних процесах або енергетичному спектрі, які можуть впливати на інші частини розподілу [31]. Хоча екстремальні явища погоди реалізуються нечасто, а отже зазвичай мають набагато меншу повторюваність на відміну від середніх станів погоди, проте, вони мають більшу мінливість [29]. Тому в сучасних наукових дослідженнях при оцінці мінливості погоди і клімату все частіше використовуються екстремальні кліматичні індекси.

Існує декілька визначень кліматичних екстремумів, які використовуються в наукових працях використовуються одночасно, тому для того, щоб уникнути помилкової інтерпретації, треба в подальшому визначитись з термінологією, яка використовується для опису екстремальних явищ в кліматології [24,31]. Частково помилкове вживання різних термінів відбувається через те, що слово «екстремум» може використовуватись як для характеристики кліматичної змінної, так і для характеристики впливу.

У випадку змін клімату, які стосуються температури повітря біля поверхні землі або кількості опадів, поняття “екстремуму” досить чітко визначене і зазвичай відноситься до значень величини, що спостерігаються у хвостах розподілу, тобто значень, що, як очікується, реалізуватимуться досить рідко. Проте, навіть у цьому випадку може бути неоднозначність

щодо визначення поняття “екстремум”. Наприклад, велика кількість кліматичних досліджень щодо "екстремумів" стосується показників повторюваності чи інтенсивності явищ, які, власне, описують частини розподілу, які не є досить екстремальними, такі як хвилі тепла, які вважаються, що відбулись, якщо максимальна температура більша за 90-тий процентиль добової максимальної температури.

Такі явища реєструються кожного сезону, і їх, зазвичай, вивчають, визначаючи, чи є тенденції щодо їх частоти. В літературі їх часто називають "помірні екстремуми", але цей термін не використовується в математичній статистиці через те, що такі значення величини не обов’язково розглядатимуться як екстремуми у статистичному сенсі. Однак фізичні механізми реалізації "помірних екстремумів", все-таки схожі з тими, які відіграють значну роль у формуванні екстремальних явищ [8]. Існують також випадки, коли розподіл значень певної величини вище за 90-тий процентиль може бути добре апроксимований екстремальним розподілом величини. Дуже часто запропоновані кліматичні індекси, наприклад деякі кліматичні індекси ETCCDI [19] не можна охарактеризувати навіть як помірні екстремуми, оскільки вони визначають різні точки в розподілі добових температур та опадів, які не є екстремальними, наприклад, добова мінливість, або, принаймні не скрізь, річна кількість морозних днів.

Існує також ціла низка робіт, яка зосереджується на значеннях кліматичних характеристик, які, зазвичай, не повторюються щороку. У цьому випадку ця концепція добре відповідає тій, що використовується в математичній статистиці, а отже, є доступними потужні статистичні інструменти, засновані на теорії екстремальних значень, для аналізу історичних та майбутніх екстремумів (наприклад, в працях [6,15]). Такі інструменти від самого початку були розроблені для того, щоб можна було передбачити значення поза діапазоном розглядуваної вибірки, оскільки, існує проблема оцінки значень, які спостерігаються один раз на сто років, на основі 30-ти або 40-річної вибірки. Отже, поняття "екстремум" в цьому

контексті визначається як дуже високі процентилі, такі як 95-тий, 99-тий або 99,9-тий процентилі річних максимальних значень. Важливим аспектом цієї теорії є кількісна оцінка невизначеності таких екстраполяцій за допомогою обчислення належним чином побудованих довірчих інтервалів. Все частіше ці інструменти використовуються для оцінки екстремальних явищ, які змодельовані в кліматичних моделях [16,27]. Ці інструменти отримують подальший розвиток у статистичних науках, і зараз існує дуже високий рівень взаємодії між цим суспільством та науковою спільнотою щодо розробки та застосування методів, які можуть бути використані в кліматичних науках, таких як інструментарій ExtREmes [11].

У випадку екстремумів, які визначаються їх впливом, поняття того, що представляє собою екстремум, може бути менш чітко визначеним, і це може вплинути на підходи, доступні для аналізу. Наприклад, усі тропічні циклони, які класифікуються як шторми категорії 1–5 за шкалою Саффіра-Сімпсона, вважаються екстремальними через високий потенціал, який може завдати шкоди через сильні вітри, опади та/або повені від штормових хвиль. Штормові хвилі є важливою складовою енергетики кліматичної системи і виникають у більш-менш постійній кількості (в усьому світі) щороку. Їх складніше характеризувати статистичними методами, ніж, наприклад, екстремальні температурні явища, які можна виявляти у певних фіксованих місцевостях. Кількість тропічних циклонів у певних регіонах не є постійною, їх шляхи змінюються з часом, і тому історичні дані, які можуть бути використані для виявлення тропічних циклонів у хвостах відповідного розподілу ймовірностей, незважаючи на постійне вдосконалення, зазнають значних неоднорідностей [24,21].

Доцільно “екстремальне явище” охарактеризувати як чітко визначене погодне або кліматичне явище, яке спостерігається зрідка в умовах сучасного клімату. Термін “чітко визначений” припускає, що таке явище має бути визначене в термінах вимірюваних фізичних кількісних характеристик такі як температура, кількість опадів, рівень стоку тощо; термін “рідко”

використовується для оцінки значень на кінцях розподілу величини, починаючи з 90-тої процентилі розподілу, для того щоб захопити “помірні” екстремуми.

Важливо зазначити, що зв'язок між екстремальними явищами та надзвичайними наслідками (тобто природними катастрофами) не є простим. Явища, які з статистичної точки зору є малопоширеними, не обов'язково можуть призвести до наслідків, у випадку відсутності впливу або вразливості до цього явища. Вплив надзвичайного явища може залежати від сезону, його тривалості та одночасного виникнення подальших екстремальних явищ, наприклад, посуха, яка спостерігається разом з хвилями тепла [24]. Настання надзвичайної події не обов'язково означає економічні збитки. Скоріше виникнення збитків також залежить від того, чи є якась інфраструктура під загрозою та її характеристики, густота населення, фактори, що впливають на вразливість населення, зокрема те, чи вживаються заходи реагування на надзвичайні ситуації тощо [12]. І навпаки, не всі збитки від погодних чи кліматичних подій пов'язані з надзвичайними явищами, як було визначено вище. Наприклад, погана будівельна практика може призвести до того, що “нормальне” або помірне за своєю інтенсивністю явище може викликати надзвичайні збитки. Наприклад, хоча у 2011 р. в Таїланді повінь заподіяв страхових збитків у розмірі понад вісім мільярдів доларів США, кількість дощу, що випала в регіоні, була не винятковою [25]. Це питання добре знайоме галузі страхування, яка використовує моделі пошкоджень для зв’язку екстремальних подій із впливами [18,26]. Екстремальний вплив на екосистеми також може статися після помірних подій, наприклад коли вони ускладнюються іншими кліматичними явищами [9,24].

Використовуючи підходи, які було описано вище, об’єднаною експертною групою з виявлення кліматичних змін та індексів змін клімату (ETCCDMI) в рамках проєкту CLIVAR – “Клімат і океан – мінливість, передбачуваність та зміни” під егідою Комісії з кліматології ВМО та об’єднаної технічної Комісії з океанології і морської метеорології були

запропоновані індекси [7,19,31] з метою моніторингу змін, які відбуваються в екстремальних значеннях метеорологічних величин таких як температура біля поверхні землі і кількість опадів, спостереження за якими здійснюються на регулярній основі.

Ці індекси зазвичай включають: (1) абсолютні значення такі як річні максимуми і мінімуми температури, і річну максимальну кількість опадів; (2) частоту перевищення фіксованих абсолютних порогових значень, а саме: кількість днів на рік з кількістю опадів вище за 20 мм; (3) частоту подолання фіксованих відносних порогових значень таких як 90-тий процентиль добової максимальної температури або 10-тий процентиль добової мінімальної температури, де порогові значення визначаються на основі стандартного кліматичного періоду 1961 – 1990 рр.; а також (4) безрозмірні індекси, а саме: частка річної кількості опадів, яка генерується явищами, що надають кількість опадів вищу за значення 95-того процентиля.

Саме ці індекси найчастіше використовуються, оскільки вони описують такі аспекти мінливості температури і опадів, які здійснюють соціальний, економічний або екологічний вплив в більшій-меншій степені. Відносні індекси також мають перевагу в тому, що вони можуть бути застосовані для різних кліматичних зон і за їх допомогою можна надавати стійкі і надійні оцінки щодо змін клімату. Експертна група з виявлення кліматичних змін та індексів змін клімату запровадила 27 основних індексів для оцінки екстремальних температур і опадів відхилення явищ клімату і рекомендувала окремим країнам провести дослідження цих індексів, з метою їх узагальнення для великих регіонів або для земної кулі в цілому, і проведення відповідного порівняльного аналізу [23]. Чітке і зрозуміле викладення етапів розробки цих індексів можна знайти в роботі [30].

Розрахунок індексів потребує доступ до високоякісних, щоденних, однорідних метеорологічних даних. Високоякісні дані є доступними в гідрометеорологічних службах багатьох країн,

Шістнадцять з 27 індексів, рекомендовані Експертною групою з виявлення кліматичних змін та індексів змін клімату (ETCCDMI) є температурними, а одинадцять характеризують зміни в екстремальних опадах. Вони отримуються з добових максимальних і мінімальних температур і добової кількості опадів. Від самого початку індекси обирались для оцінки багатьох аспектів глобального клімату, що змінюється, які включали зміни інтенсивності, повторюваності і тривалості явищ, пов'язаних з температурою і опадами. Ці індекси характеризують явища, які спостерігаються кілька разів на сезон або рік, таким чином дозволяючи отримати більш якісні статистичні характеристики, ніж ті екстремальні індекси, які характеризують явища, що знаходяться на самих кінцях розподілів і спостерігаються не частіше, ніж один раз на рік.

1.2 Екстремальні кліматичні температурні індекси ETCCDI

Основний набір включає 27 екстремальних кліматичних індексів температурного режиму та режиму опадів, з яких 16 належать до температурних індексів. Індекси описують різні характеристики екстремумів, включаючи частоту, амплітуду та мінливість. Ці індекси широко використовуються для моніторингу змін клімату і кліматичних екстремумів, верифікації кліматичних моделей та оцінки майбутнього клімату [5,22]. Один з ключових підходів передбачає підрахунок кількості днів у сезон чи рік, в які температура або кількість опадів перевищують конкретні пороги, зокрема процентилі в статистичному розподілі.

Для розрахунку індексів, запропонованих Експертною групою з виявлення кліматичних змін та індексів змін клімату (ETCCDI) для моніторингу змін в розподілі екстремальних температурних явищ використовуються добові максимальні і мінімальні температури на рівні 2 м над поверхнею землі.

Зведена інформація щодо екстремальних температурних індексів представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Екстремальні температурні індекси ETCCDI, які характеризують температурний режим

Скорочена назва індексу	Назва індексу	Опис індексу	Обчислення індексу	Одиниці вимірювання
TN10p	Прохолодні ночі (Cool nights)	Кількість діб на рік, в які добова мінімальна температура була нижчою за 10-тий процентиль, визначений за період 1961-1990 рр.	Якщо Tn_{ij} – добова мінімальна температура в день i періоду j, а $Tn_{in}10$ – 10-тий процентиль календарного дня, визначена за період у п’ять календарних днів з центром, який припадає на день для якого визначається процентиль. Відсоток днів у році визначається, де $Tn_{ij} < Tn_{in}10$	дні
TX10p	Прохолодні дні (Cool days)	Кількість діб на рік, в які добова максимальна температура була нижчою за 10-тий процентиль, визначена за період 1961-1990 рр.	Якщо Tx_{ij} – добова максимальна температура в день i періоду j, а $Tx_{in}10$ – 10-тий процентиль календарного дня, визначена за період у п’ять календарних днів з центром, який припадає на день для якого визначається процентиль. Відсоток днів у році визначається, де $Tx_{ij} < Tx_{in}10$	дні
TN90p	Теплі ночі (Warm nights)	Кількість діб на рік, в які добова мінімальна температура була вищою за 90-тий процентиль, визначений за період 1961-1990 рр.	Якщо Tn_{ij} – добова мінімальна температура в день i періоду j, а $Tn_{in}90$ – 90-тий процентиль календарного дня, визначена за період у п’ять календарних днів з центром, який припадає на день для якого визначається процентиль. Відсоток днів у році визначається, де $Tn_{ij} > Tn_{in}90$	дні
TX90p	Теплі дні (Warm days)	Кількість діб на рік, в які добова максимальна температура була вищою за 90-тий процентиль, визначений за період 1961-1990 рр.	Якщо Tx_{ij} – добова максимальна температура в день i періоду j, а $Tx_{in}90$ – 90-тий процентиль календарного дня, визначена за період у п’ять календарних днів з центром, який припадає на день для якого визначається процентиль. Відсоток днів у році визначається, де $Tx_{ij} > Tx_{in}10$	дні

Продовження табл. 1.1

Скорочена назва індексу	Назва індексу	Опис індексу	Обчислення індексу	Одиниці вимірювання
TXx	Абсолютна максимальна температура (Block maximum temperature)	Найвища максимальна температура за певний період	Якщо Tx_{kj} – добова максимальна температура в місяць k періоду j, максимальна температура серед максимальних температур визначається як $TXx_{kj} = \max(TX_{kj})$	°C
TXn	Найнижча з максимальних температур (Minima of daily maximum temperature)	Найнижча максимальна температура за певний період	Якщо Tx_{kj} – добова максимальна температура в місяць k періоду j, мінімальна температура серед максимальних температур визначається як $TXx_{kj} = \min(TX_{kj})$	°C
TNx	Найвища з мінімальних температур (Maxima of daily minimum temperature)	Найвища мінімальна температура за певний період	Якщо Tn_{kj} – добова мінімальна температура в місяць k періоду j, максимальна температура серед мінімальних температур визначається як $TNx_{kj} = \max(TN_{kj})$	°C
TNn	Абсолютна мінімальна температура (Minima of daily minimum temperature)	Найнижча мінімальна температура за певний період	Якщо Tn_{kj} – добова мінімальна температура в місяць k періоду j, мінімальна температура серед мінімальних температур визначається як $TNn_{kj} = \min(TN_{kj})$	°C
FD	Морозні дні (Frost days)	Кількість днів з мінімальними температурами нижчими за 0°C	Якщо Tn_{ij} – добова мінімальна температура в день i періоду j, то *FD* являтиме собою кількість днів, коли $Tn_{ij} < 0$°C.	дні
ID	Крижані дні (Ice days)	Кількість днів з максимальними температурами нижчими за 0°C	Якщо Tx_{ij} – добова максимальна температура в день i періоду j, то *ID* являтиме собою кількість днів, коли $Tx_{ij} < 0$°C.	дні
SU	Літні дні (Summer days)	Кількість днів з максимальними температурами вищими за 20°C	Якщо Tx_{ij} – добова максимальна температура в день i періоду j, то *SU* являтиме собою кількість днів, коли $Tx_{ij} > 25$°C.	дні

Продовження табл. 1.1

Скорочена назва індексу	Назва індексу	Опис індексу	Обчислення індексу	Одиниці вимірювання
TR	Тропічні ночі (Tropical nights)	Кількість днів з мінімальними температурами вищими за 20°C	Якщо Tx_{ij} – добова мінімальна температура в день *i* періоду *j*, то *SU* являтиме собою кількість днів, коли $Tx_{ij} > 20℃$.	дні
DTR	Осереднена добова амплітуда температури (Mean of diurnal temperature range)	Осереднена різниця між добовою максимальною і добовою мінімальною температурами	Якщо Tx_{ij} і Tn_{ij} – добова максимальна і добова мінімальна температури в день *i* періоду *j*, тоді осереднений добовий температурний діапазон *DTR* являтиме собою $\sum_{i=1}^{I} \frac{(Tx_{ij}-Tn_{ij})}{I}$	°C
WSDI	Індекс тривалості теплих періодів (Warm spell duration index)	Кількість днів за певний період, коли впродовж принаймні шести днів максимальна температура була вищою за 90-тий процентиль, визначений за 1961-1990 р.	Якщо Tx_{ij} – добова максимальна температура в день *i* періоду *j*, а $Tx_{in}90$ – 90-тий процентиль календарного дня, визначена за період у п'ять календарних днів з центром, який припадає на день для якого визначається процентиль. *WSDI* являтиме собою кількість днів у періодах в шість або більше днів, коли $Tx_{ij} > Tx_{in}90$	дні
CSDI	Індекс тривалості холодних періодів (Cold spell duration index)	Кількість днів за певний період, коли впродовж принаймні шести днів мінімальна температура була нижчою за 10-тий процентиль, визначену за 1961-1990 р.	Якщо Tn_{ij} – добова мінімальна температура в день *i* періоду *j*, а $Tn_{in}10$ – 10-тий процентиль календарного дня, визначена за період у п'ять календарних днів з центром, який припадає на день для якого визначається процентиль. C*SDI* являтиме собою кількість днів у періодах в шість або більше днів, коли $Tx_{ij} < Tn_{in}10$	дні
GSL	Вегетаційний період (Growing Season length)	Кількість днів між стійким переходом середньодобової температури через 5°C	Якщо TG_{ij} – це середня температура в день *i* періоду *j*, тоді кількість днів між першими реалізаціями для шести послідовних днів таких умов як $TG_{ij} > 5℃$ і $TG_{ij} < 5℃$ (після 1 липня) становитиме вегетаційний період.	дні

З таблиці 1.1 можна бачити, що усі температурні індекси поділяються на п’ять категорій:

1. Температурні індекси, які розраховуються на основі процентилів, включають чотири індекси: кількість холодних ночей (TN10p), кількість теплих ночей (TN90p), кількість холодних днів (TX10p), кількість теплих днів (TX90p). За допомогою температурних індексів, які базуються на процентилях, відбирається десята частина усіх найхолодніших і найтепліших днів як для максимальної, так і мінімальної температур, що дозволяє оцінити ступінь зміни екстремумів.

   Індекси ETCCDI, які базуються на фіксованих значеннях процентилів, використовуються для оцінки помірних екстремальних явищ, які зазвичай трапляються кілька разів на рік, а не таких явищ погоди, що реалізуються один раз в десятиріччя і мають надзвичайно руйнівний характер. Для температури процентильні індекси для врахування середнього річного циклу обчислюються за період у п’ять календарних днів, центральним днем якого є день, для якого розраховується процентиль. Такі індекси є вираженням аномалій місцевого клімату. Ці аномалії мають встановлену поширеність, тобто пороги вибираються таким чином, щоб їх було перевищено з постійною частотою, протягом стандартного кліматичного періоду, який використовується для визначення порогів. Отже, значення порогів залежить від місцевості. Такі індекси дозволяють проводити просторові порівняння, оскільки вони вибирають однакову частину розподілу ймовірності температури та опадів у кожному місці. Індекси, які визначаються за допомогою підрахунку днів, на основі абсолютних порогових значень менш придатні для просторових порівнянь екстремальних явищ, ніж індекси, засновані на порогових значеннях процентилів. Причина полягає в тому, що на великих площах індекси, які визначаються за допомогою підрахунку днів, на основі абсолютних порогів можуть вибирати різні частини розподілу температури та опадів,

оскільки в різних кліматичних умовах мінливість цих індексів є різною в різні сезони року. Наприклад, у високих широтах міжрічна мінливість морозних днів (дні з мінімальною температурою нижче 0°C) визначає зміну температур навесні і восени, а не тільки взимку, тоді як у південній частині, міжрічна мінливість таких днів є характеристикою тільки зимового періоду. Аналогічно, поріг в 25°C, що використовується для визначення літніх днів (днів із максимальною температурою понад 25°C), характеризує у високих широтах зміну літніх температур та в низьких широтах коливання весняних та осінніх температур.

Індекси, засновані на кількості днів, що перетинають процентильні пороги, також можуть надати корисну інформацію щодо впливу та адаптації до змін клімату. Наприклад, тенденції зміни індексу TN10p (кількість днів з мінімальною добовою температурою нижче 10-того процентиля, визначену за період 1961-1990 рр.) і індексу TX90p (кількість днів з максимальною добовою температурою вище 90-того процентиля, визначену за період 1961-1990 рр.) є актуальними для порівняння змін потреб в опаленні та охолодженні. Річний хід індексів TN10p і TX90p може бути використаний для планування енерговитрат на опалення і охолодження приміщень, з цією метою дані індекси необхідно розраховувати для зимового і літнього сезонів, а не всього року.

Використовуючи однакові визначення екстремальних явищ та аналізуючи дані стандартизованим способом, можна порівняти результати з різних місць та отримати цілісну картину змін клімату у всьому світі.

2. Абсолютні індекси представляють максимальні або мінімальні значення протягом сезону чи року. Вони включають абсолютну максимальну температуру (TXx), найвищу з мінімальних температур (TNx), найнижчу з максимальних температур (TXn) і абсолютну мінімальну температуру (TNn). Значення абсолютних екстремумів, часто можуть бути пов'язані з

екстремальними явищами, які впливають на людське суспільство та природне середовище.

3. Індекси фіксованих порогових значень визначаються як кількість днів, протягом яких температура або величина опадів реєструється вище або нижче встановленого порогу, включаючи кількість морозних днів (FD), кількість крижаних днів (ID), кількість літніх днів (SU), кількість тропічних ночей (TR). Ці індекси не обов'язково мають однакове значення для всіх кліматичних зон, оскільки фіксовані пороги, які використовуються у визначеннях, можуть не бути придатними скрізь. Однак попередні дослідження [7,17] показали, що температурні показники, такі як FD, кількість днів, коли мінімальна температура опускається нижче 0°C, виявляли узгоджені тенденції в середніх широтах у другій половині XX століття. Крім того, зміни в цих індексах можуть мати глибокий вплив на окремі сфери суспільства або екосистеми, якщо пороги мають фізичне, гідрологічне або біологічне значення. Наприклад, поріг 0°C, який використовується для розрахунку кількості морозних днів. Тому ці індекси зазвичай включають, хоча деякі з них не можуть забезпечити дійсно “глобальне” просторове покриття або бути дійсно екстремальними.

4. Індекси тривалості визначають періоди надмірного тепла, холоду, вологості або сухості, або періоди комфортних для розвитку рослин умов у разі наявності вегетації. Вони включають індекс тривалості холодних періодів (CSDI), індекс тривалості теплих періодів (WSDI), тривалість вегетаційного періоду (GSL), індекс посушливості (CDD) та дощовий індекс (CWD). Багато з цих індексів були використані для глобального аналізу [7]. Індекс тривалості хвиль тепла (heat wave duration index, HWDI), визначений у роботі [17] було визнано статистично ненадійним, оскільки вибірки цього індексу включають занадто багато нульових

значень [17]. Причина цього полягає в тому, що в роботі [29] для обчислення індексу використано фіксований поріг, який становив 5°C вище кліматичної норми. Цей поріг занадто високий для багатьох регіонів, таких як тропіки, де мінливість добової температури є низькою. Щоб подолати цю перешкоду, Експертною групою з виявлення кліматичних змін та індексів змін клімату було вирішено замінити індексом тривалості теплих періодів (WSDI), який розраховується за допомогою порогу на основі процентиля. Оскільки для розрахунку цього індексу використовувалась лише вибірка з денних максимумів, було також вирішено проаналізувати добові мінімальні температури, на основі яких було запропоновано розрахувати індекс тривалості холодних періодів (CSDI). Ця категорія індексів також включає тривалість вегетаційного періоду (GSL), що є індексом, який, як правило, має значення лише в помірних широтах Північної півкулі.

5. Остання категорія індексів для температури включає лише один індекс – це осереднена добова амплітуда температур (DTR). Цей індекс не належить до жодної з перерахованих категорій, але зміни в ньому можуть мати значні наслідки для суспільства.

Крім основного набору з 27 індексів, можна визначити додаткові індекси крайнощів, більш конкретні для потреб адаптації в певних регіонах. Наприклад, проєкт ECA&D визначив 50 додаткових індексів [28]. Учасники семінару ETCCDI, проведеного в Південно-Східній Азії, зазначили, що додаткові індекси режиму опадів бажані для початку та дати закінчення сезону мусонів [20]. Концепція індексів допускає такі додаткові визначення, які стають особливо актуальними, якщо вони обчислюються стандартизованим чином для декількох країн регіону.

2 БАЗА ДАНИХ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

База даних, яка використовувалась для дослідження, містила інформацію про річні значення 15 екстремальних кліматичних індексів, які характеризують температурний режим, для 16 станцій на території України. Дані було отримано з сайту, який містить кліматичну інформацію для території Європи [28].

В табл. 2.1 представлено перелік станцій, які було використано в дослідженні. Розрахунки проводились для всіх шістнадцяти температурних індексів, описаних в табл. 1.1. В табл. А.1-16 (додаток А) для кожної станції і кожного індексу вказано роки, за які дані були відсутні у вибірці.

Таблиця 2.1 – Перелік розглядуваних станцій

Назва	**Широта, °**	**Довгота, °**	**Висота над рівнем моря, м**	**Індекс станції**	**Перший рік спостережень**	**Останній рік спостережень**
Ай Петрі	44.4	34.1	1180	33998	1896	2018
Асканія Нова	46.4	33.9	30	33915	1910	2015
Вінниця	49.2	28.6	298	33562	1936	2008
Керч	45.4	36.4	49	33983	1936	2018
Київ	50.4	30.6	167	33345	1881	2018
Лубни	50	33	158	33377	1936	2018
Луганськ	48.6	39.2	62	34523	1900	2013
Львів	49.8	23.9	323	33393	1921	2018
Миколаїв	47	31.9	50	33846	1900	2015
Одеса	46.4	30.8	42	33837	1894	2008
Полтава	49.6	34.6	160	33506	1900	2018
Ужгород	48.6	22.3	124	33631	1947	2018
Умань	48.8	30.2	216	33587	1886	2018
Феодосія	45	35.4	26	33976	1881	2012
Чернівці	48.4	25.9	246	33658	1945	2008
Шепетівка	50.2	27	278	33317	1936	2018

Станції обирались за наявністю даних і таким чином, щоб було представлено кожний з регіонів відповідно до карти поділу України на п’ять регіонів (рис. 2.1).

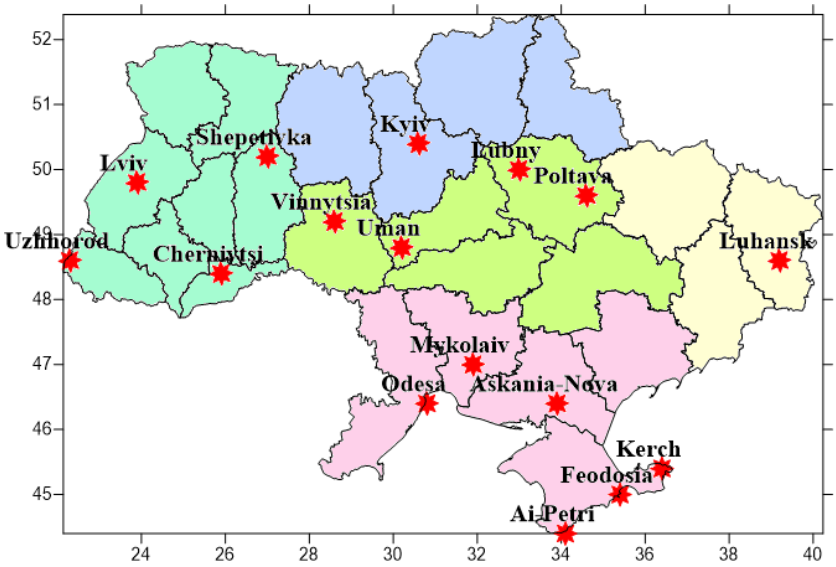


Рисунок 2.1 – Карта поділу території України на п’ять регіонів відповідно до [1].

2.1 Аналіз трендів

В даному дослідженні було застосовано метод найменших квадратів для визначення лінійних трендів у часових рядах шістнадцяти індексів. Тренди було отримано для всього періоду доступних даних, а також за періоди 1901-1930 рр. (якщо за такий період дані були у наявності), 1931-1960 рр., 1961-1990 рр.(стандартний кліматичний період), 1981-2010 рр. Для всіх лінійних трендів було визначено коефіцієнт кореляції, за допомогою якого виявлено статистичну значущість лінійних трендів на рівні значущості $\alpha = 0{,}05$ та $\alpha = 0{,}01$.

Для окремих міст і індексів було використано непараметричний тест Манна-Кендалла для визначення монотонної статистично значущої тенденції в часових рядах даних. Тест Манна-Кендалла – це непараметрична перевірка оцінювання значущості тренда, яка заснована на ранжуванні. Нульова гіпотеза H_0 полягає у тому, що вибірка хронологічна упорядкована,

незалежна і однозначно розподілена [4]. Статистика S має наступний вигляд [4]:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sgn(x_j - x_i), \tag{2.1}$$

де $sgn(x) = \begin{cases} 1 & \text{якщо } x > 0 \\ 0 & \text{якщо } x = 0. \\ -1 & \text{якщо } x < 0 \end{cases}$

Якщо $n \geq 40$ статистика S – асимптотично нормально розподілена зі середнім 0 та дисперсією, яка описується наступним рівнянням [4]:

$$Var\{S\} = \frac{1}{18}[n(n-1)(2n+5) - \sum_t t(t-1)(2t+5)], \tag{2.2}$$

де t – розмір даної зв'язаної групи і Σ_t - сума усіх зв'язаних груп у виборці даних. Стандартизована перевірочна статистика K може бути розрахована за допомогою рівняння [4]:

$$K = \begin{matrix} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} \\ 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} \end{matrix} \begin{cases} \text{якщо } S > 0 \\ \text{якщо } S = 0, \\ \text{якщо } S < 0 \end{cases} \tag{2.3}$$

Стандартизована статистика K підпорядковується закону стандартного нормального розподілу із середнім нульовим значенням і одиничною дисперсією. Значення ймовірності P статистики K вибірки можна оцінити за допомогою функції нормального інтегрального розподілу [4]:

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-t^2/2}\, dt. \tag{2.4}$$

Для незалежної вибірки даних без тренда, значення P має дорівнювати 0,5. Для вибірки з великим позитивним трендом – близьким до 1,0; з великим негативним трендом значення P – близьким до 0,0. Якщо вибірки даних мають кореляцію всередині ряду, то дані повинні бути попередньо «очищені» від неї, і отримана поправка, застосована для обчислення дисперсії [4].

Нахил тренда оцінюється наступним чином:

$$\beta = median\left(\frac{x_i - x_j}{i - j}\right), \forall\, j < i, \tag{2.5}$$

де β – оцінка нахилу тренда, x_i – j-те спостереження. При висхідному тренді значення β – додатне, при спадному – β від'ємне.

Тест Манна-Кендалла було застосовано до рядів спостережених значень середньорічної температури (TG) та індексів TNn (річна абсолютна мінімальна температура), і TXx (річна абсолютна максимальна температура) за різні періоди, вказані в таблиці 2.2 для міст Керч, Київ, Лубни, Луганськ, Львів, Полтава, Умань, Ужгород, Шепетівка. Ряди середньорічної температури були доступними тільки для п'яти міст. Для середньорічної температури вибірки вдалось отримати лише для м. Лубни, Луганськ, Полтава, Умань, Шепетівка.

Таблиця 2.2 – Періоди спостережень для різних міст України, які було використано для визначення лінійного тренду і перевірки його значущості методом Манна-Кендалла

Назва	**період спостережень TG**	**період спостережень TXx**	**період спостережень TNn**
Керч		1945-2018	1945-2018
Київ		1945-2018	1945-2018
Лубни	1945-2018	1945-2018	1945-2018
Луганськ	1944-2013	1945-2013	1945-2013
Львів		1945-2018	1945-2018
Полтава	1945-2018	1945-2018	1945-2018
Ужгород		1947-2018	1947-2018
Умань	1945-2018	1945-2018	1945-2018
Шепетівка	1945-2018	1945-2018	1945-2018

2.2 Аналіз емпіричних розподілів

В роботі для всіх шістнадцяти індексів для всіх станцій разом побудовано емпіричні розподіли за весь доступний період спостережень 1881-2018 рр., а також періоди 1901-1930 рр., 1931-1960 рр., 1961-1990 рр., 1981-2010 рр. та 1991-2018 рр.

З метою розуміння і порівняння змін, які відбулись в розподілі середньорічної температури над територією України з часом, за допомогою непараметричних методів було підібрано і побудовано теоретичні розподіли рядів середньорічної температури для 5 станцій (Лубни, Луганськ, Полтава, Ужгород, Шепетівка) за два періоди: перший період – до 1980 р, а другий – з 1981 р.

2.3 Аналіз часових рядів

В даному дослідженні спектральний і гармонічний аналіз були використані для найкращого представлення часових рядів середньорічної температури (TG), річної абсолютної максимальної температури (індекс TXx) і річної абсолютної мінімальної температури (TNn), які мають періодичні складові.

Відбір ґрунтувався на таких критеріях. Індекси повинні бути надійними та правдоподібними, а інформація, що виводиться з індексів, повинна бути корисною для досліджень впливу кліматичних змін. Найбільш різкі зміни, які відчуваються на всій Земній кулі, відбуваються саме в температурному режимі: в останні роки кожного року в зв’язку з невпинним потеплінням встановлюються нові рекорди максимальної температури. На тлі суттєвого підвищення середньої глобальної температури в багатьох регіонах спостерігається в зимовий період надзвичайно холодні періоди, які є досить короткими, але нетиповими для цієї місцевості. Тому в якості основних

екстремальних кліматичних характеристик температурного режиму було обрано абсолютну мінімальну температуру (TNn) і абсолютну максимальну температуру (TXx). TNn і TXx відповідають абсолютним екстремумам температури протягом року.

Виходячи з основних принципів математичного аналізу, будь-яку функцію можна представити нескінченним рядом синусоїдальних і косинусоїдальних функцій. Такий ряд має назву ряду Фур'є, а метод визначення функцій – аналізом Фур'є.

Визначення кінцевої суми членів з синусами і косинусами має назву гармонічного аналізу. Перша (або основна) гармоніка має період, який дорівнює довжині всього досліджуваного періоду. Друга гармоніка має період, який дорівнює половині основного, і т.ін. Загалом, якщо кількість спостережень дорівнює N, то кількість гармонік дорівнюватиме $\frac{N}{2}$.

Представлення часового ряду випадкової величини X за допомогою гармонічного аналізу матиме вигляд:

$$X = \overline{X} + \sum_{i=1}^{i=N/2} \left[A_i sin\left(\frac{360°}{P} it\right) + B_i cos\left(\frac{360°}{P} it\right)\right]. \qquad (2.6)$$

де P – основний період чи повний період періодичної функції, i – номер гармоніки і є цілим числом між одиницею і $\frac{N}{2}$, t – час, $\overline{X}$ – середнє значення випадкової величини X.

Отже, часова сума являє собою середнє ($\overline{X}$) плюс суму всіх $\frac{N}{2}$ гармонік.

Коефіцієнти A_i і B_i визначаються за формулами:

$$A_i = \frac{2}{N} \sum \left[X sin\left(\frac{360°}{P} it\right)\right]; \quad B_i = \frac{2}{N} \sum \left[X cos\left(\frac{360°}{P} it\right)\right]. \qquad (2.7)$$

Оскільки зазвичай всі метеорологічні величини мають виразний тренд, особливо температура, то формулу (2.6) має сенс переписати у вигляді:

$$X = \overline{X} + mt \sum_{i=1}^{i=N/2} \left[A_i sin\left(\frac{360°}{P} it\right) + B_i cos\left(\frac{360°}{P} it\right)\right], \quad (2.8)$$

де m – це тангенс кута нахилу лінії тренду до вісі $\overrightarrow{OX}$, а $\overline{X} + mt$ являє собою рівняння лінійної регресії.

За допомогою гармонічного аналізу було зроблено спробу спрогнозувати зміну середньорічної температури повітря TG, індексів TXx і TNn до 2050 р.

2.4 Просторовий аналіз індексів

Для всіх шістнадцяти індексів для території України було побудовано просторовий розподіл відхилення середнього значення індексу за період 1981-2010 рр. від середнього значення за стандартний кліматичний період 1961-1990 рр. Було використано тільки станції, на яких в ці роки не було пропущених індексів, тому просторовий розподіл для різних індексів було побудовано, враховуючи різну кількість станцій.

Всі карти було отримано за допомогою тривимірної програми креслення поверхні карт Golden Software Surfer.

3 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ІНДЕКСІВ НАД ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ СУЧАСНИХ ЗМІН КЛІМАТУ

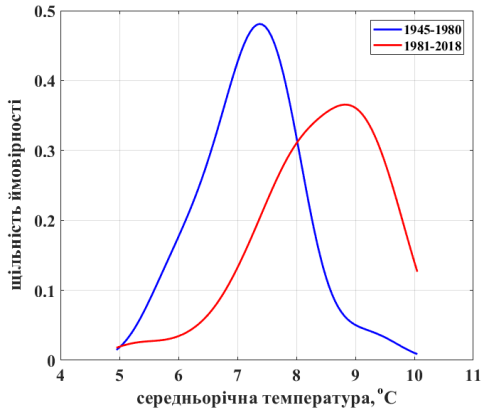
3.1 Сучасні зміни в часовому розподілі середньорічної температури на території України

На рис. 3.1 представлено розподіли ймовірностей середньорічної температури повітря для п’яти міст України за два періоди спостережень (перший закінчується в 1980, а другий розпочинається у 1981 і характеризує сучасний розподіл), вказані в табл. 2.2. Для кількісної характеристики змін для кожного ряду було отримано також середню температуру за обидва періоди і середньоквадратичний відхил, які також надані на рис. 3.1.

Для кожного міста України температура зростає від 0,7°С (м. Луганськ) до 1,16°С (м. Лубни). В інших містах України зміна середнього значення температури складає близько 1°С. Не таку велику зміну середньорічної температури повітря в м. Луганськ можна пояснити тим, що для цього міста дані були в наявності лише до 2014 р., тому останні найтепліші роки не враховувались. Також для всіх станцій змінилось приблизно на 0,2°С і середньоквадратичне відхилення, що свідчить про більший розкид температур. Слід зауважити, що для всіх станцій ліва і права межі розподілу, не зсунулися, проте ймовірність появи низьких температур різко знизилась, що демонструє довгий лівий хвіст розподілів за період 1981-2018 рр., в той же час, ймовірність настання високих температур, навпаки, підвищилась: довгий правий хвіст, який простежувався в попередніх розподілах, в розподілах за 1981-2018 рр. зникає. Також зсуваються в бік високих температур не тільки середнє значення, але також мода і медіана.

Якщо порівнювати розподіли з відомими теоретичними розподілами, то до 1980 р. включно розподіл середньорічних температур більше походив на нормальний, а з 1981 р. – на гамма розподіл.

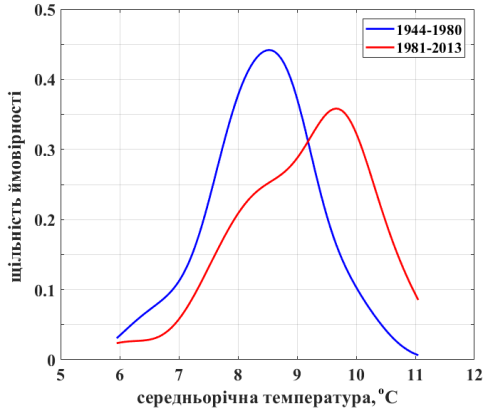
м. Лубни



1945-1980
$\bar{T} = 7.23$ °C
$S_T = 0.807$ °C

1981-2018
$\bar{T} = 8.39$ °C
$S_T = 1.024$ °C

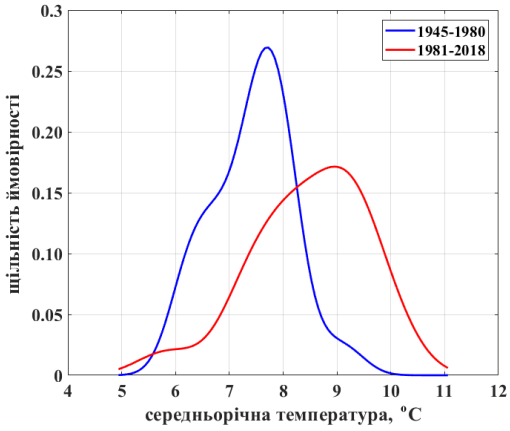
м. Луганськ



1944-1980
$\bar{T} = 8.41$ °C
$S_T = 0.891$ °C

1981-2013
$\bar{T} = 9.11$ °C
$S_T = 1.085$ °C

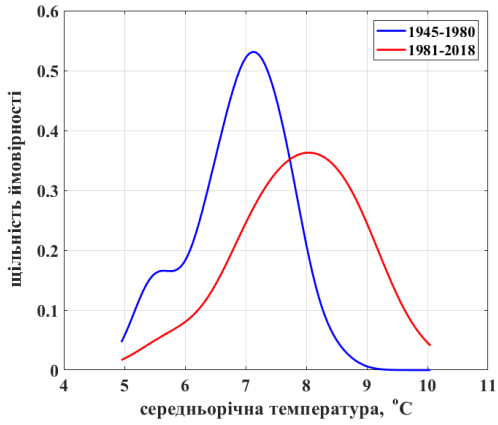
м. Умань



1945 – 1980
$\bar{T} = 7.43$ °C
$S_T = 0.740$ °C

1981-2018
$\bar{T} = 8.48$°C
$S_T = 1.043$ °C

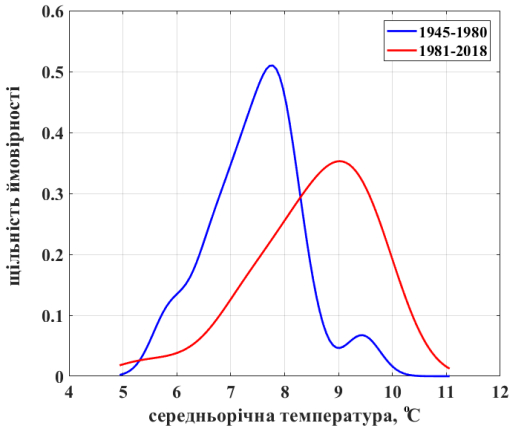
м. Шепетівка



1945 – 1980
$\bar{T} = 6.90$ °C
$S_T = 0.749$ °C

1981-2018
$\bar{T} = 7.88$ °C
$S_T = 0.968$ °C

м. Полтава



1945-1980
$\bar{T} = 7.46$°C
$S_T = 0.851$ °C

1981-2018
$\bar{T} = 8.52$ °C
$S_T = 1.102$ °C

Рисунок 3.1 – Щільність розподілу ймовірностей середньорічної температури повітря за два порівнюваних періоди в досліджуваних містах України

На рис. 3.2 для чотирьох станцій України представлено спостережувані значення середньорічної температури і її значення, змодельовані і спрогнозовані до 2050 р. за допомогою спектрального і гармонічного аналізу. Для оцінки точності статистичної моделі було обчислено коефіцієнт кореляції, коефіцієнт детермінації, середньоквадратичну похибку моделі (RMSE), різницю між середніми значеннями і середньоквадратичними відхиленнями спостережуваних даних і моделі (табл. 3.1) для кожного часового ряду. В табл. 3.1 вказано статистичну значущість лінійного тренду, яка визначалась за допомогою тесту Манна-Кендалла на рівні значущості $\alpha = 0{,}05$.

Значення RMSE (табл. 3.1) коливаються в межах від 0,69 до 1,24°C, причому значення більше за одиницю спостерігається тільки для м. Луганськ. Різниця між середніми значеннями змодельованого і спостережуваного рядів надзвичайно мала і тільки для м. Луганськ становить близько -0,1°C. Розкид значень середньорічної температури модель завищує порівняно з іншими характеристиками і коливається у межах -0,116 … -0,396°C.

В прийнятних межах для всіх міст, окрім м. Луганськ, знаходяться коефіцієнт кореляції і коефіцієнт детермінації. Для м. Луганськ обидва коефіцієнти є занизькими, що свідчить про неприйнятність даної моделі для прогнозування значень середньорічної температури і будь-яких температурних індексів.

Після успішної оцінки статистичної моделі для чотирьох міст її було застосовано для отримання значень середньорічної температури в наступні 32 роки (2019-2050 рр.). На рис. 3.2 показано отримані результати, лінійний тренд і першу (або основну) гармоніку, яка має період, що дорівнює довжині всього досліджуваного періоду і зазвичай враховує найбільшу частину дисперсії, тобто зазвичай має найбільше значення. За всіма розрахунками можна бачити, що температура в наступні роки суттєво зростатиме: приблизно на 1°C за 32 роки. Проте зрозуміло, що тренд ніколи не триває нескінченно, а скоріше за все є частиною коливань з періодами, тривалість яких пов’язана з періодом спостережень. Тому тренд може припинитись в будь який момент. І тому прогноз було надано тільки для наступних 32 років.

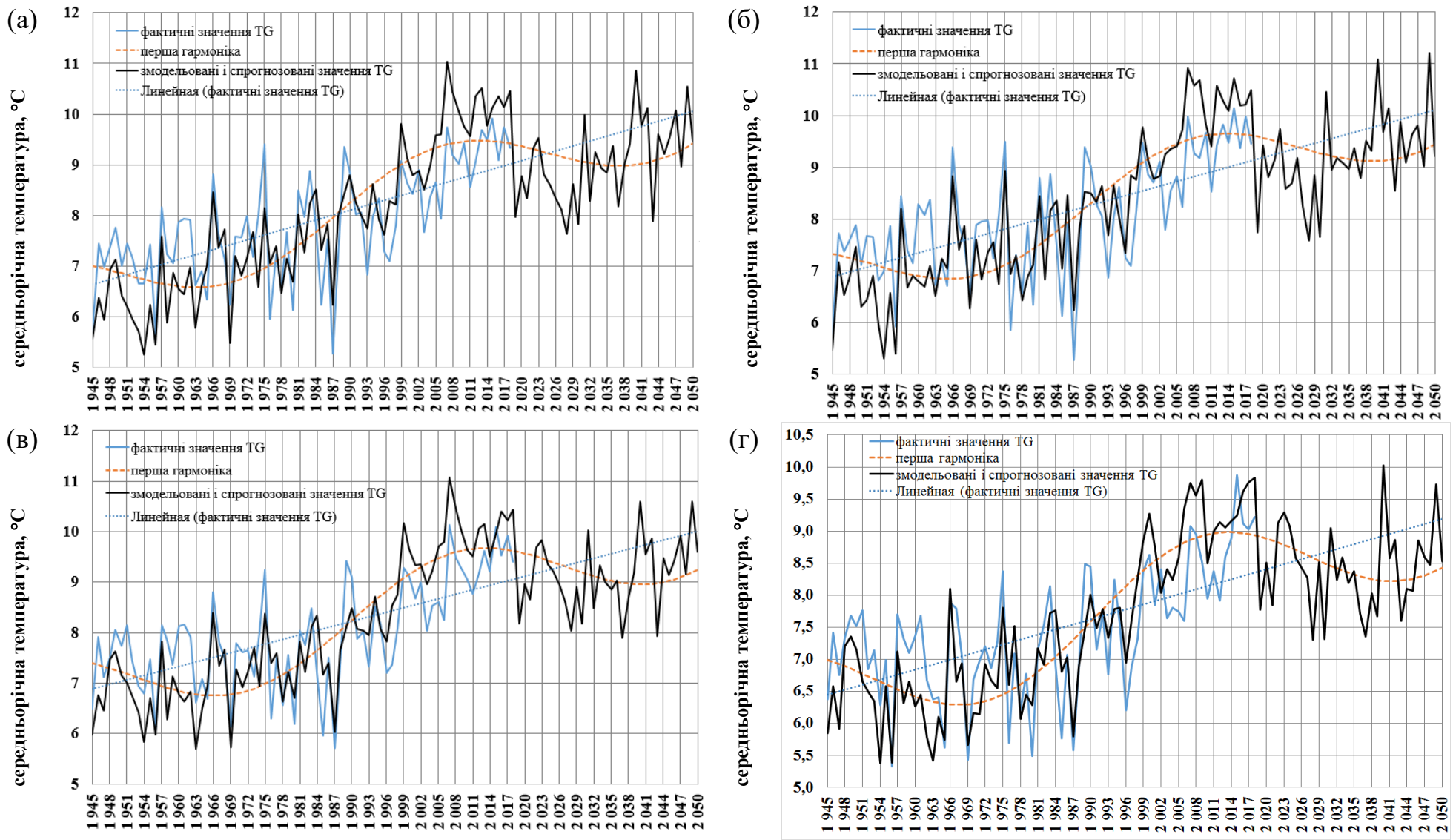


Рисунок 3.2 – Часовий хід фактичної (суцільна блакитна лінія), змодельованої і спрогнозованої (2019-2050 рр.) середньорічної температури (чорна суцільна лінія) для м. Лубни (а), Полтава (б), Умань (в), Шепетівка (г).

Таблиця 3.1 – Оцінка статистичної моделі для середньорічної температури для п’яти міст України

Похибка	**Лубни**	**Луганськ**	**Полтава**	**Умань**	**Шепетівка**
R	0.83	0.30	0.82	0.84	0.83
R^2	0.69	0.09	0.68	0.71	0.69
RMSE	0.84	1.24	0.82	0.75	0.69
Різниця середніх значень спостережуваних даних і моделі	0.0000	-0.0937	0.0000	0.0000	0.0000
Різниця середньоквадратичних відхилень спостережуваних даних і моделі	-0.396	-0.116	-0.334	-0.335	-0.258
Відмітка про статистичну значущість лінійного тренду, визначену за тестом Манна-Кендалла	+	+	+	+	+

Слід зазначити, що хоча в наступні 32 роки лінійний тренд демонструє підвищення температури, але перша гармоніка вказує на деяке зниження температури відносно лінійного тренду. Але якщо попередні тенденції збережуться, то на Україну чекають суттєве потепління навіть порівняно з сучасними роками.

3.2 Сучасні зміни в просторово-часовому розподілі абсолютних температурних індексів на території України

Абсолютні індекси представляють максимальні або мінімальні значення протягом сезону чи року. Вони включають абсолютну максимальну температуру (TXx), найвищу з мінімальних температур (TNx), найнижчу з максимальних температур (TXn) і абсолютну мінімальну температуру (TNn).

Як індекси, які характеризують найбільш екстремальні кліматичні умови, спочатку проаналізуємо абсолютну максимальну і мінімальну температури.

На рис. Б.1 (Додаток Б) представлено ряди річних абсолютних значень максимальної температури для 16 станцій України за весь доступний період спостережень. Для всіх рядів було визначено загальний тренд (тренд за весь період спостережень) і тренди за періоди 1901-1930 рр., 1931-1960 рр., 1961-1990 рр., 1981-2010 рр. Статистичну значущість моделей лінійного тренду для всіх періодів було визначено за допомогою коефіцієнта кореляції. Рівняння лінії трендів і їх статистична значущість представлені в табл. В.1 (Додаток В). Для розуміння тенденцій в сучасних змінах абсолютного максимуму температури і тенденцій, які спостерігались у минулому також було розраховано відхилення абсолютної максимальної температури від кліматичної норми, визначеної за період 1961 – 1990 рр. (рис. Г.1, Додаток Г). Такий саме аналіз було застосовано і до часових рядів інших індексів.

Оскільки в рівнянні регресії кутовий коефіцієнт або градієнт оціненої лінії являє собою величину, на які збільшується функція, якщо аргумент зростає на одиницю, то за допомогою цих коефіцієнтів можна оцінити зміни індексів за рік або десятиріччя.

Статистично значущими є як правило тренди для останніх двох періодів 1961 – 1990 рр., 1981 – 2010 рр. і за увесь період спостережень.

Як можна бачити з таблиці В.1 (додаток В) і рис. 3.3 на більшості станцій загальні лінійні тренди є зростаючими, виключаючи такі станції як Вінниця, Київ, Чернівці. Можна вважати, що скоріше за все спадні тренди в містах Чернівці і Вінниця можуть бути пов’язані з тим, що не включають останнє найбільш теплі роки. В Києві і Вінниці цей спадний тренд є досить незначним: зміна температури за десятиріччя становить 0,01°С. Якщо розглянути окремі тренди в м. Київ, то можна побачити, що в період з 1901 р. по 1960 р. спостерігалося зниження температури на 0,1°С, потім на 0,96°С, а в період з 1981 – 2010 рр. – температура підвищилась на 1,8°С за десять років. Така сама ситуація відбувається і в м. Вінниця. В м. Чернівці до 1981 р. реєструвався значний спадний тренд, який змінився висхідним, що вказує на зміну температури 1,2°С за десятиріччя.

В інших містах, де спостерігаються висхідні тренди, в період з 1901 р. по 1960 р. в основному мають місце тільки додатні тренди. Також слід зазначити, що в цих містах в тридцятиріччя 1981 – 2010 рр. тенденція в зміні абсолютної максимальної температури за десятиріччя становила від 0,5 (м. Ужгород) до 1,8°С в м. Одеса.

Якщо проаналізувати відхилення абсолютного річного максимума температури від кліматичної норми, то можна побачити, що в період з 1931 р. по 1960 р. відхилення температури були в основному додатними, причому ця тенденція є яскраво вираженою практично на всій території України. Слід зауважити, що на багатьох станціях відхилення температури від кліматичної норми сягають більших значень, ніж в теперішній час, наприклад, в центральних і західних регіонах України.

На рис. 3.3 для восьми міст України представлено спостережувані значення річної абсолютної максимальної температури і значення, змодельовані і спрогнозовані до 2050 р. за допомогою спектрального і гармонічного аналізу. Оцінка точності статистичної моделі виконувалась за такими показниками, як і в пункті 3.1 і наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Оцінка статистичної моделі для річної абсолютної максимальної температури для восьми міст України

Похибка	**Керч**	**Київ**	**Лубни**	**Львів**	**Полтава**	**Ужгород**	**Умань**	**Шепетівка**
R	0.80	0.83	0.83	0.85	0.85	0.80	0.84	0.83
R^2	0.64	0.68	0.69	0.72	0.72	0.64	0.71	0.68
RMSE	1.34	1.22	1.16	1.05	1.14	1.25	1.10	1.10
Різниця середніх значень спостережуваних даних і моделі	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Різниця середньоквадратичних відхилень спостережуваних даних і моделі	-0.338	0.351	0.210	0.143	0.225	-0.076	0.150	0.289
Відмітка про статистичну значущість лінійного тренду, визначену за тестом Манна-Кендалла	+	+	+	+	+	+	+	+

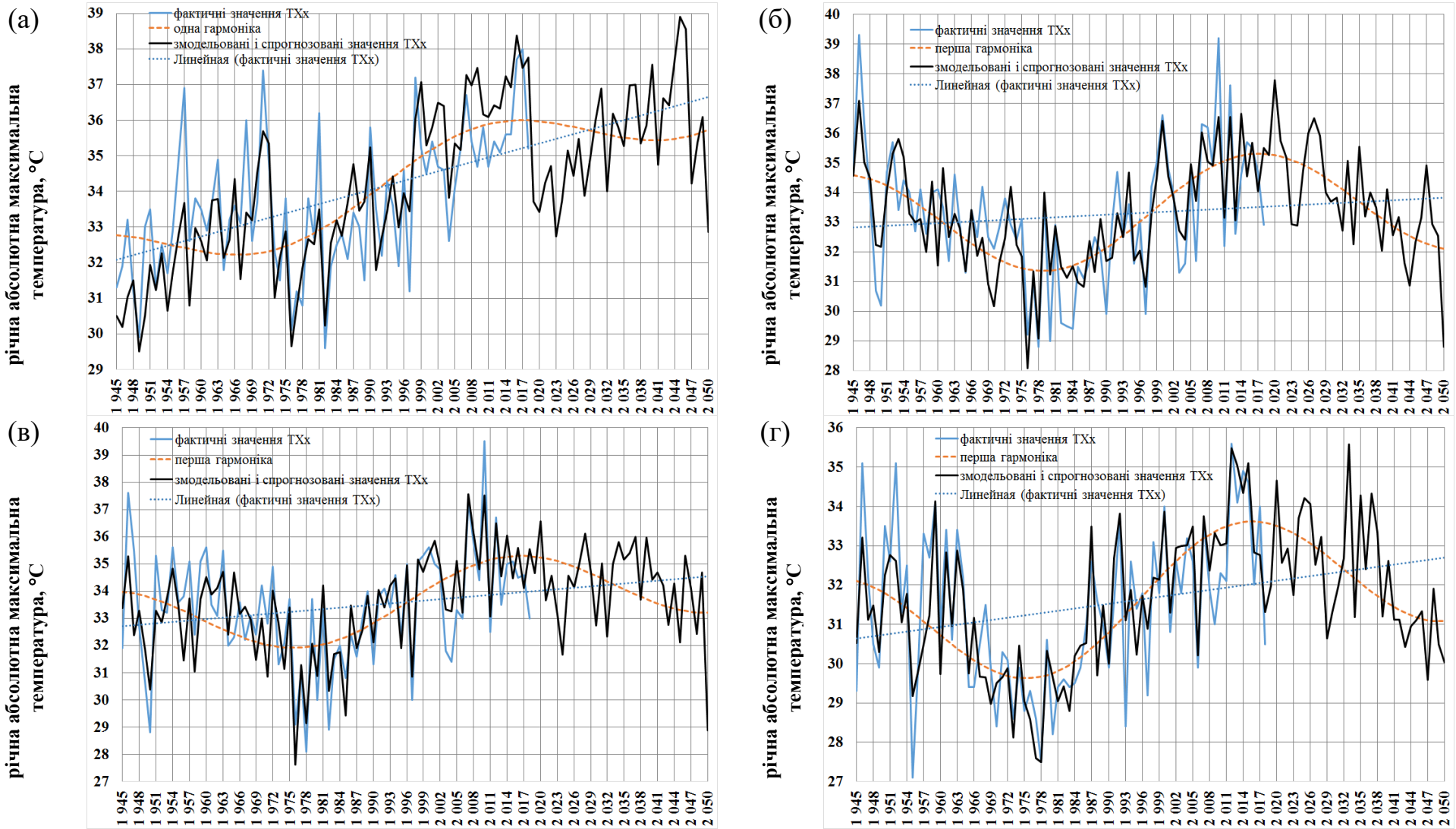
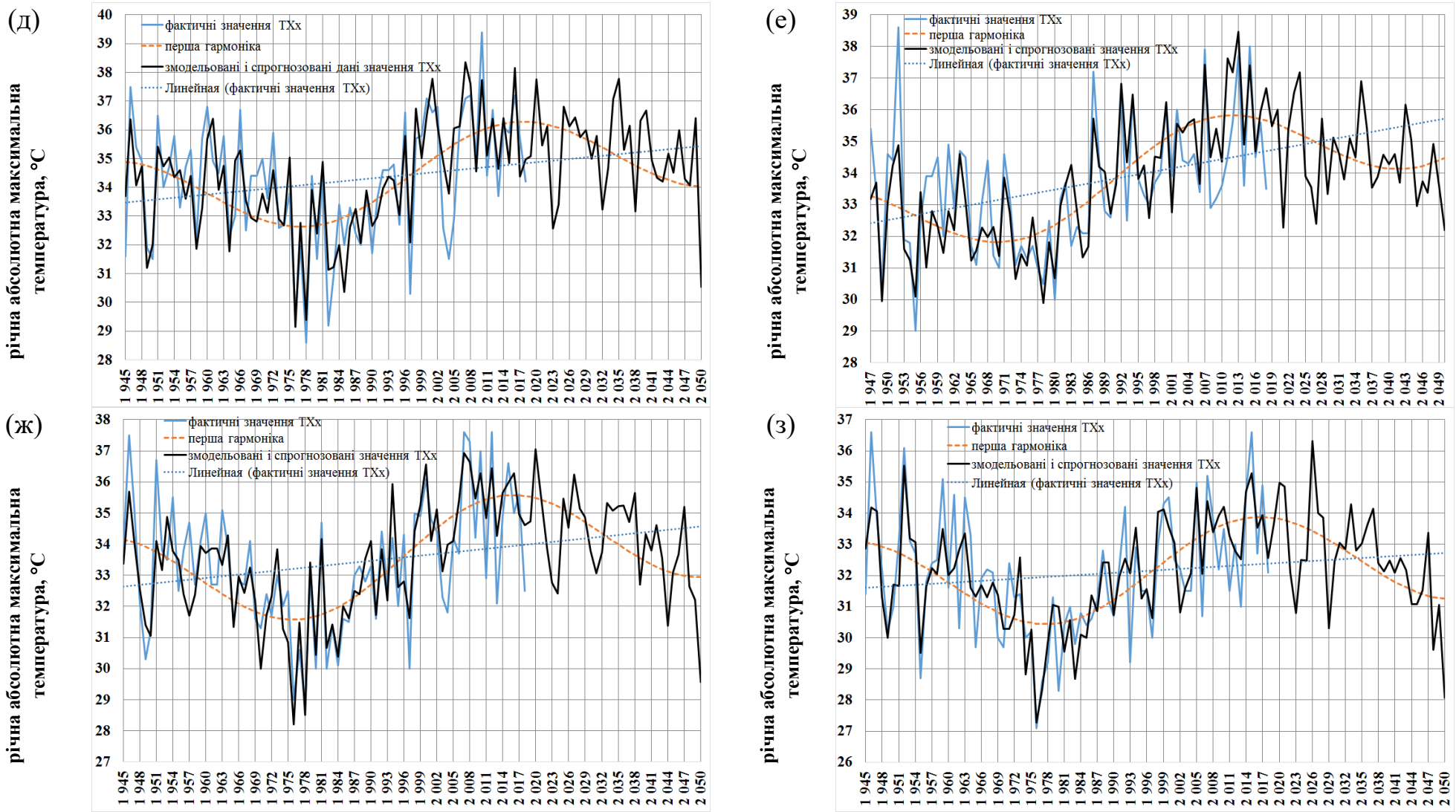


Рисунок 3.3 – Часовий хід фактичної (суцільна блакитна лінія), змодельованої і спрогнозованої (2019-2050 рр.) річної абсолютної максимальної температури (чорна суцільна лінія) для м. Керч (а), Київ (б), Лубни (в), Львів (г), Полтава (д), Ужгород (е), Умань (ж), Шепетівка (з).



Продовження рис. 3.3

Коефіцієнти кореляції для всіх міст коливаються в межах від 0,80 до 0,85, а коефіцієнт детермінації – 0,64 – 0,72,що вказує на досить сильну кореляцію між спостережуваними і змодельованими значеннями. Різниця між середніми значеннями дорівнює нулю, а розкид значень коло середнього в усіх випадках, окрім м. Керч і м. Ужгород, занижений. Тест Манна–Кендалла на рівні $\alpha = 0{,}05$ вказує на статистичну значущість отриманих трендів.

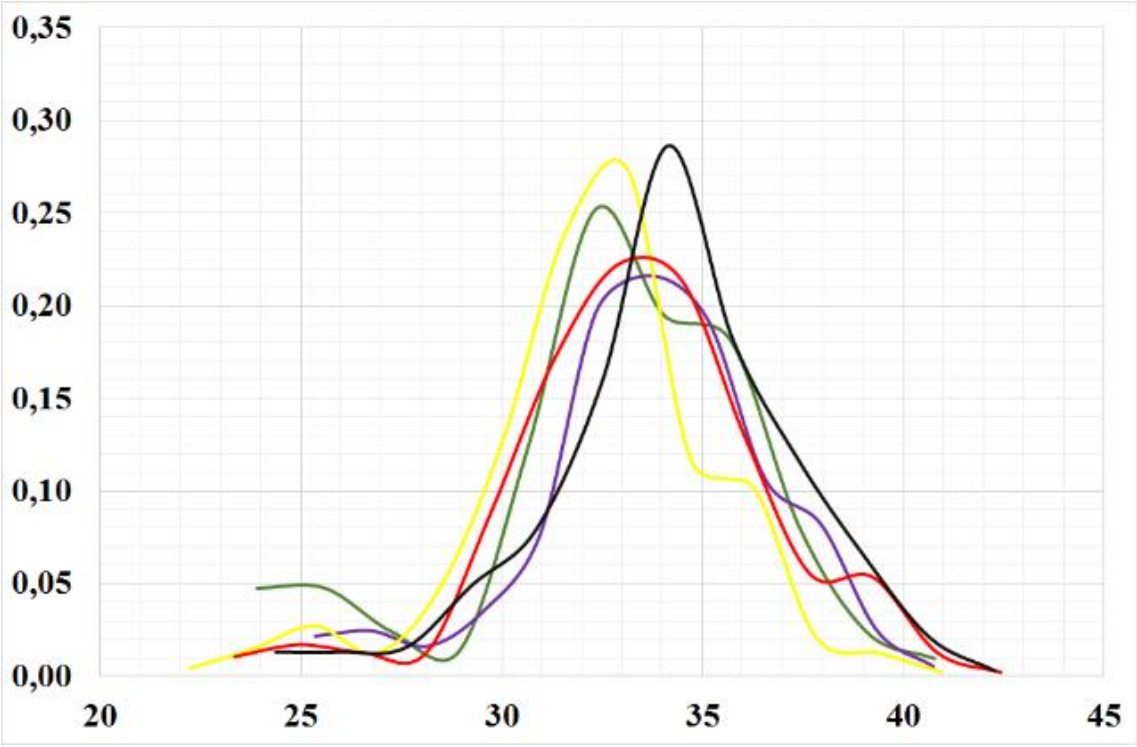
Після успішної оцінки статистичної модель для чотирьох міст її було застосовано для отримання значень річної абсолютної максимальної температури в наступні 32 роки (2019-2050 рр.).

В усіх містах України тренди є висхідними. Для м. Київ лінійний тренд, розрахований за період 1945-2018 рр., також є додатним, хоча температура зростає досить повільно порівняно з іншими містами. Якщо вважати, що тенденція в наступні 32 роки лишатиметься незмінною, то можна побачити, що на півдні України, в м. Керч, очікуються особливо високі температури: зростання температури становитиме приблизно 1,5°C за 20 років і спостерігатимуться температури набагато вищі за ті, що реєструються в теперішній час. В інших містах України при зберіганні тенденцій температура також підвищуватиметься, але через те, що цей період співпадатиме з улоговиною першої гармоніки, то температури не сягатимуть, за виключенням поодиноких випадків, таких високих значень як в десятиріччя 2009 – 2018 рр.

На рис. 3.4 представлено емпіричні розподіли індексу TXx і відхилення осереднених значень процентилів для всіх станцій України за різні тридцятирічні періоди а саме 1901-1930 рр., 1931-1960 рр., 1981-2010 рр. і 1991-2018 рр.

Аналізуючи емпіричні розподіли можна побачити, що найбільш зсунутий ліворуч розподіл індексів TXx саме за 1961-1990рр., що вказує на те, що тоді переважали над всією територією найнижчі температури. Розподіл періоду 1981-2010 рр. схожий на розподіл 1931-1960 рр., що підтверджується також попередніми результатами, і вказує на те, що цей період був такий саме спекотний як і період 1981-2010 рр.

(а)



(б)

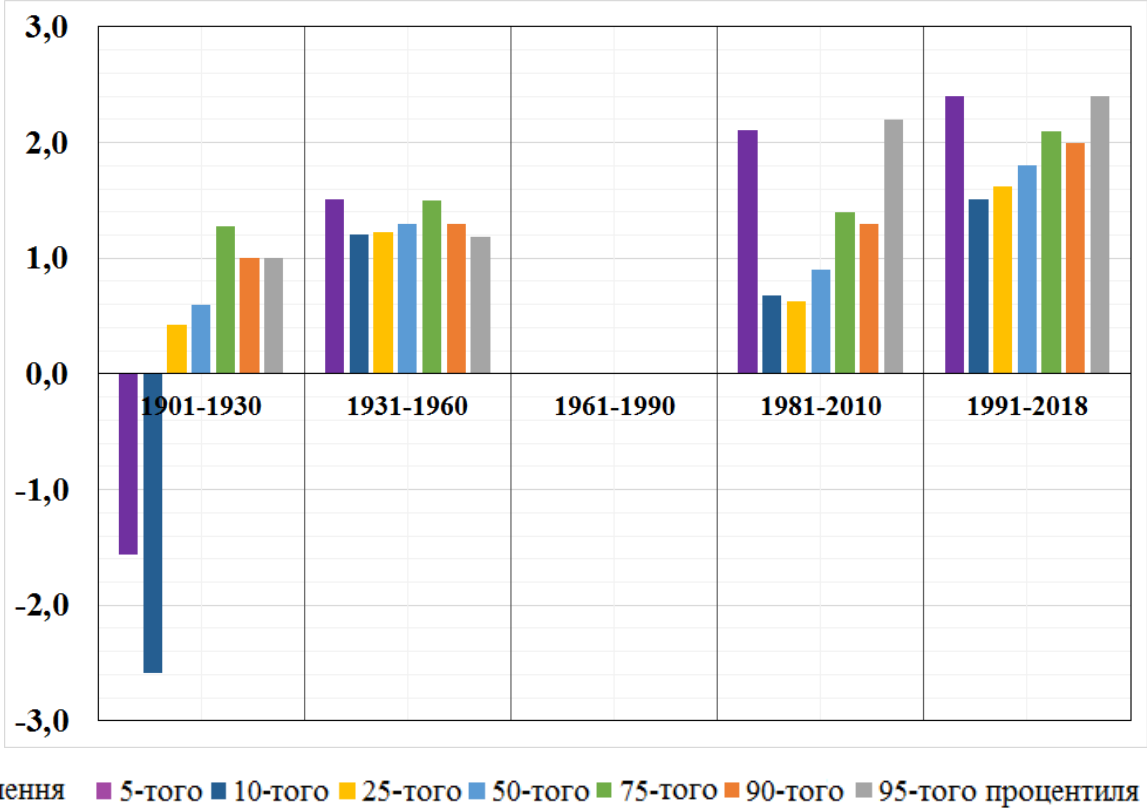


Рисунок 3.4– Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу TXx (а) і відхилення процентилів індексу TXx(б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

Аналіз процентилів надають подібний результат, але можна бачити, що за період 1981-2010 рр. значення 5-го і 95-го процентилів приблизно на 0,5°С перевищують значення відповідних процентилів за 1931-1960 рр., що вказує на більш високу повторюваність екстремальних температур і меншу повторюваність низьких абсолютних максимальних температур. така сама тенденція зберігається і в 1991-2018 рр.

На рис. 3.5 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу TXx за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

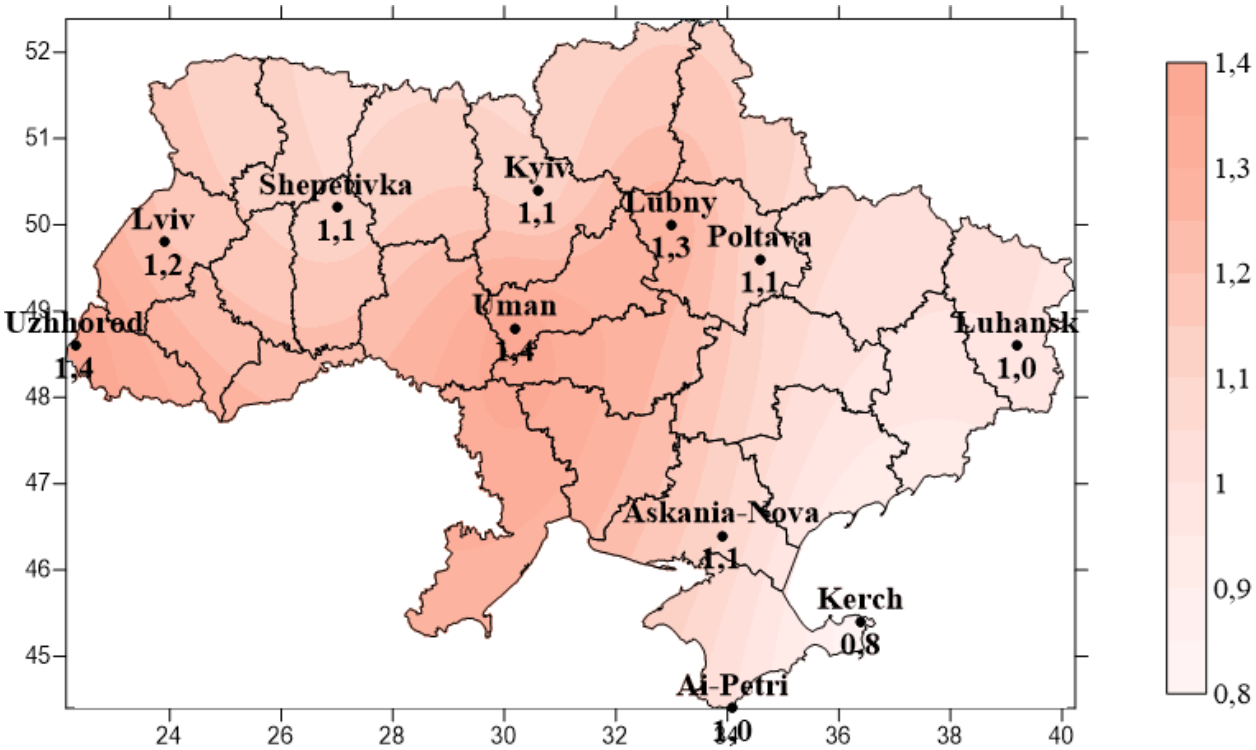


Рисунок 3.5 – Просторовий розподіл відхилення середніх значень річних абсолютних максимальних температур (TXx) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

Просторовий розподіл показує, що найбільше підвищення температури відбувається в центральних регіонах України, поширюючись з південного заходу на північний схід. Найменше річні абсолютні максимальні температури зростають у південних регіонах, на сході і північному заході країни.

На рис. Б.2 (Додаток Б) представлено ряди значень річних абсолютних мінімальних температур (TNn) і її лінійні тренди за різні періоди для 16 станцій України. Рівняння лінії трендів і статистична значущість представлені в табл. В.2 (Додаток В). На рис. 3.9 показано річний хід відхилень значень індексу TNn від кліматичної норми за весь період спостережень.

Для річної абсолютної мінімальної температури мало трендів статистично забезпечених, в основному, статистично забезпеченими є тренди, які визначались за увесь період спостережень (табл. В.2).

Тенденції в змінах річної абсолютної мінімальної температури не завжди співпадають з тенденціями, які спостерігаються у змінах річної абсолютної максимальної температури. Для набагато більшої кількості станцій, ніж для індексу TXx, має місце спадний тренд, а саме Асканія Нова, Лубни, Львів, Миколаїв, Одеса, Полтава, Умань, Феодосія, для всіх інших станцій спостерігається зростання температури. Спадні тренди не є значними – зазвичай зменшення температури не перевищує 0,5°С за десятиріччя, але і висхідні тренди також не є досить суттєвими.

Для більшості станцій лінійний тренд за період 1981-2010 рр. є від'ємним: Асканія Нова, Вінниця, Керч, Київ, Лубни, Луганськ, Львів, Миколаїв, Одеса, Полтава, Умань, Феодосія, Чернівці, Шепетівка, проте, суттєве зменшення температури відбувається тільки в м. Феодосія і Миколаїв, сягаючи -1,2 і -2,0°С за десятиріччя відповідно, для інших міст зменшення коливається в межах 0,1 – 0,5°С. Для більшості станцій в періоди 1931-1960 рр. і 1961-1990 рр. мали місце додатні тренди, що знову ж не співпадає з тенденціями, які реєструвалися для річних абсолютних максимальних температур.

Ці тенденції також є яскраво виражені у відхиленнях річних значень абсолютних мінімальних температур від кліматичної норми (рис. Г.2, Додаток Г): для багатьох станцій відхилення є від'ємними більшу частину періоду спостережень. Таким чином, з отриманих результатів можна зробити висновок, що абсолютні мінімальні температури в період 1961-1990 рр. були вищими за значення, що реєструвались в інший час.

На рис. 3.6 для восьми міст України представлено спостережувані значення річної абсолютної мінімальної температури і її значення, змодельовані і спрогнозовані до 2050 р. за допомогою спектрального і гармонічного аналізу. Оцінка точності статистичної моделі виконувалась за такими показниками, як і в пункті 3.1 і наведені в табл. 3.3.

З табл. 3.3 можна бачити, що для міст Львів і Шепетівка для річних абсолютних мінімальних температур статистична модель не виконується. Для інших міст оцінка похибки надає непогані результати. Коефіцієнт кореляції не сягає значень нижче 0,80, а коефіцієнт детермінації – 0,65. Різниця між середніми значеннями обох рядів становить нуль, тільки для м. Умань її значення підвищується до 0,037. Розкид індексу TNn біля середнього значення модельного ряду також відрізняється від розкиду спостережуваних значень, але знаходиться в прийнятних межах.

Після отримання успішної оцінки статистичної моделі для шести міст її було застосовано для отримання прогностичних значень річної абсолютної максимальної температури за період 2019-2050 рр. (рис. 3.6).

Таблиця 3.3 – Оцінка статистичної моделі для річної абсолютної мінімальної температури для восьми міст України

Похибка	**Керч**	**Київ**	**Лубни**	**Львів**	**Полтава**	**Ужгород**	**Умань**	**Шепетівка**
R	0.83	0.83	0.84	-0.09	0.85	0.85	0.80	0.16
R^2	0.69	0.70	0.71	0.008	0.72	0.73	0.65	0.03
RMSE	2.21	2.16	2.08	5.55	2.32	2.22	2.74	6.71
Різниця середніх значень спостережуваних даних і моделі	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	-0.077
Різниця середньоквадратичних відхилень спостережуваних даних і моделі	0.103	0.025	-0.118	0.402	-0.030	0.024	-0.159	0.557
Відмітка про статистичну значущість лінійного тренду, визначену за тестом Манна-Кендалла	+	+	+	+	+	+	+	+

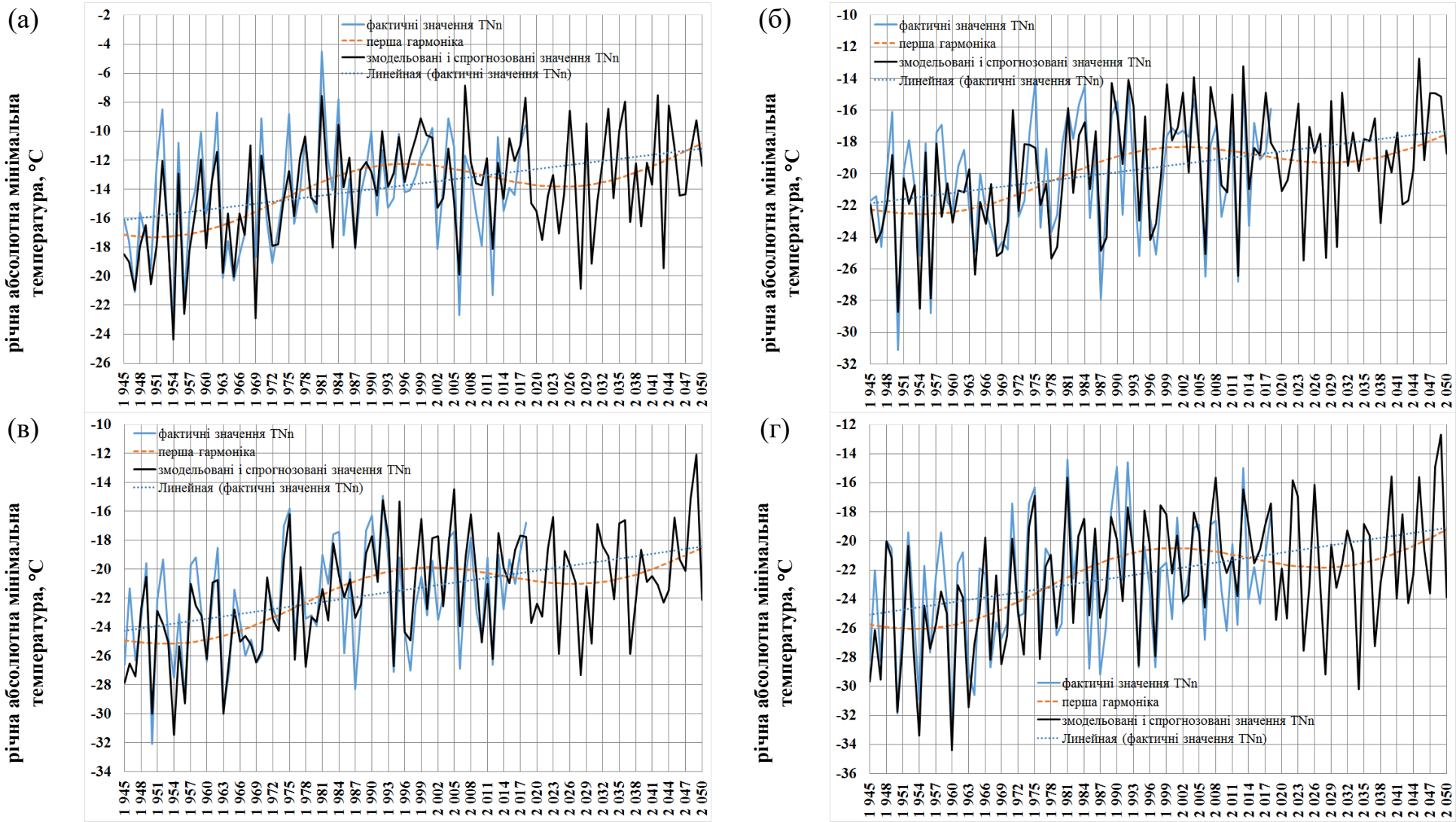
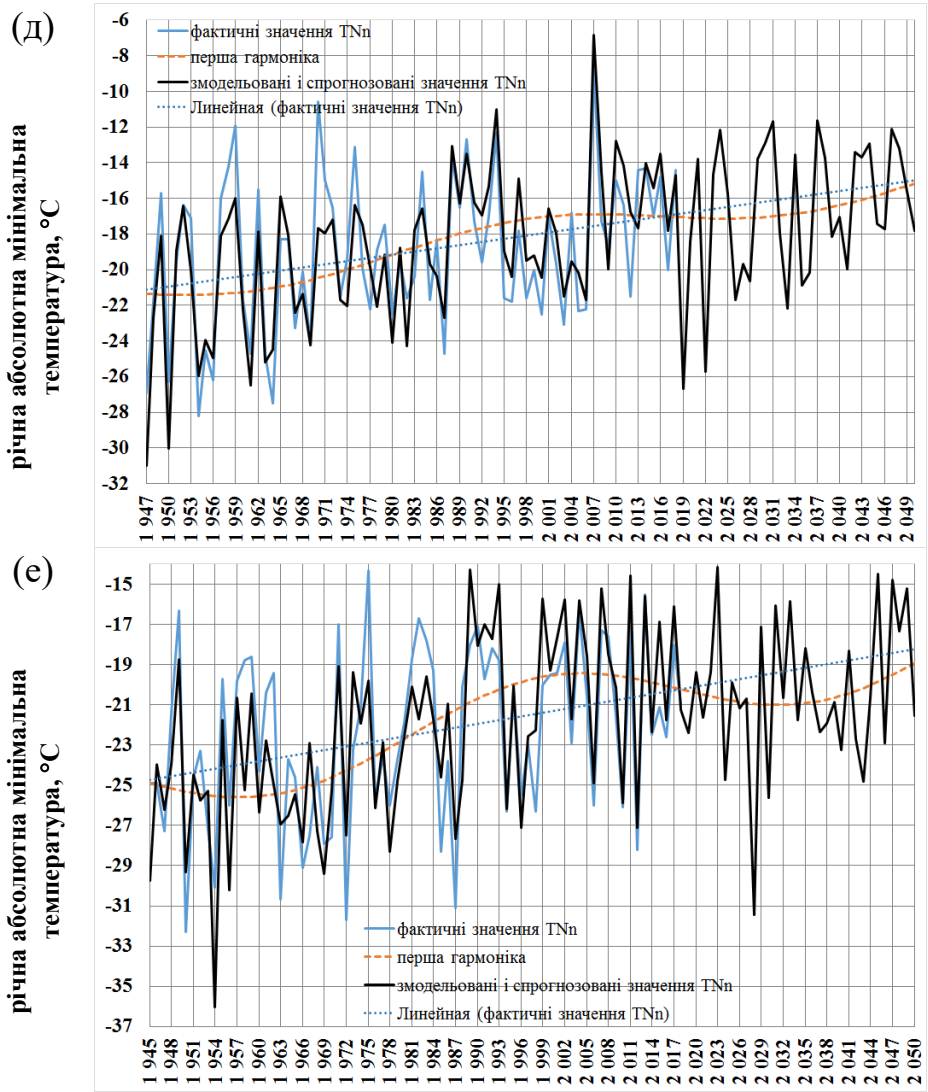


Рисунок 3.6 – Часовий хід фактичної (суцільна блакитна лінія), змодельованої і спрогнозованої (2019-2050 рр.) річної абсолютної максимальної температури (чорна суцільна лінія) для м. Керч (а), Київ (б), Лубни (в), Полтава (г), Ужгород (д), Умань (е).



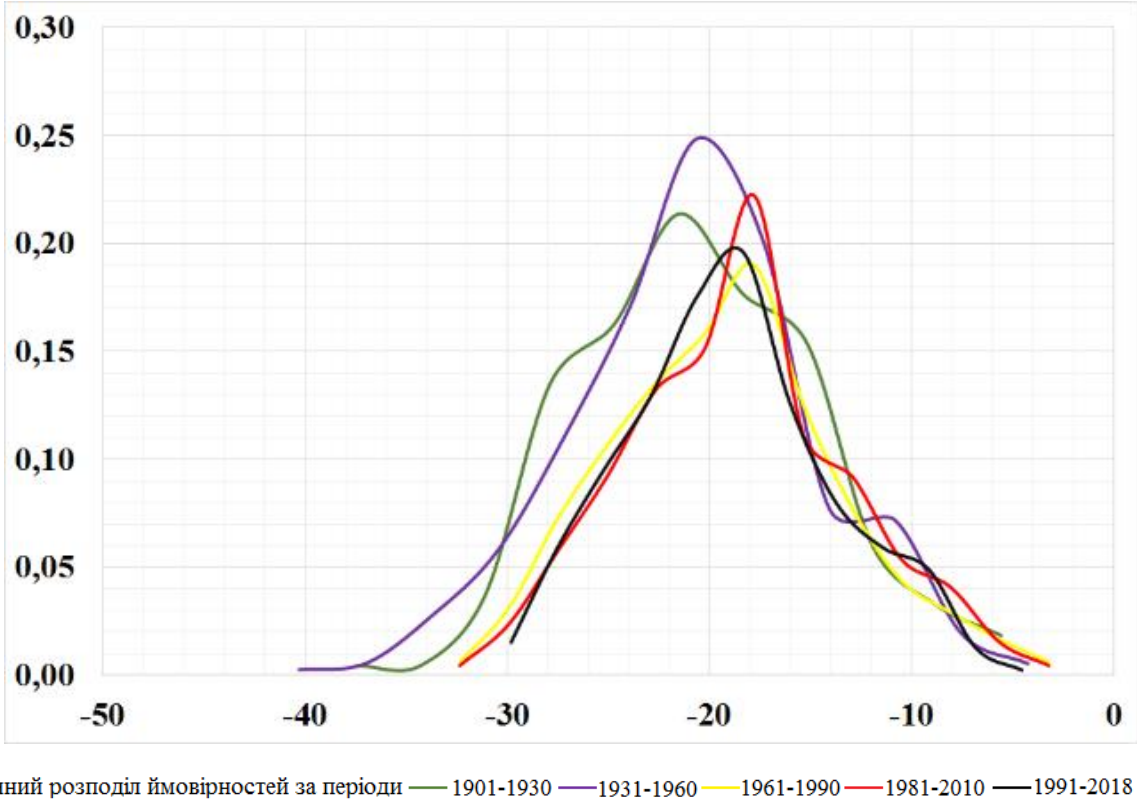
Продовження рис. 3.6

Тест Манна-Кендалла підтвердив статистичну значущість лінійних трендів, які використовуються для побудови статистичної моделі.

Для всіх станцій було отримано суттєве підвищення абсолютної мінімальної температури з часом приблизно на 1°С за 32 наступних роки. Якщо тенденція збережеться, то в найближчі роки можна очікувати підвищення середнього значення з абсолютних мінімумів температури, але це не означатиме, що абсолютна мінімальна температура буде вища за попередні температури, навпаки, з рис. 3.6 можна бачити, що оскільки наступні 32 роки припадатимуть на улоговину першої гармоніки, то суттєве підвищення температур слід очікувати лише наприкінці прогностичного періоду.

На рис. 3.7 представлено емпіричні розподіли індексу TNn і відхилення осереднених значень процентилів для всіх станцій України за різні тридцятирічні періоди а саме 1901-1930 рр., 1931-1960 рр., 1981-2010 рр. і 1991-2018 рр.

(а)



(б)

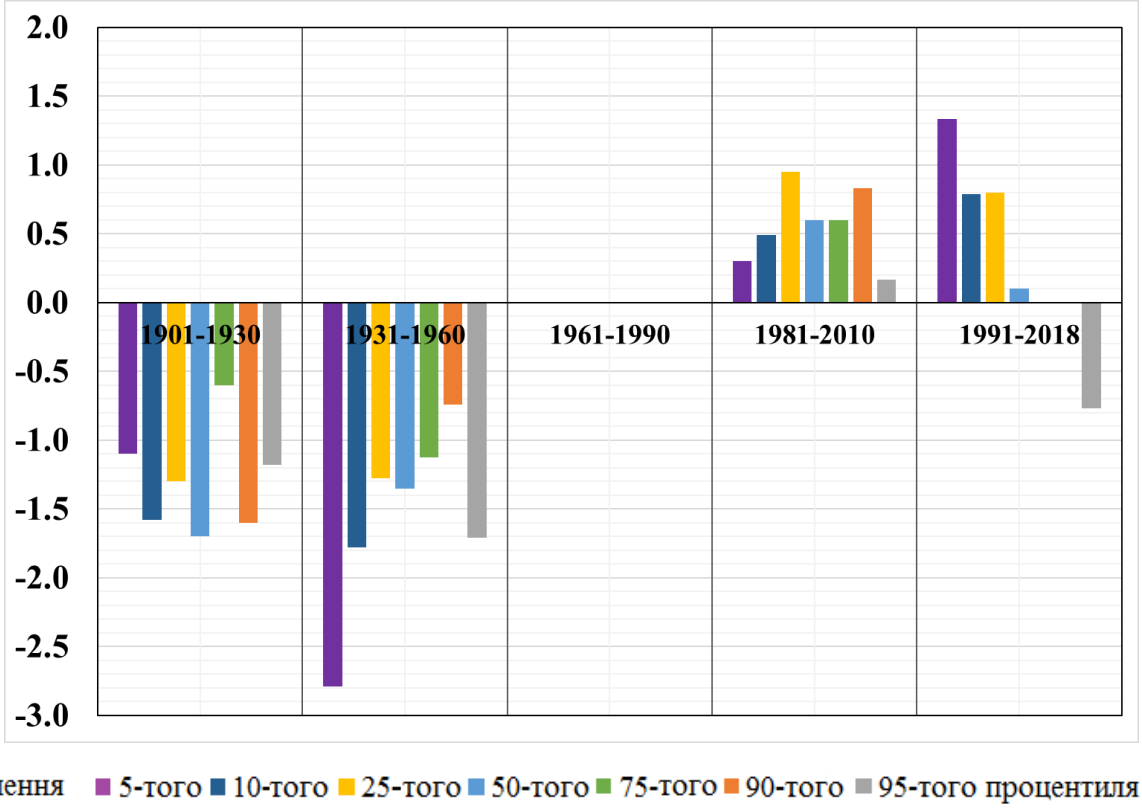


Рисунок 3.7 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу TNn (а) і відхилення процентилів індексу TNn (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

Найбільш низькими абсолютні мінімальні температури над територією України мали місце в період 1901-1960 рр., що підтверджується тим, що емпіричні розподіли індексу TNn зсунуті в бік більш низьких температур, ніж розподіли за період 1961-2018 рр. За період 1961-2018 рр. відбувається зсунення розподілів в бік підвищення температур, але, якщо в останні десятиріччя ліва частина розподілу продовжує зсуватись в бік високих температур, то права частина розподілу зміщується в бік низьких температур, що також можна простежити і в зменшенні 50-, 75-, 90 і 95-того процентилів в період 1991-2018 рр.

На рис. 3.8 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу TNn за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

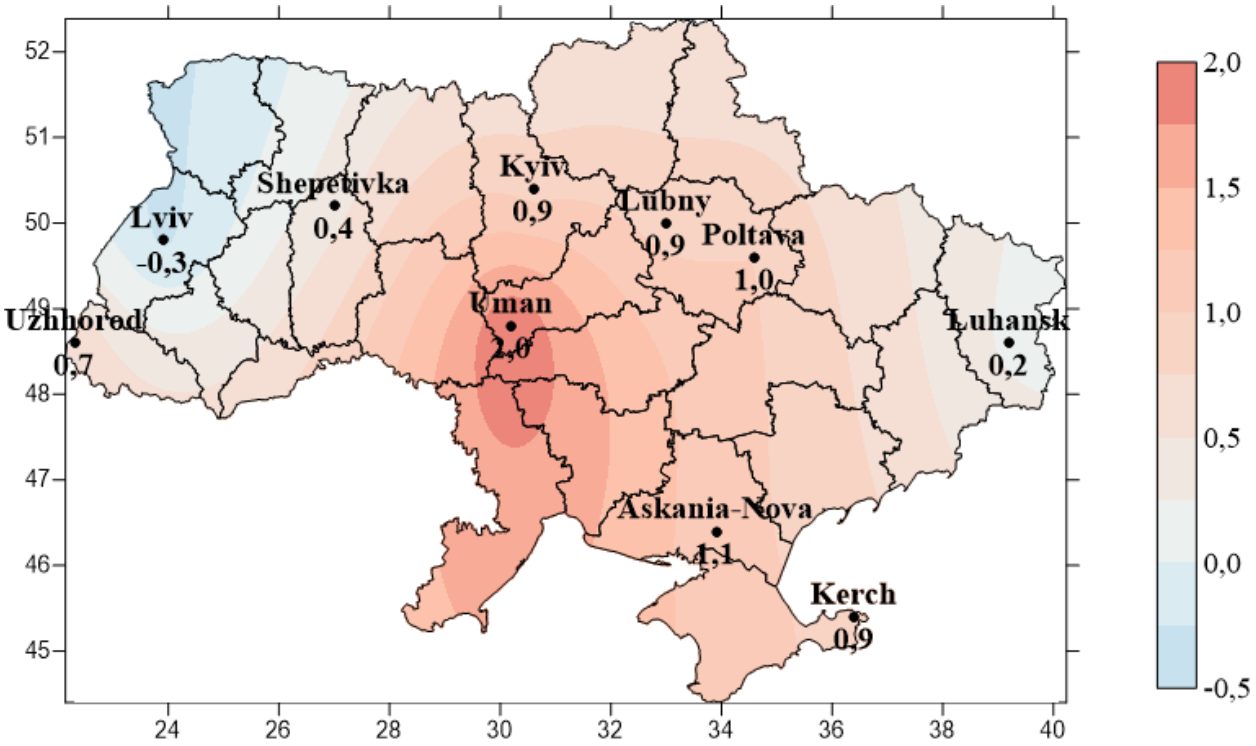


Рисунок 3.8 – Просторовий розподіл відхилення середніх значень річних абсолютних мінімальних температур (TNn) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

Просторовий розподіл відхилень індексу показує, що абсолютний мінімум температури за період 1981-2010 рр. порівняно зі стандартним

кліматичним періодом зменшився у м. Львів. В інших містах відбувається зростання температури з центром найбільших темпів зростання в м. Умань. Ці тенденції співпадають зі змінами в абсолютній максимальній температурі.

Аналізуючи тренди за весь період спостережень і за кліматичні періоди для найнижчих температур з максимальних температур (рис. Б.3, Додаток Б, табл. В.3, Додаток В), можна побачити, що для дев'яти станцій тренди за весь період спостережень є висхідними, а на таких станціях як Асканія Нова, Лубни, Львів, Миколаїв, Полтава, Умань і Феодосія – спадними. Швидкість зниження індексу TXn на цих станціях не перевищує 0,2°C за десятиліття. Для станцій, де має місце додатний тренд підвищення температури сягає 0,3°C на десятиліття. Також на практично на всіх станціях за виключенням Ай-Петрі, за тридцятиріччя 1981-2010 рр. спостерігається від'ємний тренд і швидкість зміни температури коливалась від 0,1 до 1,5°C за десятиліття. Але зниженню в період 1981-2010 рр. передувало досить значне підвищення температури з 1931р. по 1990 р., коли температура могла зрости за десятиріччя на 1-3°C. І такі тенденції є характерними для більшості станцій.

В узгодженості з цими результатами знаходяться і відхилення індексів TXn від кліматичної норми: для ст. Ай-Петрі, Ужгород, Умань є характерними тривалі періоди додатних відхилень від середнього значення індексу за стандартний кліматичній період (рис. Г.3, Додаток Г), що обумовлено суттєвим підвищенням температури в різні періоди на цих станціях. Для інших станцій чергуються короткочасні періоди від'ємних значень індексу з короткочасними періодами додатних значень.

Відхилення для різних станцій коливаються в різних межах: найменші амплітуди (від -9 до +7°C) спостерігаються на ст. Ай-Петрі, Керч, Львів, Чернівці, Лубни, на інших станціях межі, в яких змінюється відхилення індексу TXn більші і можуть сягати значень у 12-15°C. Слід зауважити, що від'ємні відхилення за абсолютно величиною, як правило, значно більші, ніж додатні.

Таким чином тенденції в найнижчій температурі з максимальних не повторюють тенденцій, які мають місце в абсолютній мінімальній і максимальній температурах.

Емпіричні розподіли річної найнижчої температури з максимальних температур для всієї України показують, що з часом розподіл зміщується в бік високих температур (рис. 3.9а). З 1901 р. по 1930 р. права частина розподілу практично співпадала з правою частиною розподілу 1961-1990 рр., для лівих частин були характерні однакові температури, але повторюваність низьких температур була вище у період 1931-1960 рр.

Права частина розподілу за 1931-1960 рр. співпадає з розподілами за періоди 1981-2010 рр. і 1991-2018 рр., але поряд з цим могли спостерігались і екстремально низькі температури. Найтеплішим був період за 1981-2010 р., розподіл за 1991-2018 рр. мало відрізняється від нього, але трохи зсунутий ліворуч.

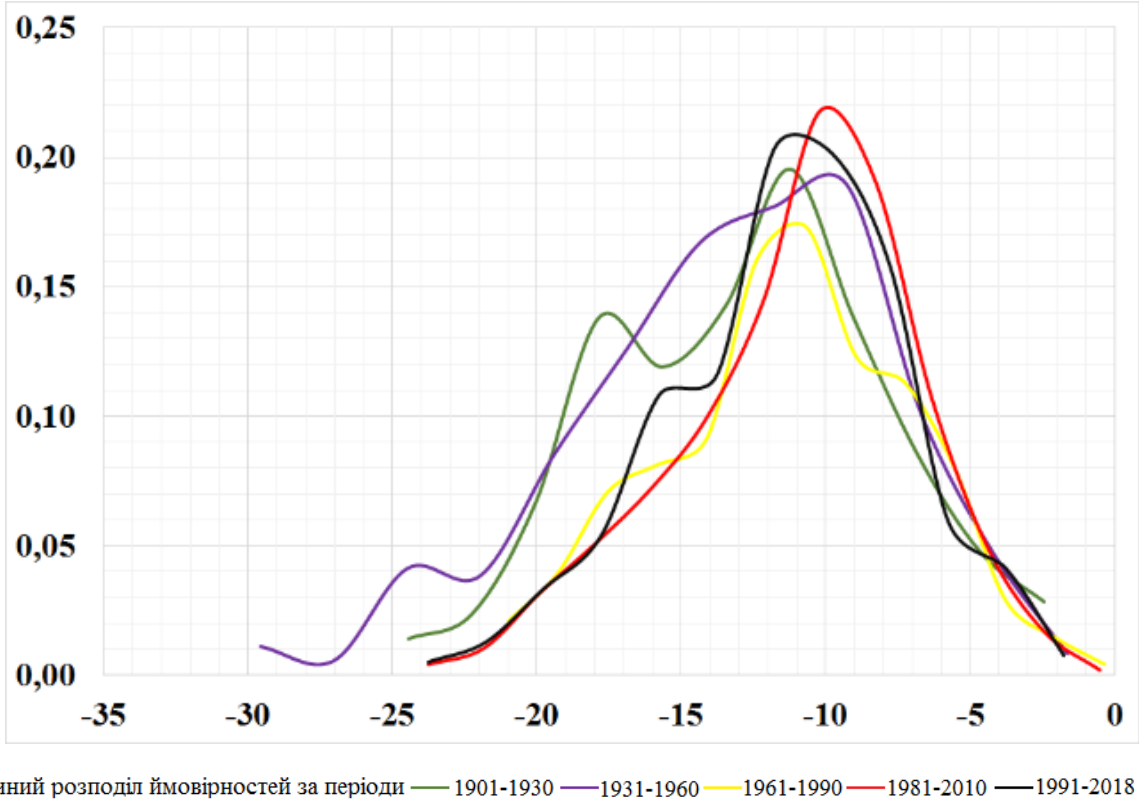
Ці дані підтверджуються і аналізом процентилів (рис. 3.9б). Можна побачити, що відносно періоду 1961-1990 р. значення процентилів не зростає так різко як для індексів TXx і TNn – підвищення не перевищує 1°С. Але вплив загального підвищення температури виявляється навіть не в зсуненні правої межі, а в досить суттєвому зсуненні лівої межі, вона зсунулась на декілька градусів порівняно з розподілом в першій половині XX століття і, окрім того, суттєво зменшилась повторюваність низьких температур.

На рис. 3.10 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу TXn за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

В просторовому розподілі індексів суттєве підвищення найнижчої температури з максимальних температур спостерігається на північному сході до 1,3°С. Область додатних значень відхилень далі поширюється на центральні і південні регіони країни, де відбувається не таке значне підвищення температури. На ст. Керч підвищення температури відбувається достатньо незначне, що можна пояснити розташуванням на березі моря цієї станції, а на ст. Ай-Петрі – значне з урахуванням її розташування.

Виділяється західний регіон – у м. Львів температура навіть знижується на 0,5°С.

(а)



(б)

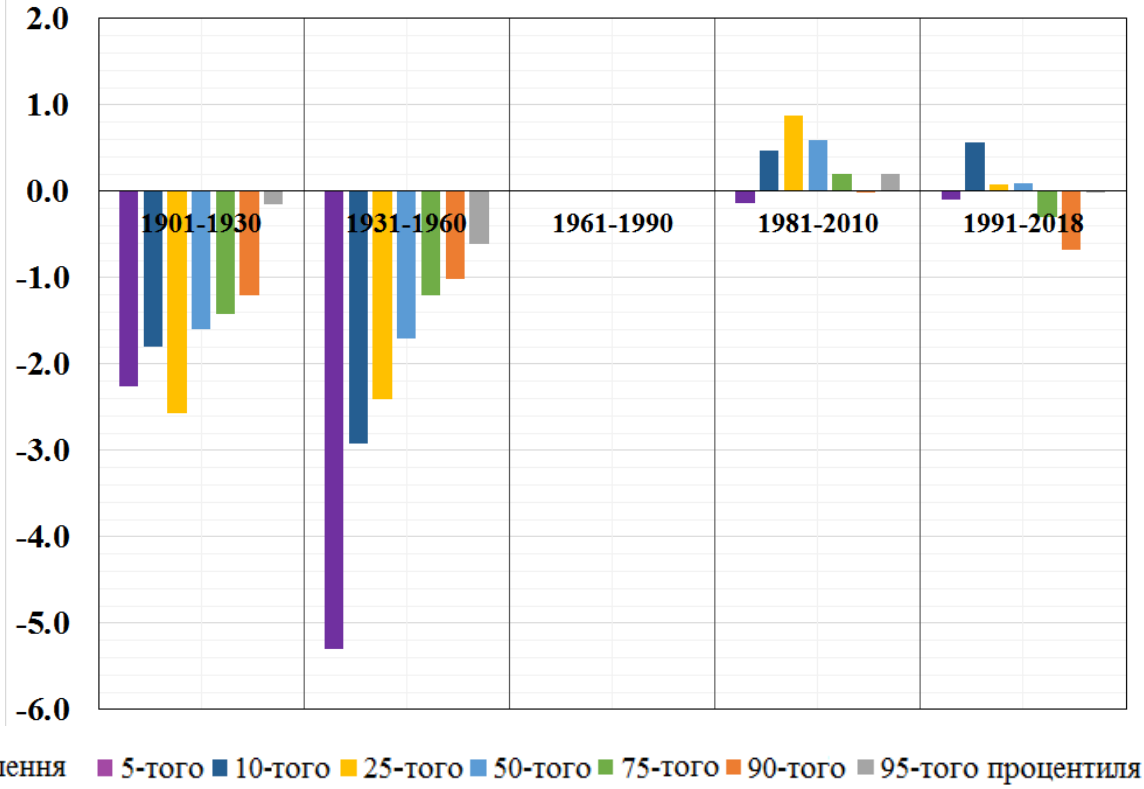


Рисунок 3.9 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу TXn (а) і відхилення процентилів індексу TXn (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

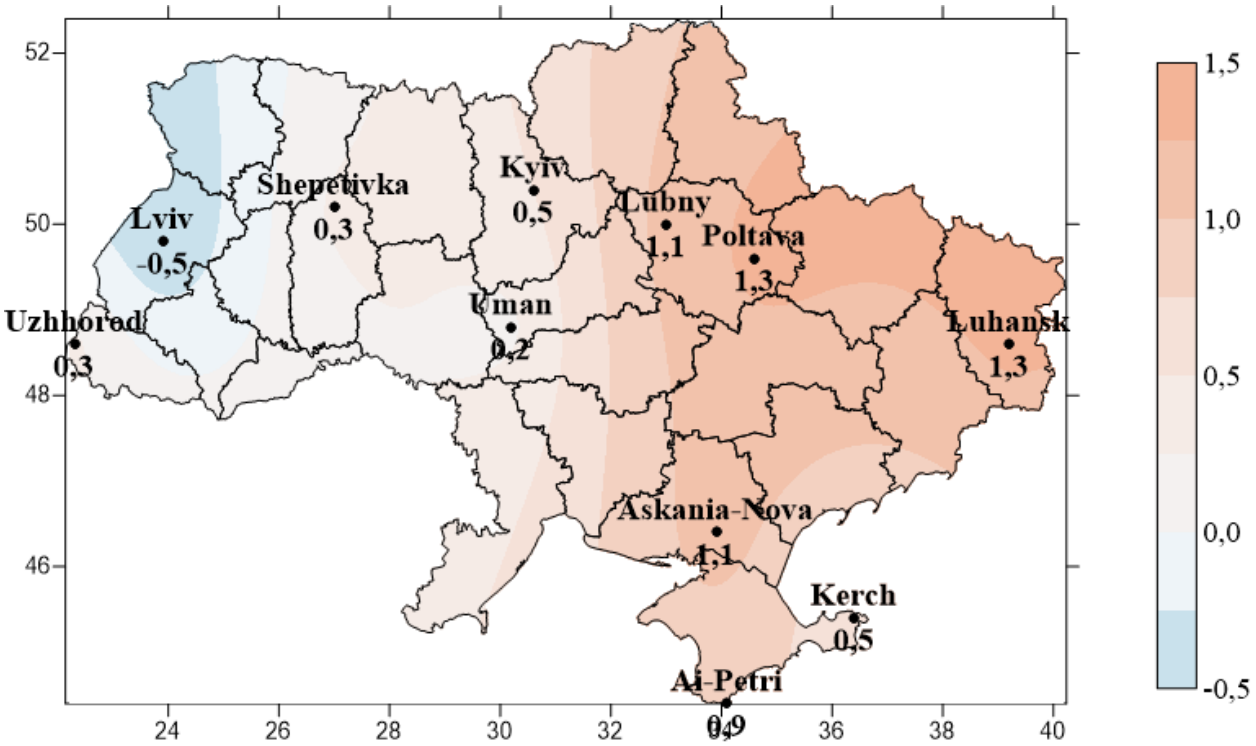


Рисунок 3.10 – Просторовий розподіл відхилення річної найнижчої з максимальних температур (TXn) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

Порівнюючи рис. 3.10 з 3.5 і 3.8 можна зробити висновок, що просторовий розподіл найнижчої з максимальних температур має однакові риси з просторовим розподілом абсолютного мінімуму, а не абсолютного максимуму температури.

В річній найвищій температурі з мінімальних температур для всіх шістнадцяти станцій України спостерігаються висхідні тренди за весь період спостережень і в період 1981-2010 рр. (рис. Б.4, Додаток Б, табл. В.4, Додаток В). Тренди є статистично забезпеченими для всього періоду спостережень, а також за періоди 1961-1990 рр. і 1981-2010 рр. Для більшості території збільшення температури також є характерним і для періоду 1901-1930 рр., що визначило досить високі температури в наступне тридцятиріччя. В період 1961-1990 рр. для всіх станцій, виключаючи м. Чернівці, відбувається зменшення індексу TNx.

Для багатьох станцій найбільші відхилення індексу TNx спостерігаються в період 1991-2018 рр. і відхилення можуть сягати 5-7°С (рис. Г.4, Додаток Г). Причому слід зауважити, що на відміну від попереднього індексу, в ці роки для багатьох станцій є характерними тривалі періоди стійкого відхилення індексу в бік зростання. В попередні періоди, в основному відбувається чергування коротких періодів з додатними і від'ємними відхиленнями, але досить рідко спостерігаються відхилення у бік зниження температури такої самої абсолютної величини, як і у бік зростання, як правило, вони в два рази менші.

Ці висновки також підтверджуються емпіричними розподілами індексу TNx, побудованими для різних періодів для всієї території України (рис. 3.11а): розподіли річного максимуму з мінімальних температур змістились праворуч на 2°С порівняно з попередніми розподілами, в бік високих значень індексу також посунулись середнє значення і мода. Але слід зауважити, що ліва частина розподілу не пересувається праворуч з такою самою швидкістю як і права. Найнижчі температури спостерігались в 1961-1990 рр.

Аналізуючи відхилення процентилів від відповідних їх значень, осереднених за стандартний кліматичний період, можна побачити, що найхолоднішим був дійсно період 1961-1990 рр., на що вказує те, що у всі періоди процентилі мали більше значення. З часом значення процентилів суттєво збільшується, особливо в період 1991-2018 рр.

Таким чином, можна бачити, що зміни, які відбуваються в часовому розподілі індексу TNx, є схожими з тими, що відбуваються у часовому розподілі абсолютної максимальної температури (TXx) і вказують на суттєве зростання індексу TNx з часом.

На рис. 3.12 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу TNx за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

В просторовому розподілі відхилень індексу TNx найбільші значення спостерігаються в центральних районах на півночі України.

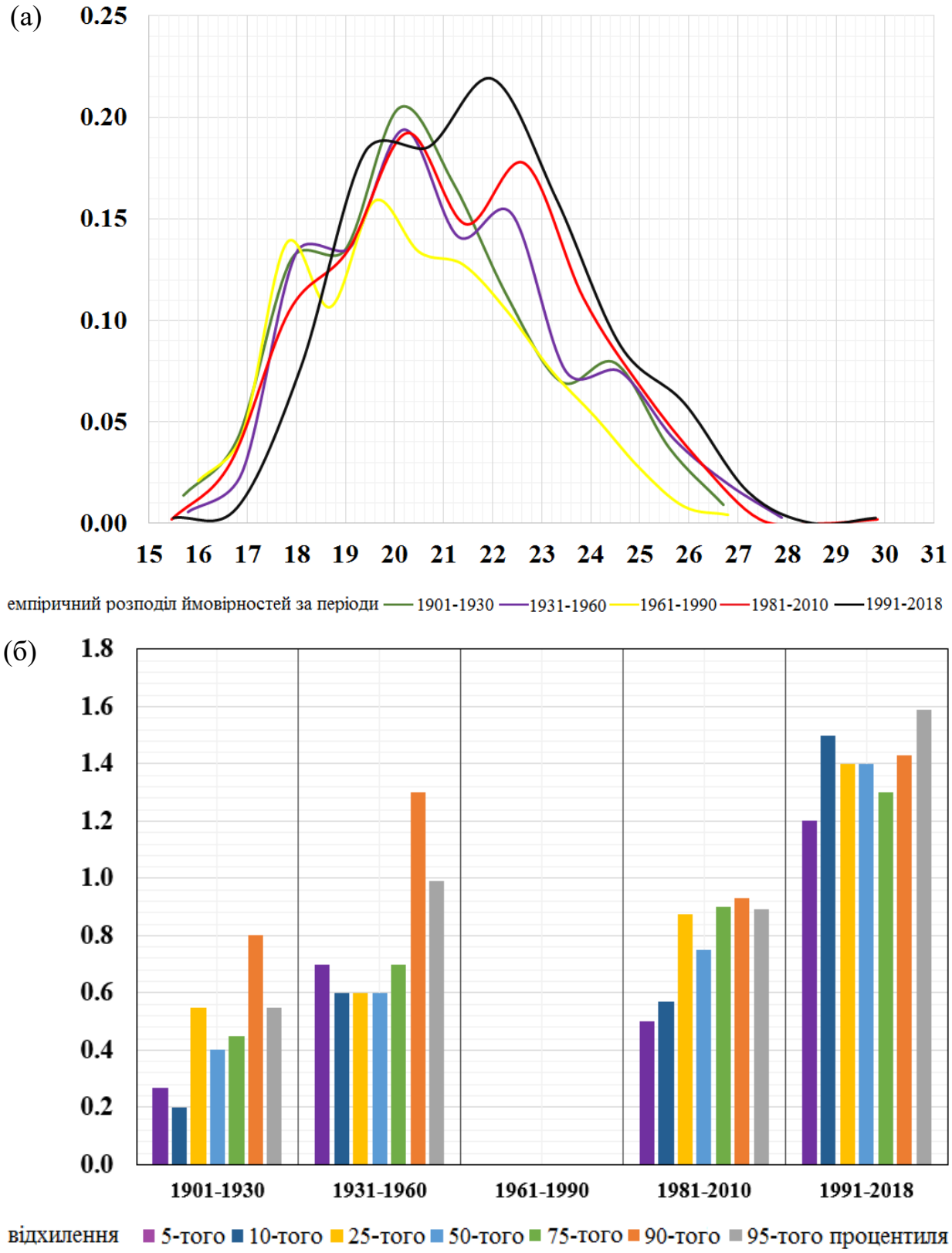


Рисунок 3.11 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу TNx (а) і відхилення процентилів індексу TNx (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

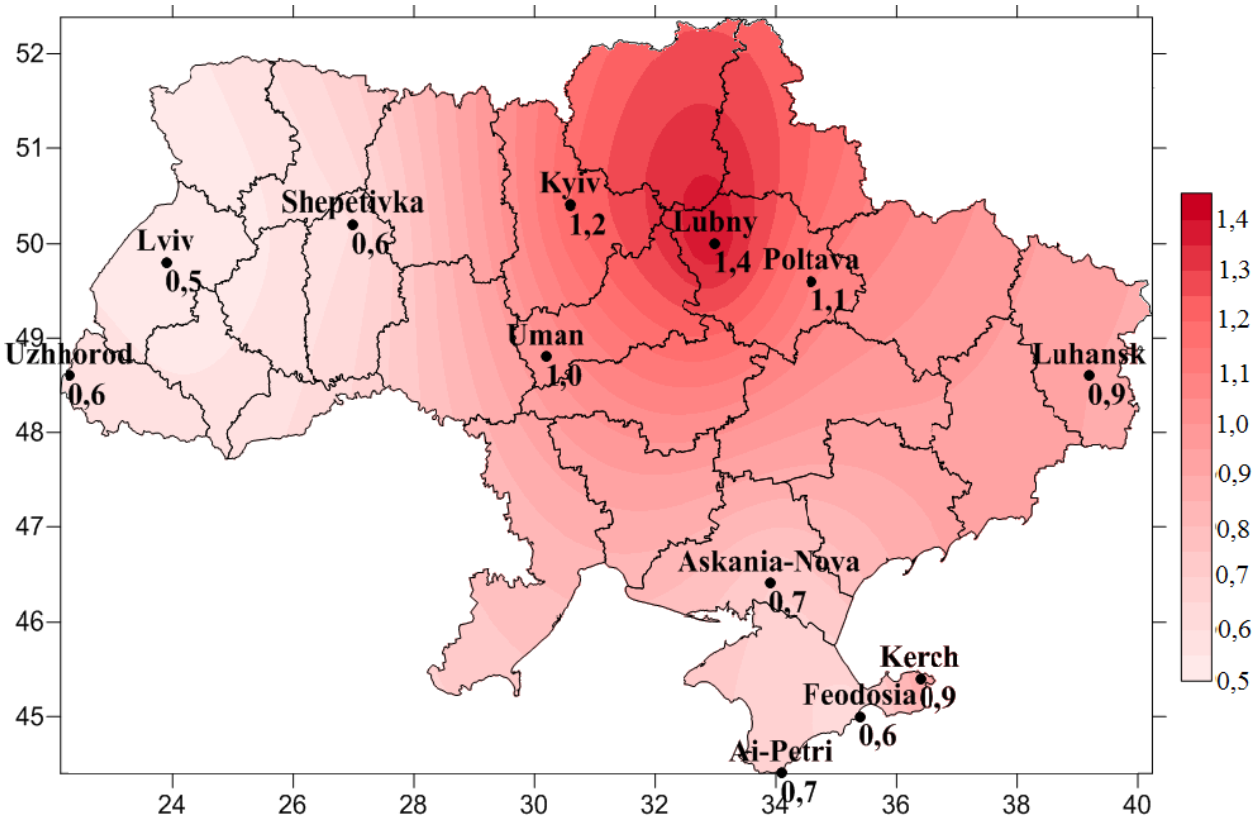


Рисунок 3.12 – Просторовий розподіл відхилення середніх значень річної найвищої з мінімальних температур (TNx) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

Хвиля тепла розповсюджується з півночі на центральні і східні регіони. В західних і південних регіонах найменше зростання температури, виключаючи м. Федосія. Просторовий розподіл відхилень індексу TNx є схожим на просторовий розподіл відхилень абсолютної максимальної температури.

Таким чином, річна абсолютна максимальна температура і річний максимум мінімальної температури невпинно підвищуються на всій території України, а річна абсолютна мінімальна температура і річний мінімум максимальної температури суттєво підвищуються в центральних і східних областях України, менше зростанням характеризуються в південних областях і знижуються на заході України.

3.3 Сучасні зміни в просторово-часовому розподілі процентильних температурних індексів на території України

До температурних індексів, які базуються на процентилях, відносяться кількість прохолодних ночей (TN10p), кількість теплих ночей (TN90p), кількість прохолодних днів (TX10p), кількість теплих днів (TX90p). Це індекси представляють собою кількість днів, коли добова максимальна чи добова мінімальна температура була нижчою за значення 10-то процентиля – TX10p і TN10p відповідно чи вищою за значення 90-того процентиля – TX90p і TN90p відповідно.

Розглянемо індекс TN10p, який представляє собою кількість прохолодних ночей. Для всіх станцій є характерним спадний тренд за увесь період спостережень (рис. Б.5, Додаток Б, табл. В.5, Додаток В), причому швидкість зниження цього індексу для деяких станцій сягає 5-6 діб за десятиліття. В період 1981-2010 рр. всі тренди також є від'ємними, але швидкість зниження кількості прохолодних ночей вже для багатьох станцій зростає до 10 діб/десятиріччя. В проміжні періоди спостерігались в основному висхідні тренди.

Особливо помітними описані тенденції є на рис. Г.5 (Додаток Г), на яких показано річний хід відхилення індексу TN10p від його середнього значення за стандартний кліматичний період. В період до 2000 р. в основному мають місце додатні відхилення, хоча з часом їх величина зменшується, а з 2000 р. на багатьох станціях спостерігаються від'ємні відхилення, які вказують на суттєве зменшення відсотку прохолодних ночей.

На рис. 3.13 представлено емпіричні розподіли індексу TN10p за різні періоди спостережень і відхилення середніх значень процентилів за кліматичні періоди від середнього значення відповідних процентилів за стандартний кліматичний період.

Рис. 3.13а показує як з часом емпіричний розподіл індексу TN10p зміщується ліворуч: суттєво знижується значення моди і скорочується максимум кількості прохолодних ночей на 32 доби.

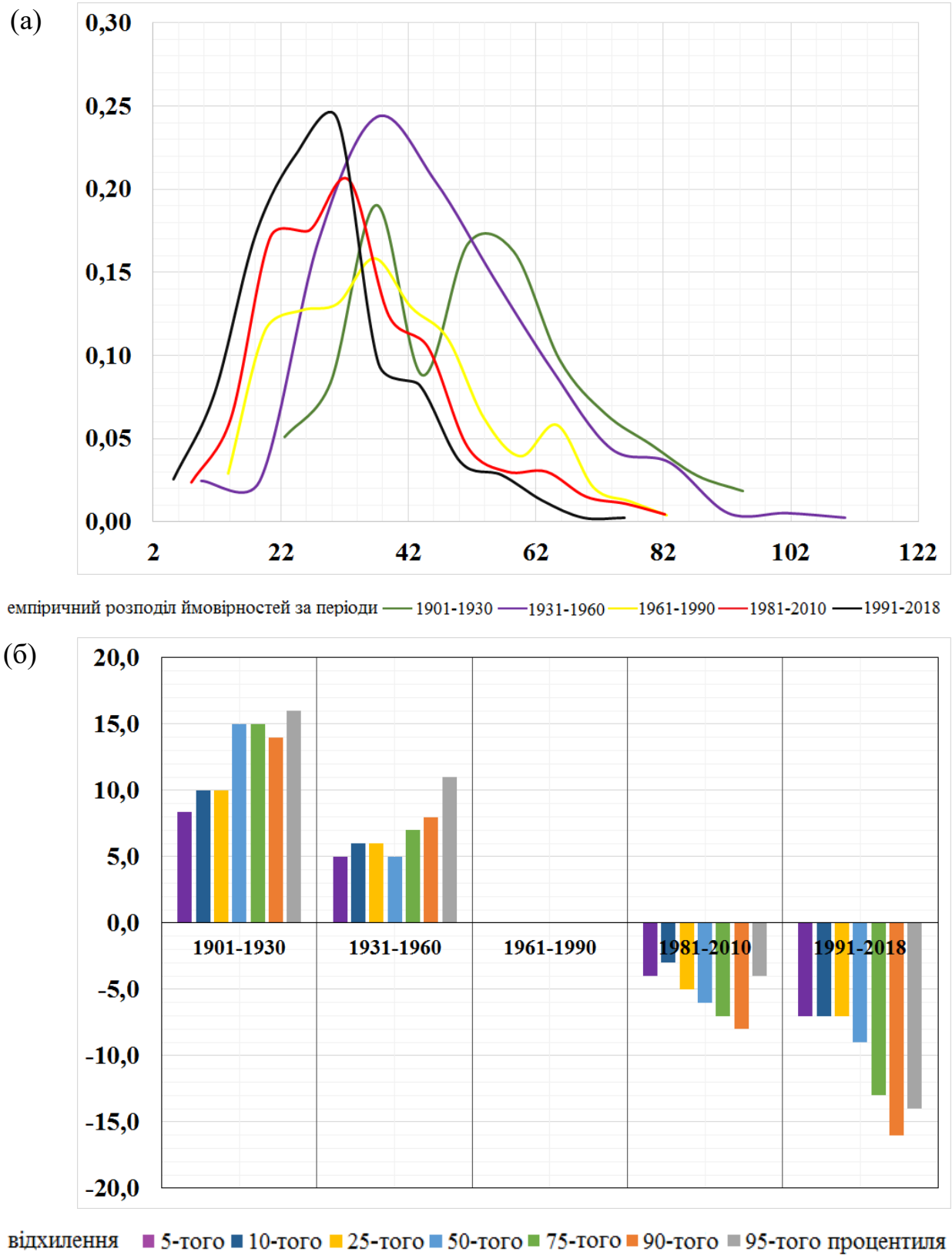


Рисунок 3.13 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу TN10p (а) і відхилення процентилів індексу TN10p (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

Значення всіх процентилів вказують (3.13 б) на поступове зниження кількості прохолодних ночей, швидкість зниження становить в середньому 5 діб за тридцять років. В період 1991-2018 рр. особливо знизились значення 75-того, 90-того, 95-того процентилів, що вказує на суттєве зниження інтенсивності і тривалості явища.

На рис. 3.14 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу TN10p за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми. Процентильні індекси найбільш часто застосовують для просторових розподілів, оскільки порогові значення залежать від місцевих умов.

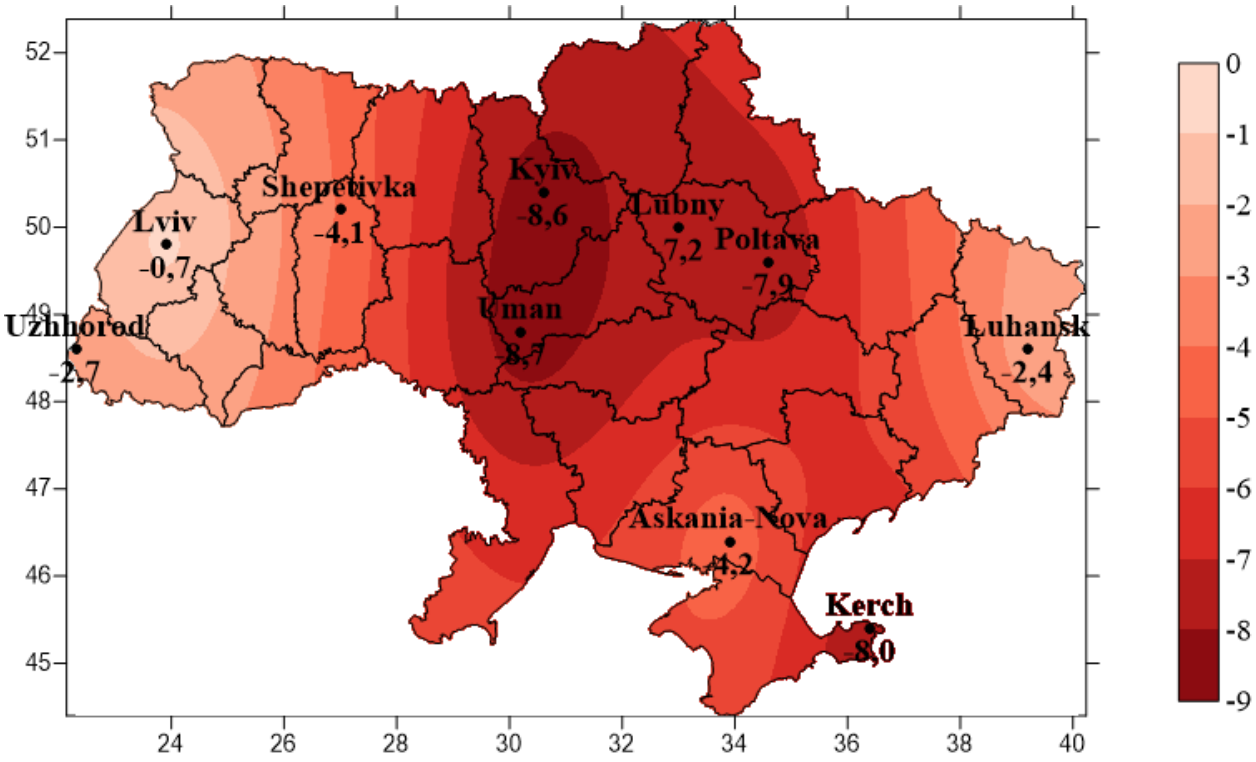


Рисунок 3.14 – Просторовий розподіл відхилення річної кількість холодних ночей (TN10p) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

Просторовий розподіл має осередковий характер і демонструє значне зниження кількості прохолодних ночей в центральних і північний регіонах України, менше зниження – на сході і півдні країни. Зниження кількості прохолодних ночей є характерним для м. Львів.

Розглянемо просторово-часовий розподіл кількості теплих ночей (TN90p).

Всі лінійні тренди, визначені за весь період спостережень і за період 1981-2010 рр. для 16 станцій України, є статистично значущими (рис. Б.6, Додаток Б). Протягом всього періоду спостережень на всіх станціях України тренди показали невпинне зростання кількості теплих ночей, швидкість якого може сягати 5-6 днів за десятиріччя (табл. В.6, Додаток В). Також додатними трендами характеризується вся територія України в період 1981-2010 рр., коли швидкість зростання кількості теплих ночей для багатьох станцій коливається в межах 10-16 днів за десятиліття.

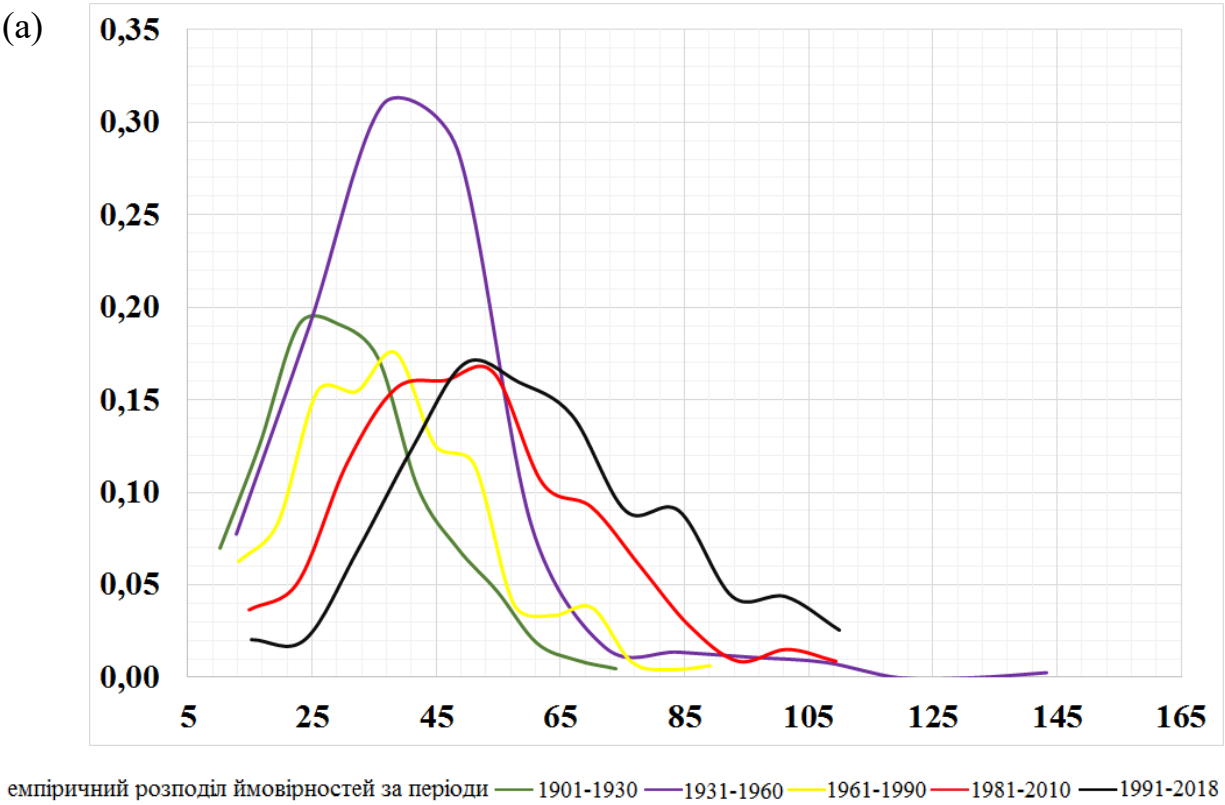
Ці тенденції можна простежити і на рисунках, на яких представлено відхилення річної кількості теплих ночей від кліматичної норми (рис. Г.6, Додаток Г). Період 1991-2018 рр., а для деяких станцій і період 1981-1990 рр., характеризуються додатними відхиленнями індексу TN90p, які з часом зростають і їх значення сягають 60-70 днів. Єдиним виключенням є м. Львів, найбільші значення відхилення були характерними в 1936-1937 рр.

Емпіричний розподіл кількості теплих ночей з часом зсувається праворуч, що вказує на зростання повторюваності і сталості явища (рис. 3.15 а). Хоча найбільша кількість теплих ночей на території України мала місце не в період 1991-2018 рр.,а в період 1931-1960 рр., коли також реєструвались досить високі середньорічні і річні максимальні температури.

Середня кількість теплих ночей зростає приблизно на 20 діб порівняно зі стандартним кліматичним періодом, але повторюваність середньої кількості лишається такою самою як і в 1961-1990 рр., оскільки суттєво підвищується повторюваність значень вищих за середнє.

Зростання кількості теплих ночей також підтверджується зростанням середніх за різні кліматичні періоди значень процентилів (3.15 б). Якщо їх значення порівняти з періодом 1961-1990 рр., то побачимо, що додатні відхилення є характерними вже для періоду 1931-1960 рр., а для періодів 1981-2018 рр. середнє значення процентилів зростає на 5-10 днів за тридцятирічний період.

(а)



(б)

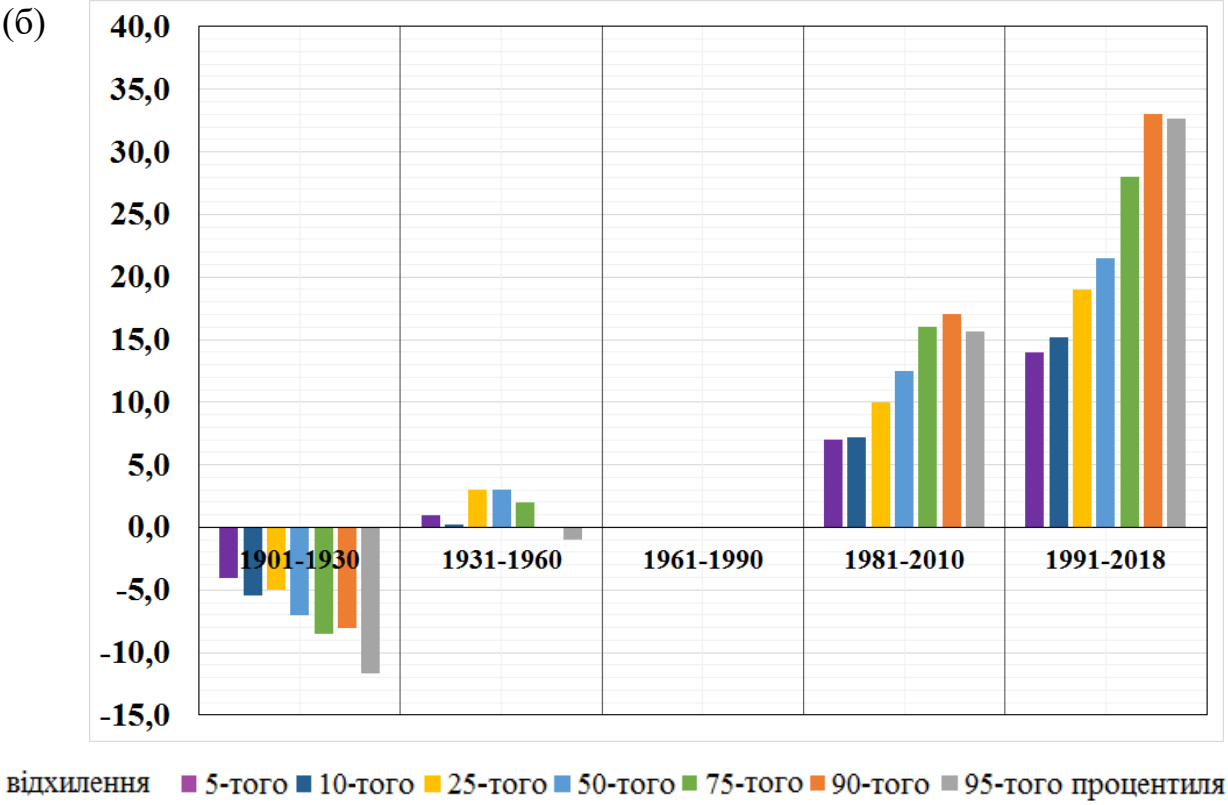


Рисунок 3.15 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу TN90p (а) і відхилення процентилів індексу TN90p (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

На рис. 3.16 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу TN90p за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

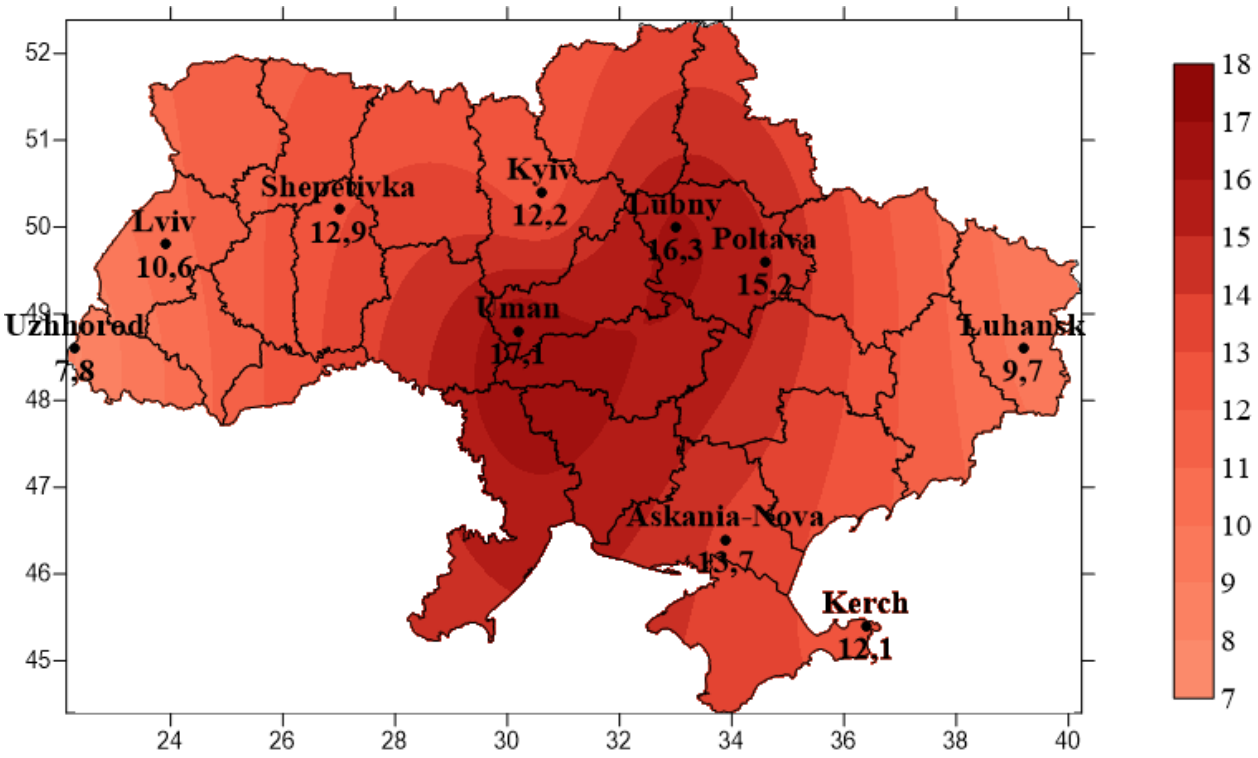


Рисунок 3.16 – Просторовий розподіл відхилення середніх значень річної кількості теплих ночей (TN90p) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

Просторовий розподіл відхилень середніх значень річної кількості теплих ночей (TN90p) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми характеризується розповсюдженням хвилі тепла з південного заходу на північний схід. Найбільше кількість теплих ночей зростає в центральних і північно-східних регіонах. Слід зауважити, що кількість теплих ночей суттєво зростає і в західних, і в південних регіонах. Найменше зростання спостерігається в м. Ужгород.

Для всіх розглядуваних станцій, виключаючи ст. Асканія Нова, Вінниця, Луганськ і Чернівці за весь період спостережень для індексу TX10p було отримано статистично значущі тренди. Індекс TX10p являє собою кількість прохолодних днів, в які добова максимальна температура повітря нижча за 10-тий процентиль.

За весь період спостережень для всіх 16 станцій України було отримано спадний тренд, швидкість зменшення кількості прохолодних ночей за яким коливалась від 0,3 до 2,5 днів за десятиліття (рис. Б.7, Додаток Б, табл. В.7, Додаток В). Для більшості станцій лінійні тренди, визначені за період 1981-2010 рр. також статистично значущі. Якщо проаналізувати кутові коефіцієнти цих трендів, то швидкість зменшення TX10p виявиться вже набагато більшою і коливатиметься в межах від 3,6 до 11,0 днів за десятиліття. На всіх станціях, виключаючи ст. Шепетівка, Ужгород, Львів, в період 1961-1990 рр. спостерігалось зростання кількості прохолодних днів в середньому на 2-3 дні за десятиліття.

На рис. Г.7 (Додаток Г) яскраво вираженими є періоди зменшення індексу TX10p, які характеризуються від'ємними значеннями відхилень цього індексу від кліматичної норми і припадають на період 1991-2018 рр. Попередні роки в основному характеризувались додатними значеннями відхилень і слід зауважити, що за абсолютною величиною додатні значення в декілька разів перевищують від'ємні.

Емпіричний розподіл індексу TX10p для всіх розглядуваних станцій змінюється, стаючи двомодальним і зсуваючись ліворуч порівняно з періодом 1901-1930 рр. на 20 днів (рис. 3.17 а). Порівняно з емпіричними розподілами за попередні роки розподіл за 1981-2010 р. має менш довгий правий хвіст, що вказує на зменшення екстремальної кількості прохолодних днів.

Середні значення процентилів, визначені за кліматичні періоди, починаючи з періоду 1931-1960, зменшуються (рис. 3.17 б). Зменшення для 90-того і 95-того процентилів в період 1991-2018 рр. становить 10 днів, що знову ж призведе до суттєвого зменшення екстремальної кількості прохолодних днів та їх інтенсивності.

На рис. 3.18 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу TX10p за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

Просторовий розподіл відхилень середніх значень річної кількості холодних днів за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми має осередковий характер.

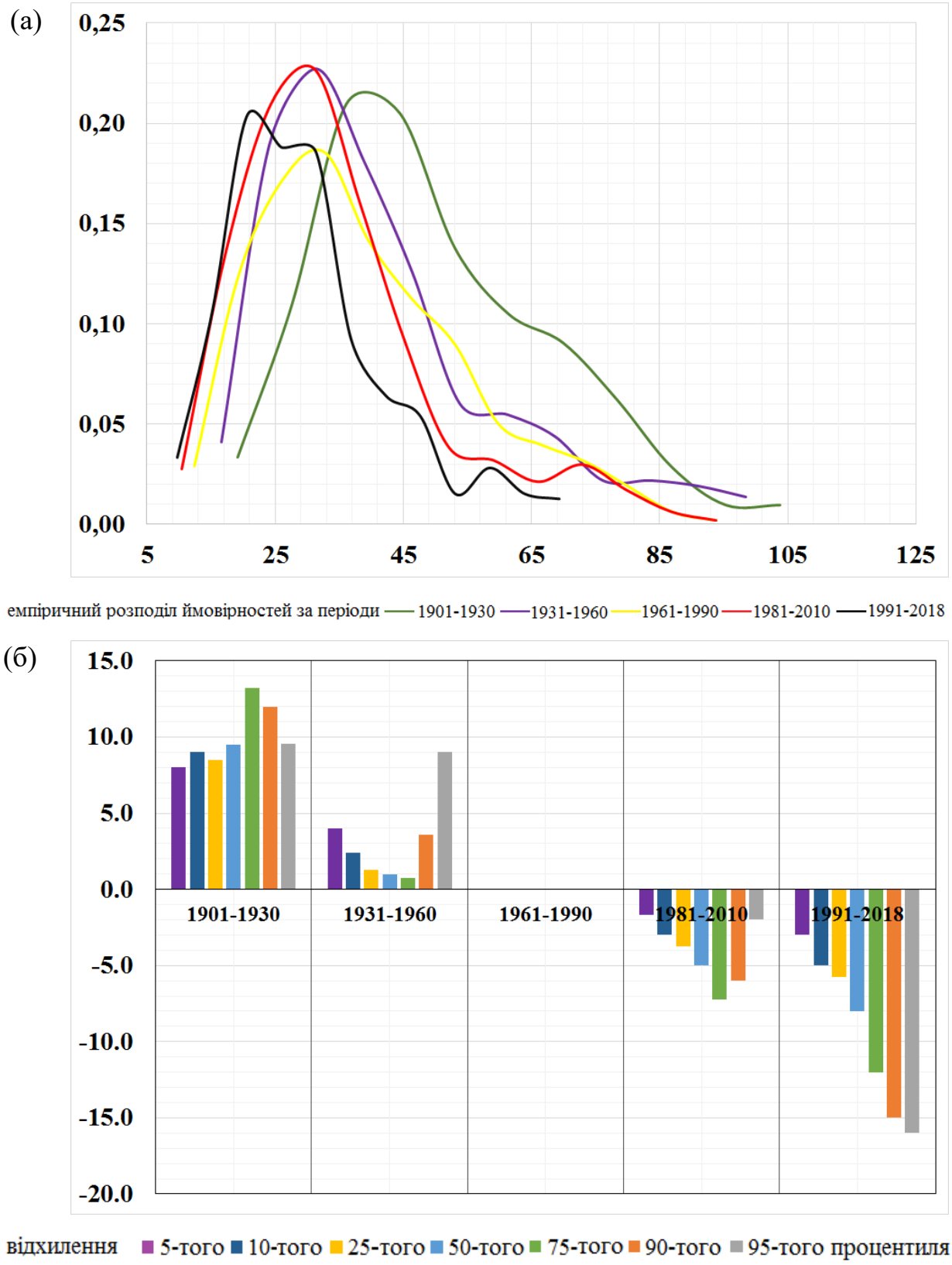


Рисунок 3.17 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу TX10p (а) і відхилення процентилів індексу TX10p (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

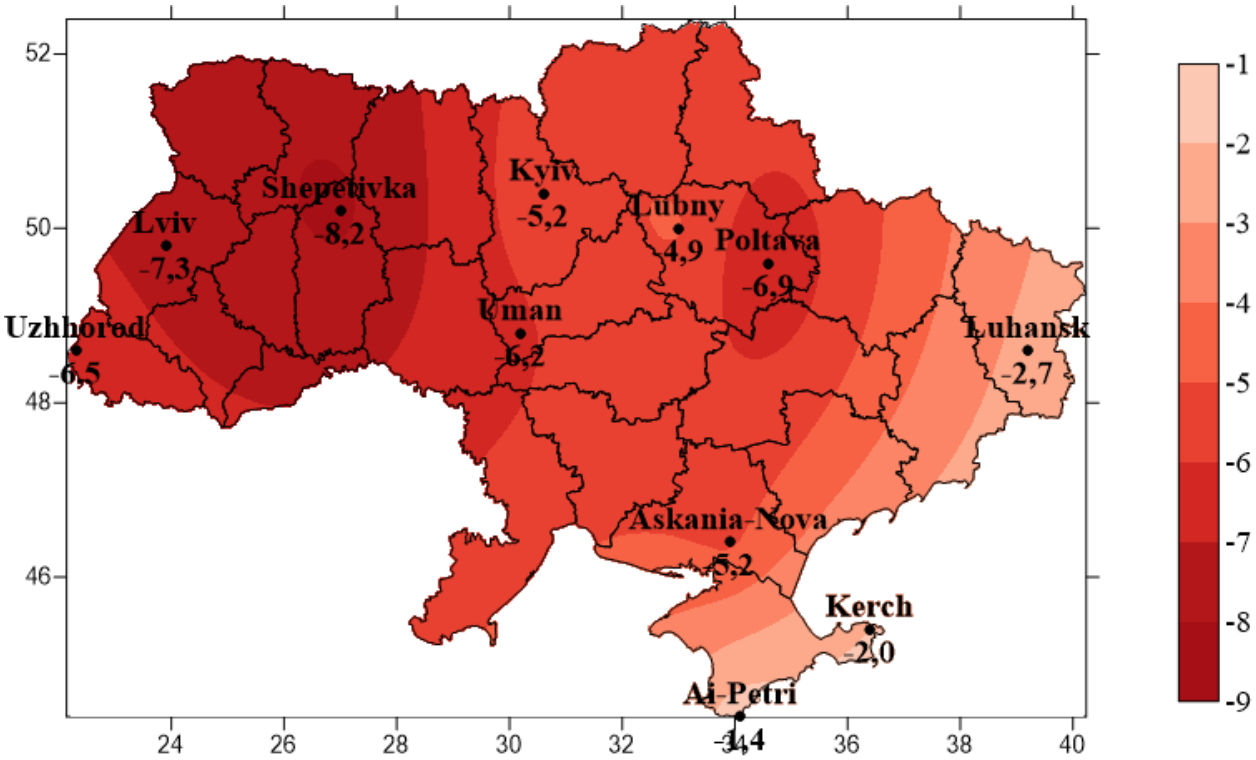


Рисунок 3.18 – Просторовий розподіл відхилень середніх значень річної кількості холодних днів (TX10p) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

На всій території України спостерігається зменшення кількості прохолодних днів. Порівняно з просторовими розподілами попередніх індексів ситуація змінюється, оскільки осередки зниження кількості прохолодних днів припадають на західні і північно-східні регіони. Найменше знижується кількість прохолодних днів на півдні та сході країни.

Останній процентильний індекс, який характеризує температурний режим, це кількість теплих днів, тобто кількість днів, в які максимальна температура перевищила 90-тий процентиль, визначений за період 1961-1990 рр.

Лінійні тренди, визначені за весь період спостережень для 14 станцій України, виявились статистично значущими (табл. В.8, Додаток В). Лише для м. Чернівці і Вінниця отримані лінійні тренди погано узгоджуються з даними спостережень. Також для всіх станцій, для яких було отримано статистично

значущі лінійні тренди за весь період, тренди за період 1981-2010 рр. також є статистично значущими.

За весь період спостережень для всіх станцій були одержані висхідні тренди (рис. Б.8, Додаток Б). Кутовий коефіцієнт рівнянь показує швидкість змін, яка для всього періоду коливається від 0,9 (м. Вінниця) до 6,7 (м. Керч) дні за десятиліття. Найбільше зростання індексу TX90p відбувається в період 1981-2010 рр. по всій території України. Зростання становить від 4,7 (м Вінниця) до 15,9 (м. Одеса) днів за десятиліття. Причому в більшості міст зростання становить 10-14 днів за десятиліття. Тобто для індексу TX90p спостерігаються такі само тенденції як і для інших процентильних температурних індексів. Спадний лінійний тренд для багатьох станцій України мав місце в період 1961-1990 рр.

Висновки, зроблені при аналізі трендів, підтверджуються результатами, отриманими на основі аналізу відхилень річних значень індексу TX90p від кліматичної норми. Як і для попередніх процентильних температурних індексів на всіх розглядуваних станціях спостерігаються тривалі сталі періоди, коли відхилення індексу є додатними. Один з таких періодів на всіх станціях співпадає з періодом 1991-2018 рр., коли спостерігаються і найбільші значення відхилень, які сягають 60-80 днів. Тільки на декількох станціях, а саме ст. Чернівці і Полтава спостерігаються максимальні відхилення в інші роки. Також м. Вінниця характеризується досить неоднорідним смугастим часовим ходом відхилень.

Емпіричні розподіли індексу TX90p з часом зсуваються в бік високих значень індексу, а повторюваність середніх значень зменшується, але суттєво зростає повторюваність екстремальної кількості теплих днів. Цікавий розподіл індексу TX90p мав місце на початку XX століття: хоча сам розподіл був зсунутий в бік низьких значень індексу TX90p, проте мав дуже довгий хвіст, що вказує на наявність екстремальних явищ в цей період.

Зроблені висновки підтверджуються і відхиленнями середніх за певні кліматичні періоди значень процентилів від кліматичної норми (рис. 3.19 б).

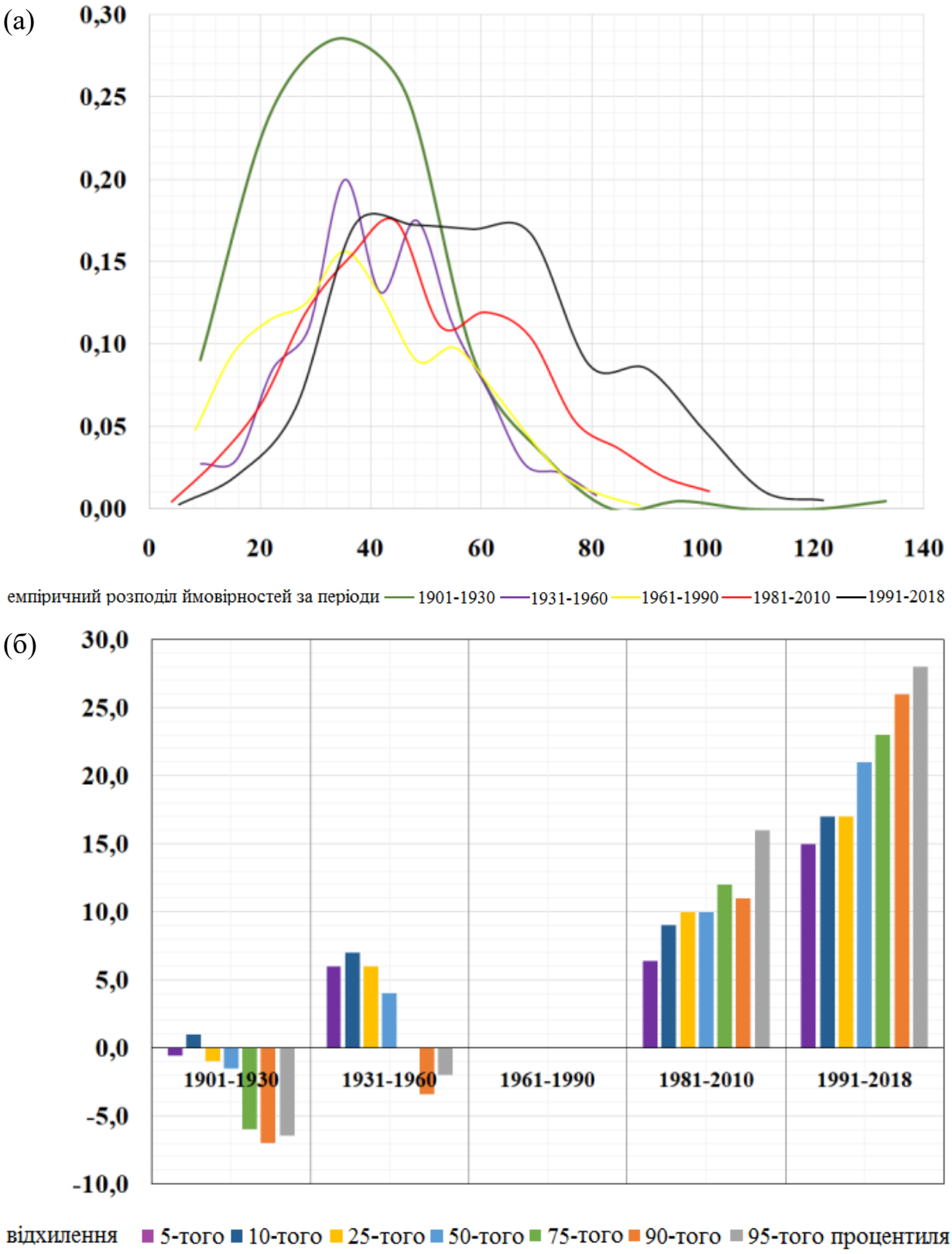


Рисунок 3.19 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу TX90p (а) і відхилення процентилів індексу TX90p (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

З часом середні значення процентилів суттєво зростають: різниця між значеннями процентилів за 1961-1990 рр. і 1981-2010 рр. складає приблизно 10 днів.

На рис. 3.20 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу TX90p за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

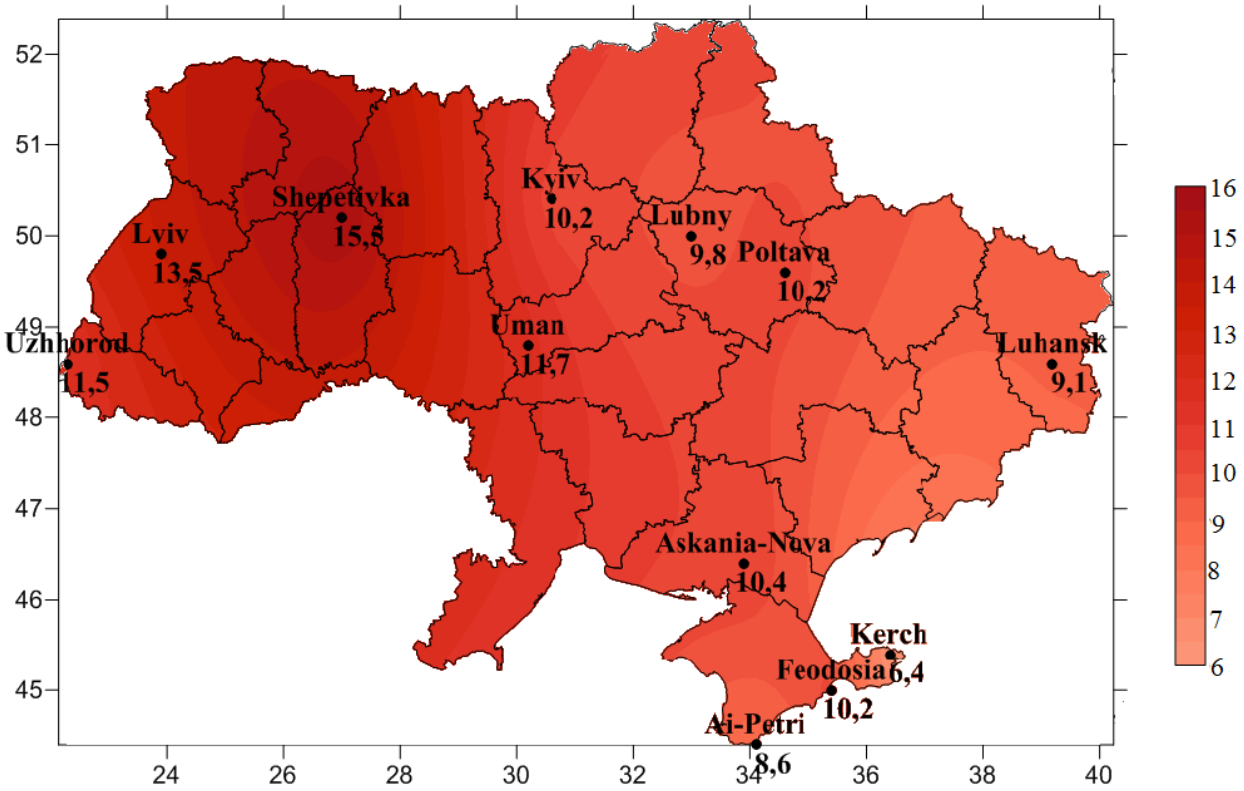


Рисунок 3.20 – Просторовий розподіл відхилень середніх значень кількість теплих днів (TX90p) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

Просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу TX90p за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми показує практично однорідне збільшення кількості днів для всієї території України з максимумом в західному регіоні.

Таким чином, всі процентильні температурні індекси показали суттєве потепління в усіх регіонах України.

3.4 Сучасні зміни в просторово-часовому розподілі фіксованих порогових температурних індексів на території України

Індекси фіксованих порогових значень визначаються як кількість днів, протягом яких температура або величина опадів реєструється вище або нижче встановленого порогу, включаючи кількість морозних днів (FD), добова мінімальна температура яких нижча за 0°C, кількість крижаних днів (ID), добова максимальна температура яких нижча за 0°C, кількість літніх днів (SU), добова максимальна температура яких вища за 20°C, кількість тропічних ночей (TR), добова мінімальна температура яких вища за 20°C.

Розглянемо зміни у просторово-часовому розподілі кількості морозних днів на території України.

Лише для трьох станцій України, а саме ст. Ай-Петрі, Асканія Нова і Шепетівка, лінійний тренд, визначений за весь період спостережень, виявляється статистично незначущим (табл. В.9, Додаток В). Для решти станцій тренди є статистично значущими.

Для всіх станцій впродовж всього періоду спостережень має місце різкий спадний тренд, за яким швидкість зменшення кількості морозних днів коливається в межах від 0.4 (м. Чернівці) до 3.6 (м. Вінниця) дні за десятиліття (рис. Б.9, Додаток Б). Для останнього розглядуваного періоду (1981-2010 рр.) статистично значущими є тренди лише для дев’яти міст, а саме Ай-Петрі, Асканія Нова, Керч, Лубни, Луганськ, Львів, Полтава, Умань, Феодосія. Тренди за цей період також є спадними для всіх міст України і швидкість зменшення кількості морозних днів значно збільшується і становить вже 1,6 (м. Миколаїв) – 10,3 (м. Керч) дні за десятиліття. Слід зауважити, що для деяких станцій впродовж всього періоду наявних даних в усі періоди, для яких розраховувались тренди, реєструвались тільки спадні тренди.

Якщо проаналізувати відхилення річної кількості морозних днів від кліматичної норми, то для багатьох станцій спостерігатимуться тенденції

схожі з тими, що спостерігались в часовому ході відхилень процентильних температурних індексів: впродовж періоду 1991-2018 рр. усталюється тривалий період, коли кількість морозних днів набагато нижче кліматичної норми і ця тенденція з часом тільки посилюється (рис. Г.9, Додаток Г). Максимальні значення відхилень в цей період 30-40 днів. Але така тенденція не є характерною для південних міст, де навіть в найтепліший історичний період від'ємні відхилення чергуються з додатними відхиленнями, або не завжди відбувається зростання абсолютної величини від'ємних відхилень з часом.

Якщо проаналізувати емпіричні розподіли кількості морозних днів і їх зміну з часом, то можна побачити, що поступово розподіл зсувається ліворуч в бік низької кількості днів, але все ж таки мають місце випадки з великою кількістю морозних днів, хоча повторюваність такої кількості днів поступово зменшується (рис. 3.21 а). Емпіричний розподіл за період 1991-2018 рр. знаходиться в тих самих межах, що і розподіли за попередні періоди. Модальне і середнє значення для кількості морозних днів для всієї території України зменшується приблизно на 20 днів за останні 100 років.

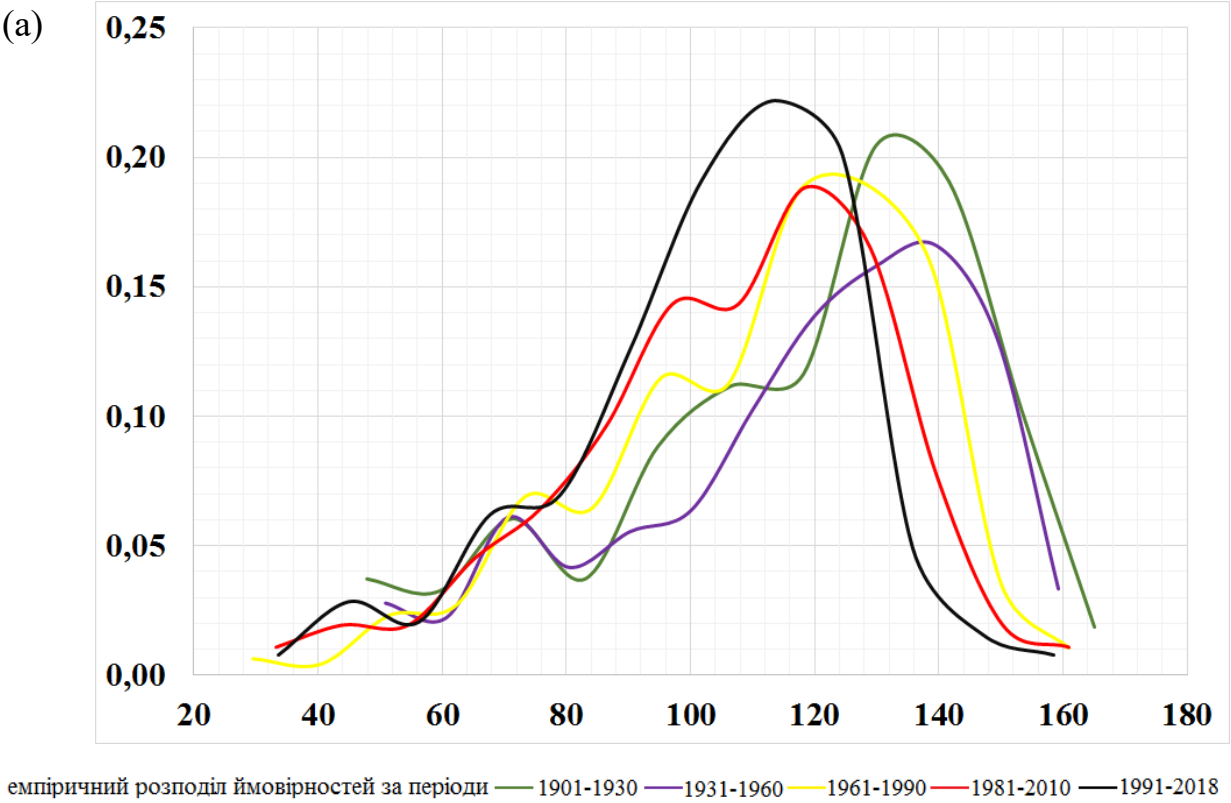
Середні значення процентилів за різні кліматичні періоди демонструють сталу тенденцію до зменшення впродовж всього періоду спостережень, що також підтверджує зроблені раніше висновки. Особливо різке зменшення відбувається в період 1991-2018 рр.

На рис. 3.22 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу FD за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

Незважаючи на те, що індекси, в основу яких покладено абсолютні порогові значення, не завжди прийнятні для просторового порівняння, тому що погано можуть відбивати географічні і кліматичні особливості місцевості, було вирішено побудувати просторові розподіли цих індексів, оскільки територія України не є досить протяжною і ці індекси є прийнятними для характеристики всіх її регіонів.

В просторовому розподілі спостерігаються тенденції, які мали місце і для процентильних температурних індексів. Хвиля тепла розповсюджується з південного заходу на північний схід, охоплюючи центральні райони України.

(а)



(б)

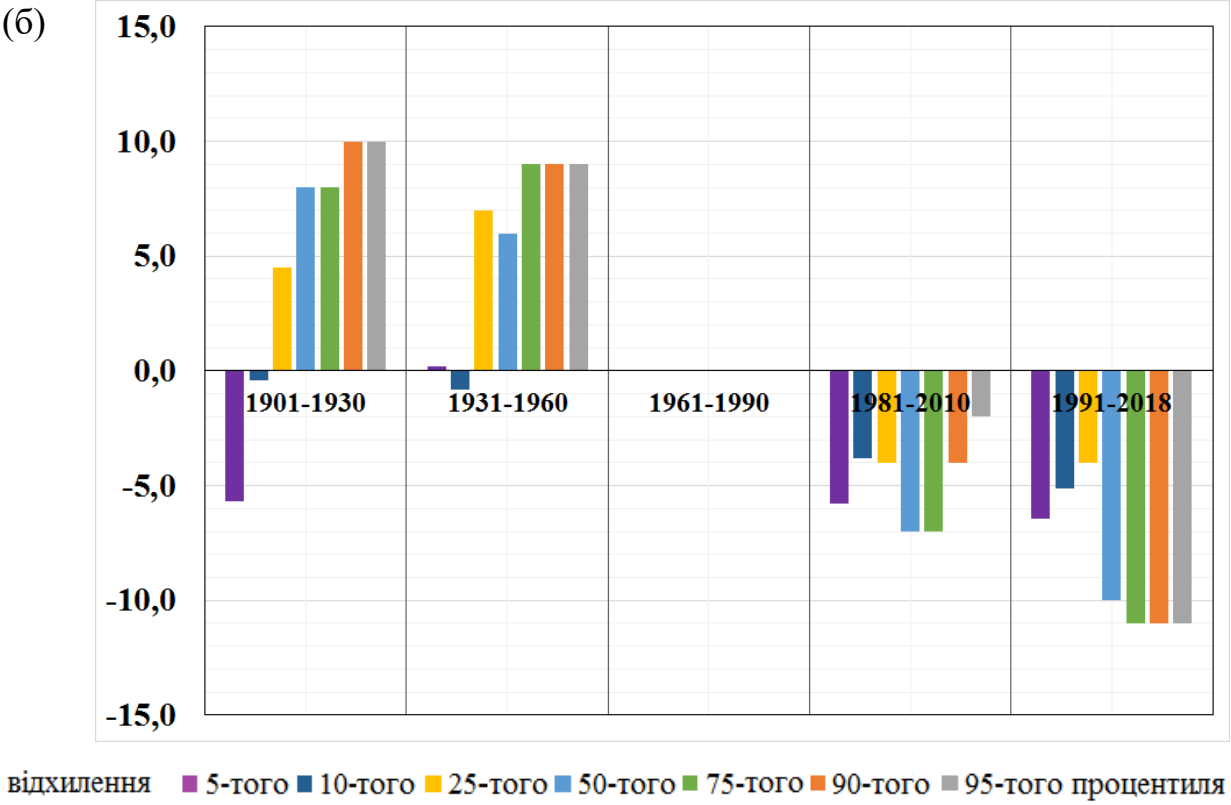


Рисунок 3.21 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу FD (а) і відхилення процентилів індексу FD (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

Найбільші значення спостерігаються в м. Умань і Лубни, а найменші на півдні України.

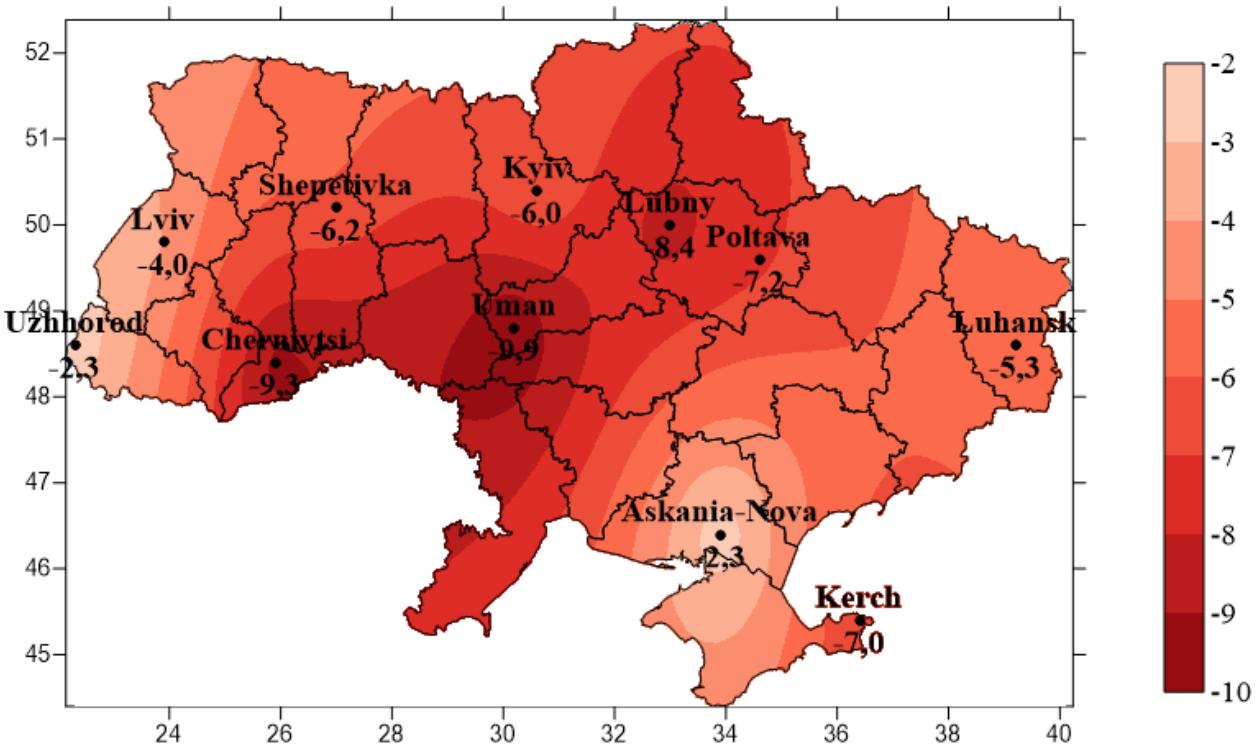


Рисунок 3.22 – Просторовий розподіл відхилення річної кількості морозних днів (FD) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

Цікаво проаналізувати і інший температурний індекс – кількість крижаних днів (ID). Для цього індексу було виявлено мало статистично значущих трендів (табл. В.10, Додаток В). Для всіх станцій України тренди за весь період спостережень є спадними і характеризуються досить значною швидкістю зменшення кількості крижаних днів, але не такою значною як зменшення морозних днів. Швидкість зменшення крижаних днів коливається в межах 0,1 (м. Асканія Нова) – 2,2 (м Луганськ) днів за десятиліття (рис. Б.10, Додаток Б).

Протягом всього періоду спостережень лінійні тренди, визначені за більш короткі кліматичні періоди, є для більшості станцій також спадними,

виключаючи станції південних регіонів, на яких досить часто спостерігаються додатні тренди.

Тренд, отриманий за період 1991-2018 рр., для всіх станцій був від'ємним. Швидкість зменшення кількості крижаних днів в цей період збільшилась порівняно з попередніми періодами і коливається в межах від 0,1 (м. Керч) до 7,4 (м. Ай-Петрі) днів за десятиліття. Для більшості станцій швидкість зменшення крижаних днів становить 3-4 дні за десятиліття, тобто процес потепління почав прискорюватися порівняно з попередніми періодами.

Відхилення річної кількості крижаних днів від кліматичної норми, визначеної за період 1961-1990 рр., коливаються в межах від -40 до +50 днів (рис. Г.10, Додаток Г). У річному ході відхилень для станцій Центральної і Західної України виявляються тривалі періоди, в які річна кількість крижаних днів менша за кліматичну норму (період 1991-2018 рр.) або в які кількість таких днів вища за кліматичні норму (роки до 1991 р.). Для станцій півдня України такої тенденції не виявлено: короткі періоди з від'ємними значеннями індексів чергуються з короткими періодами з додатними значеннями і зазвичай за абсолютною величиною додатні відхилення в кілька разів перевищують від'ємні, тобто для південні області не характеризуються яскраво вираженим потеплінням.

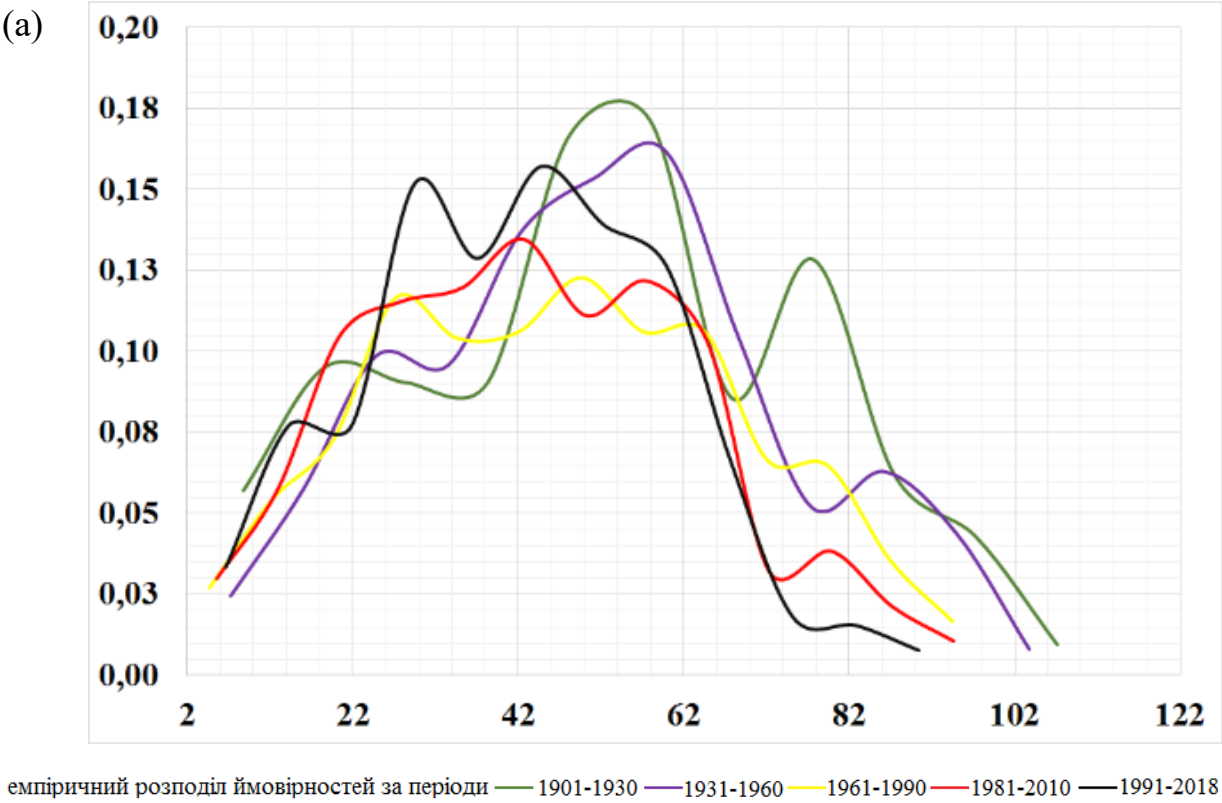
Емпіричні розподіли, отримані для всієї території України за різні кліматичні періоди (рис. 3.23 а), поступово з часом переміщуються ліворуч, права межа, мода і середнє значення зсуваються ліворуч приблизно на 15 днів за останні сто років.

Повторюваність досить широкого діапазону від 30 до 60 днів є практично однаковою.

Середні значення процентилів отримані за різні кліматичні періоди показують, що процентилі для всієї України невпинно знижуються, особливо в порівнянні з кліматичною нормою зменшились 75-тий, 90-тий і 95-тий процентилі, що також вказує на суттєве потепління для всієї території України.

На рис. 3.24 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу ID за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

(а)



(б)

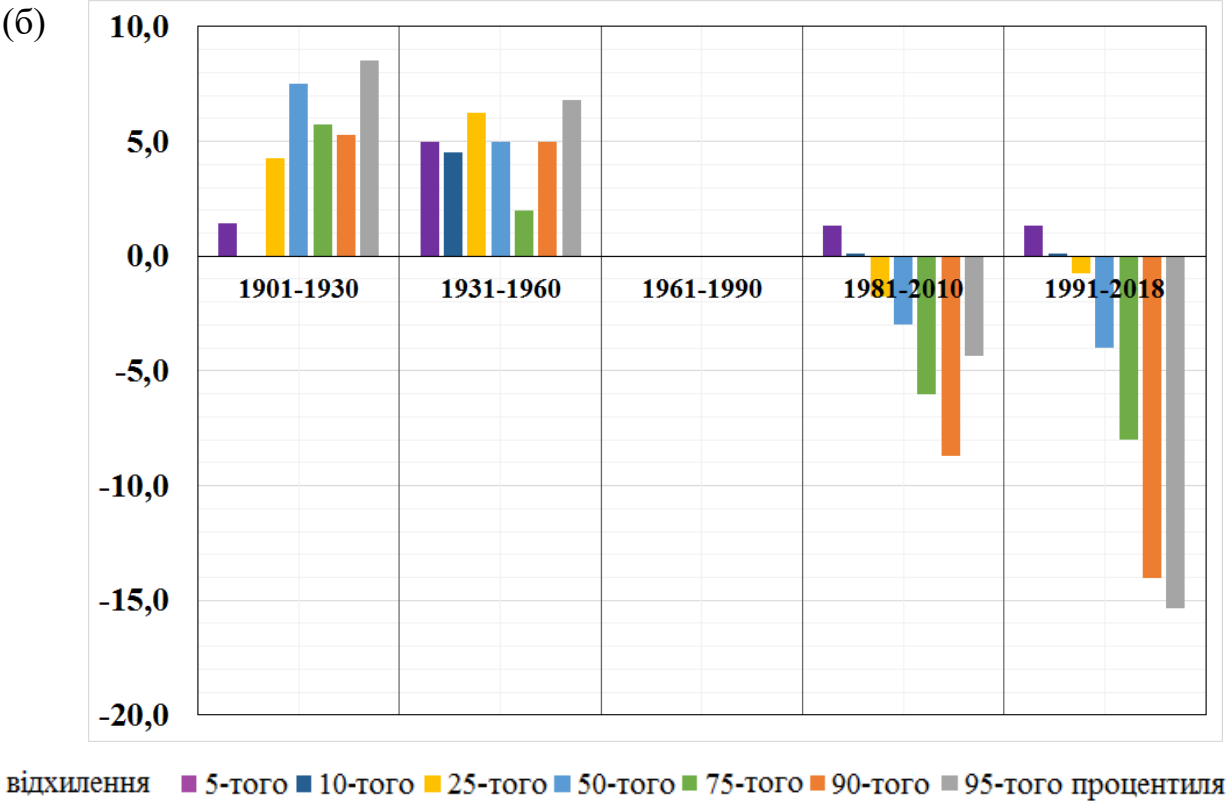


Рисунок 3.23 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу ID (а) і відхилення процентилів індексу ID (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

Просторовий розподіл різниць між середніми значеннями індексу за період 1981-2010 р. і період 1961-1990 р. показує практично зональний розподіл індексу, де найбільше потепління відповідає північним областям, а на півдні країни спостерігається навіть збільшення кількості крижаних днів на станції Ай-Петрі, що може бути пов'язано з тим, що вона розташована в гірській місцевості.

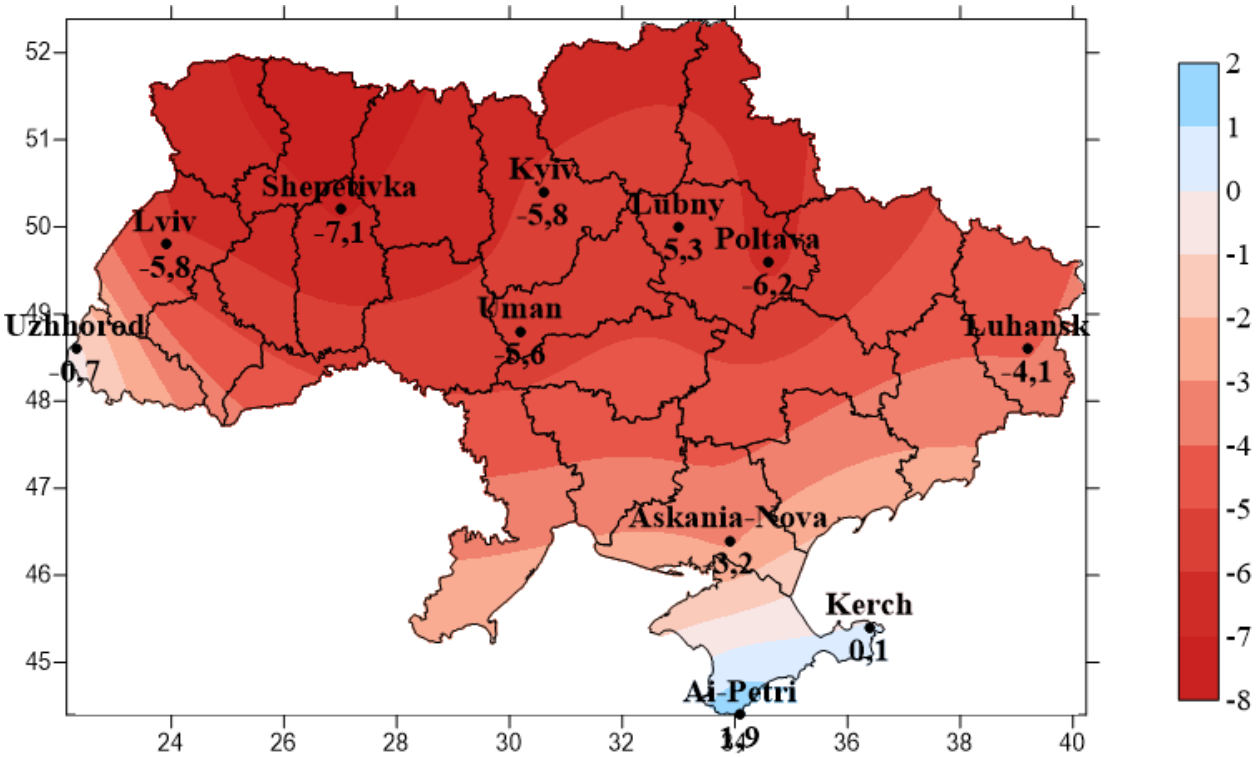


Рисунок 3.24 – Просторовий розподіл відхилення середніх значень річної кількості крижаних днів (ID) за період 1981 – 2010 рр. від його кліматичної норми

Однією з важливих характеристик температурного режиму є кількість тропічних ночей (TR), оскільки тропічна ніч характеризує умови несприятливі для здоров'я людини.

Для 12 станцій лінійні тренди, отримані за увесь період спостережень добре узгоджуються з спостережуваними значеннями, і є висхідними для всіх станцій за виключенням м. Керч (табл. В.11, Додаток В). Слід зауважити, що швидкість зростання кількості тропічних ночей не є порівняною з швидкістю зменшення морозних або крижаних днів і, хоча вона коливається в межах

від 0,1 до 2,4 (м. Київ) доби за десятиріччя, в більшості випадків її середнє значення складає 0,3-0,4 доби за десятиріччя (рис. Б.11, Додаток Б). Впродовж періоду 1981-2010 рр. лінійні тренди на всіх станціях демонструють суттєве зростання кількості тропічних ночей і швидкість зростання вже сягає значень 7,2 доби за десятиріччя. Впродовж періоду 1961-1990 рр. тренди були, в основному, від'ємними.

Аналізуючи різницю між річними значеннями індексу TR і його кліматичною нормою, визначеною за період 1961-1990 рр., можна зробити висновок, що для цього індексу особливо добре виявляються усталені періоди додатних і від'ємних значень відхилення (рис. Г.11, Додаток Г). Наприклад, такими усталеними періодами, коли річні значення індексу TR постійно перевищували кліматичну норму, є період 1991-2018 рр. практично для всіх станцій України, причому саме на цей період припадають максимальні значення відхилень за весь спостережуваний період. Такі тенденції виявляються на багатьох станцій, виключаючи м. Керч, Львів, Феодосія, де максимальні значення відхилень спостерігались в попередні періоди і немає яскраво вираженої тенденції збільшення індексу в сучасний період.

Емпіричний розподіл індексу TR за різні кліматичні періоди не демонструє якихось значних змін з часом (рис. 3.25 а). З часом відбувається його незначне зміщення праворуч, в бік більш високих значень індексу і спостерігаються підвищення повторюваності екстремальної кількості тропічних ночей, що вказує на інтенсифікацію і збільшення тривалості явища.

Середні значення процентилів, визначені за певні кліматичні періоди (рис. 3.25 б), демонструють навіть деяке зменшення значень 90-того і 95-того процентилів порівняно з періодом 1931-1960 рр., але значення 50-того і 75-того процентилів навпаки зростають.

Отже, для зміни кількості тропічних ночей отримано не такі вже однозначні висновки як для процентильних температурних індексів або інших абсолютних порогових.

На рис. 3.26 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу TR за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

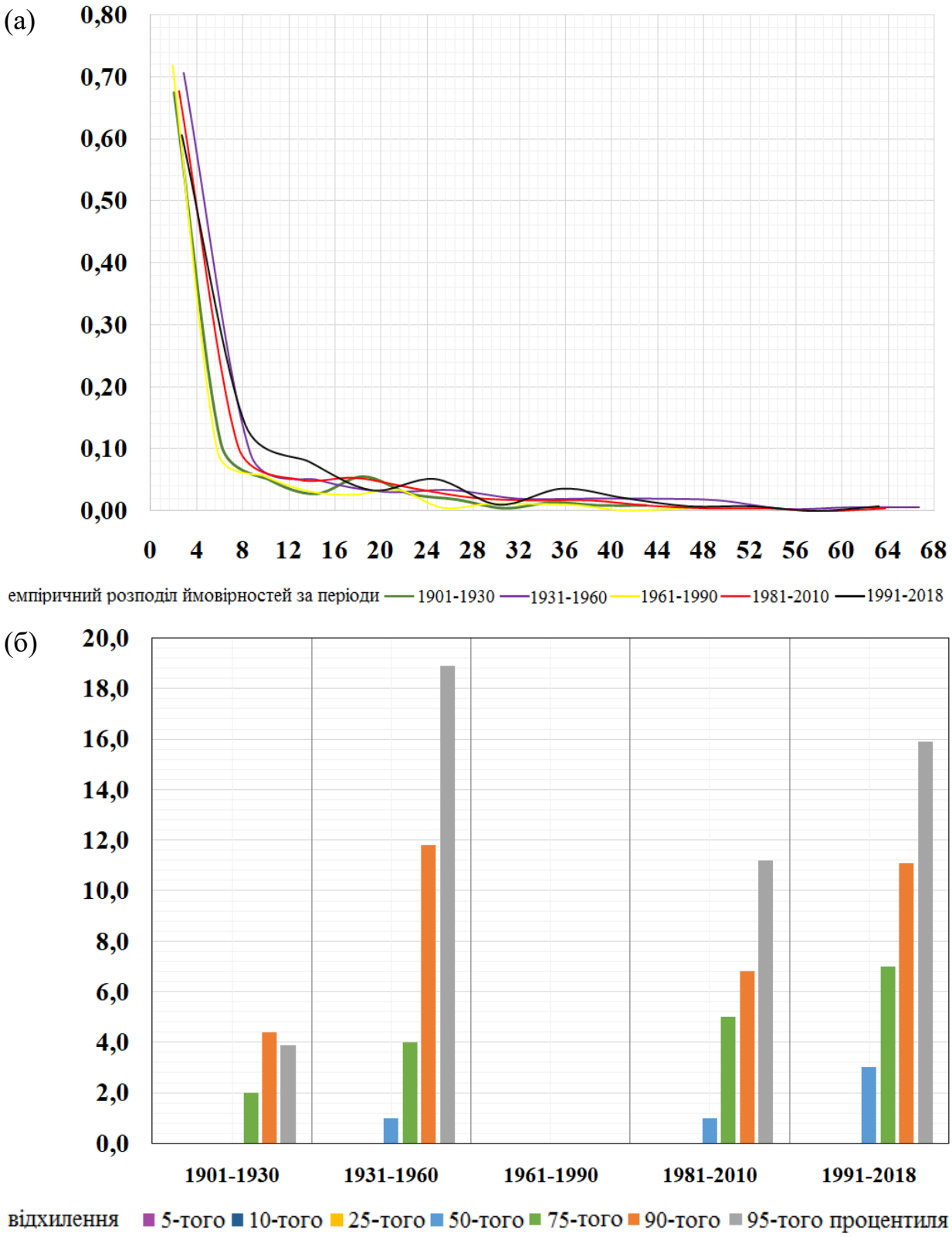


Рисунок 3.25 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу TR (а) і відхилення процентилів індексу TR (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

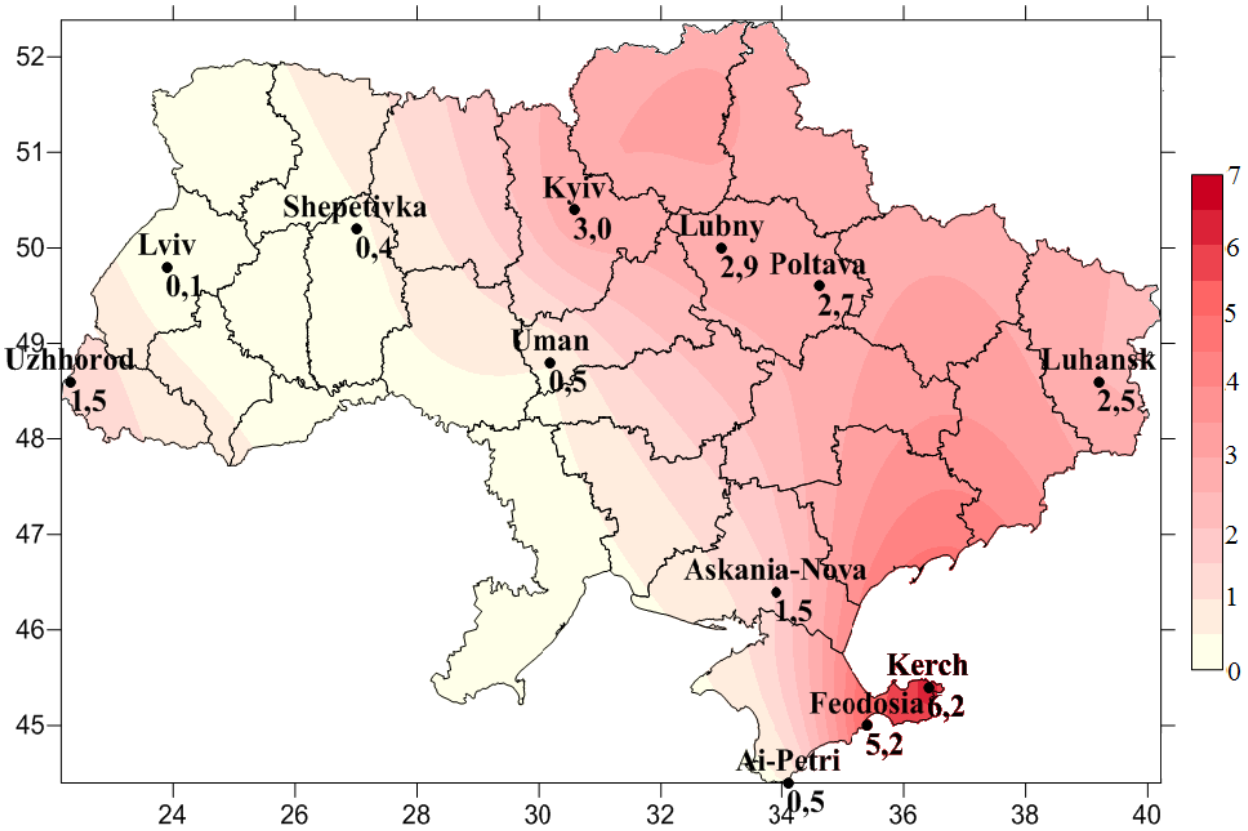


Рисунок 3.26 – Просторовий розподіл відхилення середнього значення річної кількості тропічних ночей (TR) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

Просторовий розподіл різниць між середніми значеннями індексу за періоди 1981-2010 рр. і 1961-1990 рр. демонструє меридіональний розподіл індексу TR і найбільші значення різниць в південних і східних областях, і практично відсутність будь-яких тенденцій на заході.

Четвертий індекс SU, кількість літніх днів, характеризується висхідними трендами для всього періоду спостережень для всіх розглядуваних станцій України, виключаючи м. Вінниця і Чернівці (рис. Б.12, Додаток Б). Для десяти станцій лінійний тренд, визначений за весь період спостережень, є статистично значимим (табл. В.12, Додаток В). Кількість літніх днів за весь період спостережень зростає суттєво від 0,5 до 3,6 дні за десятиліття. Слід зауважити, що виявляється досить цікава тенденція: для всіх станцій, виключаючи м. Феодосія, спостерігається від’ємний тренд за

період 1961-1990 рр. і додатний тренд за період 1981-2010 рр., для м. Феодосія обидва тренди є додатними.

Швидкість зростання кількості літніх днів суттєва для всіх розглядуваних станцій і становить від 4,3 (м. Ай-Петрі) до 12,1 (м. Одеса) днів за десятиліття, тобто темпи потепління для всіх регіонів є суттєвими.

Часовий хід різниць між річною кількістю літніх днів і її кліматичною нормою характеризується як і попередні індекси усталеними періодами перевищення індексу над кліматичною нормою (додатні значення відхилень індексу SU). Слід зауважити, що для цього індексу частіше, ніж для інших такі усталені періоди спостерігаються не тільки впродовж періоду 1991-2018 рр., але і для попередніх періодів 1901-1930 рр. і 1931-1960 рр. Усталені періоди від'ємних відхилень мають місце зазвичай впродовж періоду 1961-1990 рр. Для індексу SU є характерними більші максимальні значення за абсолютною величиною додатних відхилень, які можуть сягати 50-60 днів, а максимальні значення від'ємних відхилень за абсолютною величиною складають 20-30 днів (рис. Г.12, Додаток Г).

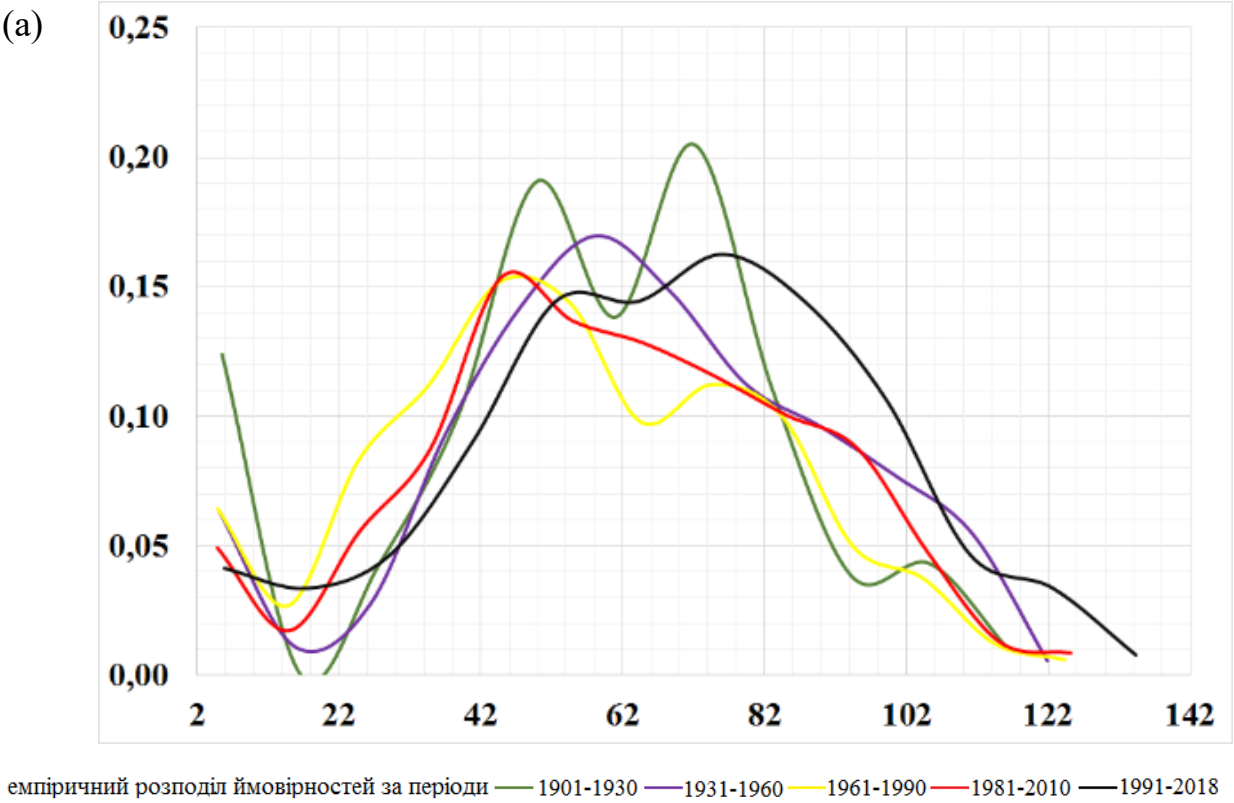
Емпіричний розподіл індексу SU з часом зсувається праворуч і змінює форму розподілу. Середнє і модальне значення збільшуються, також зсувається праворуч, в бік високих значень індексу SU, права межа розподілу, що вказує на збільшення кількості літніх днів для всієї території України. Знижується повторюваність мінімальної кількості літніх днів.

Середні значення процентилів демонструють поступове збільшення кількості літніх днів, хоча і не в такій значній степені як для морозних і крижаних днів.

На рис. 3.28 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу SU за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

Просторовий розподіл різниць середніх значень індексу SU за період 1981-2010 рр. і за період 1961-1990 рр. має яскраво виражений меридіональний характер. Як і для тропічних ночей більш характерним є потепління в західних областях України. Середні значення індексів спостерігаються в центральних і південних областях, а найменші значення – на сході.

(а)



(б)

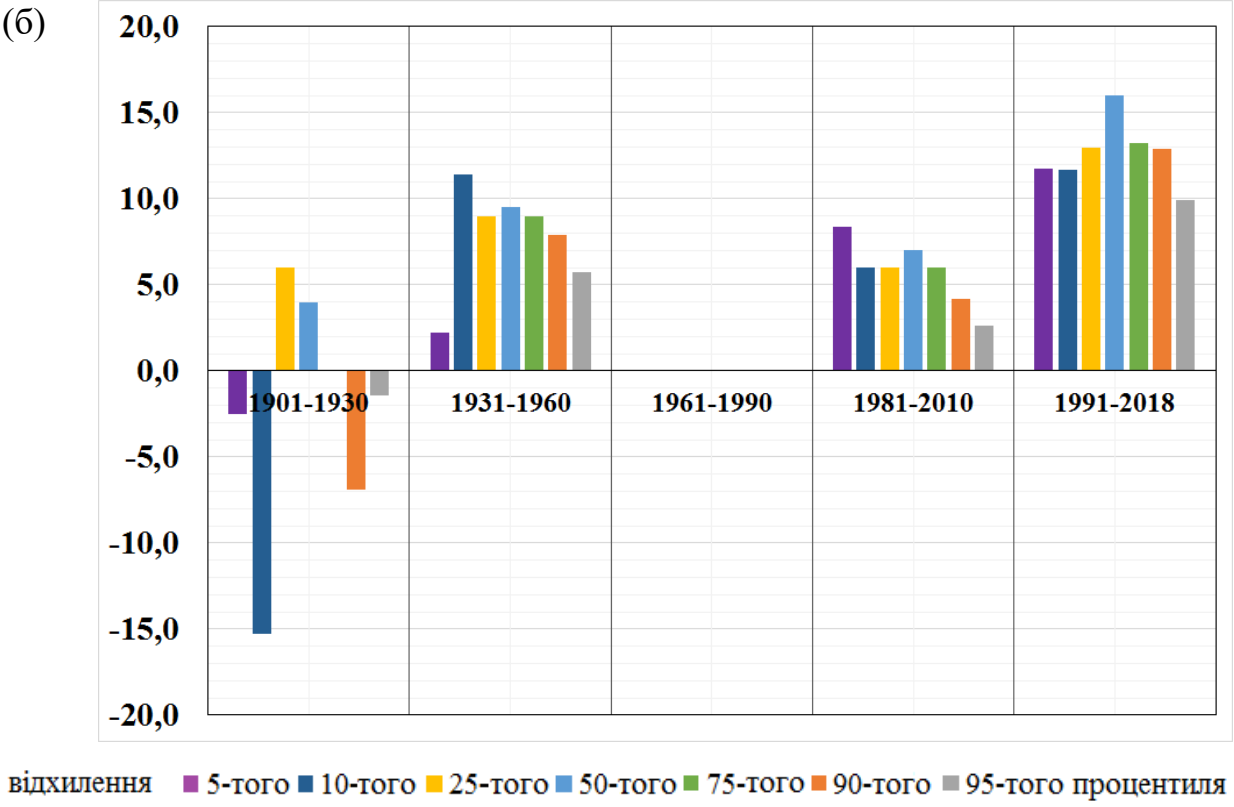


Рисунок 3.27 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу SU (а) і відхилення процентилів індексу SU (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

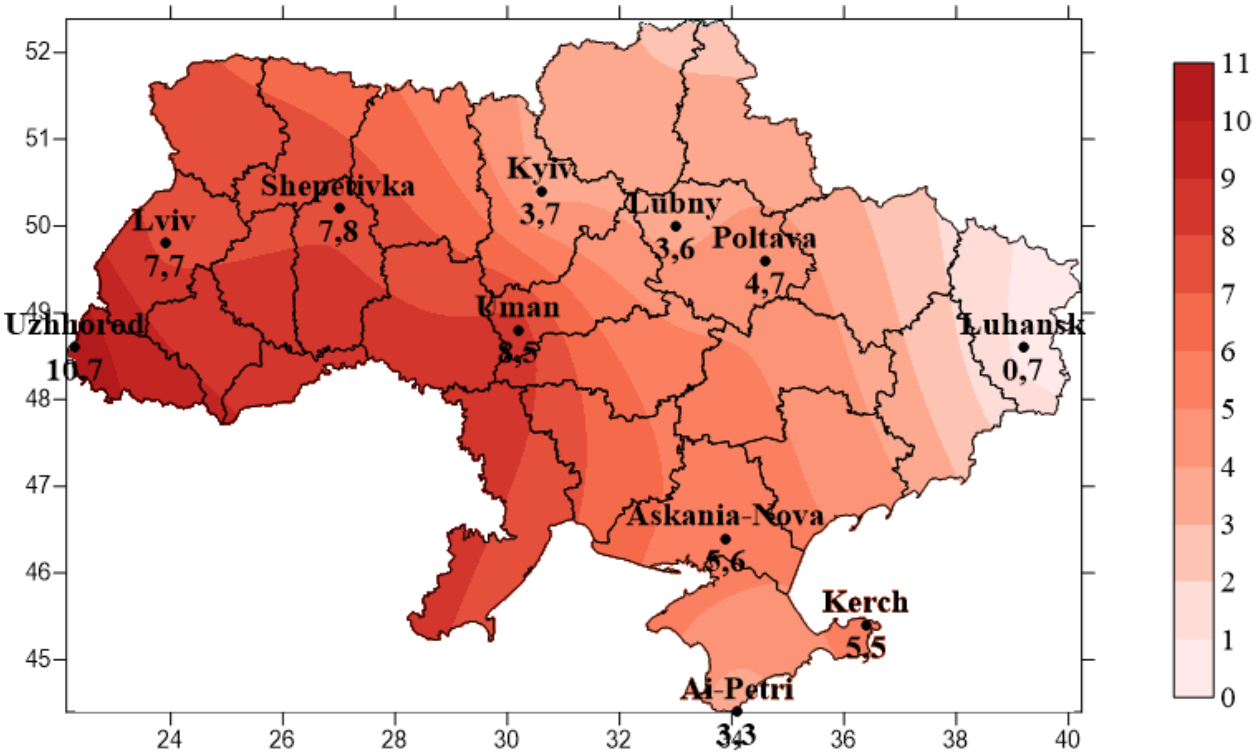


Рисунок 3.28 – Просторовий розподіл відхилення середнього значення річної кількості літніх днів (SU) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

3.5 Сучасні зміни в просторово-часовому розподілі індексів тривалості, які характеризують температурний режим, на території України

До індексів тривалості належать індекс тривалості теплих періодів (WSDI), індекс тривалості холодних періодів (CSDI), а також тривалість періоду, який є комфортним для розвитку рослин, тобто тривалість вегетаційного періоду (GSL).

Для індексу CSDI дані були доступними лише для восьми станцій України (Додаток А).

Серед лінійних трендів, які було розраховано для різних періодів для індексу CSDI, практично не виявлено статистично значущих, але все одно для розуміння загальних тенденцій проаналізуємо їх (табл. В.13, Додаток В).

Лінійні тренди, визначені за весь період спостережень, для всіх розглядуваних станцій, виявились спадними, але швидкість зменшення

кількості днів у холодних періодах є незначною (рис. Б.13, Додаток Б) і не перевищує 0,8 дні за десятиріччя. В період 1961-1990 рр. в основному спостерігалось зростання індексу CSDI. В період 1981-2010 рр. згідно з лінійним трендом відбувається зменшення кількості днів у холодних періодах на всіх восьми розглядуваних станціях України, зменшення кількості днів в холодних періодах коливалось в межах від 0,03 (м. Чернівці) до 2,4 (м. Одеса) днів за десятиліття. В середньому зменшення індексу CSDI в період 1981-2010 рр. становить 1,5 дні за десятиріччя.

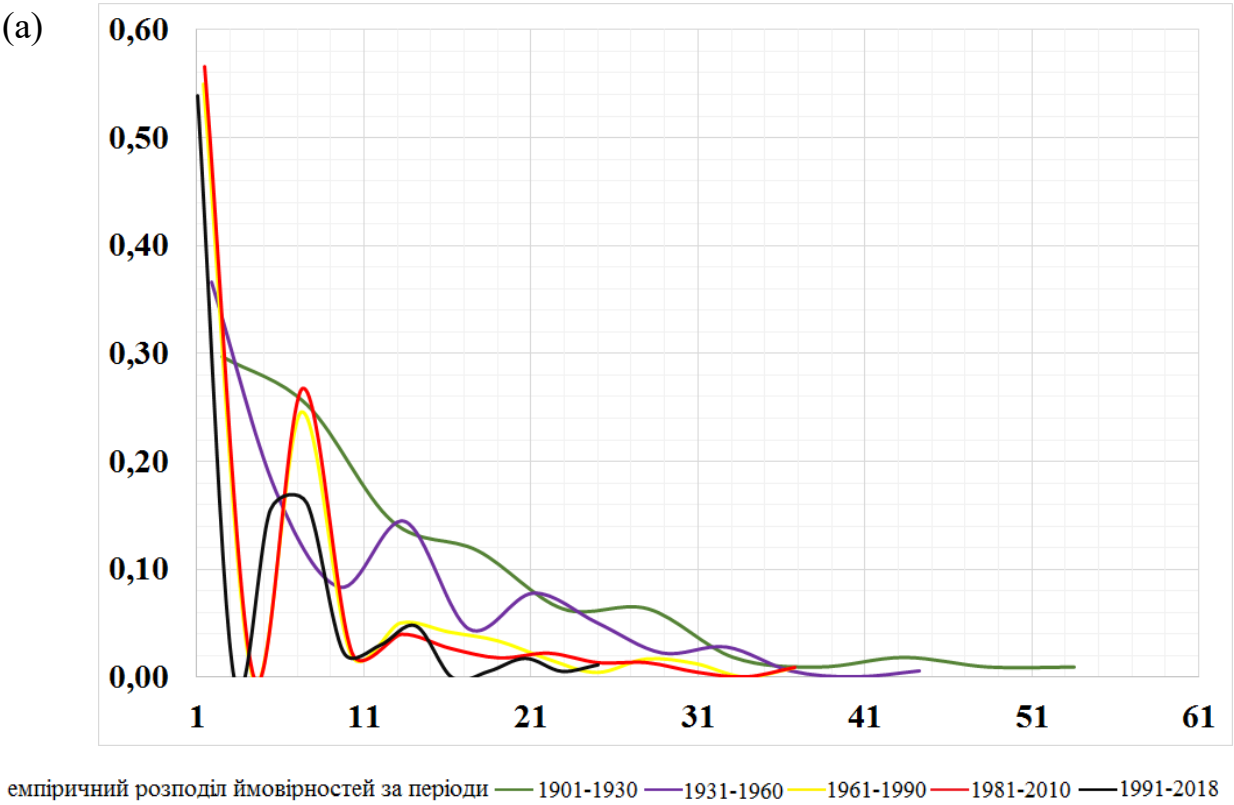
Відхилення річних значень індексу CSDI від його кліматичної норми, визначеної за період 1961-1990 рр. коливається в досить широких межах від -5 до 30-50 днів (табл. Г.13, Додаток Г). Зазвичай досить маленькі відхилення в бік низьких значень можна пояснити тим, що для кліматичної норми були характерні значення в кілька днів. Досить велика кількість днів холодних періодів припадає на першу половину XX століття, для якої є характерними великі додатні відхилення індексу CSDI. Починаючи з 1991 р. додатні відхилення суттєво зменшуються і чергуються з тривалими періодами від’ємних відхилень.

Емпіричні розподіли індексу CSDI, визначені за різні кліматичні періоди, показують суттєве зсунення індексу в бік невисоких значень індексу. Довгий хвіст розподілу характерний для минулих періодів значно скорочується, що вказує на те, що екстремальні і тривалі випадки будуть малопоширеними. Наприклад, якщо в 1901-1930 рр. кількість днів холодних періодів могла сягати 54 дні на рік, то в 1991-2018 рр. вона не перевищує 25 діб. Також знижується повторюваність і досить коротких холодних періодів. Повторюваність років, коли індекс дорівнював нулю, становить більше 50%.

Середні значення певних процентилів, розраховані за кліматичні періоди, також виявили тенденції, які підтверджують попередні висновки. Якщо значення нижніх процентилів лишається незмінним порівняно зі стандартним кліматичним періодом, то значення верхніх процентилів знижуються на 4-8 днів, що вказує також на суттєве потепління, яке є характерним для всієї території України.

Просторовий розподіл індексу CSDI не було побудовано через відсутність необхідної інформації.

(а)



(б)

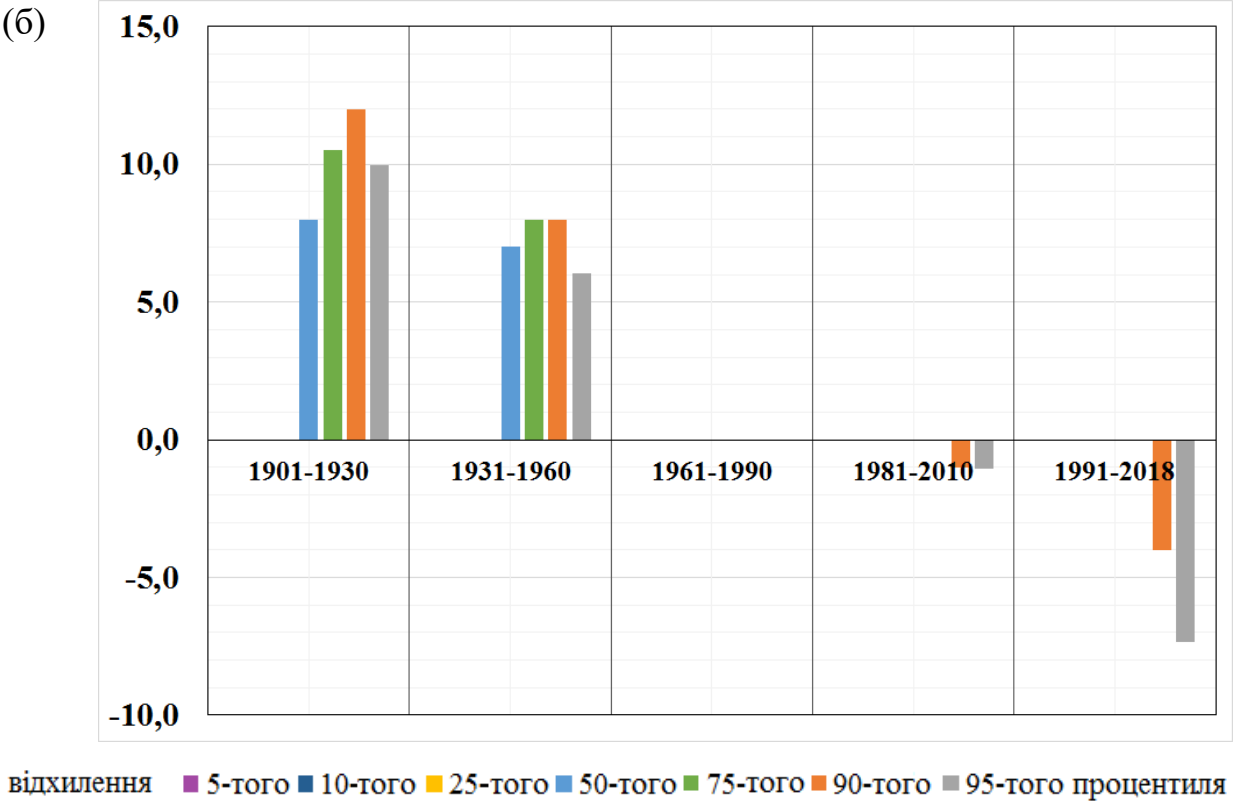


Рисунок 3.29 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу CSDI (а) і відхилення процентилів індексу CSDI (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

Для індексу річної кількості днів у теплих періодах (WSDI) визначені за весь період спостережень лінійні тренди виявились статистично значущими для 14 розглядуваних станцій України (табл. В.14, Додаток В). Всі отримані тренди є висхідними і швидкість зростання індексу коливалась в межах від 0,1 (ст. Асканія Нова) до 2,8 (ст. Ужгород) днів за десятиріччя (рис. Б.14, Додаток Б). Тренди, визначені за короткі кліматичні періоди, для більшості станцій також були висхідними. На особову увагу заслуговують тренди, які характеризують тенденції в період 1991-2010 рр., коли відбувається значне зростання температури. Для цього періоду є також характерними тільки додатні тренди для всієї території України. Швидкість зростання кількості днів в теплі періоди може сягати 10,5 днів за десятиріччя, причому середнє значення швидкості становить приблизно 5 днів за десятиліття. Все це вказує на досить швидкі і значні темпи потепління.

Відхилення річних значень індексу WSDI від його кліматичної норми, визначеної за період 1961-1990 рр., характеризуються досить тривалими періодами перевищення індексу над кліматичною нормою після 1991 р. (Г.14, Додаток Г). Відхилення індексу можуть коливатись у межах від -10 до +50 днів, а в середньому діапазон змін відхилень становить -10 … +20 днів.

Емпіричний розподіл індексу WSDI характеризується зсуненням праворуч, в бік високих значень індексу, через що зростає повторюваність більш тривалих і інтенсивних явищ (рис. 3.30а). В період 1991-2018 рр. максимальна кількість днів в теплих періодах збільшується на 7 днів порівняно з періодом 1981-2010 рр., і на 30 днів порівняно з періодом 1961-1990 рр.

Отримані висновки добре узгоджуються зі змінами з часом середніх значень процентилів, визначених за певні кліматичні періоди (рис. 3.30 б). Значення всіх процентилів суттєво зростають на 7 – 24 дні порівняно зі стандартним кліматичним періодом.

На рис. 3.31 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу WSDI за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

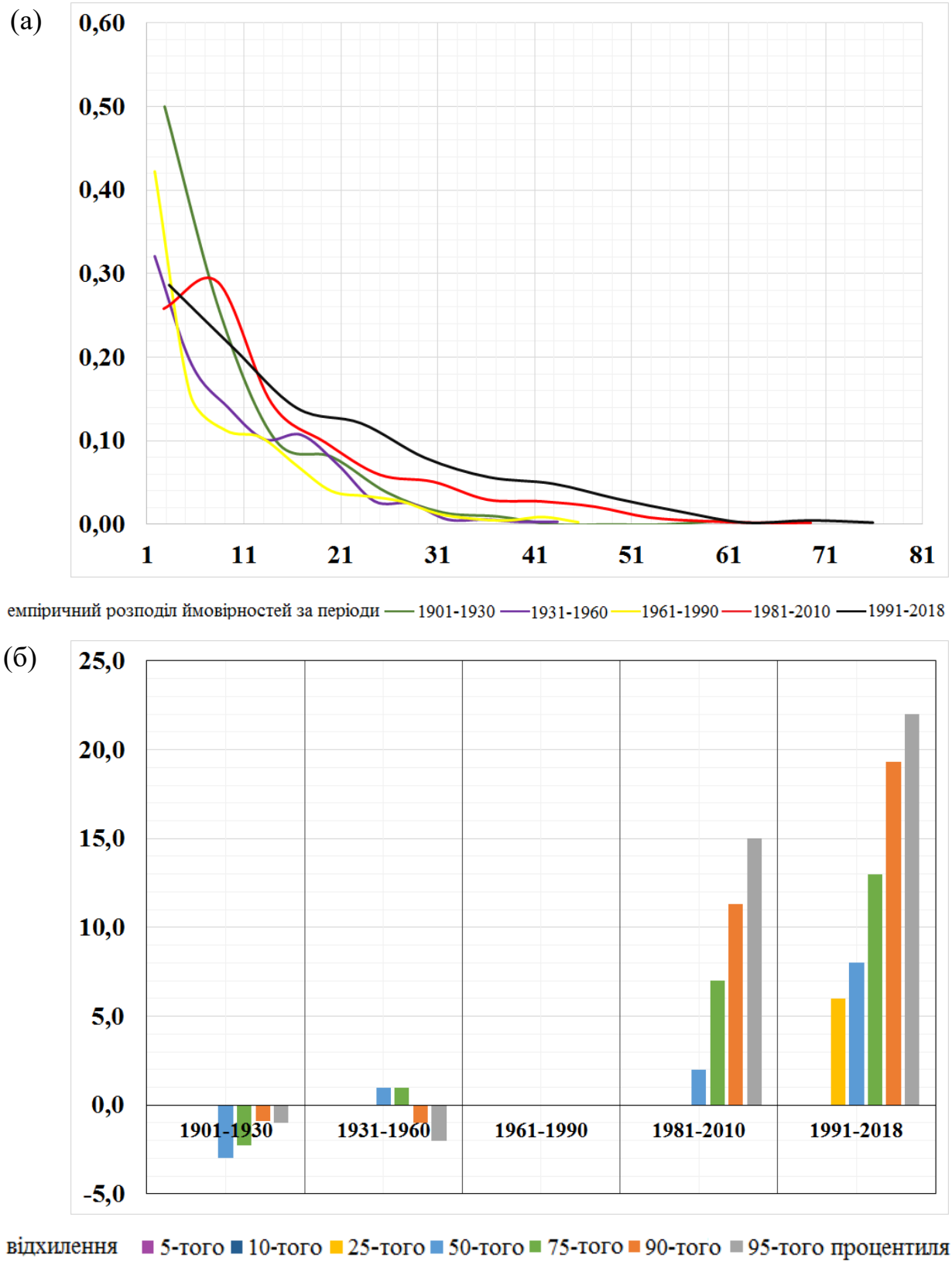


Рисунок 3.30 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу WSDI (а) і відхилення процентилів індексу WSDI (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

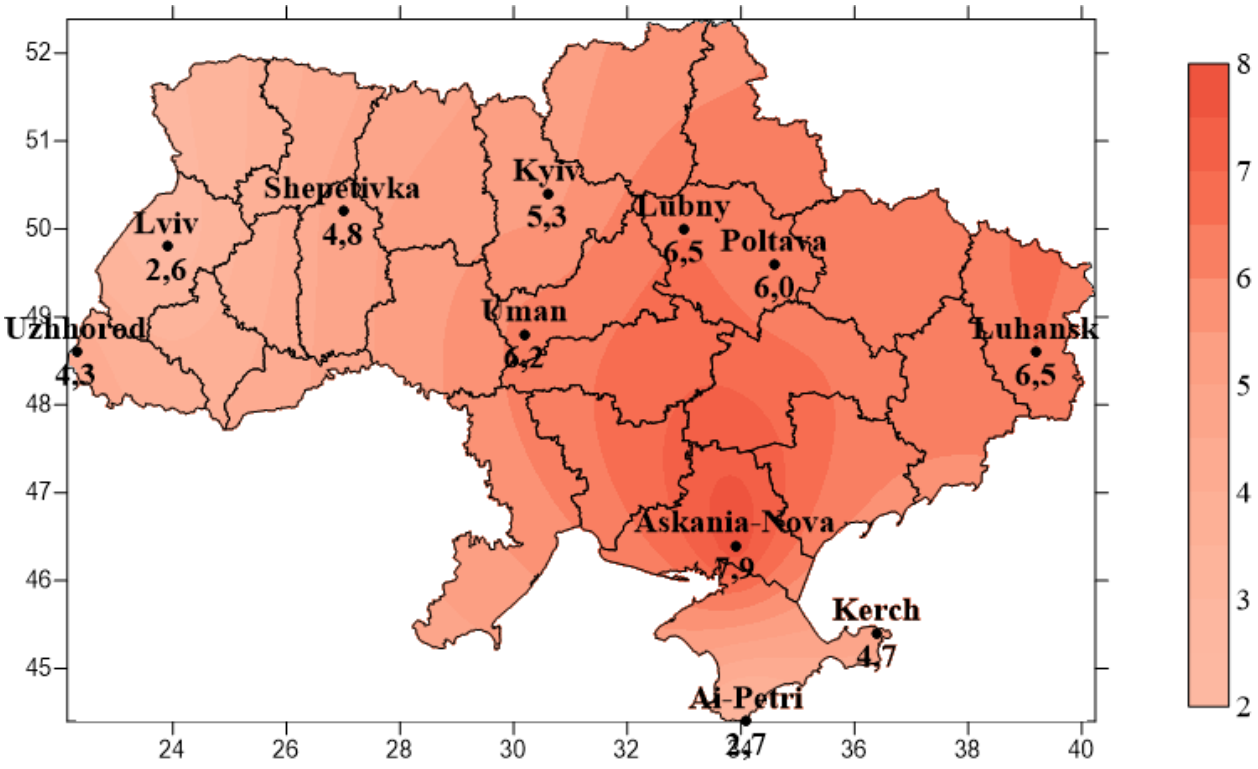


Рисунок 3.31 – Просторовий розподіл відхилення середніх значень індексу тривалості теплих періодів (WSDI) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

Просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу тривалості теплих періодів, визначених за період 1981-2010 рр. від його кліматичної норми має осередковий характер. Найбільші зростання індексу відповідають ст. Асканія Нова, а найменші – західним областям України.

Досить цікавим для аналізу є індекс GSL, який характеризує тривалість вегетаційного періоду. Оскільки від значень цього індексу у великій степені залежить продовольча безпека країни і майбутній розвиток сільського господарства.

В основному всі лінійні тренди, визначені за періоди різної тривалості для всіх станцій України, є статистично незначущими (табл. В.15, Додаток В). Але для виявлення загальних тенденцій зробимо короткий їх аналіз. Всі тренди, які було визначено за весь період спостережень, виявились додатними для всіх станцій України, виключаючи одну станцію – ст. Ай-

Петрі. Швидкість зростання індексу GSL коливалась в межах від 1,3 (м. Шепетівка) до 3,8 (м. Феодосія) днів за десятиліття (рис. Б.15, Додаток Б). Слід зауважити, що це дуже велика швидкість змін за весь період спостережень, яка не була зареєстрована для інших індексів. Зменшення тривалості вегетаційного періоду на ст. Ай-Петрі становить 0,1 дні за десятиріччя.

Для періоду 1981-2010 рр. для всіх станцій, окрім ст. Ай-Петрі, Вінниця, спостерігались висхідні тренди і швидкість зростання тривалості вегетаційного періоду для ст. Феодосія сягала 12,4 дні за десятиріччя, для інших станцій коливалась в межах від 0,2 (м. Шепетівка) до 8,2 (м. Асканія Нова) дні за десятиліття.

Відхилення річних значень індексу GSL від його кліматичної норми, визначеної за період 1961-1990 рр., характеризуються досить неоднорідним часовим ходом і їх значення можуть коливатись в межах від -70 до +130 днів, а середній діапазон змін становить -50 … +50 днів (рис. Г.15, Додаток Г). Є помітним зростання додатних відхилень в період 1991-2018 рр. Впродовж всього періоду спостережень для всіх станцій є характерними малі значення для від’ємних відхилень і великі значення – для додатних.

Емпіричний розподіл вегетаційного періоду трохи змінюється з часом: незначно праворуч зсувається ліва межа розподілу, зменшується повторюваність модального і середнього значень індексу GSL, але слід зауважити, що порівняно з іншими індексами, емпіричний розподіл не зазнає суттєвих змін (рис. 3.32 а).

Зміна з часом середніх значень процентилів показує значне зростання тривалості вегетаційного періоду порівняно з першою половиною XX століття, але не настільки суттєво порівняно зі стандартним кліматичним періодом і зміни ці не є настільки значними як для інших індексів, які характеризують температурний режим. Цікавим є результат, що значення 95-того процентиля було набагато більшим в період 1901-1930 рр., що означає, що в ті роки максимальні значення тривалості вегетаційного періоду були значно більші.

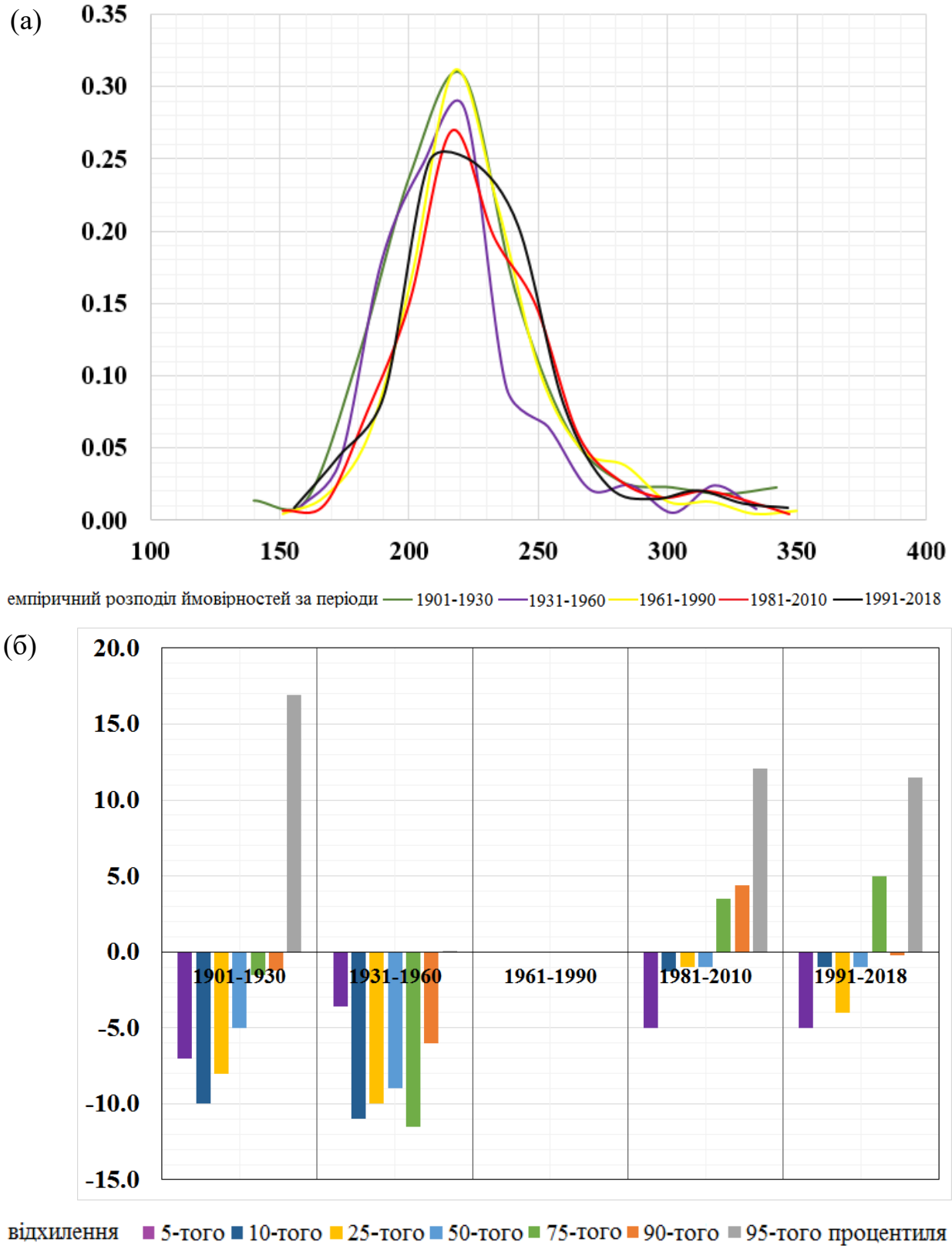


Рисунок 3.32 – Емпіричний розподіл ймовірностей річних значень індексу GSL (а) і відхилення процентилів індексу GSL (б) від відповідних процентилів за період 1961-1990 рр.

На рис. 3.33 представлено просторовий розподіл відхилень середніх значень індексу GSL за період 1981-2010 рр. від кліматичної норми.

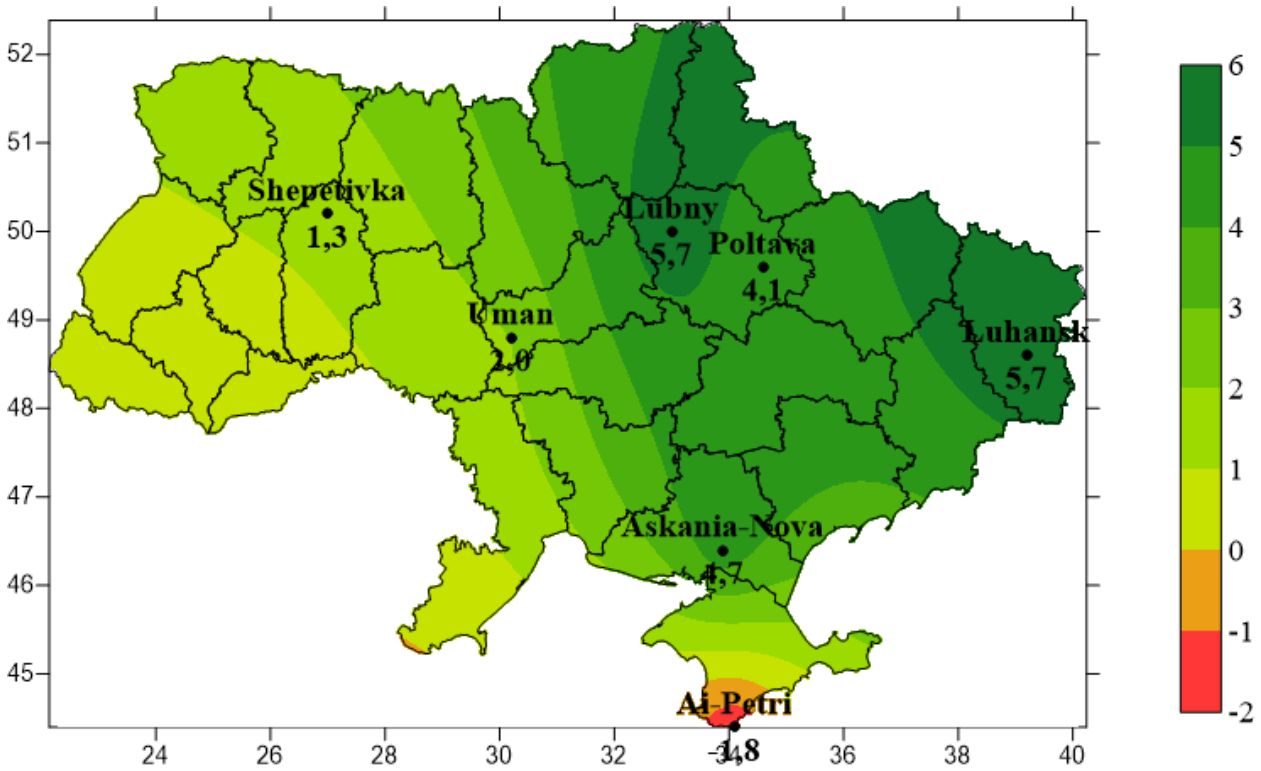


Рисунок 3.33 – Просторовий розподіл відхилення середнього значення річної тривалості вегетаційного періоду (GSL) за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми

Просторовий розподіл від відхилень середнього значення річної тривалості вегетаційного періоду за період 1981 – 2010 рр. від кліматичної норми показує, що найбільше зростання тривалості вегетаційного періоду спостерігатиметься в східних і північно-східних регіонах України. Зростання тривалості комфортного для розвитку рослин періоду є характерним також для південних регіонів, але на півдні Кримського півострова спостерігається скорочення вегетаційного періоду, що може бути пов’язане з висотним положенням станції Ай-Петрі.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження було складено каталог кліматичних індексів температурного режиму України за період 1881–2018 рр.

Було проаналізовано 15 температурних екстремальних кліматичних індексів, які були запропоновані Експертною групою моніторингу і індексів змін клімату, для 16 станцій України за весь доступний для кожної зі станцій період спостережень.

В даній роботі було застосовано модель лінійної регресії, тест Манна-Кендалла, методи спектрального і гармонічного аналізу до часових рядів середньорічної температури, річного абсолютного максимуму і річного абсолютного мінімуму температури для виявлення просторово-часових трендів в температурному режимі України і здійснення висновків щодо змін температури у майбутньому.

Теоретичні розподіли середньорічної температури, отримані за допомогою непараметричних методів, показали в останні 75 років зростання середньої багаторічної температури на 1,0°С.

Середньорічна температура і абсолютні річні температури зростають з часом: починаючи з 1945 р. зміна середньорічної температури відбувається на 2,0-2,4°С, зміна абсолютного максимуму температури коливається в межах від 0,5°С для західних і північних областей і на 2,8°С для південних, зміна абсолютного спостерігається в тих же межах, що і для середньорічної температури.

При збереженні лінійних трендів в найближчі 32 роки в усіх регіонах України спостерігатиметься подальше збільшення середньорічної, максимальної і мінімальної температур приблизно на 1,0°С.

В просторових розподілах відхилень середньої абсолютної максимальної і середньої абсолютної мінімальної температури за період 1981-2010 рр. від їх кліматичних норм за 1961-1990 рр. виділяється смуга найбільшого

підвищення температури, яка проходить з південного заходу на північний схід. Інші індекси – TXn і TNx – демонструють більше підвищення температури на північному сході.

Процентильні індекси – кількість прохолодних і теплих ночей, кількість прохолодних і теплих днів – вказують на значне потепління клімату для всієї території України. Емпіричні розподіли кількості теплих ночей і днів зсуваються в області екстремально високих значень, в той час як емпіричні розподіли прохолодних днів і ночей зміщуються в бік низьких значень.

В просторовому розподілі прохолодні і теплі дні виявляють однакові тенденції: на тлі загального потепління найбільші зміни в бік зростання температури відбуваються в західних областях України. Зміна в кількості прохолодних і теплих ночей характеризується найбільшим потеплінням в центральних регіонах України, причому кількість теплих ночей зростає в два рази швидше за зменшення кількості прохолодних.

Температурні індекси фіксованих порогових значень демонструють з часом тенденції, які підтверджують, що в Україні відбувається суттєве потепління навіть щодо фіксованих порогів.

Зміни в просторово-часовому розподілі морозних днів добре узгоджуються зі змінами в кількості прохолодних ночей і днів. Найбільше зменшення крижаних днів з часом спостерігається на півночі країни, сягаючи мінімуму в північно-західних регіонах, в той самий час на півдні Кримського півострову відбувається незначне збільшення кількості крижаних днів.

Кількість тропічних ночей не досягає ще свого історичного максимуму для території України, який спостерігався в 1931-1960 рр. Зміни в кількості тропічних ночей в два рази повільніші порівняно зі змінами в кількості крижаних і морозних днів. Просторово-часовий розподіл кількості тропічних ночей характеризується найбільшим зростанням температури на сході країни.

Для літніх днів характеризуються протилежні тенденції в просторовому розподілі: на тлі загального потепління найбільше зростання кількості літніх днів відбувається в західних регіонах.

Тривалість вегетаційного періоду характеризує тривалість комфортних умов для розвитку рослин, а отже, є важливим показником для сільського господарства.

Незважаючи на суттєве підвищення температури на всій території України, емпіричний розподіл тривалості вегетаційного періоду суттєво з часом не змінюється. Найбільше зростає тривалість вегетаційного періоду в східних областях України, а на півдні Кримського півострову відбувається навіть його зменшення, що може бути пов’язано з висотним розташуванням станції Ай-Петрі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гнатюк Н.В., Краковська С.В., Шпиталь Т.М., Білозерова А.К. Проекції змін клімату в південному регіоні// тези доповідей міжнародної наукової конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення». – Одеса. – ТЕС. – 2014. – С. 162–163.
2. Клімат України. За редакцією В.М. Ліпинського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко /Видавництво Раєвського. – Київ, 2003. – 343 с.
3. Кошкин Д.А., Кочугова Е.А. Индикация изменения климата в терминах индексов эктремальности температуры воздуха и их связь с изменениями атмосферной циркуляции на территории Предбайкалья. Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2011.
4. Руководство по гидрологической практике. Том II Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. – ВМО - № 168. Часть II. – 2012. – 324 с.
5. Alexander, L.V., X. Zhang, T.C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A.M.G. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, P. Ambenje, K. Rupa Kumar, J. Revadekar and G. Griffiths, 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. J. Geophys. Res., 111 (D05109), DOI:10.1029/2005JD006290.
6. Coles S (2001) An introduction to the statistical modeling of extreme values. Springer, London, 208 pp. ISBN ISBN 1-85233-459-2
7. Frich P, Alexander LV, Della-Marta P, Gleason B, Haylock M, Klein Tank AMG, Peterson T (2002) Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. Clim Res 19:193–212
8. Hanlon H, Hegerl GC, Tett SFB, Smith DM (2012a) Can a decadal forecasting system predicttemperature extreme indices? J Clim, in press. doi 10.1175/JCLI-D-12-00512.1
9. Hegerl GC, Hanlon H, Beierkuhnlein C (2011) Elusive extremes. Nat Geosci 4:142–143
10. Hegerl GC, Zwiers FW, Stott PA, Kharin VV (2004) Detectability of anthropogenic changes in annual temperature and precipitation extremes. J Clim 17:3683–3700
11. http://cran.r-project.org/web/packages/extRemes/

12. IPCC (2012) Summary for policymakers. In: Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ, Ebi KL, Mastrandrea MD, Mach KJ, Plattner G-K, Allen SK, Tignor M, Midgley PM (eds) Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge/New York, pp 1–19
13. IPCC, 2007. Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
14. IPCC, 2013. Climate Change 2013: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
15. Katz R, Parlange M, Naveau P (2002) Extremes in hydrology. Adv Water Resour 25:1287–1304
16. Kharin VV, Zwiers FW, Zhang X, Hegerl GC (2007) Changes in temperature and precipitation extremes in the IPCC ensemble of global coupled model simulations. J Clim 20:1419–1444
17. Kiktev, D., D. M. H. Sexton, L. Alexander, and C. K. Folland (2003), Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes, J. Clim., 16, 3560–3571.
18. Klawa M, Ulbrich U (2003) A model for the estimation of storm losses and the identifi cation of severe winter storms in Germany. Nat Hazard Earth Syst Sci 3:725–732
19. Klein Tank AMG, Zwiers FW, Zhang X (2009), Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation (WCDMP-72, WMO-TD/No.1500), 56 pp.
20. Klein Tank, A.M.G., F.W. Zwiers, X.Zhang, 2009: Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of Informed decisions for adaptation., WCDMP-72, WMO-TD/No. 1500.
21. Knutson TR, McBride JL, Chan J, Emanuel K, Holland G, Landsea C, Held I, Kossin JP, Srivastava AK, Sugi M (2010) Tropical cyclones and climate change. Nat Geosci 3:157–163.
22. Peterson, T.C. and M.J. Manton, 2008: Monitoring changes in climate extremes – A tale of international collaboration. BAMS, DOI:10.1175/2008BAMS2501.1.

23. Peterson, T.C.Climate Change Indices. // WMO Bulletin, 2005, 54 (2), 83-86p.
24. Seneviratne SI, Nicholls N, Easterling D, Goodess CM, Kanae S, Kossin J, Luo Y, Marengo J, McInnes K, Rahimi M, Reichstein M, Sorteberg A, Vera C, Zhang X (2012) Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken D, Ebi KL, Mastrandrea MD, Mach KJ, Plattner G-K, Allen SK, Tignor M, Midgley PM (eds) Intergovernmental Panel on Climate Change special report on managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Cambridge University Press, Cambridge/New York.
25. van Oldenborgh GJ, van Urk A, Allen M (2012) The absence of a role of climate change in the 2011 Thailand fl oods. In: Peterson TC et al (eds) Explaining extreme events of 2011 from a climate perspective. Bull Am Meteor Soc 93:1041–1067. doi: 10.1175/BAMS-D-12-00021.1
26. Watson CC, Johnson ME (2004) Hurricane loss estimation models: opportunities for improving the State of the Art. Bull Am Meteorol Soc 85:1713
27. Wehner MF (2013) Very extreme seasonal precipitation in the NARCCAP ensemble: model performance and projections. Clim Dyn 40(1–2):59–80. doi: 10.1007/s00382-012-1393-1
28. www.ecad.eu
29. Yan Z., Jones P.D., Davies T.D., Moberg A., Bergström, H., Camuffo D., Cocheo C., Maugeri M. , Demarée, G.R., Verhoeve T., Thoen E., Barriendos M., Rodríguez, R., Martín-Vide J., Yang C. (2002) Trends of extreme temperatures in Europe and China based on daily observations, Climatic Change 53, 355–392.
30. Zhang X, Alexander LV, Hegerl GC, Klein Tank A, Peterson TC, Trewin B, Zwiers FW (2011) Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. Wiley Interdiscip Rev Clim Change 2:851–870. doi: 10.1002/wcc.147
31. Zwiers F.W. et al. (2013) Climate Extremes: Challenges in Estimating and Understanding Recent Changes in the Frequency and Intensity of Extreme Climate and Weather Events. In: Asrar G., Hurrell J. (eds) Climate Science for Serving Society. Springer, Dordrecht.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Роки, в які були відсутні дані для індексу TXx

Назва	Перший рік спостережень	Останній рік спостережень	Роки без даних
Ай Петрі	1900	2018	1911, 1921-1922, 1925, 1940-1944, 1956, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1944
Київ	1882	2018	1883-1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1941, 1943
Луганськ	1905	2013	1906-1908, 1910-1911, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2018	1939-1944
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1907, 1940-1944
Полтава	1900	2018	1901, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1887	2018	1888-1889, 1891, 1896-1899, 1911, 1913, 1917-1918, 1922-1929, 1933-1934, 1941-1944
Феодосія	1882	2012	1883-1884, 1886-1896, 1898, 1900, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2008	1947
Шепетівка	1938	2018	1941-1944

Таблиця А.2 – Роки, в які були відсутні дані для індексу TNn

Назва	**Перший рік спостережень**	**Останній рік спостережень**	**Роки без даних**
Ай Петрі	1900	2018	1921-1922, 1924-1925, 1941-1944, 1976, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1937-1938, 1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1944
Київ	1882	2018	1883-1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1941, 1943
Луганськ	1900	2013	1907-1908, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2018	1939-1944, 1946, 1948
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1946, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1907-1908, 1940-1944
Полтава	1900	2018	1902, 1919, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1887	2018	1888-1889, 1917-1918, 1922-1929, 1933-1934, 1941-1944
Феодосія	1882	2012	1883-1884, 1886-1896, 1898, 1904, 1910, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2008	
Шепетівка	1938	2018	1941-1944, 1947

Таблиця А.3 – Роки, в які були відсутні дані для індексу TXn

Назва	**Перший рік спостережень**	**Останній рік спостережень**	**Роки без даних**
Ай Петрі	1900	2018	1911, 1921-1922, 1925, 1940-1944, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1944
Київ	1882	2018	1883-1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1941, 1943
Луганськ	1905	2013	1906-1908, 1910-1911, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2018	1939-1944
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1946, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1907, 1940-1944
Полтава	1900	2018	1901, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1887	2018	1888-1889, 1891, 1896-1899, 1911, 1917-1918, 1922-1929, 1933-1934, 1941-1944
Феодосія	1882	2012	1883-1884, 1886-1896, 1898, 1900, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2008	1947
Шепетівка	1938	2018	1941-1944

Таблиця А.4 – Роки, в які були відсутні дані для індексу TNx

Назва	Перший рік спостережень	Останній рік спостережень	Роки без даних
Ай Петрі	1896	2018	1922-1924, 1941-1944, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1943, 2017
Київ	1881	2018	1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1943
Луганськ	1900	2013	1907-1908, 1920, 1942-1943
Львів	1921	2018	1922-1935, 1939-1944
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1941-1944
Полтава	1900	2018	1919, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1886	2018	1917, 1922-1925, 1927-1929, 1941-1944
Феодосія	1881	2012	1886-1896, 1898, 1941-1944
Чернівці	1945	2008	1993, 1995
Шепетівка	1936	2018	1941-1942, 1944

Таблиця А.5 – Роки, в які були відсутні дані для індексу TN10p

Назва	Перший рік спостережень	Останній рік спостережень	Роки без даних
Ай Петрі	1900	2018	1921-1922, 1924-1925, 1941-1944, 1976, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 1946, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1937-1938, 1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1944
Київ	1882	2018	1883-1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1941, 1943
Луганськ	1900	2013	1907-1908, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2018	1939-1944, 1946, 1948
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1946, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1907-1908, 1940-1944
Полтава	1900	2018	1902, 1919, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1887	2018	1888-1889, 1917-1918, 1922-1929, 1933-1934, 1941-1944
Феодосія	1882	2012	1883-1884, 1886-1896, 1898, 1904, 1910, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2008	
Шепетівка	1938	2018	1941-1944, 1947

Таблиця А.6 – Роки, в які були відсутні дані для індексу TN90p

Назва	Перший рік спостережень	Останній рік спостережень	Роки без даних
Ай Петрі	1900	2018	1921-1922, 1924-1925, 1941-1944, 1976, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 1946, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1937-1938, 1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1944
Київ	1882	2018	1883-1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1941, 1943
Луганськ	1900	2013	1907-1908, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2018	1939-1944, 1946, 1948
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1946, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1907-1908, 1940-1944
Полтава	1900	2018	1902, 1919, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1887	2018	1888-1889, 1917-1918, 1922-1929, 1933-1934, 1941-1944
Феодосія	1882	2012	1883-1884, 1886-1896, 1898, 1904, 1910, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2008	
Шепетівка	1938	2018	1941-1944, 1947

Таблиця А.7 – Роки, в які були відсутні дані для індексу TX10p

Назва	**Перший рік спостережень**	**Останній рік спостережень**	**Роки без даних**
Ай Петрі	1900	2018	1911, 1921-1922, 1925, 1940-1944, 1956, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1944
Київ	1882	2018	1883-1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1941, 1943
Луганськ	1905	2013	1906-1908, 1910-1911, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2018	1939-1944
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1907, 1940-1944
Полтава	1900	2018	1901, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1887	2018	1888-1889, 1891, 1896-1899, 1911, 1913, 1917-1918, 1922-1929, 1933-1934, 1941-1944
Феодосія	1882	2012	1883-1884, 1886-1896, 1898, 1900, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2008	1947
Шепетівка	1938	2018	1941-1944

Таблиця А.8 – Роки, в які були відсутні дані для індексу TX90p

Назва	Перший рік спостережень	Останній рік спостережень	Роки без даних
Ай Петрі	1896	2018	1922-1924, 1941-1944, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 2013-2014, 2016-2018
Вінниця	1936	2008	1941, 1944, 2009-2018
Керч	1936	2018	1941-1943, 2017
Київ	1881	2018	1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1943
Луганськ	1900	2013	1907-1908, 1920, 1942-1943, , 2014-2018
Львів	1921	2018	1922-1935, 1939-1944
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1991-1995, 2013-2014, 2016-2018
Одеса	1894	2008	1904, 1941-1944, 2009-2018
Полтава	1900	2018	1901, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1886	2018	1917, 1922-1925, 1927-1929, 1941-1944
Феодосія	1881	2012	1886-1896, 1898, 1941-1944, 2013-2018
Чернівці	1945	2008	1993, 1995, 2009-2018
Шепетівка	1936	2018	1941-1942, 1944

Таблиця А.9 – Роки, в які були відсутні дані для індексу FD

Назва	**Перший рік спостережень**	**Останній рік спостережень**	**Роки без даних**
Ай Петрі	1900	2018	1921-1922, 1924-1925, 1941-1944, 1976, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 1946, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1937-1938, 1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1944
Київ	1882	2018	1883-1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1941, 1943
Луганськ	1900	2013	1907-1908, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2018	1939-1944, 1946, 1948
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1946, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1907-1908, 1940-1944
Полтава	1900	2018	1902, 1919, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1887	2018	1888-1889, 1917-1918, 1922-1929, 1933-1934, 1941-1944
Феодосія	1882	2012	1883-1884, 1886-1896, 1898, 1904, 1910, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2008	
Шепетівка	1938	2018	1941-1944, 1947

Таблиця А.10 – Роки, в які були відсутні дані для індексу ID

Назва	**Перший рік спостережень**	**Останній рік спостережень**	**Роки без даних**
Ай Петрі	1900	2018	1911, 1921-1922, 1925, 1940-1944, 1956, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1944
Київ	1882	2018	1883-1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1941, 1943
Луганськ	1905	2013	1906-1908, 1910-1911, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2018	1939-1944
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1907, 1940-1944
Полтава	1900	2018	1901, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1887	2018	1888-1889, 1896, 1899, 1911, 1913, 1917-1918, 1922-1929, 1933-1934, 1941-1944
Феодосія	1882	2012	1883-1884, 1886-1896, 1898, 1900, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2008	1947
Шепетівка	1938	2018	1941-1944

Таблиця А.11 – Роки, в які були відсутні дані для індексу TR

Назва	**Перший рік спостережень**	**Останній рік спостережень**	**Роки без даних**
Ай Петрі	1896	2018	1922-1924, 1941-1944, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1943, 2017
Київ	1881	2018	1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1943
Луганськ	1900	2013	1907-1908, 1920, 1942-1943
Львів	1921	2018	1922-1935, 1939-1944
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1941-1944
Полтава	1900	2018	1919, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1886	2018	1917, 1922-1925, 1927-1929, 1941-1944
Феодосія	1881	2012	1886-1896, 1898, 1941-1944
Чернівці	1945	2008	1993, 1995
Шепетівка	1936	2018	1941-1942, 1944

Таблиця А.12 – Роки, в які були відсутні дані для індексу SU

Назва	**Перший рік спостережень**	**Останній рік спостережень**	**Роки без даних**
Ай Петрі	1900	2018	1911, 1921-1922, 1925, 1940-1944, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1944
Київ	1882	2018	1883-1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1941, 1943
Луганськ	1905	2013	1906-1908, 1910-1911, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2018	1939-1944
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1907, 1940-1944
Полтава	1900	2018	1901, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1887	2018	1888-1889, 1891, 1896-1899, 1911, 1913, 1917-1918, 1922-1929, 1933-1934, 1941-1944
Феодосія	1882	2012	1883-1884, 1886-1896, 1898, 1900, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2008	1947
Шепетівка	1938	2018	1941-1944

Таблиця А.13 – Роки, в які були відсутні дані для індексу CSDI

Назва	**Перший рік спостережень**	**Останній рік спостережень**	**Роки без даних**
Ай Петрі			
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 1946, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1937-1938, 1941, 1944
Керч			
Київ			
Лубни			
Луганськ	1900	2013	1907-1908, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2018	1939-1944, 1946, 1948
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1946, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1907-1908, 1940-1944
Полтава			
Ужгород			
Умань			
Феодосія	1882	2012	1883-1884, 1886-1896, 1898, 1904, 1910, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2008	
Шепетівка			

Таблиця А.14 – Роки, в які були відсутні дані для індексу WSDI

Назва	**Перший рік спостережень**	**Останній рік спостережень**	**Роки без даних**
Ай Петрі	1900	2018	1911, 1921-1922, 1925, 1940-1944, 1956, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 2013-2014
Вінниця	1936	2008	1941, 1944
Керч	1936	2018	1941-1944
Київ	1882	2018	1883-1884, 1941, 1943
Лубни	1936	2018	1941, 1943
Луганськ	1905	2013	1906-1908, 1910-1911, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2018	1939-1944
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2008	1904, 1907, 1940-1944
Полтава	1900	2018	1901, 1941-1943
Ужгород	1947	2018	
Умань	1887	2018	1888-1889, 1896-1899, 1911, 1913, 1917-1918, 1922-1929, 1933-1934, 1941-1944
Феодосія	1882	2012	1883-1884, 1886-1896, 1898, 1900, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2008	1947
Шепетівка	1938	2018	1941-1944

Таблиця А.15 – Роки, в які були відсутні дані для індексу GSL

Назва	**Перший рік спостережень**	**Останній рік спостережень**	**Роки без даних**
Ай Петрі	1898	2018	1921-1922, 1941-1944, 2013-2015
Асканія Нова	1910	2015	1917-1934, 1941, 1943-1944, 2013-2014
Вінниця	1936	2005	1941, 1944, 1995
Керч	1936	2005	1941-1944
Київ	1881	2018	1941, 1943, 1981, 2002
Лубни	1936	2018	1941, 1943
Луганськ	1905	2013	1907-1908, 1920, 1942-1943
Львів	1936	2005	1939-1944, 1995
Миколаїв	1900	2015	1904, 1917-1923, 1941-1944, 1991-1995, 2013-2014
Одеса	1894	2005	1904, 1941-1944, 1995
Полтава	1900	2018	1941-1943
Ужгород	1947	2005	
Умань	1886	2018	1917, 1922-1925, 1927-1929, 1933-1934, 1941-1944
Феодосія	1881	2012	1886-1896, 1898, 1941-1944, 1995
Чернівці	1945	2005	1995
Шепетівка	1938	2018	1941-1944

ДОДАТОК Б

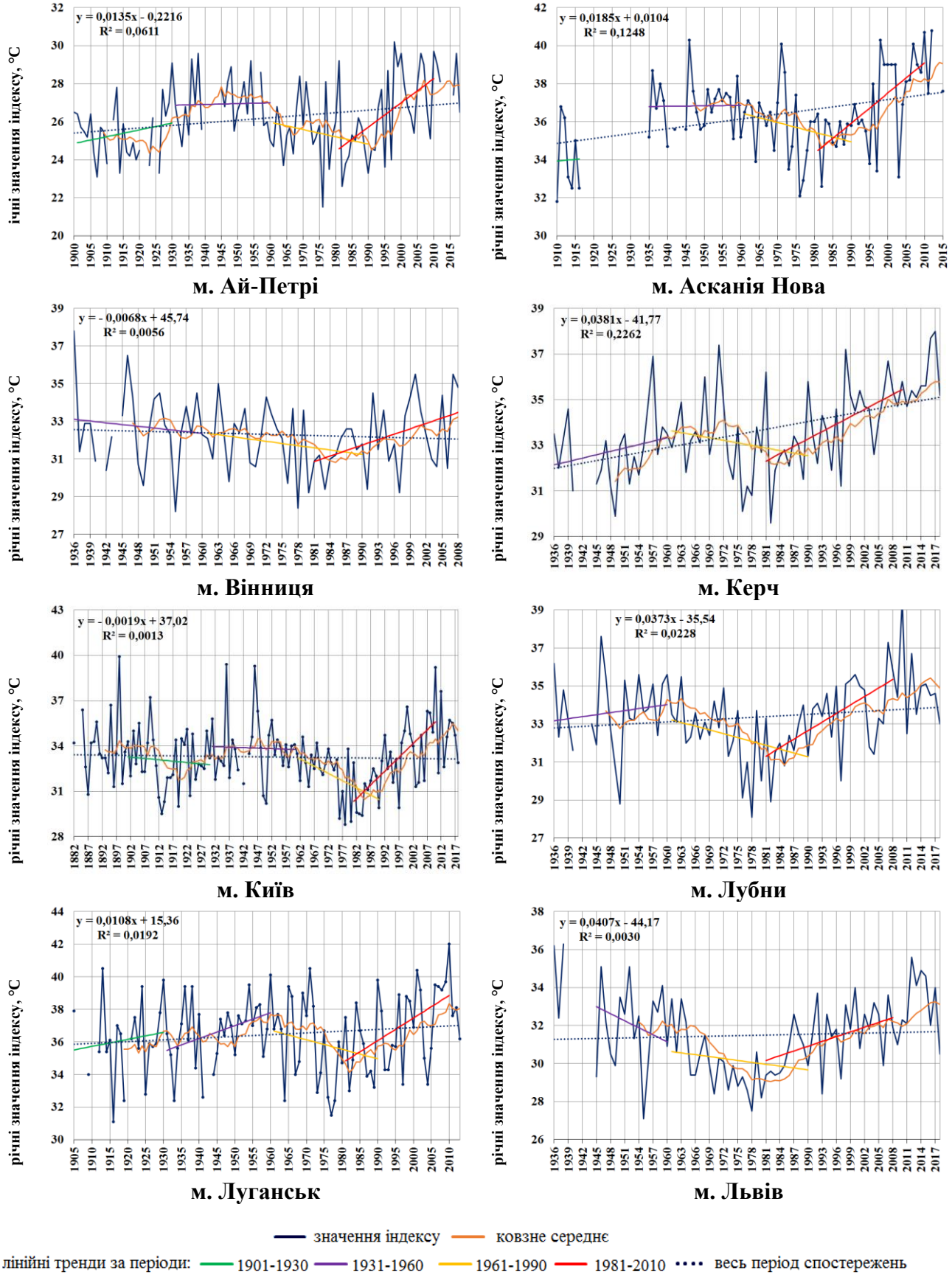
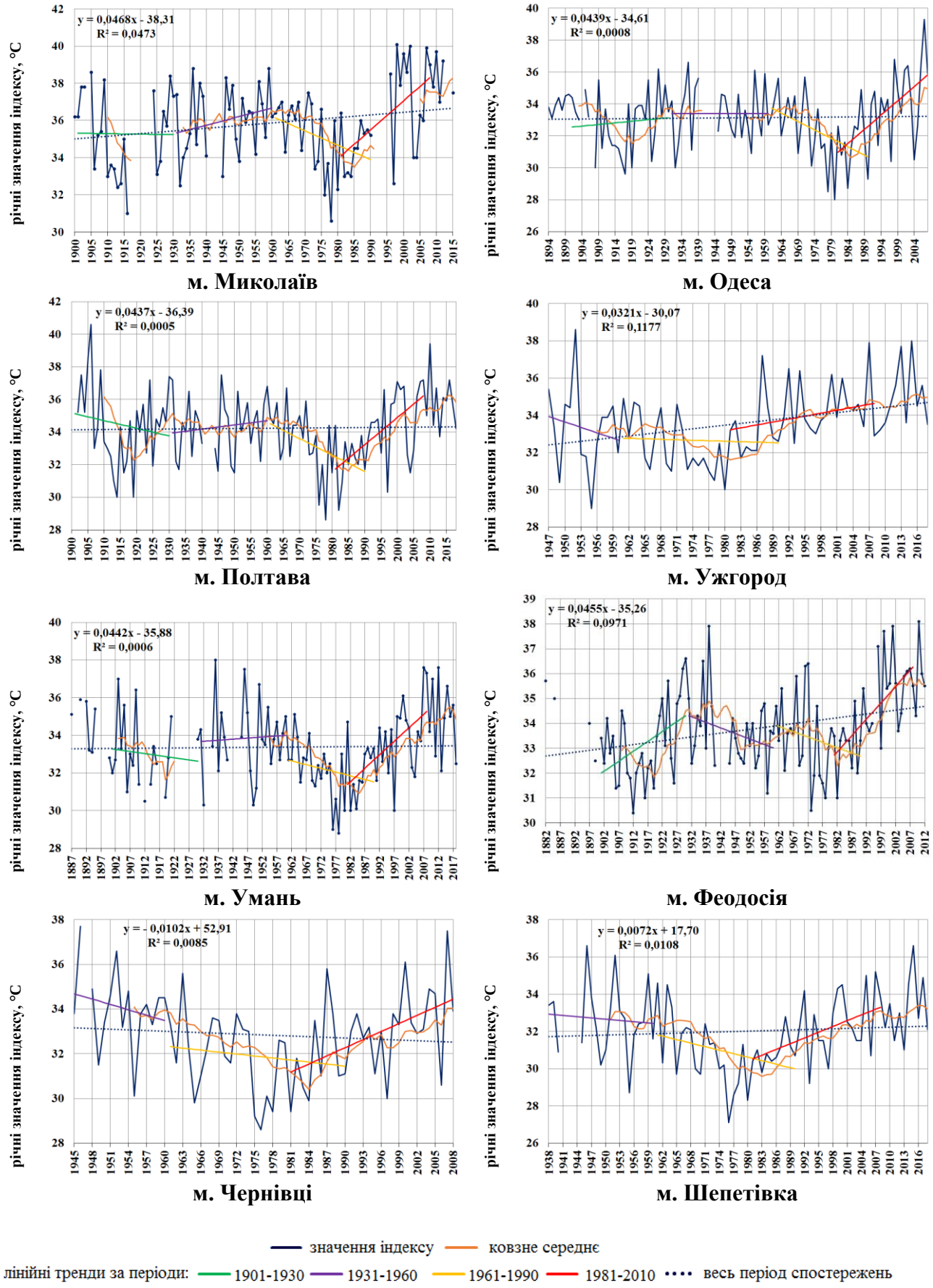


Рисунок Б.1 – Часовий хід річних максимальних значень (TXx) для шістнадцяти станцій України.



Продовження рис. Б.1

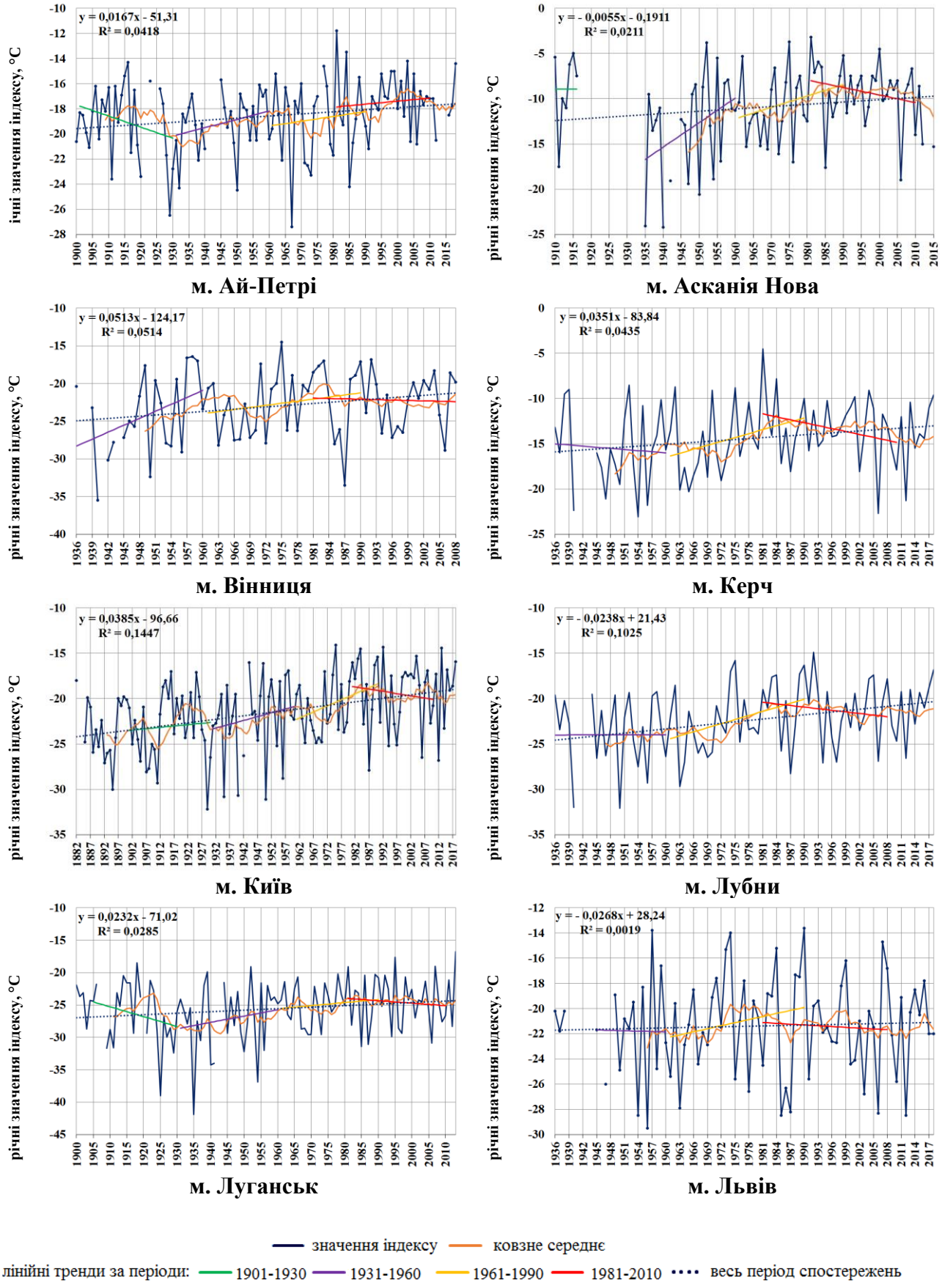
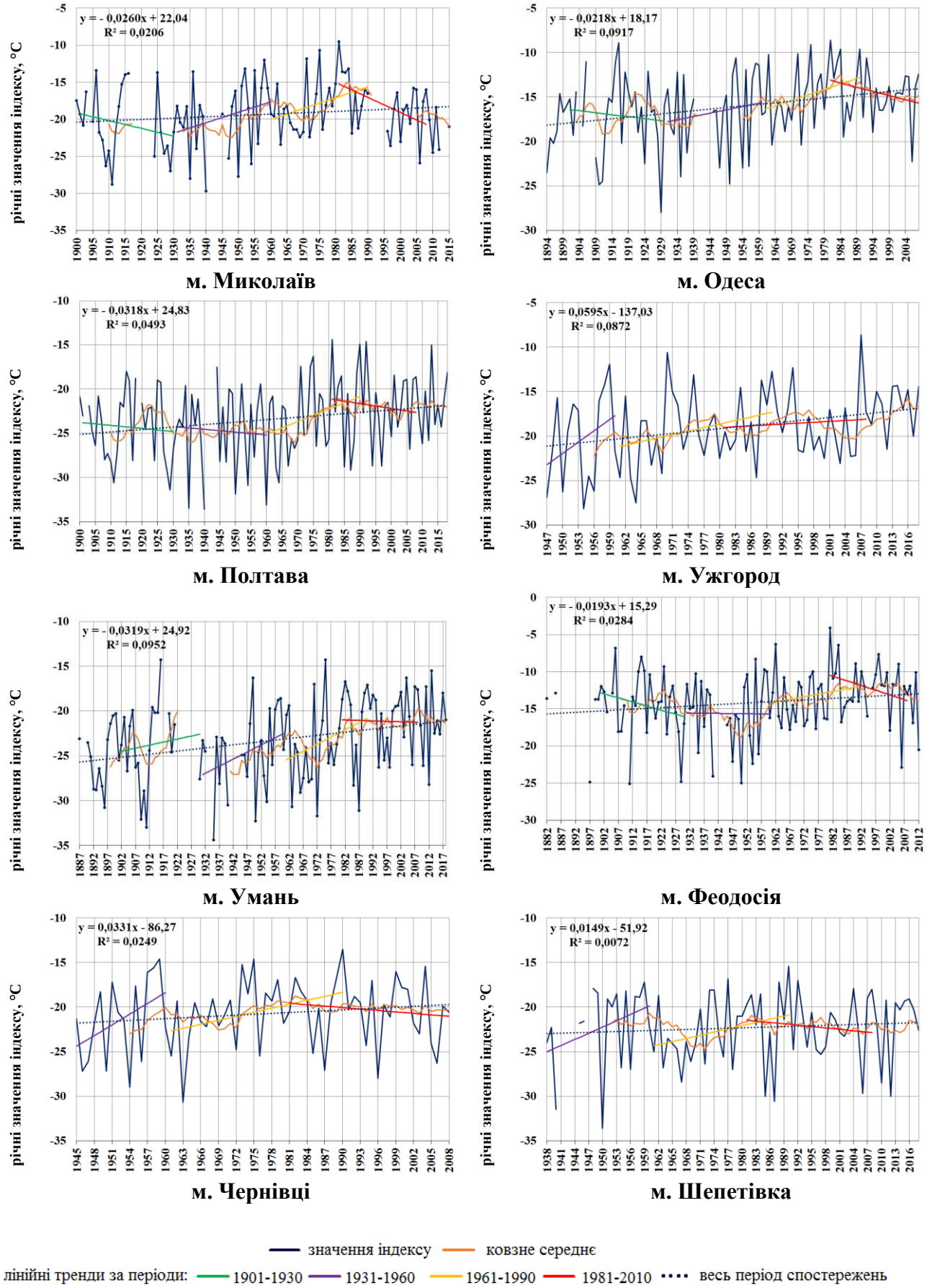


Рисунок Б.2 – Часовий хід річної абсолютної мінімальної температури (TNn) для шістнадцяти станцій України



Продовження рис. Б.2

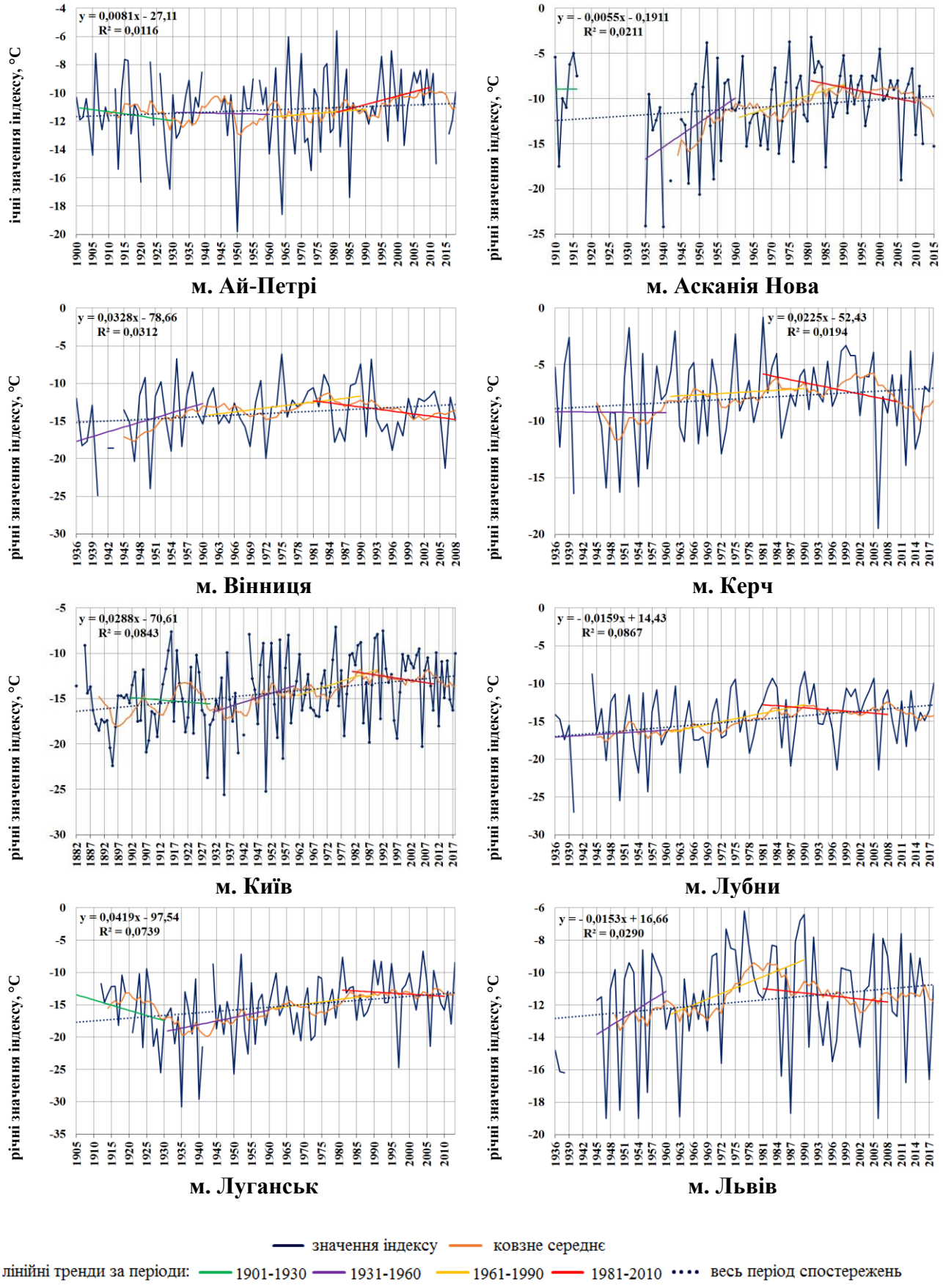
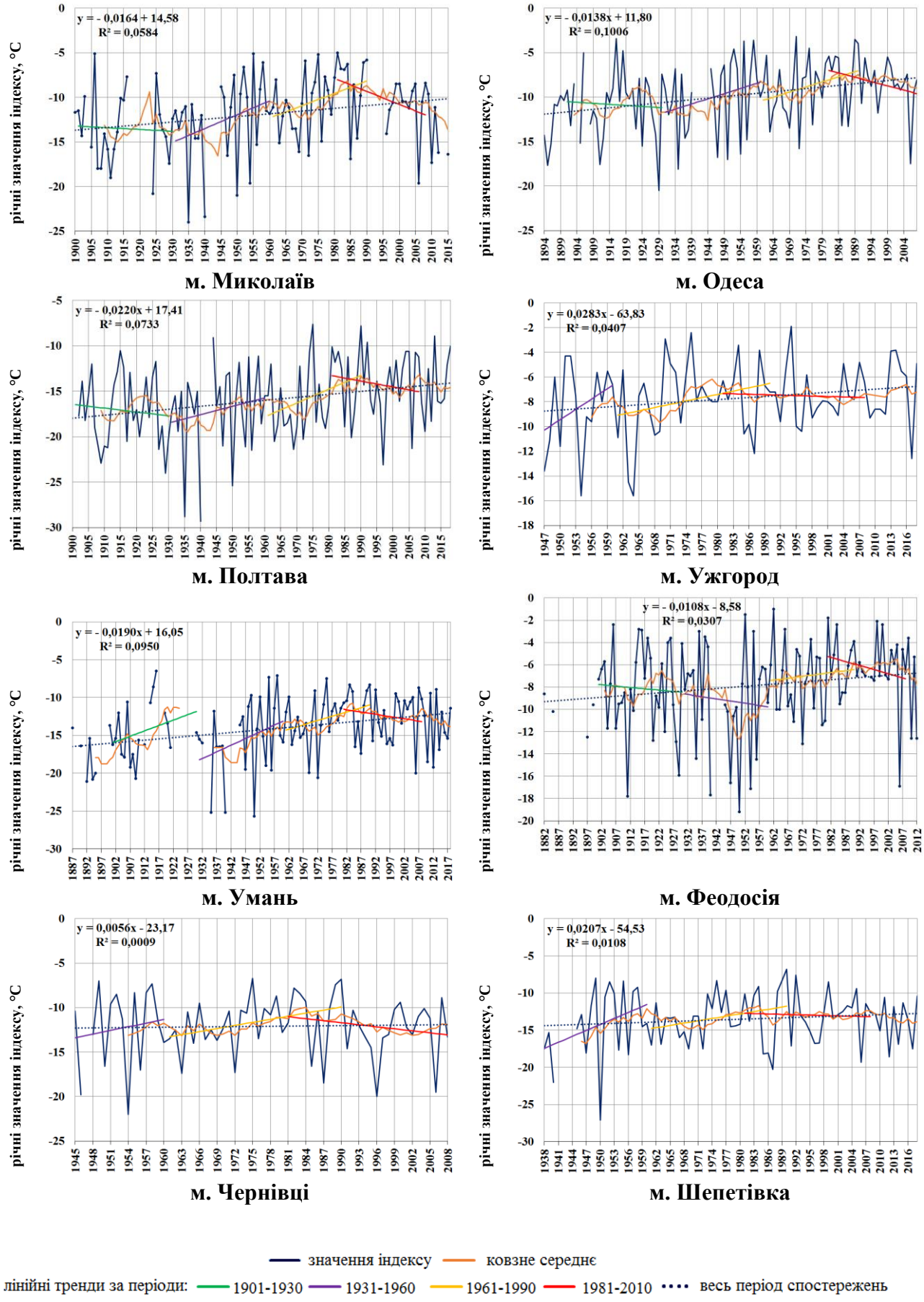


Рисунок Б.3 – Часовий хід річної найнижчої з максимальних температур (TXn).



Продовження рис. Б.3

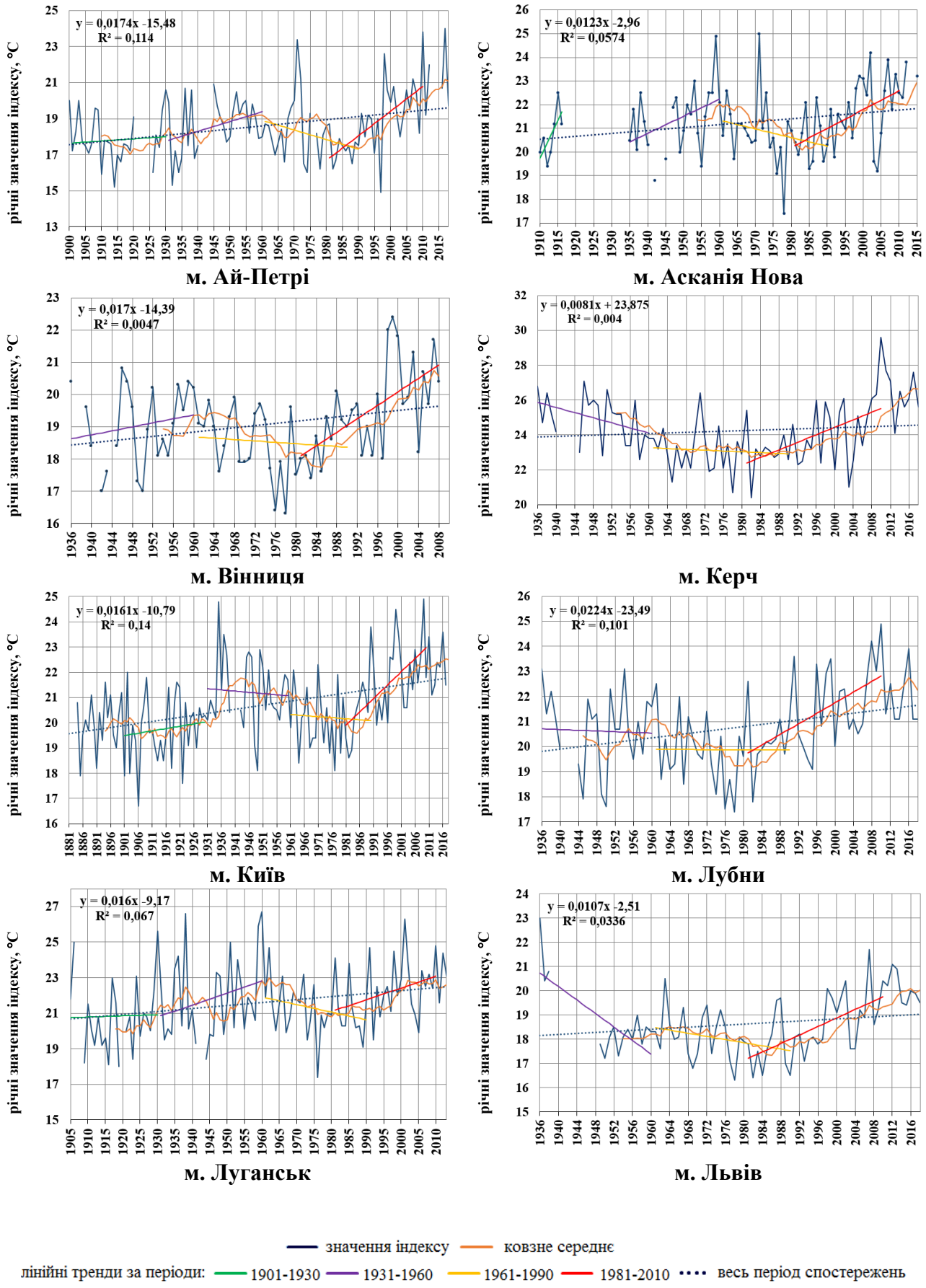
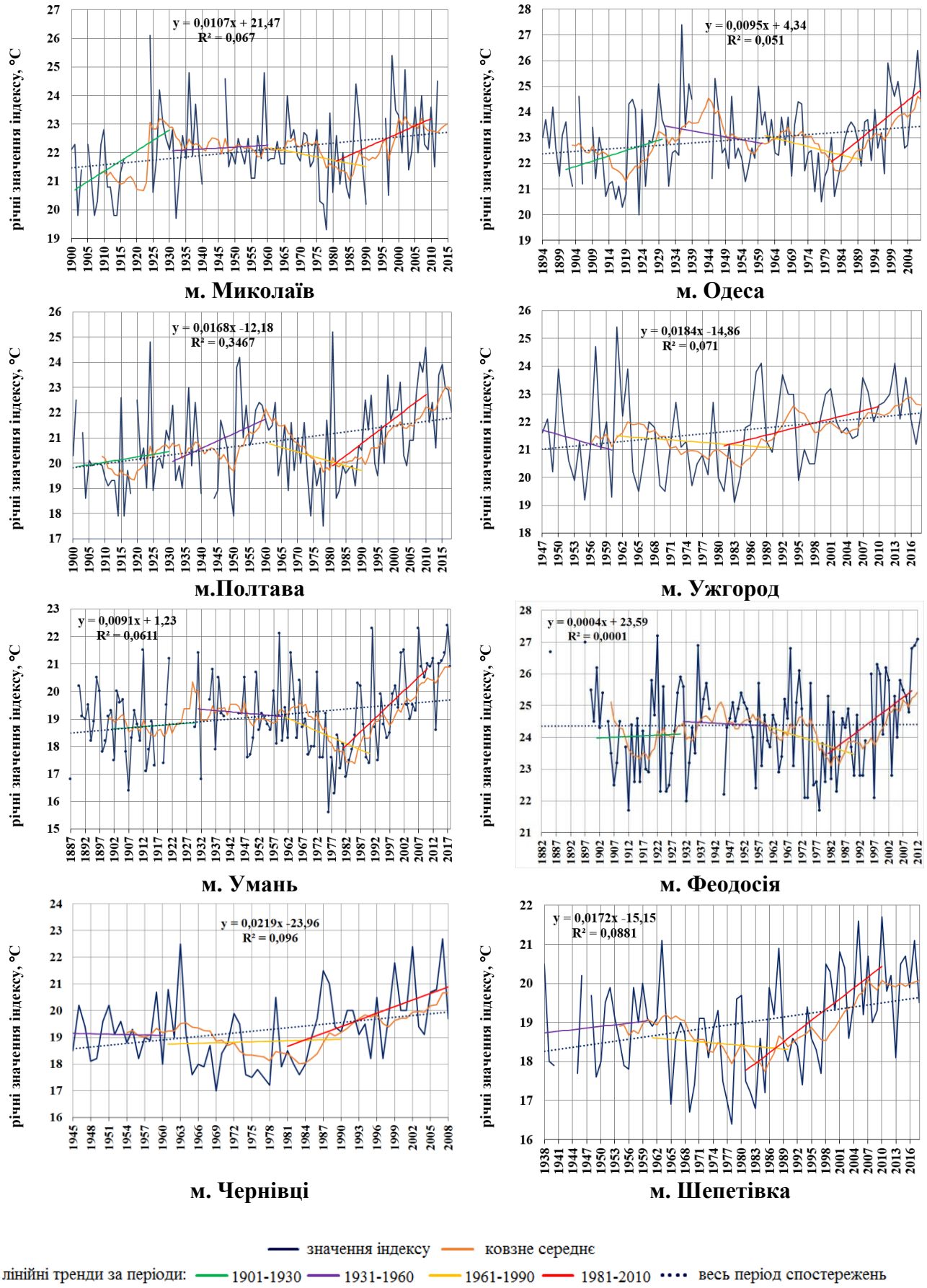


Рисунок Б.4 – Часовий хід річної найвищої з мінімальних температур (TNx)



Продовження рис. Б.4

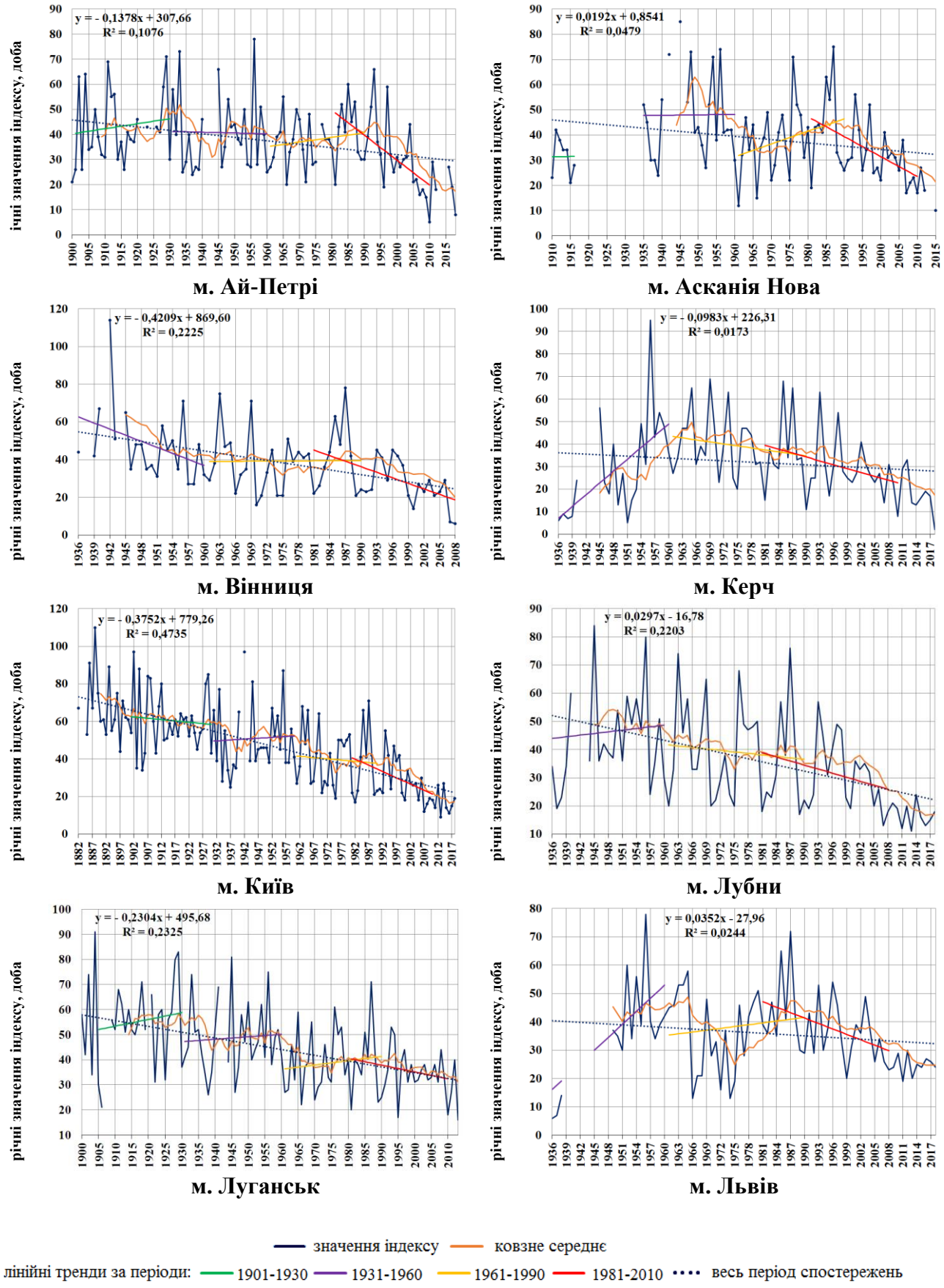
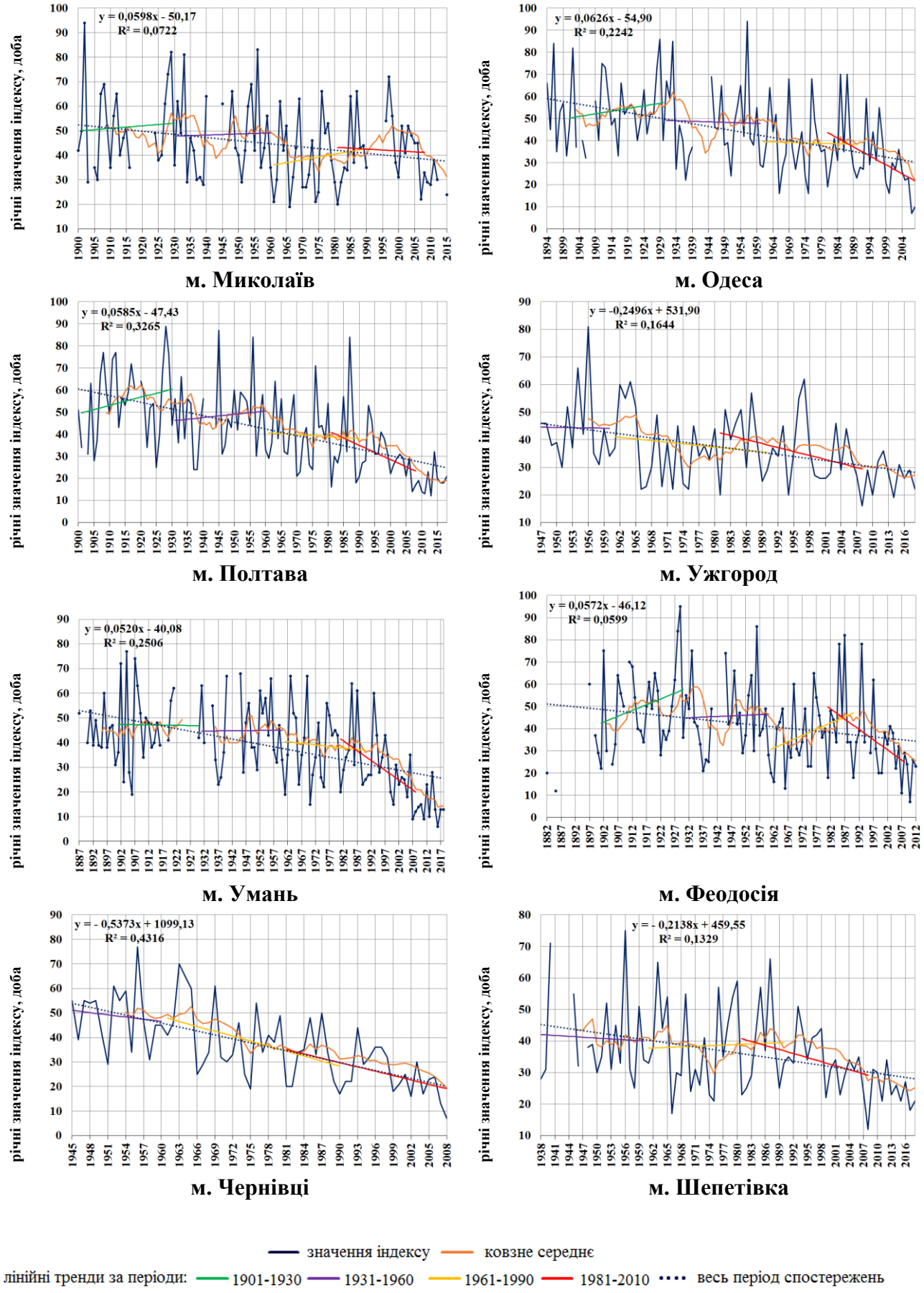


Рисунок Б.5 – Часовий хід з річної кількість прохолодних ночей (TN10p).



Продовження рис. Б.5

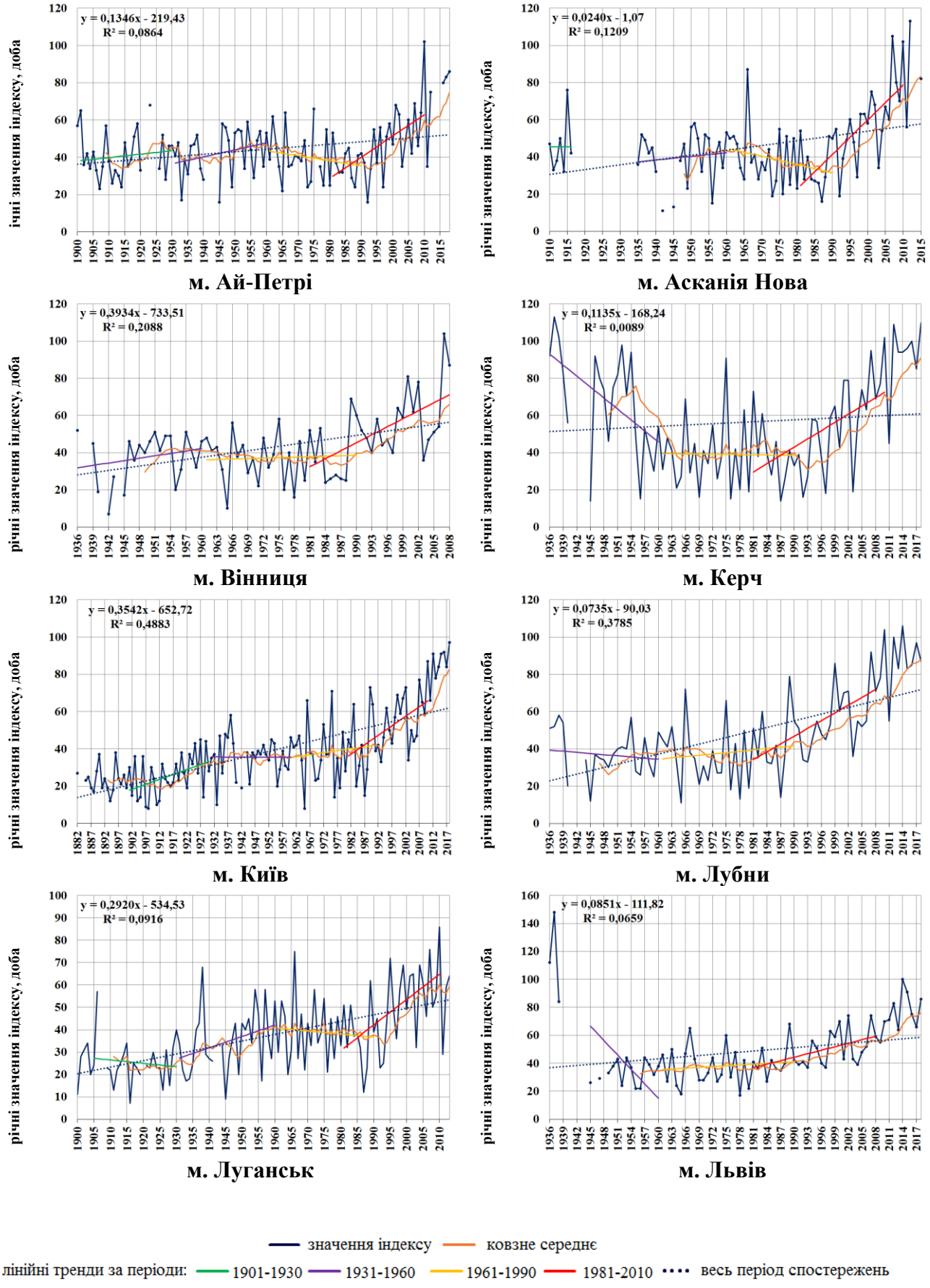
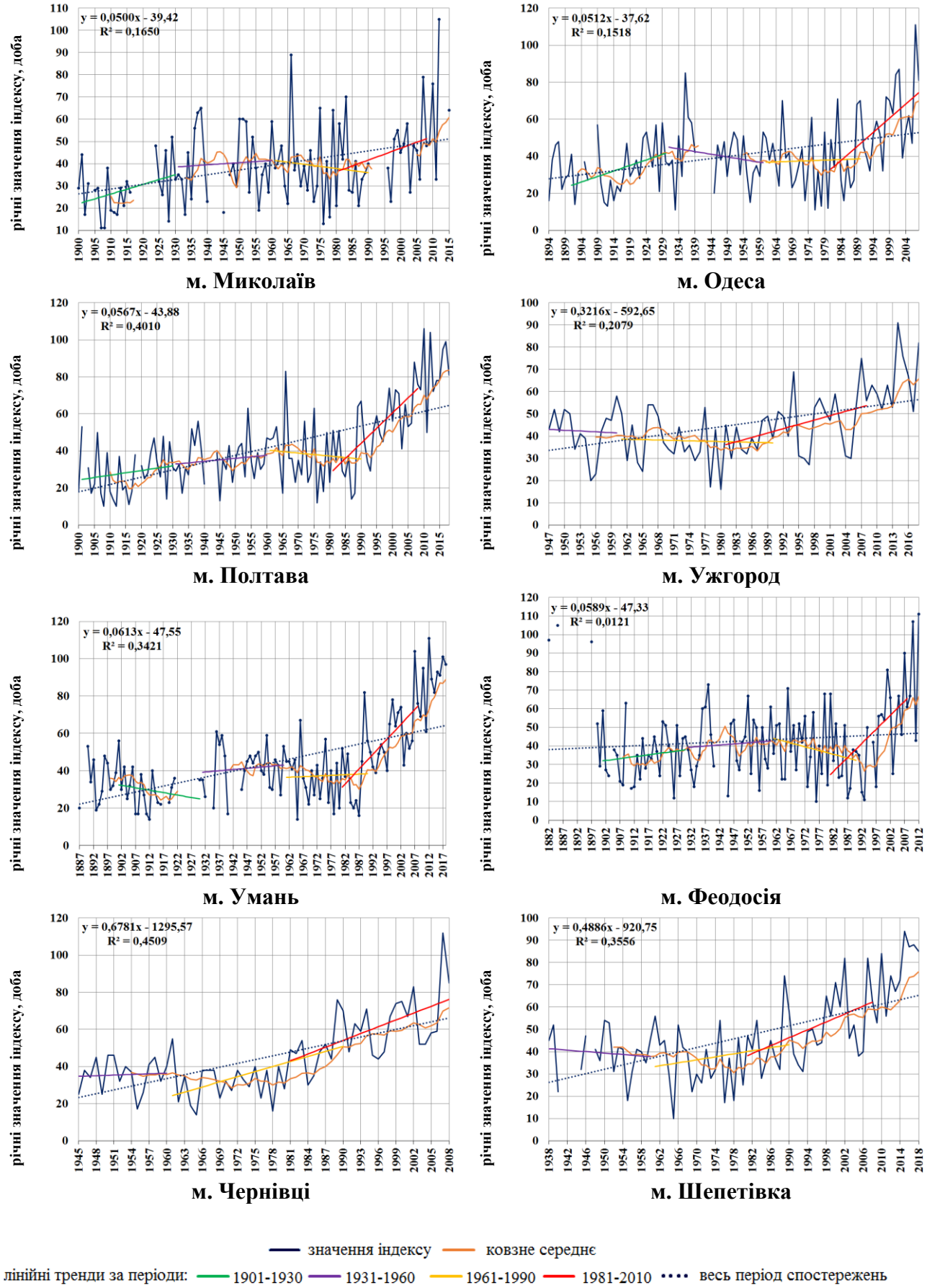


Рисунок Б.6 – Часовий хід річної кількості теплих ночей (TN90p).



Продовження рис. Б.6

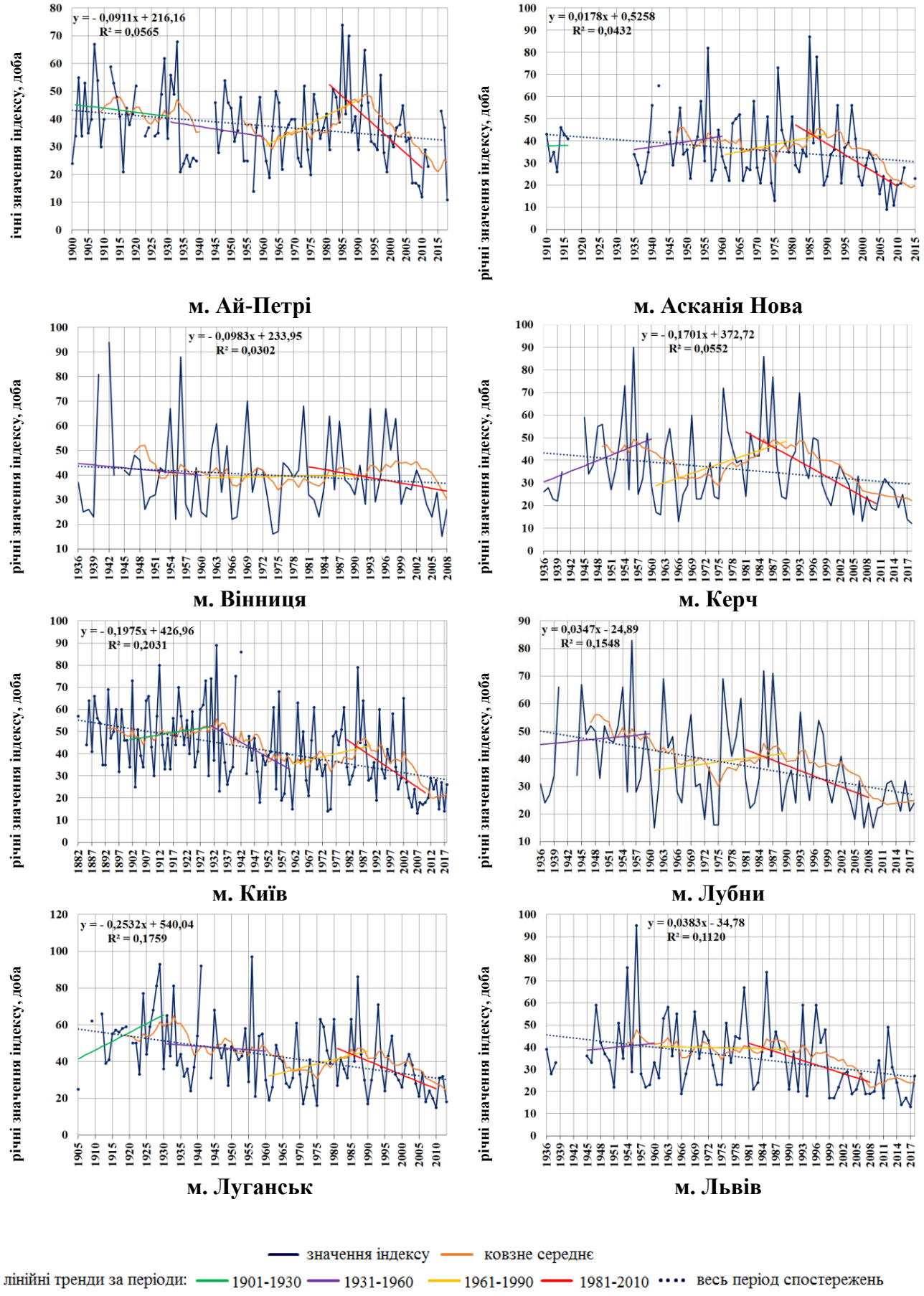
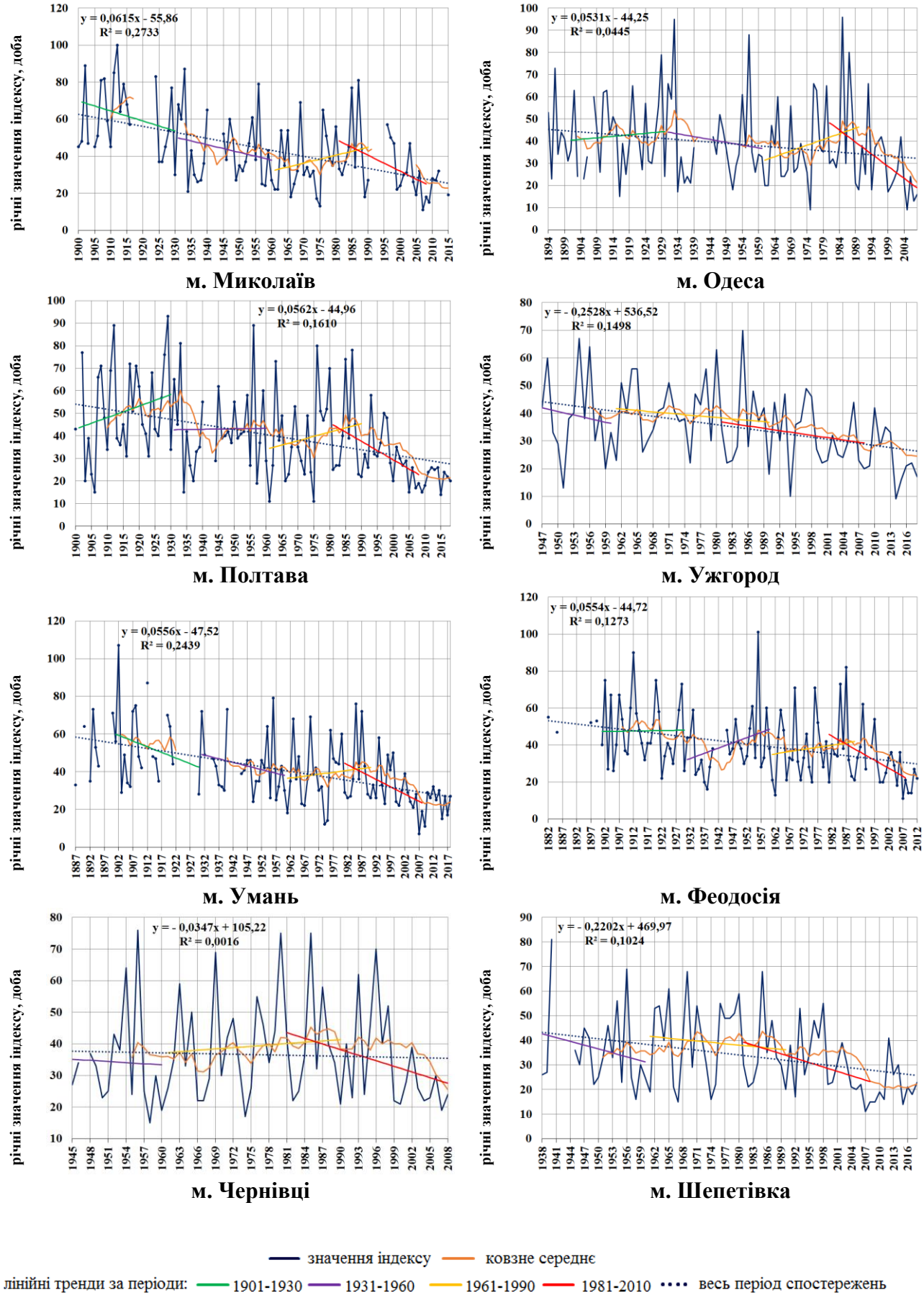


Рисунок Б.7 – Часовий хід річної кількості прохолодних днів (TX10p).



Продовження рис. Б.7

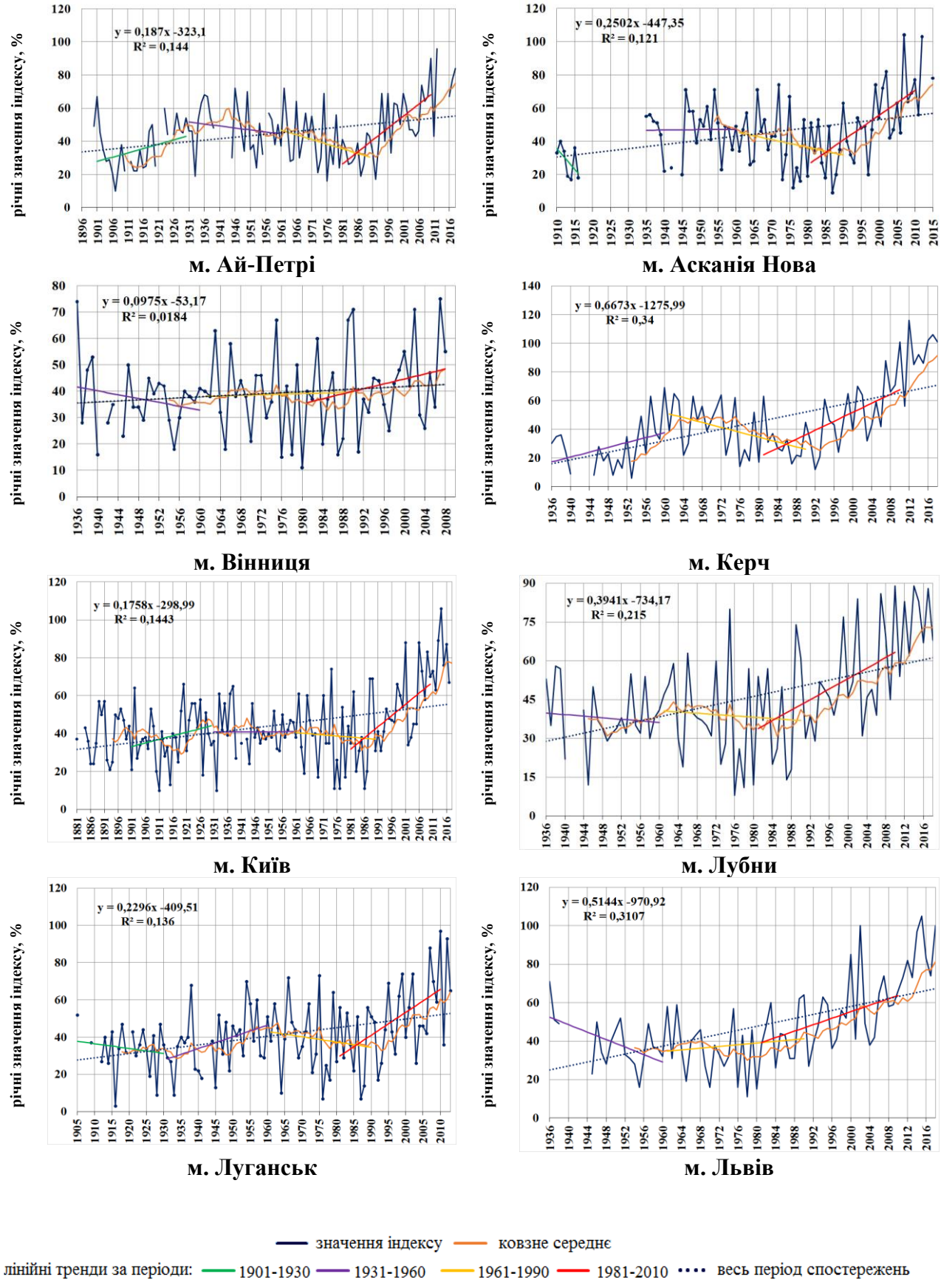
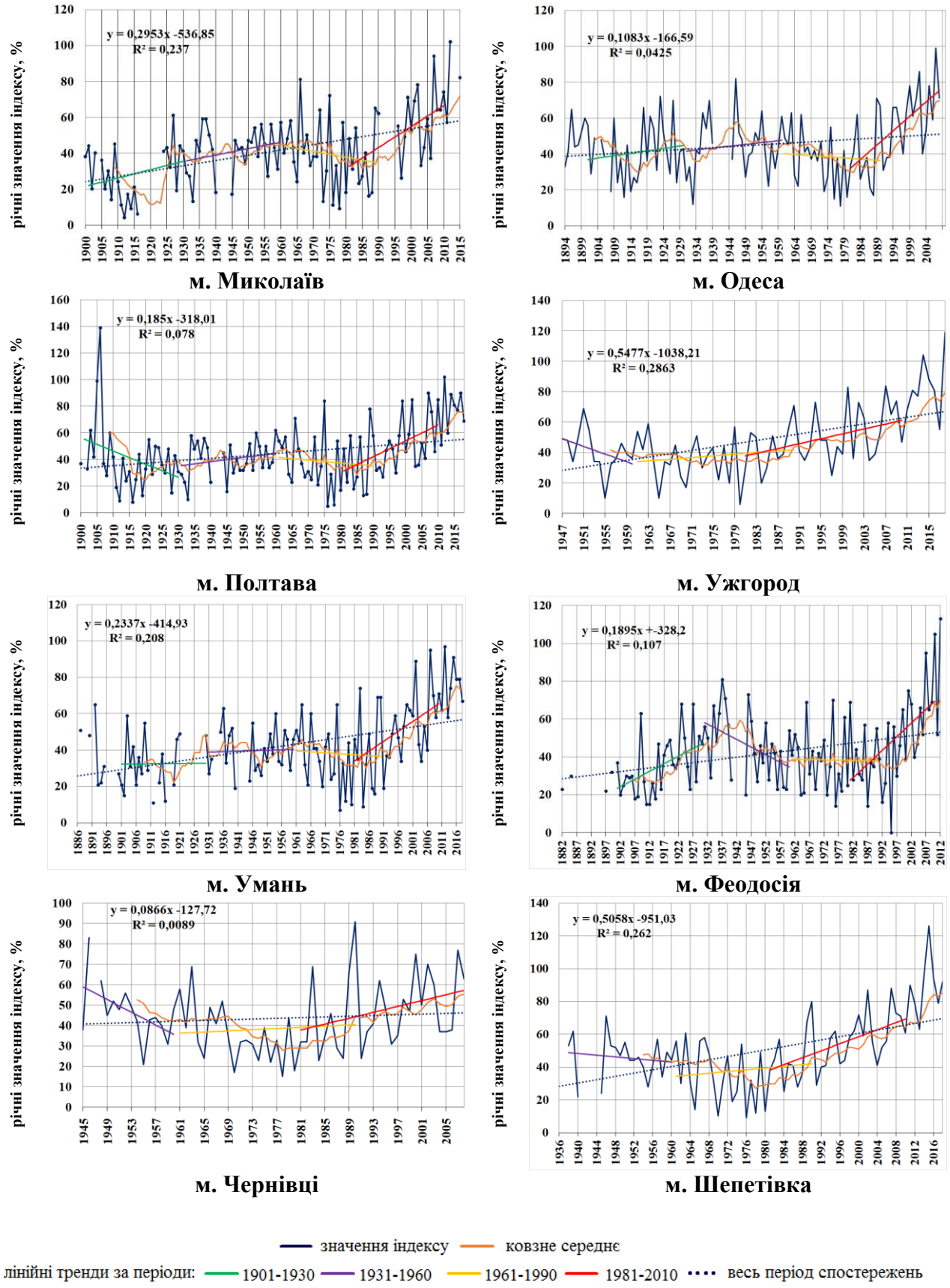


Рисунок Б.8 – Часовий хід річної кількості теплих днів (TX90p)



Продовження рис. Б.8

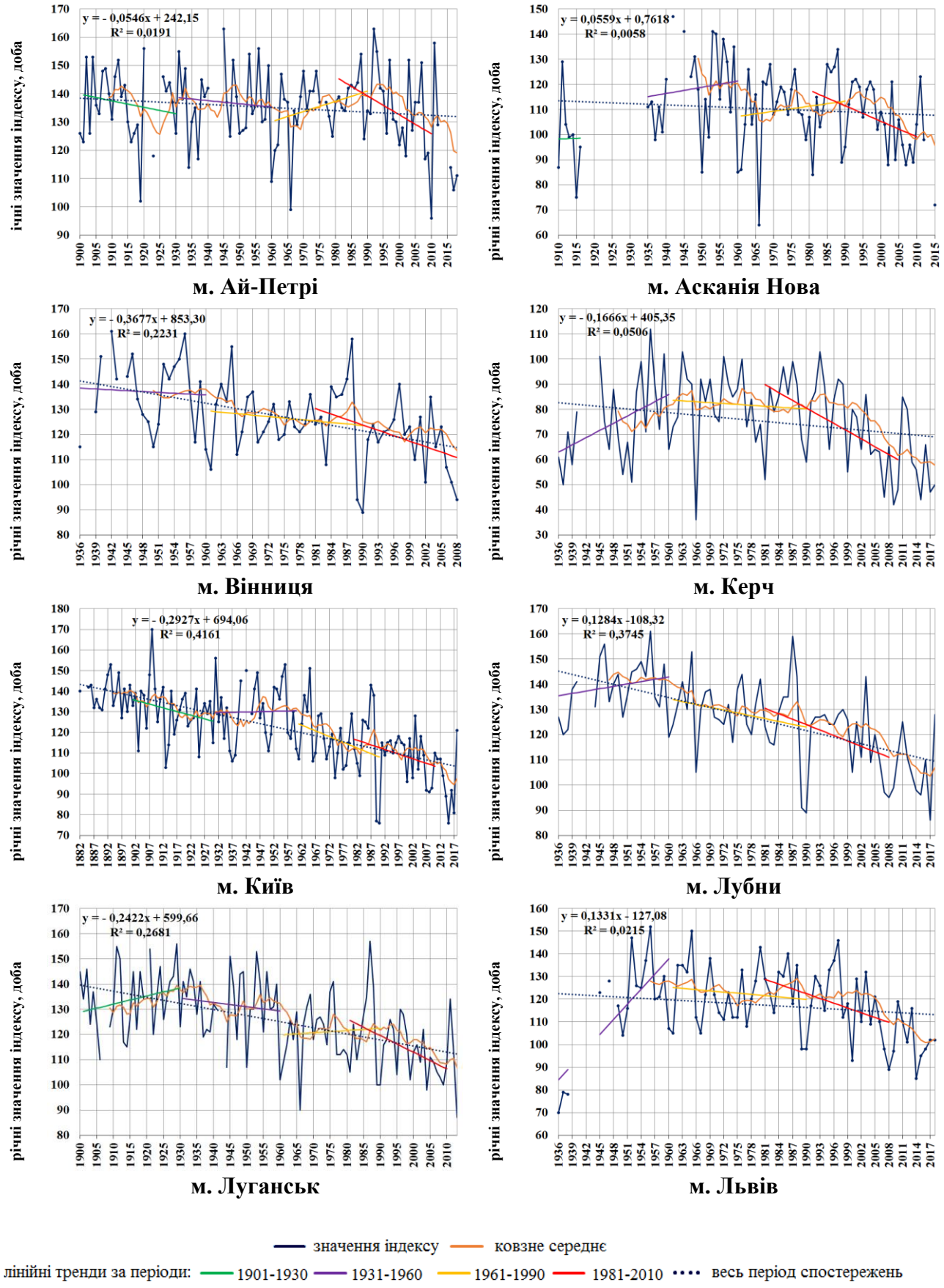
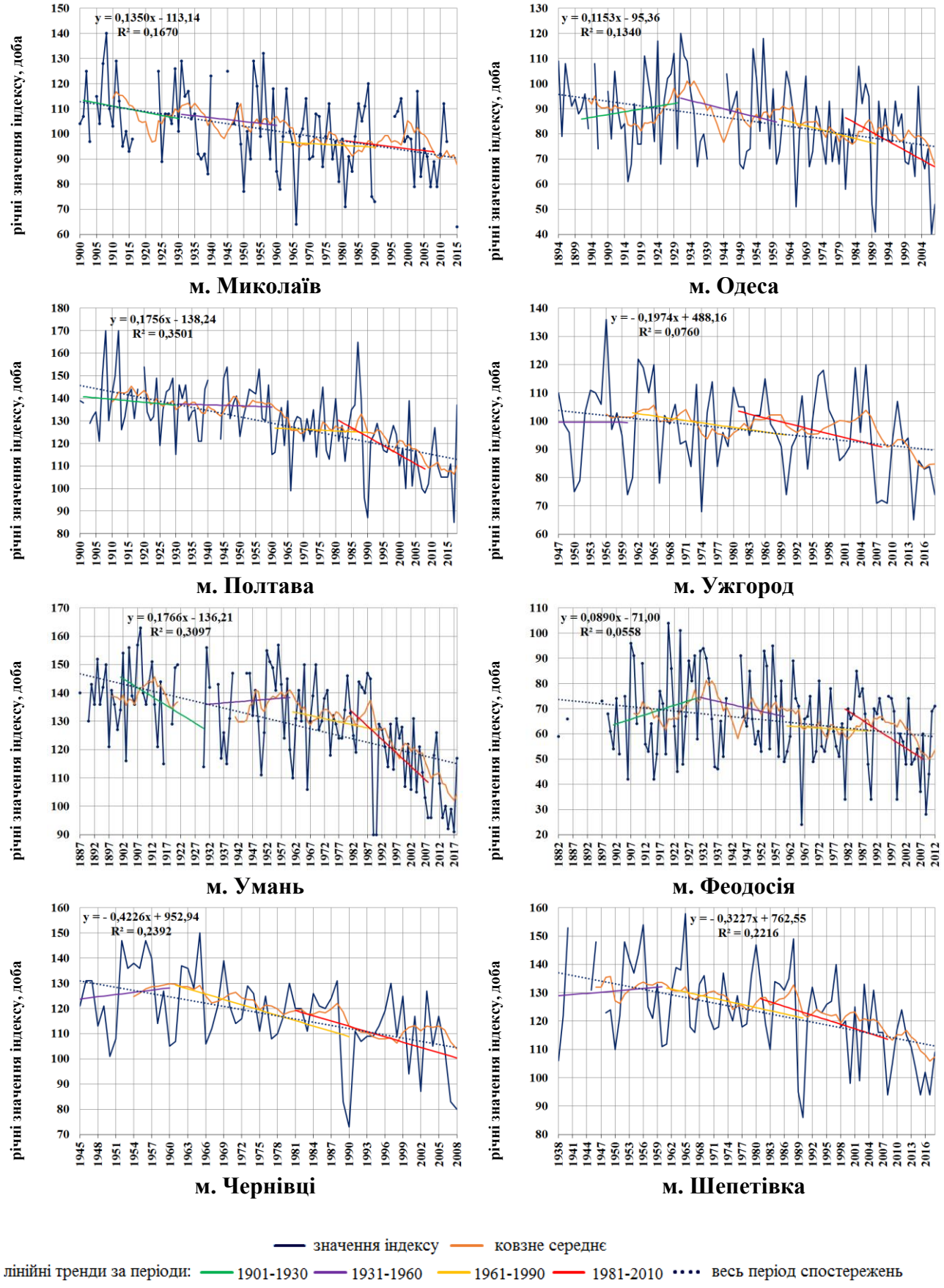


Рисунок Б.9 – Часовий хід річної кількості морозних днів (FD).



Продовження рис. Б.9

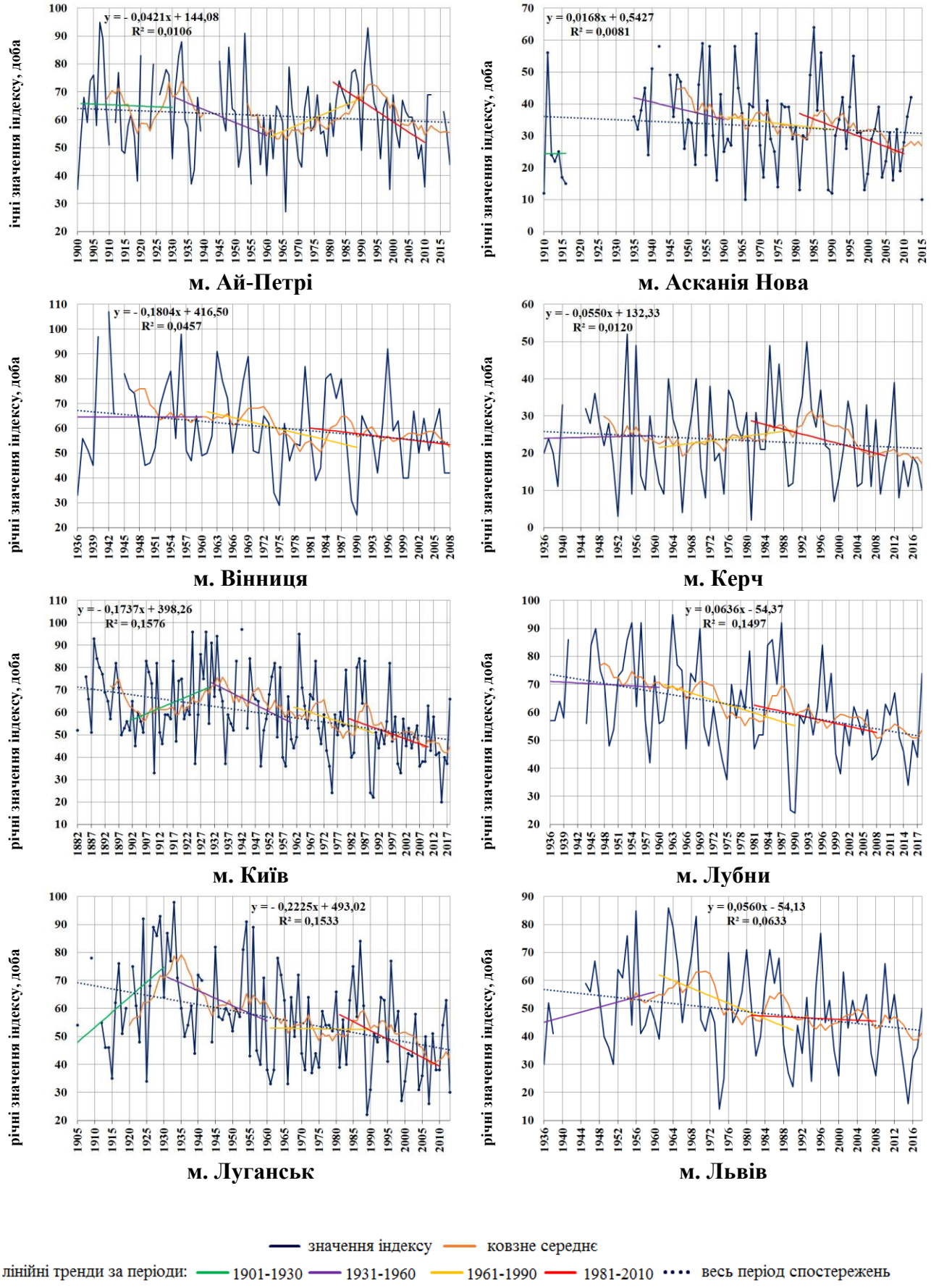
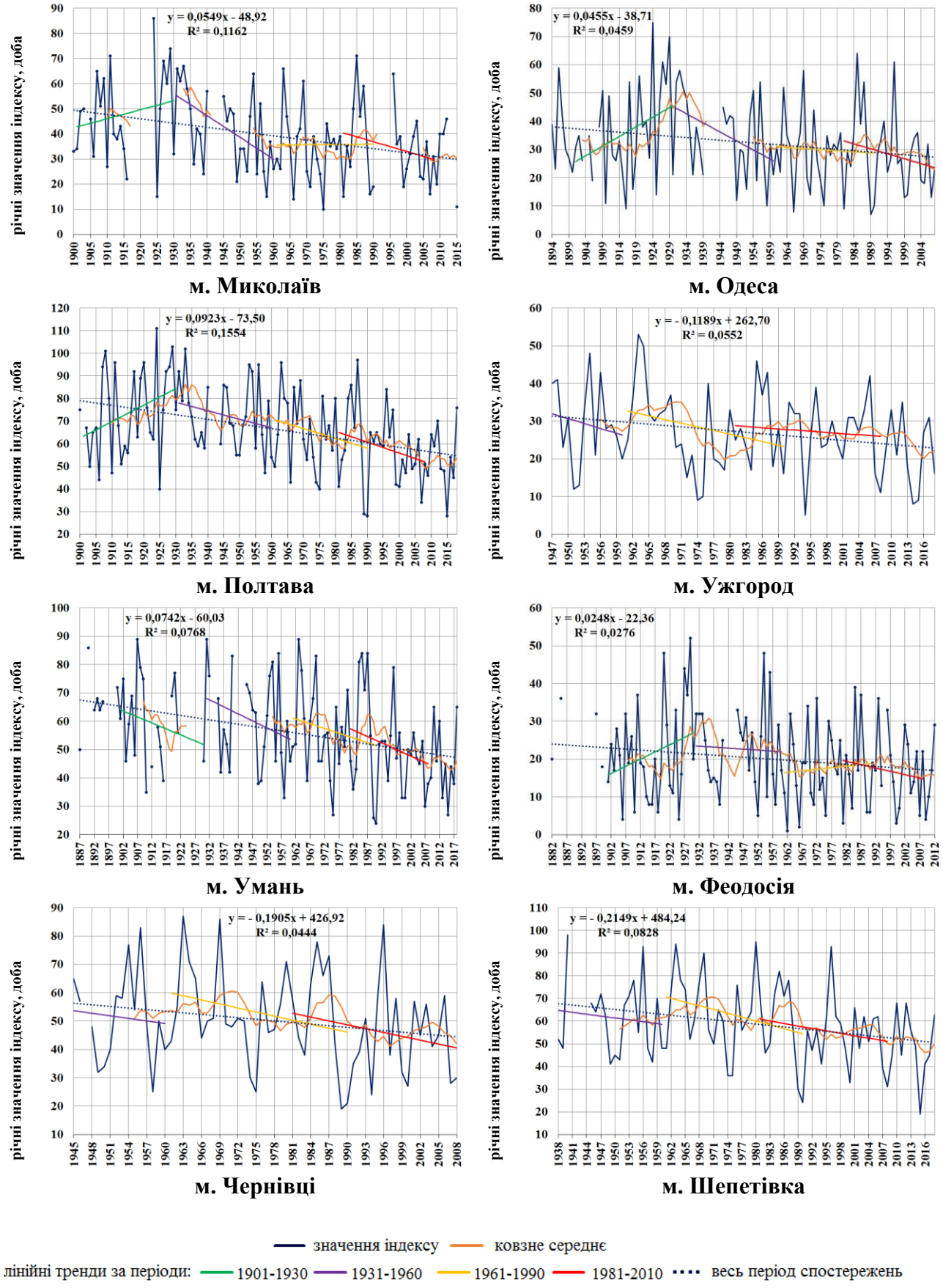


Рисунок Б.10 – Часовий хід річної кількості крижаних днів (ID).



Продовження рис. Б.10

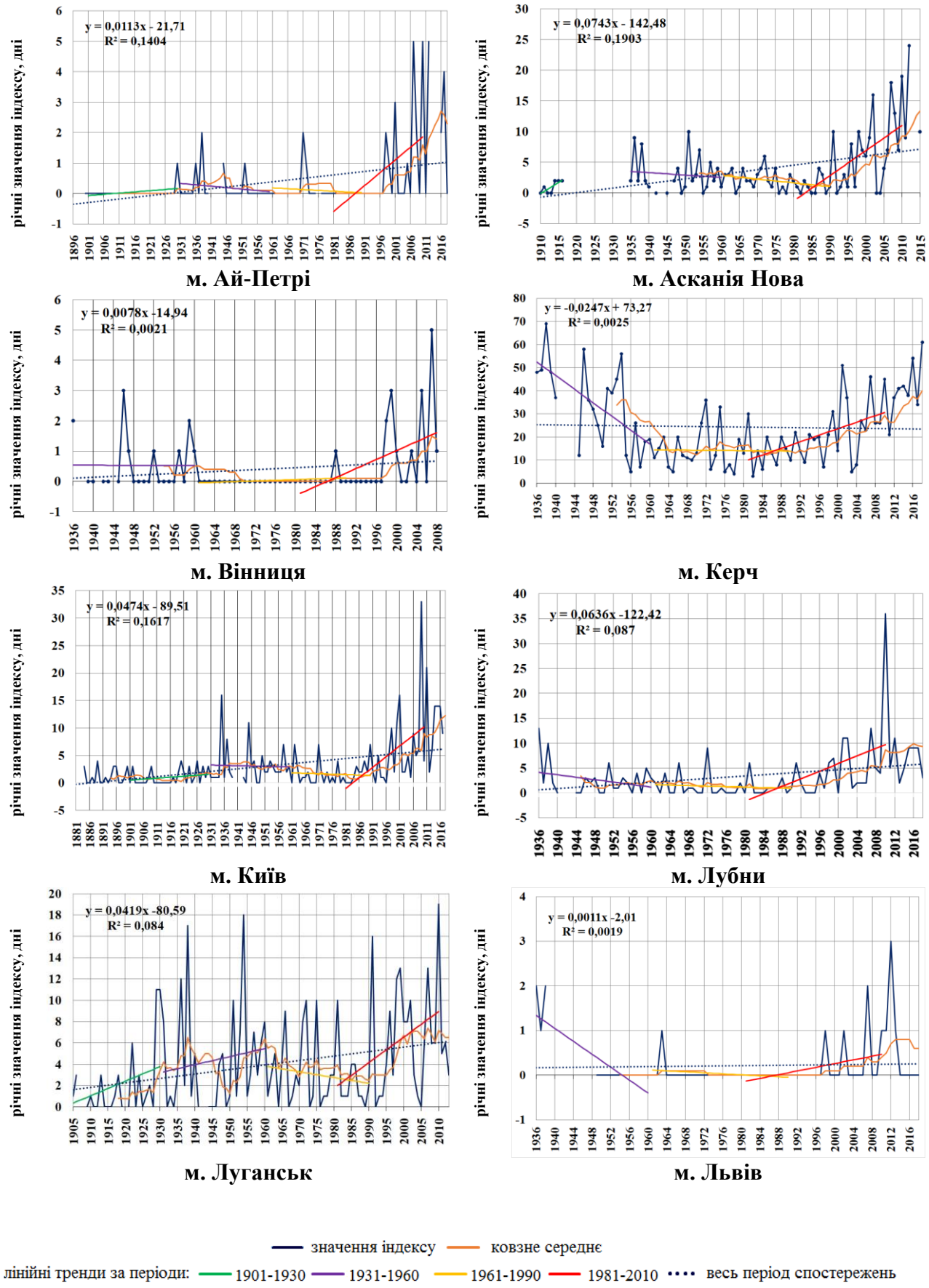
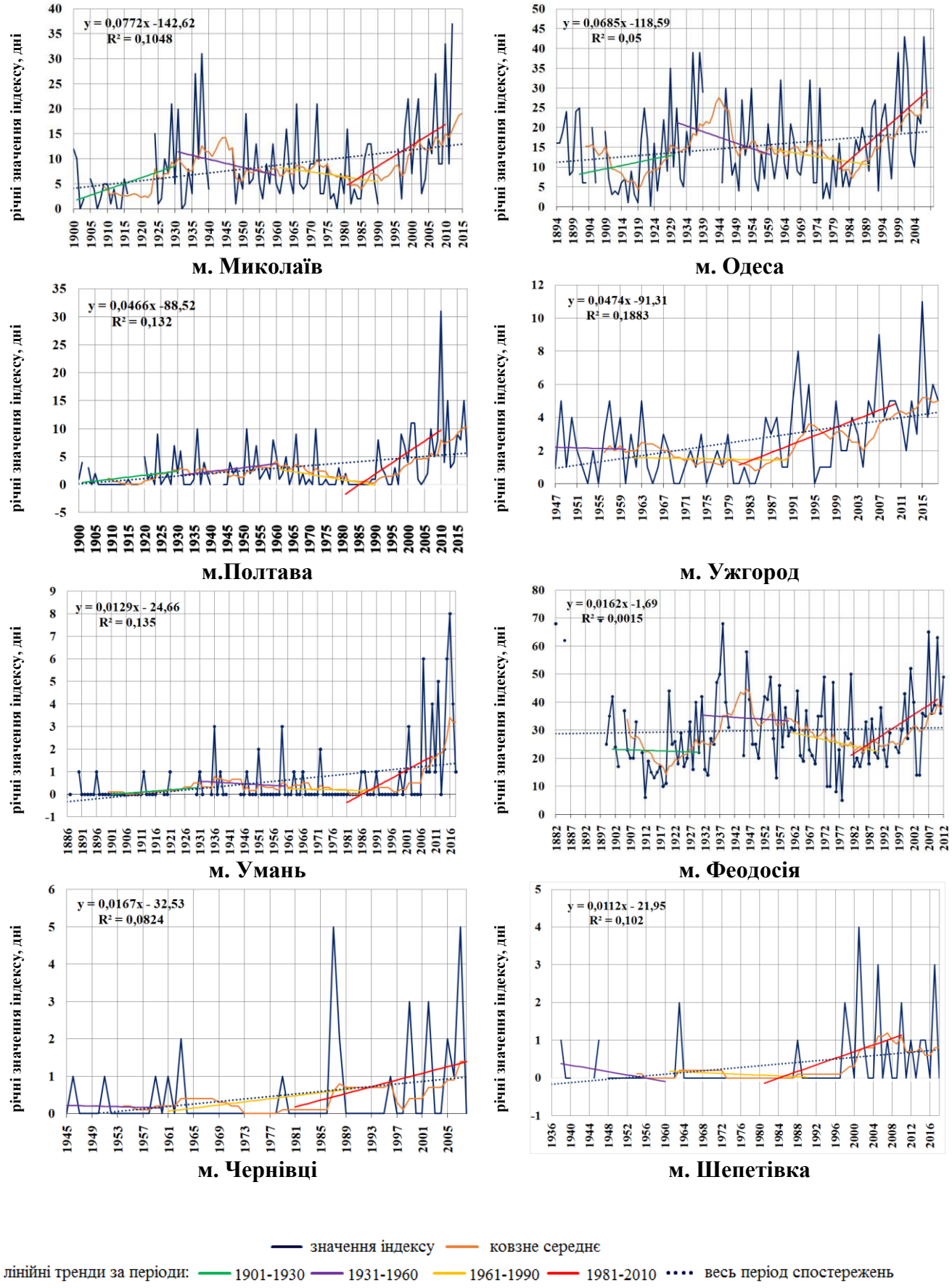


Рисунок Б.11 – Часовий хід річної кількості тропічних ночей (TR).



Продовження рис. Б.11

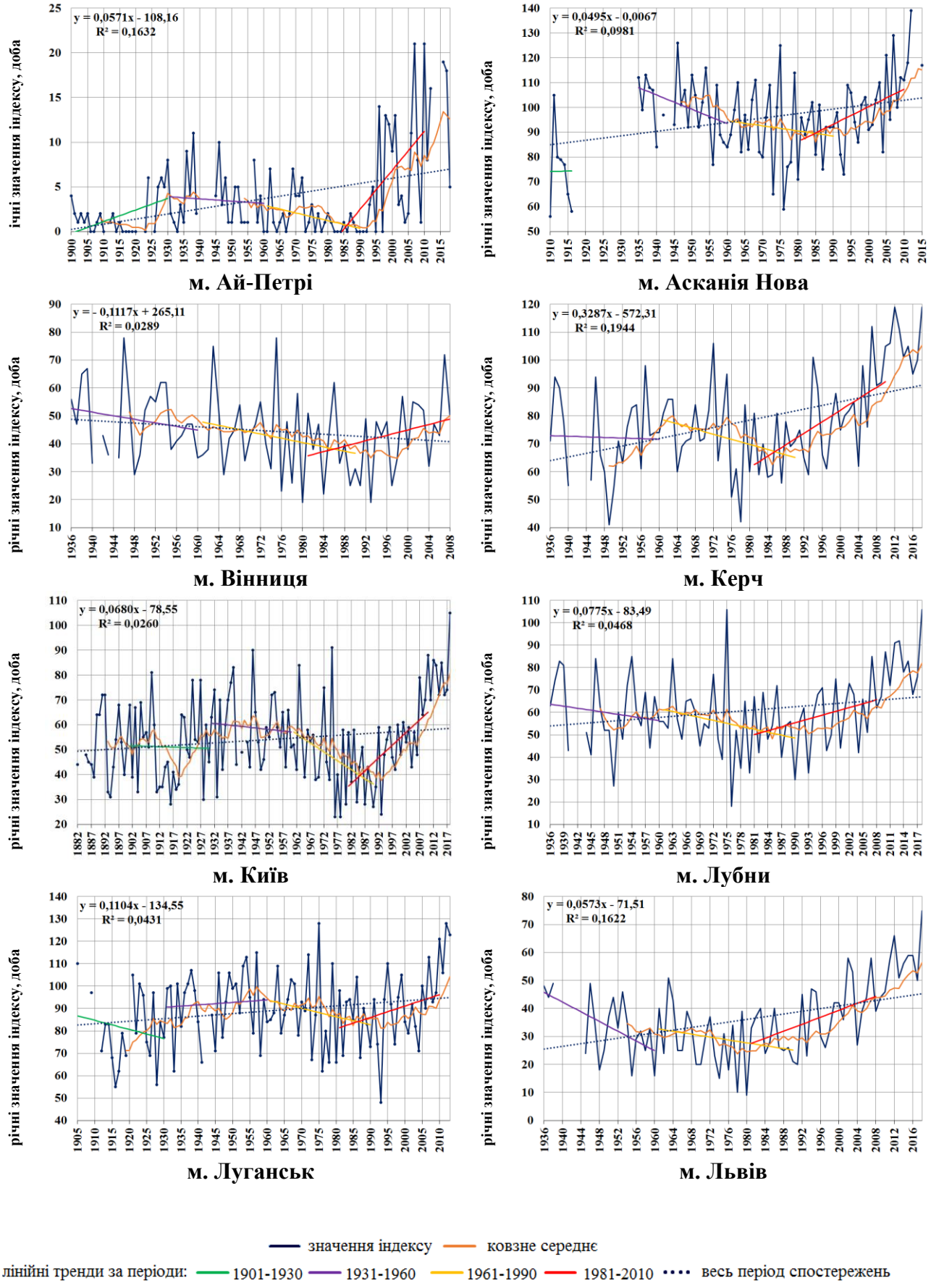
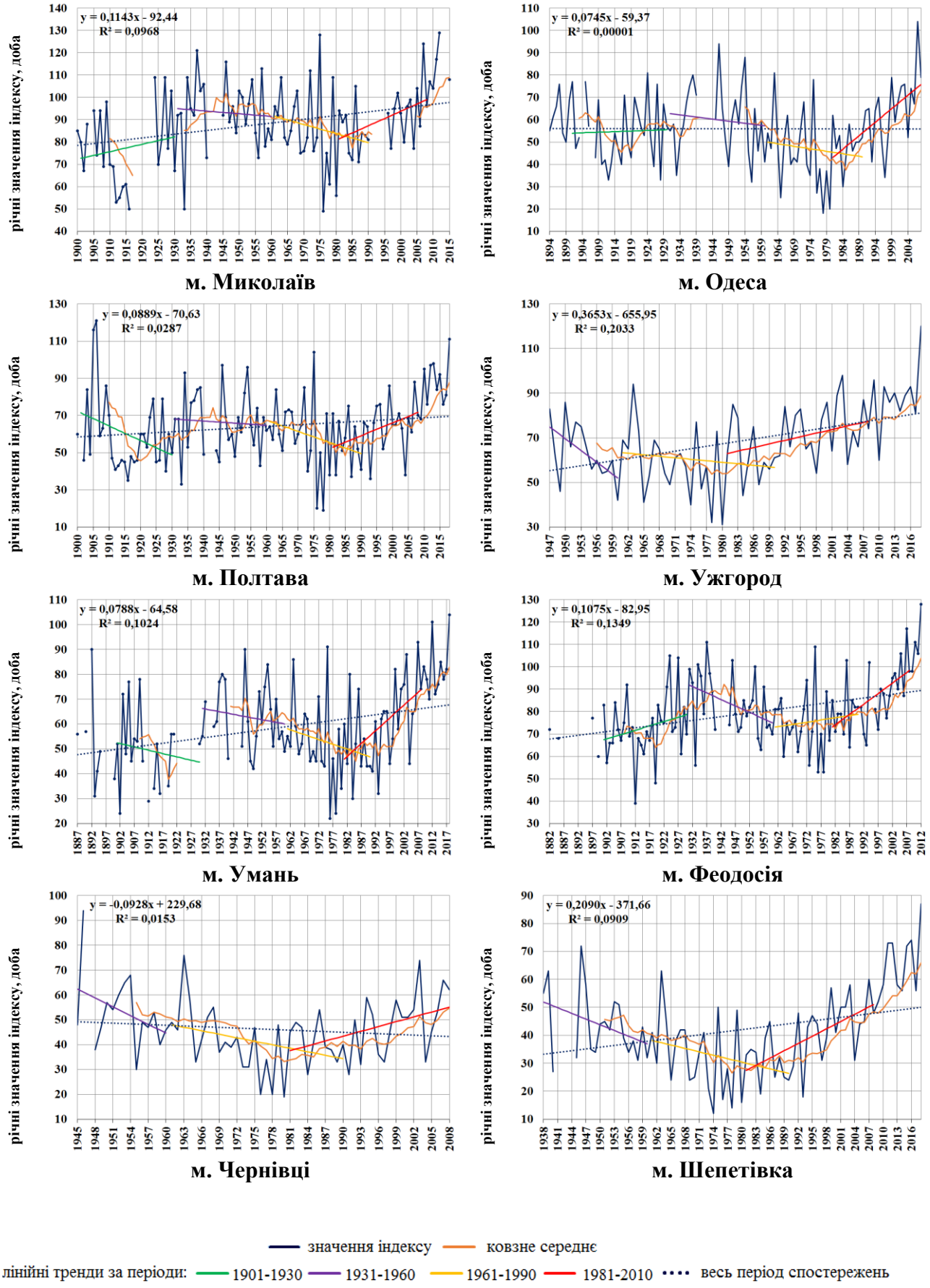


Рисунок Б.12 – Часовий хід річної кількості літніх днів (SU).



Продовження рис. Б.12

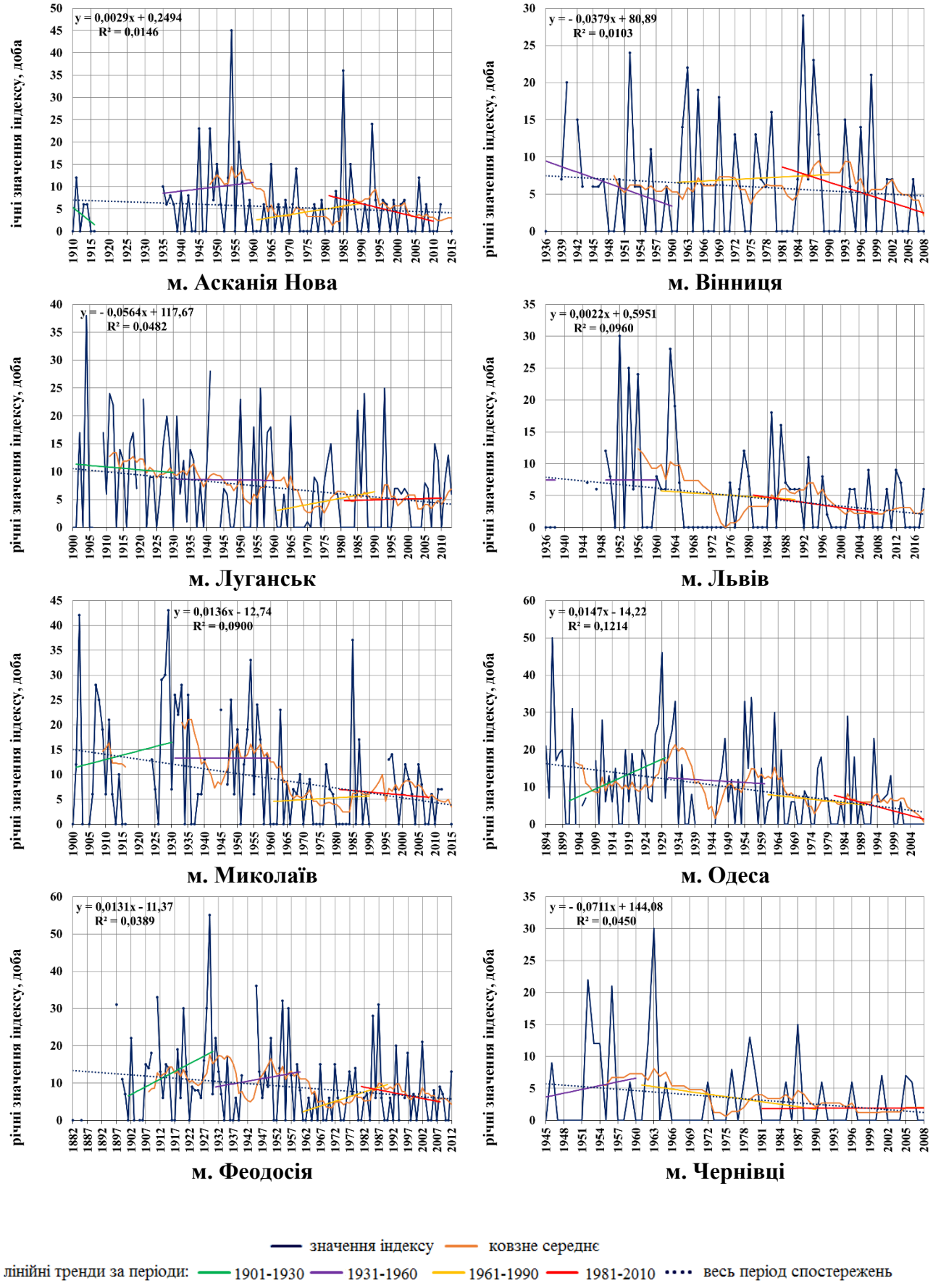


Рисунок Б.13 – Часовий хід індексу тривалості холодних періодів (CSDI)

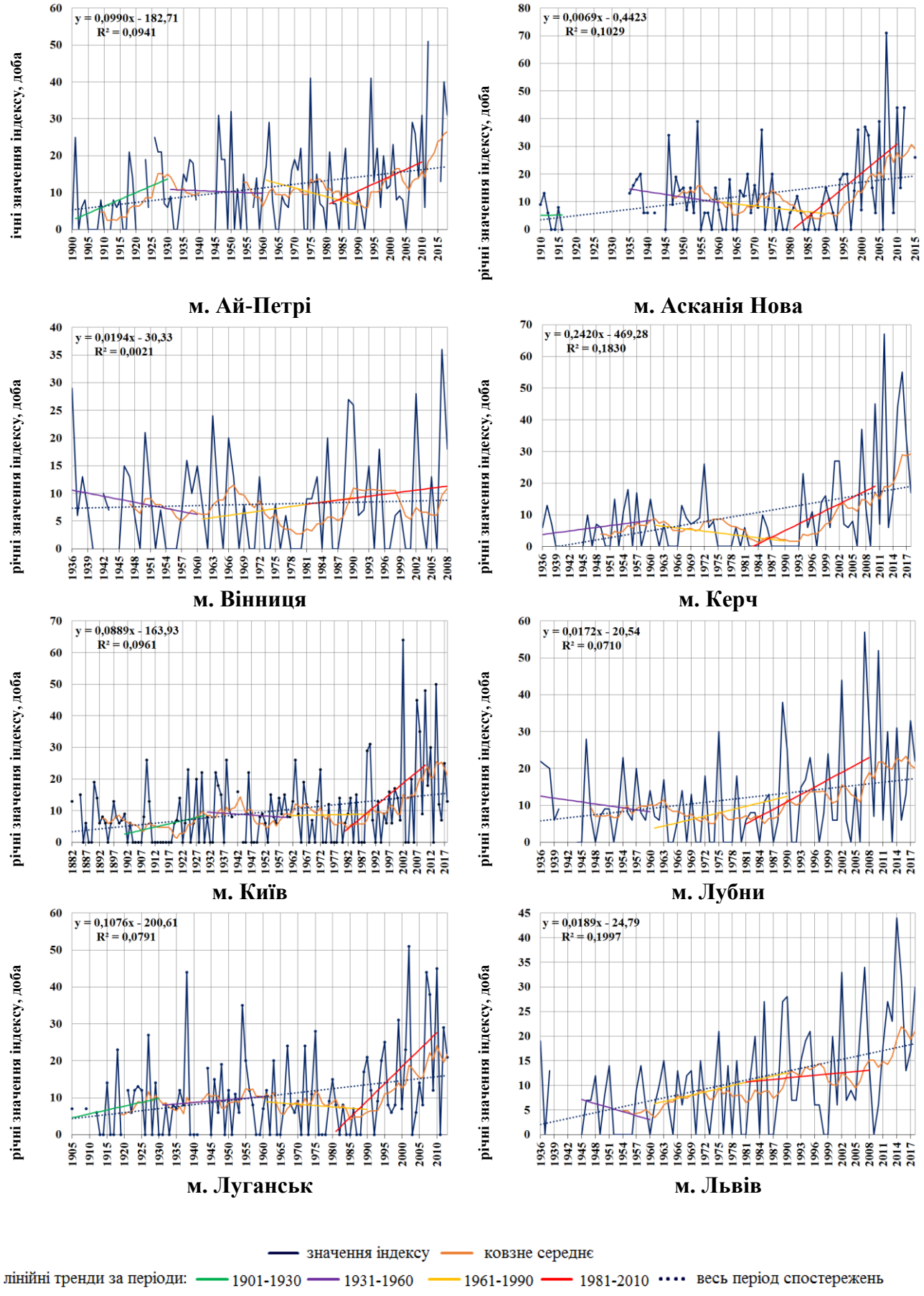
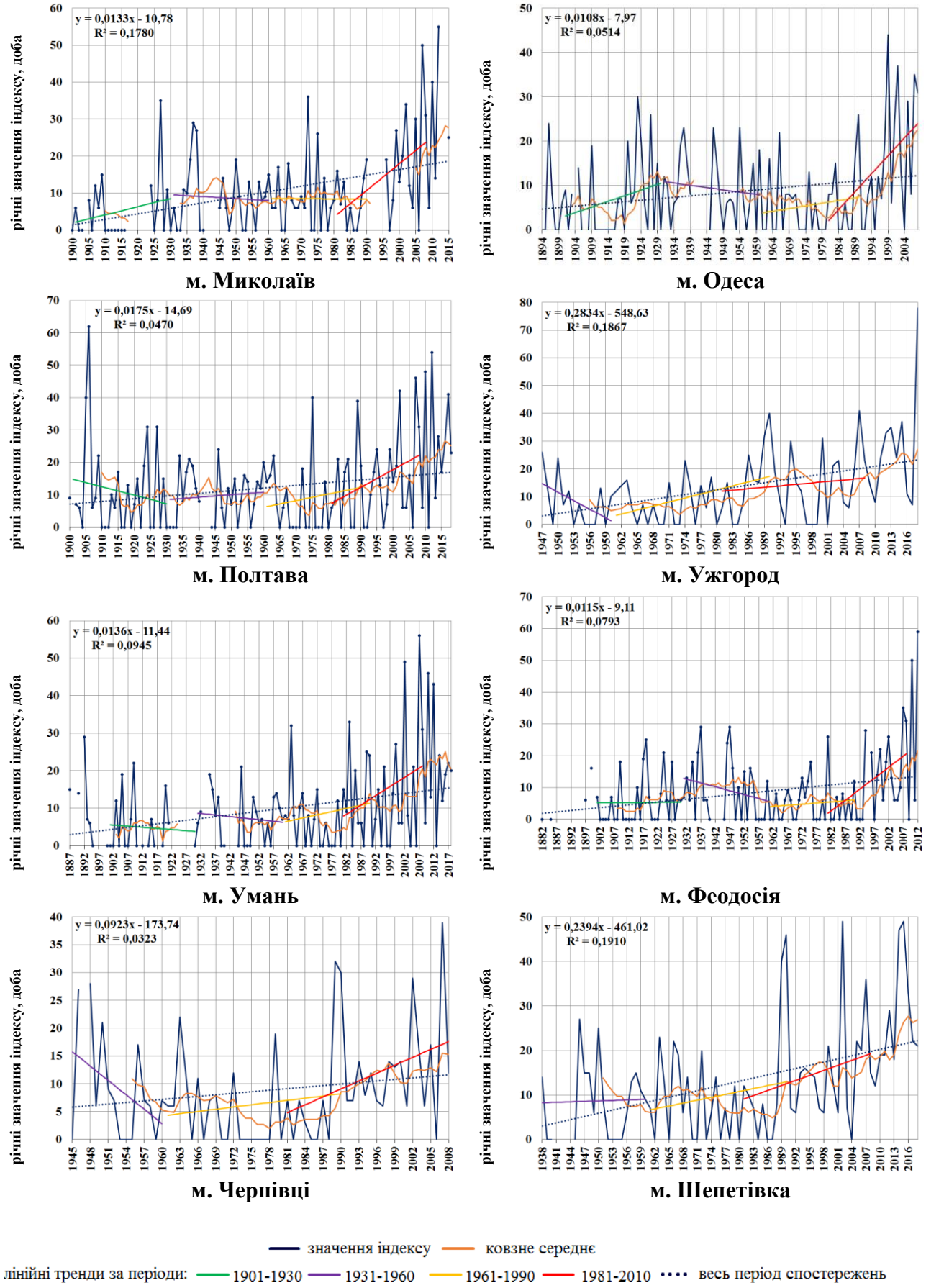


Рисунок Б.14 – Часовий хід індексу тривалості теплих періодів (WSDI).



Продовження рис. Б.14

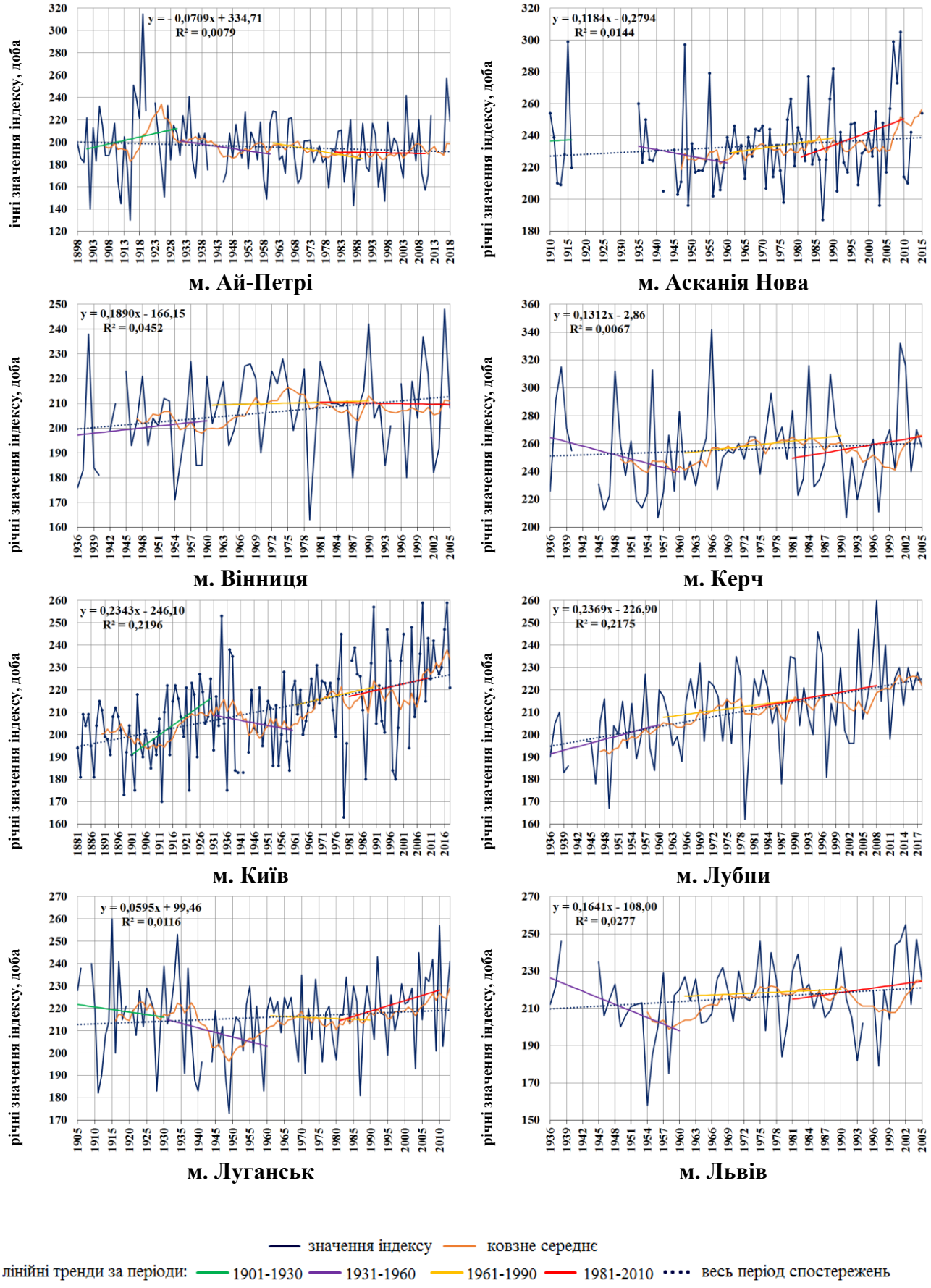
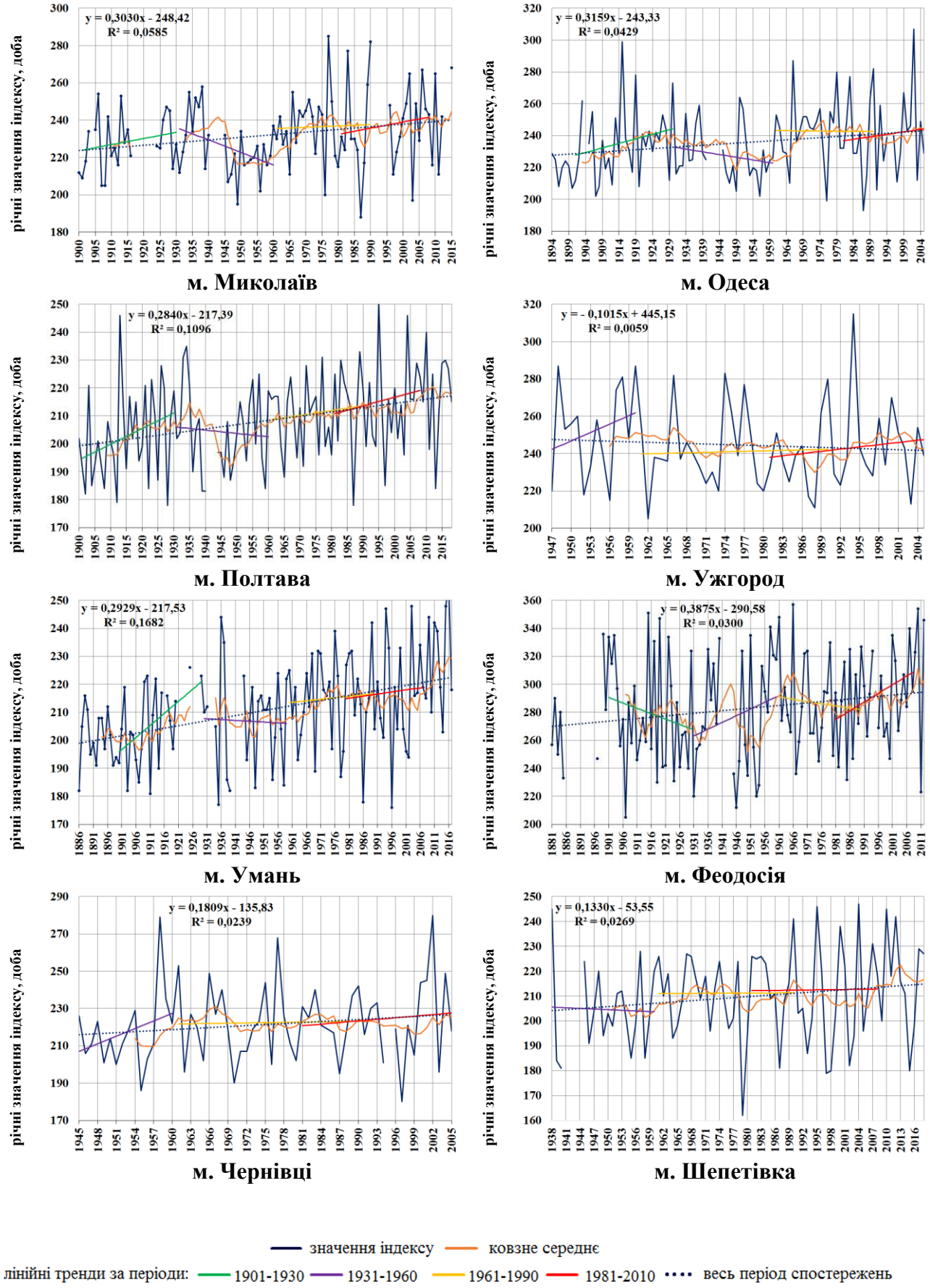


Рисунок Б.15 – Часовий хід річної тривалості вегетаційного періоду (GSL).



Продовження рис. Б.15

ДОДАТОК В

Таблиця В.1. Рівняння лінії трендів для індексу ТХх, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай-Петрі						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0135x - 0{,}2216$	0,2472	0,192	0,247	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0359x - 43{,}30$	0,2139	0,388	0,496	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0042x + 18{,}76$	0,0274	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0386x + 101{,}68$	-0,1980	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1274x - 227{,}87$	0,5008	0,361	0,463	+
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = 0{,}0185x + 0{,}0104$	0,3533	0,216	0,281	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0178x - 0{,}0004$	0,8314			
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0025x + 32{,}01$	0,0143	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0506x + 135{,}71$	-0,2607	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1590x - 280{,}40$	0,6330	0,361	0,463	+
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = -0{,}0068x + 45{,}74$	-0,0747	0,234	0,304	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0310x + 92{,}92$	-0,1092	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0387x + 108{,}32$	-0,2167	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}0964x - 160{,}02$	0,4392	0,374	0,478	+–
Керч						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0381x - 41{,}77$	0,4756	0,222	0,289	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0496x - 63{,}93$	0,2408	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0376x + 107{,}32$	-0,1848	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1082x - 181{,}97$	0,5296	0,361	0,463	+

Продовження табл. В.2

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1882 – 2018	$y = -0{,}0019x + 37{,}02$	-0,0356	0,171	0,223	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0179x + 67{,}37$	-0,0864	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0067x + 46{,}99$	-0,0290	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0960x + 221{,}54$	-0,5095	0,361	0,463	+
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1820x - 330{,}26$	0,6708	0,361	0,463	+
Лубни						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0373x - 35{,}54$	0,1512	0,219	0,285	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0355x - 35{,}54$	0,1313	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0673x + 165{,}24$	-0,3451	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1497x - 265{,}16$	0,5980	0,361	0,463	+
Луганськ						
1	1905 – 2013	$y = 0{,}0108x + 15{,}36$	0,1384	0,196	0,255	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0433x - 47{,}05$	0,1271	0,444	0,561	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0794x - 117{,}81$	0,3721	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0586x + 151{,}49$	-0,2033	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1384x - 239{,}28$	0,4785	0,361	0,463	+
Львів						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0407x - 44{,}17$	0,0545	0,225	0,293	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1233x + 272{,}75$	-0,3695	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0332x + 95{,}68$	-0,2002	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}0834x - 135{,}10$	0,4844	0,361	0,463	+
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = 0{,}0468x - 38{,}31$	0,2174	0,200	0,261	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0027x + 40{,}38$	-0,0112	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0457x - 52{,}85$	0,4313	0,388	0,496	+–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0776x + 188{,}27$	-0,3858	0,361	0,463	+–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1557x - 274{,}32$	0,5951	0,396	0,505	+

Продовження табл. В.2

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = 0{,}0439x - 34{,}61$	0,0291	0,190	0,247	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0204x - 6{,}28$	0,0954	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0003x + 34{,}03$	0,0780	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1059x + 241{,}36$	-0,4633	0,361	0,463	+
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1787x - 323{,}09$	0,5911	0,374	0,478	+
Полтава						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0467x - 36{,}39$	0,0231	0,184	0,240	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0471x + 124{,}65$	-0,1582	0,367	0,470	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0254x - 15{,}17$	-0,0117	0,381	0,487	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1011x + 232{,}83$	-0,4609	0,361	0,463	+
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1662x - 297{,}57$	0,6094	0,361	0,463	+
Ужгород						
1	1947 – 2018	$y = 0{,}0321x - 30{,}07$	0,3431	0,232	0,302	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0965x + 221{,}79$	-0,1727	0,532	0,661	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0085x + 49{,}52$	-0,0468	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}0529x - 71{,}54$	0,2937	0,361	0,463	–
Умань						
1	1887 – 2018	$y = 0{,}0442x - 35{,}88$	0,0242	0,191	0,249	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0229x + 76{,}74$	-0,0940	0,468	0,590	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0115x + 11{,}50$	0,3814	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0395x + 110{,}20$	-0,2261	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1431x - 252{,}03$	0,6160	0,361	0,463	+
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = 0{,}0455x - 35{,}26$	0,3116	0,187	0,244	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0796x - 119{,}36$	0,4393	0,361	0,463	+–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0447x + 120{,}69$	0,2341	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0429x + 118{,}08$	-0,2463	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1310x - 226{,}78$	0,6591	0,367	0,470	+

Продовження табл. В.2

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = -0{,}0102x + 52{,}91$	-0,0925	0,248	0,323	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0795x + 189{,}41$	-0,2063	0,514	0,641	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0301x + 91{,}26$	-0,1444	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1210x - 208{,}45$	0,5002	0,374	0,478	+
Шепетівка						
1	1938 – 2018	$y = 0{,}0072x + 17{,}70$	0,1038	0,225	0,293	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0234x + 78{,}42$	-0,0643	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0627x + 154{,}84$	-0,3331	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1029x - 173{,}35$	0,5603	0,361	0,463	+

Таблиця В.2. Рівняння лінії трендів для індексу TNn, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай-Петрі						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0167x - 51{,}31$	0,2045	0,191	0,249	+–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0881x + 149{,}78$	-0,2596	0,388	0,496	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0660x - 147{,}48$	0,2708	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0381x - 94{,}04$	0,1002	0,367	0,470	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}0241x - 65{,}66$	0,0825	0,361	0,463	–
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = -0{,}0055x - 0{,}1911$	0,1453	0,216	0,281	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0047x + 0{,}0017$	-0,7009			
3	1931 – 1960	$y = 0{,}2714x - 541{,}83$	0,3812	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1263x - 259{,}80$	0,2781	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0829x + 156{,}20$	-0,2114	0,361	0,463	–
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = 0{,}0513x - 124{,}17$	0,2266	0,237	0,309	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}3077x - 623{,}95$	0,3924	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0917x - 203{,}78$	0,1786	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0176x + 12{,}87$	-0,0339	0,374	0,478	–
Керч						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0351x - 83{,}84$	0,2085	0,222	0,289	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0417x + 65{,}81$	-0,0708	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1448x - 300{,}34$	0,3207	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}1080x + 202{,}18$	-0,2654	0,361	0,463	–

Продовження табл. В.2

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1882 – 2018	$y = 0{,}0385x - 96{,}66$	0,3805	0,171	0,223	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0296x - 79{,}70$	0,0699	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0845x - 186{,}58$	0,1765	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1341x - 285{,}17$	0,3218	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0500x + 80{,}39$	-0,1190	0,361	0,463	–
Лубни						
1	1936 – 2018	$y = -0{,}0238x + 21{,}43$	0,3202	0,219	0,285	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0014x - 26{,}63$	0,0024	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1497x - 318{,}05$	0,3512	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0589x + 96{,}30$	-0,1446	0,361	0,463	–
Луганськ						
1	1900 – 2013	$y = 0{,}0232x - 71{,}02$	0,1687	0,189	0,246	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}1519x + 264{,}85$	-0,2959	0,381	0,487	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0968x - 215{,}54$	0,1633	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0470x - 117{,}66$	0,1144	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0379x + 51{,}01$	-0,0843	0,361	0,463	–
Львів						
1	1936 – 2018	$y = -0{,}0268x + 28{,}24$	0,0430	0,228	0,296	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0109x - 0{,}4203$	-0,0205	0,482	0,606	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0810x - 181{,}18$	0,1671	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0209x + 20{,}27$	-0,0434	0,361	0,463	–
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = -0{,}0260x + 22{,}04$	0,1434	0,201	0,262	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}1046x + 179{,}51$	-0,2159	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1408x - 293{,}60$	0,2782	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1467x - 307{,}55$	0,3438	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}2034x + 387{,}65$	-0,4974	0,396	0,505	+–

Продовження табл. В.2

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = -0{,}0218x + 18{,}17$	0,3029	0,191	0,249	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0437x + 66{,}65$	-0,0835	0,381	0,487	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0744x - 161{,}41$	0,2427	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1240x - 259{,}61$	0,3141	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0958x + 176{,}75$	-0,2498	0,374	0,478	–
Полтава						
1	1900 – 2018	$y = -0{,}0318x + 24{,}83$	0,2219	0,185	0,241	+–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0341x + 40{,}97$	-0,0761	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0314x + 36{,}36$	-0,1066	0,381	0,487	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1425x - 304{,}48$	0,2753	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0552x + 88{,}25$	-0,1149	0,361	0,463	–
Ужгород						
1	1947 – 2018	$y = 0{,}0595x - 137{,}03$	0,2952	0,232	0,302	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}4246x - 849{,}94$	0,3322	0,532	0,661	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1330x - 282{,}06$	0,2825	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}0339x - 86{,}23$	0,0805	0,361	0,463	–
Умань						
1	1887 – 2018	$y = -0{,}0319x + 24{,}92$	0,3085	0,185	0,241	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0675x - 152{,}95$	0,1095	0,444	0,561	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1582x - 332{,}50$	-0,0827	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1594x - 338{,}08$	0,2949	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0100x - 1{,}25$	-0,0226	0,361	0,463	–
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = -0{,}0193x + 15{,}29$	0,1684	0,188	0,245	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}1103x + 196{,}89$	-0,2235	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0046x - 6{,}76$	-0,2240	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0719x - 155{,}08$	0,1725	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}1261x + 239{,}30$	-0,3053	0,367	0,470	–

Продовження табл. В.2

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = 0{,}0331x - 86{,}27$	0,1577	0,246	0,320	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}4021x - 806{,}41$	0,4143	0,497	0,623	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1498x - 316{,}37$	0,3411	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0541x + 87{,}62$	-0,1230	0,374	0,478	–
Шепетівка						
1	1938 – 2018	$y = 0{,}0149x - 51{,}92$	0,0849	0,226	0,294	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}2334x - 477{,}39$	0,3328	0,468	0,590	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1197x - 259{,}02$	0,2627	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0516x + 80{,}74$	-0,1154	0,361	0,463	–

Таблиця В.3. Рівняння лінії трендів для індексу TXn, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай-Петрі						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0081x - 27{,}11$	0,1078	0,192	0,247	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0316x + 49{,}04$	-0,1096	0,388	0,496	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0048x - 2{,}02$	-0,0190	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0188x - 48{,}51$	0,0536	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}0602x - 130{,}70$	0,2262	0,361	0,463	–
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = -0{,}0055x - 0{,}1911$	0,1453	0,216	0,281	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0047x + 0{,}0017$	-0,7009			
3	1931 – 1960	$y = 0{,}2714x - 541{,}83$	0,3812	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1263x - 259{,}80$	0,2781	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0829x + 156{,}20$	-0,2114	0,361	0,463	–
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = 0{,}0328x - 78{,}66$	0,1765	0,234	0,304	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}2092x - 422{,}70$	0,3271	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0864x - 183{,}70$	0,2344	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0924x + 170{,}73$	-0,2143	0,374	0,478	–
Керч						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0225x - 52{,}43$	0,1394	0,222	0,289	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0042x - 0{,}9535$	-0,0070	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0233x - 53{,}57$	0,0654	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0840x + 160{,}67$	-0,2177	0,361	0,463	–

Продовження табл. В.3

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1882 – 2018	$y = 0{,}0288x - 70{,}61$	0,2904	0,171	0,223	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0248x + 32{,}24$	-0,0581	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0990x - 207{,}59$	0,1838	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0990x - 208{,}86$	0,2533	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0475x + 82{,}21$	-0,1149	0,361	0,463	–
Лубни						
1	1936 – 2018	$y = -0{,}0159x + 14{,}43$	0,2945	0,219	0,285	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0389x - 92{,}39$	0,0573	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1253x - 262{,}03$	0,2894	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0476x + 81{,}44$	-0,1147	0,361	0,463	–
Луганськ						
1	1905 – 2013	$y = 0{,}0419x - 97{,}54$	0,2719	0,196	0,255	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}1601x + 291{,}53$	-0,2453	0,444	0,561	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1109x - 233{,}14$	0,1837	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0718x - 156{,}42$	0,1840	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0321x + 50{,}94$	-0,0728	0,361	0,463	–
Львів						
1	1936 – 2018	$y = -0{,}0153x + 16{,}66$	0,1704	0,225	0,293	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1775x - 359{,}04$	0,3475	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1160x - 240{,}04$	0,3070	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0307x + 49{,}88$	-0,0804	0,361	0,463	–
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = -0{,}0164x + 14{,}58$	0,2417	0,200	0,261	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0196x + 24{,}01$	-0,0466	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1551x - 314{,}35$	0,2597	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1378x - 282{,}31$	0,3333	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}1459x + 281{,}03$	-0,3724	0,396	0,505	–

Продовження табл. В.3

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = -0{,}0138x + 11{,}80$	0,3172	0,190	0,247	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0233x + 33{,}75$	-0,0521	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1168x - 237{,}21$	0,2939	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1149x - 235{,}69$	0,2930	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0970x + 185{,}26$	-0,2657	0,374	0,478	–
Полтава						
1	1900 – 2018	$y = -0{,}0220x + 17{,}41$	0,2708	0,184	0,240	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0426x + 64{,}54$	-0,0968	0,367	0,470	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0919x - 195{,}77$	0,0643	0,381	0,487	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1519x - 315{,}45$	0,3336	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0648x + 115{,}01$	-0,1493	0,361	0,463	–
Ужгород						
1	1947 – 2018	$y = 0{,}0283x - 63{,}83$	0,2017	0,232	0,302	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}2798x - 555{,}02$	0,3354	0,532	0,661	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0890x - 183{,}59$	0,2490	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0119x + 16{,}21$	-0,0450	0,361	0,463	–
Умань						
1	1887 – 2018	$y = -0{,}0190x + 16{,}05$	0,3083	0,191	0,249	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}1428x - 287{,}39$	0,2946	0,482	0,606	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1771x - 360{,}31$	-0,0967	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1133x - 236{,}38$	0,3021	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0599x + 107{,}14$	-0,1600	0,361	0,463	–
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = -0{,}0108x + 8{,}58$	0,1753	0,187	0,244	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0237x + 37{,}27$	-0,0534	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0394x + 67{,}45$	-0,2367	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0343x - 74{,}64$	0,0963	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0731x + 139{,}57$	-0,2097	0,367	0,470	–

Продовження табл. В.3

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = 0{,}0056x - 23{,}17$	0,0293	0,248	0,323	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1368x - 279{,}47$	0,1372	0,514	0,641	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1154x - 239{,}65$	0,3253	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0760x + 139{,}60$	-0,1806	0,374	0,478	–
Шепетівка						
1	1938 – 2018	$y = 0{,}0207x - 54{,}53$	0,1040	0,225	0,293	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}2676x - 535{,}94$	0,3342	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1033x - 217{,}41$	0,2642	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0172x + 21{,}29$	-0,0422	0,361	0,463	–

Таблиця В.4 Рівняння лінії трендів для індексу TNx, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай–Петрі						
1	1900 – 2018	y = 0,0174x– 15,4774	0,3381	0,1908	0,2485	++
2	1901 – 1930	y =0,0119x– 5,1234	0,0831	0,388	0,496	– –
3	1931 – 1960	y =0,0543x– 86,9643	0,3367	0,388	0,496	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0534x+123,5768	– 0,299	0,367	0,47	– –
5	1981 – 2010	y =0,1367x– 254,0918	– 0,3771	0,361	0,463	+–
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	y = 0,0123x– 2,9639	0,0574	0,2158	0,2814	– –
2	1901 – 1930	y =0,3286x– 607,8571	0,717	0,403	0,496	++
3	1931 – 1960	y =0,0723x– 119,5609	0,4214	0,413	0,526	+–
4	1961 – 1990	y =– 0,0365x+92,9373	– 0,2399	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =0,0798x– 137,8992	0,4932	0,361	0,463	++
Вінниця						
1	1936 – 2008	y = 0,0169x– 14,3928	0,0684	0,2338	0,3043	– –
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y =0,031x– 41,4049	0,1759	0,413	0,526	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,0106x+39,6154	– 0,0947	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,1046x– 189,2221	– 0,7813	0,374	0,478	++
Керч						
1	1936 – 2018	y = 0,0081x+8,1531	0,0679	0,2230	0,2906	– –
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y = – 0,0734x+168,0198	– 0,4037	0,433	0,549	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,0117x+46,2037	– 0,0814	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,1078x– 191,2677	0,4981	0,361	0,463	++

Продовження табл. В.4

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1882 – 2018	y = 0,0161x– 10,7876	0,3755	0,1698	0,2216	++
2	1901 – 1930	y =0,0182x– 15,2687	0,1194	0,361	0,463	– –
3	1931 – 1960	y =– 0,0097x+40,189	– 0,0597	0,374	0,478	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,0084x+36,9478	– 0,0632	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,1058x– 189,7855	0,5999	0,361	0,463	++
Лубни						
1	1936 – 2018	y = 0,0223x– 23,4977	0,318	0,217	0,283	++
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y = – 0,0072x+34,6891	– 0,034	0,404	0,515	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0005x+20,8874	– 0,0034	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =0,106x– 190,3484	0,5497	0,361	0,463	++
Луганськ						
1	1905 – 2013	y =0,0157x– 9,1741	0,2586	0,1891	0,2463	++
2	1901 – 1930	y =0,0066x+8,0627	0,0297	0,381	0,487	– –
3	1931 – 1960	y =0,067x– 108,5737	0,2603	0,374	0,478	– –
4	1961 – 1990	y =0,0426x+105,5471	– 0,2427	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =0,0658x– 109,2445	0,3258	0,361	0,463	– –
Львів						
1	1936 – 2018	y = 0,0106x– 2,5074	0,1833	0,2230	0,2906	– –
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y = – 0,1396x+290,9561	– 0,7349	0,456	0,575	++
4	1961 – 1990	y = – 0,0324x+82,0773	– 0,266	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,0875x– 156,2539	0,5911	0,361	0,463	++
Миколаїв						
1	1900 – 2015	y =0,0107x+1,1095	0,2595	0,2000	0,2605	+–
2	1901 – 1930	y =0,0721x– 116,4996	0,4479	0,423	0,537	+–
3	1931 – 1960	y =0,0066x+9,1994	0,052	0,388	0,496	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0229x+67,1545	– 0,1721	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =0,0511x– 79,5921	0,3481	0,396	0,505	– –

Продовження табл. В.4

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	y = 0,0095x+4,3361	0,225	0,1882	0,2452	+–
2	1901 – 1930	y = 0,0409x– 56,1367	0,2311	0,367	0,47	– –
3	1931 – 1960	y = – 0,0234x+68,6971	– 0,1471	0,396	0,505	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,0328x+87,4278	– 0,2717	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =0,1041x– 184,2967	0,6203	0,374	0,478	++
Полтава						
1	1900 – 2018	y =0,0168x– 12,1837	0,3467	0,1840	0,2397	++
2	1901 – 1930	y =0,0208x– 19,7866	0,1192	0,361	0,463	– –
3	1931 – 1960	y = 0,0578x– 91,5888	0,3194	0,381	0,487	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0367x+92,884	– 0,2168	0,367	0,47	– –
5	1981 – 2010	y =0,0972x– 172,7256	0,4744	0,361	0,463	++
Ужгород						
1	1947 – 2018	y =0,0184x– 14,8629	0,2668	0,232	0,302	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y =– 0,056x+130,8318	– 0,149	0,532	0,661	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0147x+50,4214	– 0,083	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =0,0486x– 75,157	0,3253	0,361	0,463	– –
Умань						
1	1887 – 2018	y = 0,0091x+1,2333	0,2472	0,1806	0,2353	++
2	1901 – 1930	y = 0,008x+3,3812	0,0446	0,423	0,537	– –
3	1931 – 1960	y = – 0,0093x+37,3914	– 0,0649	0,404	0,515	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,0456x+108,6896	– 0,3044	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,0996x– 179,3675	0,5954	0,361	0,463	++
Феодосія						
1	1882 – 2012	y = 0,0004x– 23,5946	0,0096	0,1840	0,2397	– –
2	1901 – 1930	y =0,0044x+15,5724	0,0277	0,361	0,463	– –
3	1931 – 1960	y = – 0,0047x+33,6866	– 0,0385	0,388	0,496	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0294x+82,0815	– 0,1965	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,0681x– 111,441	0,4537	0,367	0,47	+–

Продовження табл. В.4

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	y = 0,0218x– 23,9598	0,3095	0,25	0,325	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y = – 0,0053x+29,4493	– 0,031	0,497	0,623	– –
4	1961 – 1990	y = 0,0065x+6,0475	0,0417	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,0821x– 143,9734	0,5147	0,388	0,496	++
Шепетівка						
1	1938 – 2018	y = 0,0172x– 15,1496	0,2969	0,2200	0,2868	++
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y =0,0137x– 7,8549	0,136	0,433	0,549	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,0101x+38,5885	– 0,074	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,0919x– 164,335	0,607	0,361	0,463	++

Таблиця В.5. Рівняння лінії трендів для індексу TN10p, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай-Петрі						
1	1900 – 2018	$y = -0{,}1378x + 307{,}66$	-0,3280	0,191	0,249	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}2005x - 340{,}72$	0,1306	0,388	0,496	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0329x + 104{,}62$	-0,0201	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1869x - 331{,}21$	0,1586	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}9915x + 2012{,}86$	-0,5874	0,361	0,463	+
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = 0{,}0192x + 0{,}8541$	-0,2189	0,217	0,283	+–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0164x - 0{,}0023$	0,9090			
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0176x + 13{,}59$	0,0082	0,423	0,537	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}5052x - 958{,}91$	0,2952	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}7911x + 1613{,}64$	-0,4973	0,361	0,463	+
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = -0{,}4209x + 869{,}60$	-0,4717	0,237	0,309	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -1{,}07x + 2140{,}64$	-0,3785	0,433	0,529	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0167x + 6{,}27$	0,0089	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}9792x + 1984{,}80$	-0,5120	0,374	0,478	+
Керч						
1	1936 – 2018	$y = -0{,}0983x + 226{,}31$	-0,1315	0,222	0,289	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 1{,}74x - 3367{,}39$	0,5921	0,433	0,549	+
4	1961 – 1990	$y = -0{,}2954x + 622{,}71$	-0,1696	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}5764x + 1181{,}34$	-0,3440	0,361	0,463	–

Продовження табл. В.5

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1882 – 2018	$y = -0{,}3752x + 779{,}26$	-0,6881	0,171	0,223	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}1428x + 334{,}05$	-0,0774	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0925x - 129{,}06$	0,0460	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1335x + 303{,}29$	-0,0714	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}6654x + 1358{,}78$	-0,3958	0,361	0,463	+–
Лубни						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0297x - 16{,}78$	-0,4694	0,219	0,285	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1954x - 334{,}30$	0,0720	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1760x + 386{,}74$	-0,0889	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}4790x + 987{,}70$	-0,2866	0,361	0,463	–
Луганськ						
1	1900 – 2013	$y = -0{,}2304x + 495{,}68$	-0,4822	0,189	0,246	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}2688x - 460{,}13$	0,1409	0,381	0,487	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0982x - 142{,}31$	0,0635	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1742x - 305{,}29$	0,1201	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}2712x + 579{,}30$	-0,2147	0,361	0,463	–
Львів						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0352 - 27{,}96$	-0,1562	0,228	0,296	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 1{,}53x - 2955{,}15$	0,6376	0,482	0,606	+
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2149x - 386{,}18$	0,1270	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}6387x + 1312{,}38$	-0,4669	0,361	0,463	+
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = 0{,}0598x - 50{,}17$	-0,2687	0,201	0,262	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}1049x - 149{,}30$	0,0572	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0448x - 38{,}59$	-0,1680	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2298x - 414{,}56$	0,1394	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0745x + 190{,}87$	-0,0528	0,396	0,505	–

Продовження табл. В.5

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = 0{,}0626x - 54{,}90$	-0,4735	0,191	0,249	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}2389x - 404{,}02$	0,1423	0,381	0,487	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0485x + 142{,}83$	0,0901	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0440x + 125{,}95$	-0,0245	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}8098x + 1647{,}82$	-0,4279	0,374	0,478	+–
Полтава						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0585x - 47{,}43$	-0,5714	0,185	0,241	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}3761x - 665{,}30$	0,1940	0,374	0,487	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1493x - 242{,}17$	-0,3626	0,381	0,487	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0894x + 216{,}01$	-0,0479	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}6503x + 1329{,}06$	-0,3893	0,361	0,463	+–
Ужгород						
1	1947 – 2018	$y = -0{,}2496x + 531{,}90$	-0,4055	0,232	0,302	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0330x + 108{,}76$	-0,0098	0,532	0,661	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1960x + 425{,}42$	-0,1358	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}4830x + 999{,}29$	-0,3529	0,361	0,463	–
Умань						
1	1887 – 2018	$y = 0{,}0520x - 40{,}08$	-0,5006	0,185	0,241	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0174x + 80{,}51$	-0,0079	0,444	0,561	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0118x + 21{,}90$	-0,1589	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1241x + 283{,}90$	-0,0732	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}7947x + 1615{,}75$	-0,5068	0,361	0,463	+
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = 0{,}0572x - 46{,}12$	-0,2447	0,188	0,245	+–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}5172x - 940{,}70$	0,2471	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0562x - 63{,}67$	-0,2521	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}5615x - 1070{,}40$	0,2880	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}9183x + 1869{,}01$	-0,4402	0,367	0,470	+–

Продовження табл. В.5

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = -0{,}5373x + 1099{,}13$	-0,6570	0,246	0,320	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}3015x + 637{,}43$	-0,1147	0,497	0,623	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}6761x + 1373{,}77$	-0,4180	0,361	0,463	+–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}5906x + 1205{,}07$	-0,4674	0,374	0,478	+–
Шепетівка						
1	1938 – 2018	$y = -0{,}2138x + 459{,}55$	-0,3646	0,226	0,294	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0897x - 215{,}82$	-0,0422	0,468	0,590	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0607x - 81{,}35$	0,0378	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}4285x + 889{,}56$	-0,3448	0,361	0,463	–

Таблиця В.6. Рівняння лінії трендів для індексу TN90p, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай-Петрі						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}1345x - 219{,}43$	0,2939	0,191	0,249	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}1836x - 310{,}90$	0,1342	0,388	0,496	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}3732x - 683{,}82$	0,2765	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}2716x + 575{,}88$	-0,2012	0,367	0,470	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}14x - 2221{,}30$	0,5845	0,361	0,463	+
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = 0{,}0240x - 1{,}07$	0,3477	0,217	0,283	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0237x + 0{,}0048$	-0,3501			
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1925x - 335{,}10$	0,1110	0,423	0,537	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}4467x + 920{,}36$	-0,2629	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}86x - 3663{,}75$	0,7354	0,361	0,463	+
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = 0{,}3934x - 733{,}51$	0,4569	0,237	0,309	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}4317x - 803{,}89$	0,2308	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0857x - 131{,}84$	0,0530	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}43x - 2802{,}96$	0,5960	0,374	0,478	+
Керч						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}1135x - 168{,}24$	0,0941	0,222	0,289	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -1{,}97x + 3903{,}50$	-0,5303	0,433	0,549	+–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0345x + 107{,}15$	-0,0164	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}48x - 2901{,}53$	0,5490	0,361	0,463	+–

Продовження табл. В.6

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1882 – 2018	$y = 0{,}3542x - 652{,}72$	0,6988	0,171	0,223	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}5288x - 987{,}44$	0,4311	0,361	0,463	+–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0078x + 50{,}66$	-0,0066	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2214x - 398{,}59$	0,1149	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}02x - 1984{,}55$	0,5187	0,361	0,463	+
Лубни						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0735x - 90{,}03$	0,6153	0,219	0,285	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}2045x + 435{,}18$	-0,1128	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2383x - 432{,}59$	0,1218	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}39x - 2723{,}29$	0,6090	0,361	0,463	+
Луганськ						
1	1900 – 2013	$y = 0{,}2920x - 534{,}53$	0,3027	0,189	0,246	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}1504x + 313{,}66$	0,4552	0,381	0,487	+–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}5071x - 951{,}76$	0,3263	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1386x + 312{,}50$	-0,0870	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}14x - 2225{,}04$	0,5667	0,361	0,463	+
Львів						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0851 - 111{,}82$	0,2566	0,228	0,296	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -3{,}44x + 6754{,}71$	-0,7571	0,482	0,606	+
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1898x - 336{,}58$	0,1300	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}8325x - 1612{,}28$	0,5605	0,361	0,463	+
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = 0{,}0500x - 39{,}42$	0,4062	0,201	0,262	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}4342x - 803{,}02$	0,3496	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0982x - 150{,}97$	0,6024	0,396	0,505	+
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1840x + 402{,}16$	-0,0953	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}5318x - 1016{,}67$	0,3295	0,396	0,505	–

Продовження табл. В.6

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = 0{,}0512x - 37{,}62$	0,3896	0,191	0,249	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}5985x - 1113{,}40$	0,3823	0,381	0,487	+–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}2899x + 604{,}73$	-0,1910	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0623x - 85{,}39$	0,0307	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}53x - 2991{,}56$	0,5604	0,374	0,478	+
Полтава						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0567x - 43{,}88$	0,6332	0,185	0,241	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}2539x - 458{,}15$	0,1695	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1651x - 285{,}88$	0,5322	0,381	0,487	+
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1606x + 355{,}24$	-0,0801	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}64x - 3222{,}72$	0,6940	0,361	0,463	+
Ужгород						
1	1947 – 2018	$y = 0{,}3216x - 592{,}65$	0,4559	0,232	0,302	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1209x + 278{,}35$	-0,0471	0,532	0,661	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0567x + 149{,}84$	-0,0489	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}6509x - 1253{,}3$	0,4556	0,361	0,463	+–
Умань						
1	1887 – 2018	$y = 0{,}0613x - 47{,}55$	0,5849	0,185	0,241	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}2613x + 529{,}13$	-0,1819	0,444	0,561	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1341x - 219{,}80$	0,6892	0,404	0,515	+
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0674x - 95{,}73$	0,0370	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}60x - 3138{,}74$	0,6704	0,361	0,463	+
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = 0{,}0589x - 47{,}33$	0,1101	0,188	0,245	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}2038x - 355{,}53$	0,1334	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1177x - 188{,}00$	0,3483	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}4029x + 834{,}08$	-0,2051	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}52x - 2977{,}58$	0,5655	0,367	0,470	+

Продовження табл. В.6

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = 0{,}6781x - 1295{,}57$	0,6715	0,246	0,320	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1103x - 179{,}79$	0,0597	0,497	0,623	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}9148x - 1769{,}51$	0,5527	0,361	0,463	+
5	1981 – 2010	$y = 1{,}22x - 2379{,}24$	0,5826	0,374	0,478	+
Шепетівка						
1	1938 – 2018	$y = 0{,}4886x - 920{,}75$	0,5963	0,226	0,294	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1617x + 354{,}59$	-0,1105	0,468	0,590	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}3386x - 630{,}70$	0,2139	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}8890x - 1722{,}84$	0,4975	0,361	0,463	+

Таблиця В.7. Рівняння лінії трендів для індексу ТХ10р, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай-Петрі						
1	1900 – 2018	$y = -0{,}0911x + 216{,}16$	-0,2378	0,192	0,250	+–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}1432x + 317{,}47$	-0,1168	0,388	0,496	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1800x + 386{,}56$	-0,1274	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}5626x - 1072{,}70$	0,3800	0,361	0,463	+–
5	1981 – 2010	$y = -1{,}03x + 2094{,}20$	-0,5958	0,361	0,463	+
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = 0{,}0178x + 0{,}5258$	-0,2078	0,216	0,281	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0198x + 0{,}0021$	0,2184			
3	1931 – 1960	$y = 0{,}2410x - 430{,}20$	0,1258	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}3257x - 604{,}81$	0,1591	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}9544x + 1937{,}89$	-0,4838	0,361	0,463	+
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = -0{,}0983x + 233{,}95$	-0,1737	0,234	0,304	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1955x + 423{,}11$	-0,2173	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0327x - 25{,}24$	0,0196	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}3659x + 768{,}18$	-0,2114	0,374	0,478	–
Керч						
1	1936 – 2018	$y = -0{,}1701x + 372{,}72$	-0,2349	0,222	0,289	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}7969x - 1512{,}38$	0,3362	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}6741x - 1292{,}98$	0,3253	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -1{,}10x + 2224{,}46$	-0,5519	0,361	0,463	+

Продовження табл. В.7

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1882 – 2018	$y = -0{,}1975x + 426{,}96$	-0,4507	0,171	0,223	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}1953x - 324{,}88$	0,1147	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}6766x + 1359{,}10$	-0,3102	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2861x - 525{,}58$	0,1593	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}8251x + 1680{,}93$	-0,4414	0,361	0,463	+–
Лубни						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0347x - 24{,}89$	-0,3935	0,219	0,285	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1610x - 266{,}52$	0,0644	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2133x - 382{,}50$	0,1080	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}6443x + 1319{,}71$	-0,3862	0,361	0,463	+–
Луганськ						
1	1905 – 2013	$y = -0{,}2532x + 540{,}04$	-0,4194	0,196	0,255	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}9545x - 1776{,}92$	0,3984	0,444	0,561	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1342x + 308{,}67$	-0,0639	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}4721x - 893{,}66$	0,2489	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}7595x + 1551{,}80$	-0,4204	0,361	0,463	+–
Львів						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0383x - 34{,}78$	-0,3346	0,225	0,293	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}2121x - 373{,}85$	0,0818	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0476x + 133{,}72$	-0,0300	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}6545x + 1338{,}47$	-0,3980	0,361	0,463	+–
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = 0{,}0615x - 55{,}86$	-0,5227	0,200	0,261	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}5403x + 1096{,}49$	-0,2613	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}4118x + 845{,}00$	-0,7318	0,388	0,496	+
4	1961 – 1990	$y = 0{,}4263x - 803{,}46$	0,2111	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}8627x + 1757{,}32$	-0,4693	0,396	0,505	+–

Продовження табл. В.7

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = 0{,}0531x - 44{,}25$	-0,2111	0,190	0,247	+–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}1347x - 215{,}60$	0,0728	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}2537x + 533{,}95$	0,0421	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}5152x - 978{,}92$	0,2258	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -1{,}09x + 2203{,}83$	-0,4503	0,374	0,478	+–
Полтава						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0562x - 44{,}96$	-0,4012	0,184	0,240	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}5084x - 922{,}80$	0,2087	0,367	0,470	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0210x + 2{,}28$	-0,4016	0,381	0,487	+–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}3737x - 698{,}34$	0,1667	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}8171x + 1663{,}68$	-0,4586	0,361	0,463	+–
Ужгород						
1	1947 – 2018	$y = -0{,}2528x + 536{,}52$	-0,3870	0,232	0,302	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}4308x + 880{,}65$	-0,1157	0,532	0,661	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1706x + 376{,}32$	-0,1139	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}2808x + 592{,}98$	-0,1980	0,361	0,463	–
Умань						
1	1887 – 2018	$y = 0{,}0596x - 47{,}52$	-0,4939	0,191	0,249	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}6012x + 1202{,}70$	-0,2174	0,468	0,590	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}3841x + 790{,}88$	-0,6101	0,404	0,515	+
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2031x - 361{,}89$	0,1037	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}7802x + 1590{,}06$	-0,4443	0,361	0,463	+–
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = 0{,}0554x - 44{,}72$	-0,3567	0,187	0,244	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0249x - 0{,}1549$	-0,0927	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}5655x - 1059{,}81$	-0,2769	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2363x - 428{,}34$	0,1165	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}8671x + 1763{,}39$	-0,4625	0,367	0,470	+–

Продовження табл. В.7

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = -0{,}0347x + 105{,}22$	-0,0404	0,248	0,323	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1189x + 266{,}46$	-0,0338	0,314	0,641	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1413x - 239{,}78$	0,0779	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}5914x + 1215{,}10$	-0,3120	0,374	0,478	–
Шепетівка						
1	1938 – 2018	$y = -0{,}2202x + 469{,}97$	-0,3200	0,225	0,293	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}5133x + 1037{,}29$	-0,2032	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1867x + 407{,}63$	-0,1028	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}5949x + 1217{,}76$	-0,3890	0,361	0,463	+–

Таблиця В.8 Рівняння лінії трендів для індексу ТХ90р, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай–Петрі						
1	1896– 2018	y = 0,1876x– 323,1007	0,3797	0,1908	0,2485	++
2	1901 – 1930	y =0,521x– 262,6104	0,1635	0,381	0,487	– –
3	1931 – 1960	y =– 0,2377x+510,5796	– 0,1543	0,404	0,515	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,5633x+1151,3844	– 0,3484	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =1,4429x– 2832,18	0,7058	0,361	0,463	++
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	y = 0,2502x– 447,3548	0,3478	0,2158	0,2814	++
2	1901 – 1930	y =– 2,5x+4810,6428	– 0,5537	0,403	0,496	++
3	1931 – 1960	y =0,0241x– 0,0088	0,0064	0,423	0,537	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,4612x+949,5593	– 0,2238	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =1,4928x– 2929,8887	0,6149	0,361	0,463	++
Вінниця						
1	1936– 2008	y = 0,0975x– 153,1676	0,1355	0,2338	0,3043	– –
2						
3	1931 – 1960	y = – 0,3651x+748,4427	– 0,2186	0,413	0,526	– –
4	1961 – 1990	y = 0,0529x– 65,7315	0,0276	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,4704x– 896,1921	0,2353	0,374	0,478	– –
Керч						
1	1936– 2018	y = 0,6673x– 1275,9974	0,5833	0,2215	0,2887	++
2						
3	1931 – 1960	y = 0,846x– 1620,4948	0,3784	0,433	0,549	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,8494x+1716,3664	– 0,4432	0,361	0,463	+–
5	1981 – 2010	y = 1,5671x– 3082,2972	0,6316	0,361	0,463	++

Продовження табл. В.8

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1881– 2018	y = 0,1757x– 298,9960	0,3799	0,1710	0,2232	++
2	1901– 1930	y =– 0,3755x– 680,6579	0,2258	0,361	0,463	– –
3	1931 – 1960	y =0,0012x+38,5532	0,003	0,374	0,478	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,1177x+271,256	– 0,0557	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 1,1775x– 2300,7956	0,5267	0,361	0,463	++
Лубни						
1	1900– 2018	y = 0,3941x– 734,1732	0,4642	0,2185	0,2849	++
2						
3	1931 – 1960	y = 0,1525x+334,9768	– 0,0948	0,413	0,526	– –
4	1961 – 1990	y = 0,1288x+293,2304	– 0,0574	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 1,0147x– 1976,2332	0,4502	0,361	0,463	+–
Луганськ						
1	1900– 2013	y = 0,2296x– 409,5093	0,3687	0,1960	0,2553	++
2	1901– 1930	y = – 0,2606x+534,2144	– 0,1460	0,444	0,561	– –
3	1931 – 1960	y = 0,6252x– 1178,9505	0,3673	0,374	0,478	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,281x+593,7071	– 0,1329	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 1,2278x– 2402,3255	0,5064	0,361	0,463	++
Львів						
1	1921– 2018	y = 0,5144x– 970,9202	0,5574	0,2245	0,2925	++
2						
3	1931 – 1960	y = – 0,9745x+1939,1985	– 0,5495	0,456	0,575	+–
4	1961 – 1990	y = 0,2242x– 405,0042	0,1322	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,8407x– 1626,1406	0,4364	0,361	0,463	+–
Миколаїв						
1	1921– 2018	y = 0,2953x– 536,8499	0,4867	0,2000	0,2605	++
2	1901– 1930	y = 0,4662x– 864,2488	0,29	0,423	0,537	– –
3	1931 – 1960	y = 0,3626x– 664,536	0,258	0,388	0,496	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,3284x+687,8848	– 0,1519	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 1,1654x– 2276,1273	0,5473	0,396	0,505	++

Продовження табл. В.8

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1904– 2008	y = 0,1083x– 116,5909	0,2062	0,1899	0,2474	+–
2	1901– 1930	y = 0,2681x– 472,8331	0,1448	0,374	0,478	– –
3	1931 – 1960	y = – 0,2070x– 358,1102	0,1249	0,396	0,505	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,1301x+295,4007	– 0,0697	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 1,5982x– 3133,9923	0,6019	0,374	0,478	++
Полтава						
1	1900– 2018	y = 0,1851x– 318,0561	0,2673	0,1840	0,2397	++
2	1901– 1930	y =– 0,9916x+1940,4719	0,0426	0,367	0,47	– –
3	1931 – 1960	y = 0,3233x– 588,8546	0,2572	0,381	0,487	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,2205x+473,9662	0,0054	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 1,1892x– 2324,3918	0,4803	0,361	0,463	++
Ужгород						
1	1921– 2018	y = 0,5477x– 1338,2064	0,5351	0,232	0,302	++
2						
3	1931 – 1960	y = – 1,2703x+2522,4461	– 0,3878	0,532	0,661	– –
4	1961 – 1990	y = 0,2787x– 512,7121	0,1589	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,8073x– 1561,5499	0,4156	0,361	0,463	+–
Умань						
1	1936– 2018	y = 0,2337x– 414,9288	0,4561	0,1908	0,2485	++
2	1901– 1930	y = 0,0168x+0,1941	– 0,0874	0,482	0,606	– –
3	1931 – 1960	y = 0,0515x– 60,608	0,0384	0,404	0,515	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,1048x+245,0323	– 0,0476	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 1,0877x– 2120,7114	0,4583	0,361	0,463	+–
Феодосія						
1	1881– 2012	y = 0,1895x– 328,1958	0,3278	0,1865	0,2430	++
2	1901– 1930	y = 0,8089x– 1514,2456	0,4704	0,361	0,463	++
3	1931 – 1960	y = 0,8087x+1619,7719	– 0,4362	0,388	0,496	+–
4	1961 – 1990	y =– 0,0285x+94,5878	– 0,0134	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 1,4445x– 2833,9875	0,5484	0,361	0,463	++

Продовження табл. В.8

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1881– 2012	y = 0,0866x– 127,7194	0,0945	0,2482	0,3227	– –
2						
3	1931 – 1960	y = – 1,5546x+3082,7123	– 0,5202	0,514	0,641	+–
4	1961 – 1990	y = 0,1439x– 245,9156	0,0713	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,7184x– 1385,2233	0,3234	0,374	0,478	– –
Шепетівка						
1	1936– 2018	y = 0,5058x– 951,0294	0,5120	0,2245	0,2925	++
2						
3	1931 – 1960	y =– 0,253x+539,1196	– 0,1349	0,456	0,575	– –
4	1961 – 1990	y = 0,2661x– 487,428	0,1275	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 1,0694x– 2080,3086	0,5587	0,361	0,463	++

Таблиця В.9. Рівняння лінії трендів для індексу ID, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай-Петрі						
1	1900 – 2018	$y = -0{,}0546x + 242{,}15$	-0,1381	0,191	0,249	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}2290x + 574{,}84$	-0,1582	0,388	0,496	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1132x + 357{,}14$	-0,0783	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}3582x - 571{,}81$	0,3020	0,367	0,470	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}6710x + 1474{,}52$	-0,4235	0,361	0,463	+–
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = 0{,}0559x + 0{,}7618$	-0,0759	0,217	0,283	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0515x - 0{,}0067$	0,7767			
3	1931 – 1960	$y = 0{,}2453x - 359{,}41$	0,1097	0,423	0,537	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2033x - 291{,}29$	0,1148	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}6191x + 1343{,}58$	-0,3851	0,361	0,463	+–
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = -0{,}3677x + 853{,}30$	-0,4724	0,237	0,309	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1139x + 358{,}98$	-0,0535	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1947x + 510{,}99$	-0,1126	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}7198x + 1556{,}13$	-0,3661	0,374	0,478	–
Керч						
1	1936 – 2018	$y = -0{,}1666x + 405{,}35$	-0,2250	0,222	0,289	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}9562x - 1788{,}17$	0,4052	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1208x + 320{,}54$	-0,0708	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -1{,}03x + 2124{,}56$	-0,5320	0,361	0,463	+

Продовження табл. В.9

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1881 – 2018	$y = -0{,}2927x + 694{,}06$	0,6451	0,171	0,223	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}3591x + 818{,}46$	-0,2360	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0297x + 72{,}13$	0,0185	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}5531x + 1208{,}64$	-0,2847	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}4503x + 1008{,}66$	-0,2565	0,361	0,463	–
Лубни						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}1284x - 108{,}32$	-0,6119	0,219	0,285	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}3114x - 467{,}42$	0,1898	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}3771x + 873{,}37$	-0,2166	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}7192x + 1555{,}28$	-0,3920	0,361	0,463	+–
Луганськ						
1	1900 – 2013	$y = -0{,}2422x + 599{,}66$	-0,5178	0,189	0,246	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}3228x - 484{,}53$	0,2225	0,381	0,487	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1673x + 457{,}32$	-0,1138	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0874x - 51{,}55$	0,0547	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}6616x + 1436{,}20$	-0,4276	0,361	0,463	+–
Львів						
1	1921 – 2018	$y = 0{,}1331x - 127{,}08$	-0,1467	0,228	0,296	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 2{,}22x - 4219{,}18$	0,7355	0,482	0,606	+
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1773 + 472{,}84$	-0,1158	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}7017x + 1518{,}78$	-0,4116	0,361	0,463	+–
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = 0{,}1350x - 113{,}14$	-0,4087	0,201	0,262	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}2493x + 587{,}19$	-0,1754	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1510x + 399{,}48$	-0,2858	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0732x + 240{,}36$	-0,0446	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}1623x + 418{,}66$	-0,1071	0,396	0,505	–

Продовження табл. В.9

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = 0{,}1153x - 95{,}36$	-0,3661	0,191	0,249	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}2205x - 333{,}14$	0,1259	0,381	0,487	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}3292x + 729{,}98$	0,0504	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}3388x + 750{,}37$	-0,1787	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}7266x + 1525{,}88$	-0,3424	0,374	0,478	–
Полтава						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}1756x - 138{,}24$	-0,5917	0,185	0,241	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}1297x + 387{,}22$	-0,0858	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0451x + 224{,}62$	-0,1908	0,381	0,487	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0661x + 256{,}36$	-0,0377	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}7996x + 1714{,}11$	-0,4375	0,361	0,463	+–
Ужгород						
1	1947 – 2018	$y = -0{,}1974x + 488{,}16$	-0,2758	0,232	0,302	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0044x + 108{,}16$	-0,0011	0,532	0,661	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}2723x + 636{,}93$	-0,1727	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}4659x + 1026{,}34$	-0,2955	0,361	0,463	–
Умань						
1	1886 – 2018	$y = 0{,}1766x - 136{,}21$	-0,5565	0,185	0,241	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}6246x + 1332{,}98$	-0,3177	0,444	0,561	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0832x - 24{,}57$	-0,1213	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}2218x + 568{,}34$	-0,1259	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}9415x + 1999{,}01$	-0,5144	0,361	0,463	+
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = 0{,}0890x - 71{,}00$	-0,2362	0,188	0,245	+–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}3685x - 636{,}86$	0,1724	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}2633x + 582{,}87$	0,0375	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0707x + 201{,}89$	-0,0408	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}7372x + 1530{,}20$	-0,4199	0,367	0,470	+–

Продовження табл. В.9

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = -0{,}4226x + 952{,}94$	-0,4891	0,246	0,320	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}2941x - 448{,}27$	0,0955	0,497	0,623	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}7030x + 1507{,}85$	-0,4061	0,361	0,463	+–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}6987x + 1503{,}35$	-0,3569	0,374	0,478	–
Шепетівка						
1	1938 – 2018	$y = -0{,}3227x + 762{,}55$	-0,4708	0,226	0,294	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1483x - 158{,}49$	0,0677	0,468	0,590	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}3660x + 849{,}39$	-0,2152	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}5279x + 1173{,}70$	-0,3114	0,361	0,463	–

Таблиця В.10. Рівняння лінії трендів для індексу ID, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай-Петрі						
1	1900 – 2018	$y = -0{,}0421x + 144{,}08$	-0,1032	0,192	0,250	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0503x + 161{,}56$	-0,0320	0,388	0,496	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}4661x + 967{,}92$	-0,2721	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}4754x - 878{,}35$	0,3549	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}7459x + 1551{,}22$	-0,5013	0,361	0,463	+
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = 0{,}0168x + 0{,}5427$	-0,0901	0,216	0,281	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0128x - 0{,}0051$	0,6990			
3	1931 – 1960	$y = -0{,}2713x + 566{,}91$	-0,1708	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1357x + 301{,}95$	-0,0814	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}4345x + 897{,}71$	-0,2879	0,361	0,463	–
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = -0{,}1804x + 416{,}50$	-0,2138	0,234	0,304	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0023x + 60{,}16$	0,0009	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}4988x + 1044{,}93$	-0,2385	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}2474x + 550{,}23$	-0,1256	0,374	0,478	–
Керч						
1	1936 – 2018	$y = -0{,}0550x + 132{,}33$	-0,1094	0,222	0,289	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0309x - 35{,}94$	0,0191	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1615x - 295{,}20$	0,1159	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}3212x + 665{,}05$	-0,2305	0,361	0,463	–

Продовження табл. В.10

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1882 – 2018	$y = -0{,}1737x + 398{,}26$	-0,3970	0,171	0,223	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}5115x - 916{,}00$	0,2762	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}6141x + 1258{,}98$	-0,3192	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}3964x + 839{,}84$	-0,1873	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}4365x + 921{,}94$	-0,2406	0,361	0,463	–
Лубни						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0636x - 54{,}37$	-0,3870	0,219	0,285	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0889x + 243{,}25$	-0,0407	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}5108x + 1071{,}67$	-0,2426	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}3613x + 778{,}29$	-0,1988	0,361	0,463	–
Луганськ						
1	1905 – 2013	$y = -0{,}2225x + 493{,}02$	-0,3915	0,196	0,255	+
2	1901 – 1930	$y = 1{,}07x - 1998{,}04$	0,4154	0,444	0,561	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}5399x + 1113{,}75$	-0,2960	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0209x + 94{,}05$	-0,0117	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}6378x + 1321{,}40$	-0,3592	0,361	0,463	–
Львів						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0560x - 54{,}13$	-0,2516	0,225	0,293	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}4485x - 823{,}13$	0,2197	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}6823x + 1400{,}08$	-0,3278	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0745x + 195{,}15$	-0,0440	0,361	0,463	–
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = 0{,}0549x - 48{,}92$	-0,3409	0,200	0,261	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}3581x - 637{,}90$	0,1869	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}8723x + 1739{,}57$	-0,4698	0,388	0,496	+–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0085x + 19{,}03$	0,0048	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}3900x + 813{,}00$	-0,2448	0,396	0,505	–

Продовження табл. В.10

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = 0{,}0455x - 38{,}71$	-0,2143	0,190	0,247	+–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}6833x - 1273{,}13$	0,3383	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}6407x + 1281{,}74$	-0,2621	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0810x + 189{,}84$	-0,0484	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}3498x + 725{,}94$	-0,2003	0,374	0,478	–
Полтава						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0923x - 73{,}50$	-0,3941	0,184	0,240	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}7291x - 1322{,}68$	0,3187	0,367	0,470	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}3764x + 804{,}85$	-0,1840	0,381	0,487	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}4325x + 918{,}70$	-0,2037	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}4828x + 1021{,}41$	-0,2590	0,361	0,463	–
Ужгород						
1	1947 – 2018	$y = -0{,}1189x + 262{,}70$	-0,2349	0,232	0,302	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}4352x + 879{,}24$	-0,1652	0,532	0,661	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}3239x + 667{,}90$	-0,2514	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}1037x + 234{,}14$	-0,0965	0,361	0,463	–
Умань						
1	1887 – 2018	$y = 0{,}0742x - 60{,}03$	-0,2772	0,190	0,247	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}4237x + 869{,}55$	-0,2145	0,468	0,590	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}4962x + 1026{,}36$	-0,0415	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}3333x + 714{,}69$	-0,1611	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}4614x + 971{,}46$	-0,2474	0,361	0,463	–
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = 0{,}0278x - 22{,}36$	-0,1661	0,187	0,244	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}3831x - 712{,}48$	0,2588	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0524x + 124{,}64$	0,1086	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0819x - 144{,}13$	0,0657	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}1764x + 369{,}14$	-0,1513	0,367	0,470	–

Продовження табл. В.10

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = -0{,}1905x + 426{,}92$	-0,2106	0,248	0,323	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0365x + 649{,}97$	-0,0891	0,514	0,641	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}4761x + 993{,}51$	-0,2415	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}4505x + 945{,}17$	-0,2151	0,374	0,478	–
Шепетівка						
1	1938 – 2018	$y = -0{,}2149x + 484{,}24$	-0,2877	0,225	0,293	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}2757x + 598{,}99$	-0,1100	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}5588 + 1166{,}60$	-0,2714	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}3604x + 774{,}71$	-0,1982	0,361	0,463	–

Таблиця В.11 Рівняння лінії трендів для індексу TR, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай–Петрі						
1	1900 – 2018	y = 0,0112x– 21,7126	0,3748	0,1908	0,2485	++
2	1901 – 1930	y =0,0079x– 15,1125	0,359	0,388	0,496	– –
3	1931 – 1960	y =– 0,0094x+18,5892	– 0,1805	0,388	0,496	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0055x+11,0463	– 0,1213	0,367	0,47	– –
5	1981 – 2010	y =0,0843x– 167,619	0,5296	0,361	0,463	++
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	y = 0,0742x– 142,4819	0,4363	0,2158	0,2814	++
2	1901 – 1930	y =0,3571x– 682,2142	0,7715	0,403	0,496	++
3	1931 – 1960	y =– 0,0385x+78,1574	– 0,1037	0,413	0,526	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0609x+122,3531	– 0,3318	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =0,4097x– 812,6665	0,6378	0,361	0,463	++
Вінниця						
1	1936 – 2008	y = 0,0077x– 14,9395	0,0458	0,2338	0,3043	– –
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y =– 0,0007x+2,0626	– 0,0063	0,413	0,526	– –
4	1961 – 1990	y = 0,0056x– 10,9538	0,2682	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,0741x– 147,3155	0,497	0,374	0,478	++
Керч						
1	1936 – 2018	y = – 0,0247x+73,267	– 0,0499	0,2230	0,2906	– –
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y = – 1,4781x+2914,1514	– 0,6177	0,433	0,549	++
4	1961 – 1990	y = – 0,0189x+51,5231	– 0,0195	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,7081x– 1392,687	0,5018	0,361	0,463	++

Продовження табл. В.11

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1882 – 2018	y = 0,2474x– 89,5118	0,4021	0,1698	0,2216	++
2	1901 – 1930	y =0,0353x– 66,723	0,2222	0,361	0,463	– –
3	1931 – 1960	y =– 0,0119x+26,3056	– 0,0278	0,374	0,478	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,016x+33,2431	– 0,0727	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,3862x– 766,0758	0,5168	0,361	0,463	++
Лубни						
1	1936 – 2018	y = 0,0635x– 122,4219	0,2977	0,217	0,283	++
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y = – 0,1224x+241,1209	– 0,274	0,404	0,515	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,026x+52,7201	– 0,1034	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =0,3781x– 750,4941	0,4753	0,361	0,463	++
Луганськ						
1	1905 – 2013	y =0,0431x– 80,5937	0,3176	0,1891	0,2463	++
2	1901 – 1930	y =0,1369x– 260,489	0,4084	0,381	0,487	+–
3	1931 – 1960	y =0,075x– 141,5918	0,1357	0,374	0,478	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0542x+110,2351	– 0,1481	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =0,2389x– 471,3224	0,4011	0,361	0,463	+–
Львів						
1	1936 – 2018	y = 0,0011x– 2,006	0,0436	0,2230	0,2906	– –
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y = – 0,0724x+141,5205	– 0,803	0,456	0,575	++
4	1961 – 1990	y = – 0,0055x+11,0205	– 0,2682	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,0206x– 41,1195	0,395	0,361	0,463	+–
Миколаїв						
1	1900 – 2015	y =0,0772x– 142,6172	0,3238	0,2000	0,2605	++
2	1901 – 1930	y =0,2332x– 441,6674	0,4264	0,423	0,537	+–
3	1931 – 1960	y =– 0,1608x+321,9814	– 0,1936	0,388	0,496	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0979x+200,2415	– 0,149	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =0,4159x– 819,1145	0,4708	0,396	0,505	+–

Продовження табл. В.11

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	y = 0,0685x– 118,5886	0,2246	0,1882	0,2452	+–
2	1901 – 1930	y = 0,1682x– 311,6731	0,1632	0,367	0,47	– –
3	1931 – 1960	y = – 0,2845x+570,7816	– 0,2541	0,396	0,505	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,1319x+273,1165	– 0,1429	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,7274x– 1431,486	0,1014	0,374	0,478	– –
Полтава						
1	1900 – 2018	y =0,0466x– 88,525	0,3635	0,1840	0,2397	++
2	1901 – 1930	y =0,07x– 132,8213	0,2637	0,361	0,463	– –
3	1931 – 1960	y = 0,0708x– 135,1445	0,2108	0,381	0,487	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0965x+192,0712	– 0,3387	0,367	0,47	– –
5	1981 – 2010	y =0,3936x– 781,4688	0,5453	0,361	0,463	++
Ужгород						
1	1947 – 2018	y =0,0473x– 91,3107	0,4339	0,232	0,302	++
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y =– 0,0087x+19,3164	– 0,0205	0,532	0,661	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,0055x+12,4872	– 0,0348	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y =0,127x– 250,5217	0,4689	0,361	0,463	++
Умань						
1	1887 – 2018	y = 0,0128x– 24,6621	0,3675	0,1806	0,2353	++
2	1901 – 1930	y = 0,0099x– 18,9361	0,2399	0,423	0,537	– –
3	1931 – 1960	y = – 0,0075x+15,0817	– 0,0726	0,404	0,515	– –
4	1961 – 1990	y = – 0,0031x+6,3528	– 0,0566	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,0707x– 140,5055	0,4536	0,361	0,463	+–
Феодосія						
1	1882 – 2012	y = 0,0161x– 1,6918	0,0388	0,1840	0,2397	– –
2	1901 – 1930	y = – 0,0366x+92,768	– 0,0328	0,361	0,463	– –
3	1931 – 1960	y = – 0,0689x+168,4251	– 0,0466	0,388	0,496	– –
4	1961 – 1990	y =– 0,2329x+485,9776	– 0,1724	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,6899x– 1345,7713	0,447	0,367	0,47	+–

Продовження табл. В.11

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	y = 0,0167x– 32,5337	0,287	0,25	0,325	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y = – 0,0044x+8,8014	– 0,0521	0,497	0,623	– –
4	1961 – 1990	y = 0,0206x– 40,5057	0,1763	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,0448x– 88,732	0,2462	0,388	0,496	– –
Шепетівка						
1	1938 – 2018	y = 0,0112x– 21,9466	0,3201	0,2200	0,2868	++
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	y =– 0,0216x+42,3356	– 0,4565	0,433	0,549	+–
4	1961 – 1990	y = – 0,0055x+11,0872	– 0,1216	0,361	0,463	– –
5	1981 – 2010	y = 0,0438x– 86,9557	0,3825	0,361	0,463	+–

Таблиця В.12. Рівняння лінії трендів для індексу SU, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай-Петрі						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0571x - 108{,}16$	0,4040	0,192	0,250	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}1300x - 247{,}18$	0,5105	0,388	0,496	+
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0254x + 52{,}99$	-0,0746	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0868x + 173{,}00$	-0,3676	0,361	0,463	+–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}4365x - 866{,}14$	0,6005	0,361	0,463	+
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = 0{,}0495x - 0{,}0067$	0,3132	0,216	0,281	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0388x - 0{,}0058$	0,8471			
3	1931 – 1960	$y = -0{,}5782x + 1226{,}66$	-0,3768	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}2047x + 495{,}80$	-0,1196	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}7066x - 1312{,}81$	0,4889	0,361	0,463	+
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = -0{,}1117x + 265{,}11$	-0,1700	0,232	0,302	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}3205x + 673{,}21$	-0,1872	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}3867x + 806{,}03$	-0,2347	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}4863x - 927{,}64$	0,3120	0,374	0,478	–
Керч						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}3287x - 572{,}31$	0,4409	0,222	0,289	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0523x + 174{,}25$	-0,0265	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}4618x + 984{,}24$	-0,2980	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}03x - 1971{,}82$	0,6019	0,361	0,463	+

Продовження табл. В.12

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1882 – 2018	$y = 0{,}0680x - 78{,}55$	0,1613	0,171	0,223	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0356x + 119{,}25$	-0,0205	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1225x + 297{,}15$	-0,0784	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}7206x + 1470{,}14$	-0,3821	0,361	0,463	+–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}02x - 1992{,}74$	0,6041	0,361	0,463	+
Лубни						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0775x - 83{,}49$	0,2164	0,219	0,285	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}3053x + 654{,}83$	-0,1482	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}4394x + 922{,}89$	-0,2233	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}5753x - 1089{,}56$	0,3536	0,361	0,463	–
Луганськ						
1	1905 – 2013	$y = 0{,}1140x - 134{,}55$	0,2077	0,196	0,255	+–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}4068x + 861{,}79$	-0,1784	0,444	0,561	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1104x - 122{,}61$	0,0699	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}3753x + 829{,}52$	-0,2063	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}5088x - 926{,}45$	0,2941	0,361	0,463	–
Львів						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0573 - 71{,}51$	0,4027	0,225	0,293	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}8689x + 1728{,}06$	-0,5714	0,456	0,575	+–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}2587x + 540{,}03$	-0,2278	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}6231x - 1206{,}90$	0,5126	0,361	0,463	+
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = 0{,}1143x - 92{,}44$	0,3111	0,200	0,261	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}3329x - 560{,}22$	0,1791	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1199x + 326{,}43$	0,6836	0,388	0,496	+
4	1961 – 1990	$y = -0{,}4069x + 889{,}46$	-0,2092	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}6486x - 1203{,}48$	0,4865	0,396	0,505	+–

Продовження табл. В.12

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = 0{,}0745x - 59{,}37$	-0,0032	0,190	0,247	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0530x - 46{,}79$	0,0322	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1832x + 416{,}38$	-0,1309	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}2249x + 490{,}96$	-0,1316	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}21x - 2354{,}79$	0,6306	0,374	0,478	+
Полтава						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0889x - 70{,}63$	0,1694	0,184	0,240	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}7828x + 1559{,}46$	-0,3125	0,367	0,470	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1148x + 289{,}70$	0,3407	0,381	0,487	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}5951x + 1233{,}80$	-0,2814	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}6937x - 1321{,}26$	0,4085	0,361	0,463	+–
Ужгород						
1	1947 – 2018	$y = 0{,}3653x - 655{,}95$	0,4509	0,232	0,302	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -1{,}76x + 3498{,}15$	-0,5619	0,532	0,661	+–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}2263x + 506{,}99$	-0,1341	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}5388x - 1004{,}48$	0,3426	0,361	0,463	–
Умань						
1	1887 – 2018	$y = 0{,}0788x - 64{,}58$	0,3200	0,190	0,247	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}2677x + 561{,}23$	-0,1352	0,468	0,590	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}2124x + 476{,}47$	0,6677	0,404	0,515	+
4	1961 – 1990	$y = -0{,}3873x + 817{,}58$	-0,2080	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}03x - 1994{,}98$	0,5343	0,361	0,463	+
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = 0{,}1075x - 82{,}95$	0,3672	0,187	0,244	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}3900x - 673{,}99$	0,2444	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}5797x + 1211{,}18$	0,4797	0,388	0,496	+–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1989x - 316{,}97$	0,1325	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}9350x - 1779{,}16$	0,6171	0,367	0,470	+

Продовження табл. В.12

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = -0{,}0928x + 229{,}68$	-0,1236	0,248	0,323	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -1{,}18x + 2355{,}81$	-0,3656	0,514	0,641	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}4685x + 966{,}70$	-0,3419	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}6478x - 1245{,}68$	0,4573	0,374	0,478	+–
Шепетівка						
1	1938 – 2018	$y = 0{,}2090x - 371{,}66$	0,3014	0,225	0,293	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}6788x + 1367{,}44$	-0,3725	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}4076 + 837{,}41$	-0,2962	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}8730x - 1701{,}88$	0,6512	0,361	0,463	+

Таблиця В.13. Рівняння лінії трендів для індексу CSDI, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = 0{,}0029x + 0{,}2494$	-0,1210	0,217	0,283	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}6429 + 1233{,}21$	0,8146			
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0967 - 178{,}66$	0,0737	0,423	0,537	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1270x - 246{,}51$	0,1456	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}1976x + 399{,}35$	-0,2144	0,361	0,463	–
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = -0{,}0379x + 80{,}89$	-0,1013	0,237	0,309	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}2523x + 497{,}90$	-0,2589	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0367x - 65{,}42$	0,0371	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}2288 + 461{,}89$	-0,2297	0,374	0,478	–
Луганськ						
1	1900 – 2013	$y = -0{,}0564x + 117{,}67$	-0,2195	0,189	0,246	+–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0520x + 110{,}19$	-0,0470	0,381	0,487	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0066x + 21{,}39$	-0,0068	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1143x - 221{,}16$	0,1415	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}0158x - 26{,}49$	0,0186	0,361	0,463	–
Львів						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0022x + 0{,}5951$	-0,3098	0,228	0,296	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}00001x + 7{,}39$	0,0725	0,482	0,606	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0458x + 95{,}60$	-0,1050	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}1030x + 209{,}11$	-0,1803	0,361	0,463	–

Продовження табл. В.13

1	2	3	4	5	6	7
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = 0{,}0136x - 12{,}74$	-0,3000	0,201	0,262	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}1730x - 317{,}34$	0,1203	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0001x + 13{,}19$	0,0598	0,361	0,463	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0378x - 69{,}58$	0,0398	0,396	0,505	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0582x + 122{,}25$	-0,0659	0,396	0,505	–
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = 0{,}0147x - 14{,}22$	-0,3484	0,191	0,249	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}3981x - 750{,}52$	0,2972	0,381	0,487	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0541x + 116{,}82$	-0,0853	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0954x + 195{,}11$	-0,0970	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}2365x + 476{,}18$	-0,2550	0,374	0,478	–
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = 0{,}0131x - 11{,}37$	-0,1972	0,188	0,245	+–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}4101x - 772{,}98$	0,2837	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1386x - 258{,}66$	-0,1200	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2512x - 490{,}22$	0,2738	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}1526x + 311{,}38$	-0,1578	0,367	0,470	–
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = -0{,}0711x + 144{,}08$	-0,2122	0,246	0,320	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1971x - 379{,}63$	0,1205	0,497	0,623	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1315 - 263{,}37$	-0,1729	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}0036x - 5{,}20$	0,0079	0,374	0,478	–

Таблиця В.14. Рівняння лінії трендів для індексу WSDI, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай-Петрі						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0990x - 182{,}71$	0,3067	0,192	0,250	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}3726x - 705{,}49$	0,3875	0,388	0,496	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0361x + 80{,}57$	-0,0355	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}2367x + 477{,}55$	-0,2035	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}3889x - 763{,}40$	0,3262	0,361	0,463	–
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = 0{,}0069x - 0{,}4423$	0,3208	0,216	0,281	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0027x - 0{,}0032$	0,7960			
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1959x + 393{,}77$	-0,1581	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1413x + 286{,}76$	-0,1446	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}06x - 2093{,}58$	0,5538	0,361	0,463	+
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = 0{,}0194x - 30{,}33$	0,0462	0,234	0,304	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1832x + 365{,}36$	-0,1786	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1333x - 255{,}95$	0,1348	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1212x - 232{,}13$	0,0964	0,374	0,478	–
Керч						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}2420x - 469{,}28$	0,4278	0,222	0,289	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}1866x + 357{,}44$	0,2182	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}1729x + 345{,}72$	-0,2624	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}6979x - 1383{,}73$	0,5158	0,361	0,463	+

Продовження табл. В.14

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1882 – 2018	$y = 0{,}0889x - 163{,}93$	0,3100	0,171	0,223	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}2020x - 381{,}40$	0,2212	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0573x + 120{,}25$	-0,0667	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0160x - 22{,}98$	0,0147	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}7177x - 1418{,}14$	0,3864	0,361	0,463	+–
Лубни						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0172x - 20{,}54$	0,2665	0,219	0,285	+–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1768x + 354{,}81$	-0,1611	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2963x - 577{,}27$	0,2610	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}6663x - 1314{,}96$	0,3718	0,361	0,463	+–
Луганськ						
1	1905 – 2013	$y = 0{,}1076x - 200{,}61$	0,2812	0,196	0,255	+–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}2086x - 392{,}83$	0,1802	0,444	0,561	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0782x - 142{,}96$	0,0662	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0696x + 145{,}39$	-0,0701	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}9197x - 1820{,}97$	0,5537	0,361	0,463	+
Львів						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}0189x - 24{,}79$	0,4469	0,225	0,293	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}2716x + 535{,}38$	-0,3119	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2174x - 419{,}95$	0,2149	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}0894x - 166{,}46$	0,0743	0,361	0,463	–
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = 0{,}0133x - 10{,}78$	0,4219	0,200	0,261	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}2201x - 416{,}29$	0,2513	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0537x + 113{,}30$	0,3732	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0060x + 20{,}30$	-0,0061	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}7191x - 1420{,}23$	0,5043	0,396	0,505	+–

Продовження табл. В.14

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = 0{,}0108x - 7{,}97$	0,2266	0,190	0,247	+–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}2545x - 480{,}62$	0,2455	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1023x + 208{,}40$	-0,0598	0,396	0,505	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1208x - 233{,}08$	0,1442	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}8093x - 1601{,}01$	0,5133	0,374	0,478	+
Полтава						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}0175x - 14{,}69$	0,2168	0,184	0,240	+–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}2606x + 510{,}19$	-0,1508	0,367	0,470	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0772x - 140{,}44$	-0,1192	0,381	0,487	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2042x - 394{,}12$	0,1566	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}5491x - 1080{,}31$	0,3382	0,361	0,463	–
Ужгород						
1	1947 – 2018	$y = 0{,}2834x - 548{,}63$	0,4321	0,232	0,302	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -1{,}02x + 2008{,}73$	-0,4799	0,532	0,661	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}4843x - 946{,}53$	0,4132	0,361	0,463	+–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1733x - 331{,}33$	0,1252	0,361	0,463	–
Умань						
1	1887 – 2018	$y = 0{,}0136x - 11{,}44$	0,3074	0,191	0,249	+
2	1901 – 1930	$y = -0{,}0603x + 120{,}19$	-0,0635	0,468	0,590	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0815x + 166{,}10$	0,3160	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1702x - 327{,}28$	0,1541	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}4941x - 970{,}95$	0,2769	0,361	0,463	–
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = 0{,}0115x - 9{,}11$	0,2817	0,187	0,244	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}0027x + 0{,}1279$	0,2194	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}2443x + 484{,}70$	0,2770	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0716x - 136{,}52$	0,0983	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}6900x - 1364{,}97$	0,4705	0,367	0,470	+

Продовження табл. В.14

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = 0{,}0923x - 173{,}74$	0,1797	0,248	0,323	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}8611x + 1690{,}68$	-0,4145	0,314	0,641	+–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1328x - 256{,}08$	0,1305	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}4735x - 933{,}09$	0,3782	0,374	0,478	+–
Шепетівка						
1	1938 – 2018	$y = 0{,}2394x - 461{,}02$	0,4370	0,225	0,293	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}0339x - 57{,}45$	0,0265	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2171x - 419{,}14$	0,1647	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}3789x - 741{,}46$	0,2579	0,361	0,463	–

Таблиця В.15. Рівняння лінії трендів для індексу GSL, отримані за допомогою методу найменших квадратів

№ п/п	Період, для якого розраховується тренд	Рівняння лінії тренду	Коефіцієнт кореляції	Критичне значення коефіцієнту кореляції		Відмітка про надійність тренду
				$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}001$	
1	2	3	4	5	6	7
Ай-Петрі						
1	1898 – 2018	$y = -0{,}0709x + 334{,}71$	-0,0888	0,187	0,243	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}6292x - 1002{,}12$	0,1463	0,374	0,478	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}4130x + 998{,}69$	-0,1727	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}4883x + 1156{,}98$	-0,2012	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0463x + 282{,}87$	-0,0170	0,361	0,463	–
Асканія Нова						
1	1910 – 2015	$y = 0{,}1184x - 0{,}2794$	0,1200	0,216	0,281	–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}1239x + 0{,}0024$	-0,2946			
3	1931 – 1960	$y = -0{,}4195x + 1045{,}05$	-0,1359	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}3212x - 400{,}69$	0,1344	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}8238x - 1405{,}33$	0,2546	0,361	0,463	–
Вінниця						
1	1936 – 2008	$y = 0{,}1890x - 166{,}15$	0,2126	0,241	0,314	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}2392x - 265{,}78$	0,0997	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0576x + 96{,}34$	0,0320	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = -0{,}0417x + 293{,}05$	-0,0173	0,404	0,515	–
Керч						
1	1936 – 2005	$y = 0{,}1312x - 2{,}86$	0,0820	0,243	0,316	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -1{,}03x + 2251{,}06$	-0,2201	0,433	0,549	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}4267x - 583{,}41$	0,1357	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}6477x - 1033{,}41$	0,1428	0,396	0,505	–

Продовження табл. В.15

1	2	3	4	5	6	7
Київ						
1	1881 – 2018	$y = 0{,}2343x - 246{,}10$	0,4686	0,170	0,222	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}8647x - 1452{,}71$	0,4717	0,361	0,463	+
3	1931 – 1960	$y = -0{,}2316x + 655{,}94$	-0,1098	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2768x - 329{,}60$	0,1323	0,367	0,470	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}2818x - 341{,}12$	0,1085	0,374	0,478	–
Лубни						
1	1936 – 2018	$y = 0{,}2369x - 226{,}90$	0,4664	0,219	0,285	+
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 0{,}5443x - 862{,}42$	0,2738	0,413	0,526	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}2721x - 325{,}86$	0,1370	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}3613x - 503{,}62$	0,1665	0,361	0,463	–
Луганськ						
1	1900 – 2013	$y = 0{,}0595x + 99{,}46$	0,1076	0,193	0,252	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}2241x + 648{,}63$	-0,0886	0,413	0,526	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}4105x + 1007{,}73$	-0,2045	0,374	0,478	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0638x + 341{,}83$	-0,0425	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}4719x - 720{,}23$	0,2596	0,361	0,463	–
Львів						
1	1936 – 2005	$y = 0{,}1641x - 108{,}00$	0,1665	0,248	0,323	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -1{,}18x + 2508{,}70$	-0,4174	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1270x + 32{,}51$	0,0768	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}4024x - 582{,}20$	0,1553	0,404	0,515	–
Миколаїв						
1	1900 – 2015	$y = 0{,}3030x - 248{,}42$	0,2420	0,200	0,261	+–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}3283x - 400{,}09$	0,2172	0,423	0,537	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}6682x + 1525{,}62$	-0,2919	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0719x + 94{,}61$	0,0288	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}3300x - 421{,}00$	0,1337	0,396	0,505	–

Продовження табл. В.15

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
1	1894 – 2008	$y = 0{,}3159x - 243{,}33$	0,2072	0,192	0,250	+–
2	1901 – 1930	$y = 0{,}5707x - 857{,}24$	0,2185	0,367	0,470	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}3406x + 890{,}16$	-0,3133	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}0207x + 283{,}71$	-0,0081	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}3078x - 373{,}05$	0,0880	0,404	0,515	–
Полтава						
1	1900 – 2018	$y = 0{,}2840x - 217{,}39$	0,3310	0,183	0,239	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}5582x - 866{,}22$	0,2918	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}1204x + 438{,}41$	0,0612	0,381	0,487	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1737x - 132{,}07$	0,1121	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}3077x - 398{,}67$	0,1656	0,361	0,463	–
Ужгород						
1	1947 – 2005	$y = -0{,}1015x + 445{,}15$	-0,0770	0,257	0,334	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 1{,}50x - 2680{,}33$	0,2533	0,532	0,661	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0848x + 73{,}66$	0,0362	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}3962x - 546{,}74$	0,1289	0,396	0,505	–
Умань						
1	1886 – 2018	$y = 0{,}2929x - 217{,}53$	0,4102	0,181	0,235	+
2	1901 – 1930	$y = 0{,}8638x - 1446{,}26$	0,4681	0,423	0,537	+–
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0595x + 322{,}78$	0,0624	0,404	0,515	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}1050x + 7{,}63$	0,0576	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}1459x - 74{,}16$	0,0701	0,361	0,463	–
Феодосія						
1	1882 – 2012	$y = 0{,}3875x - 290{,}58$	0,1732	0,184	0,240	–
2	1901 – 1930	$y = -0{,}7675x + 1749{,}65$	-0,1695	0,361	0,463	–
3	1931 – 1960	$y = 0{,}9635x - 1597{,}31$	0,0198	0,388	0,496	–
4	1961 – 1990	$y = -0{,}3077x + 894{,}25$	-0,0801	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 1{,}24x - 2186{,}75$	0,3511	0,367	0,470	–

Продовження табл. В.15

1	2	3	4	5	6	7
Чернівці						
1	1945 – 2008	$y = 0{,}1809x - 135{,}83$	0,1545	0,255	0,331	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = 1{,}36x - 2441{,}60$	0,3139	0,468	0,590	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0487x + 126{,}19$	0,0230	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}2866x - 346{,}92$	0,1019	0,404	0,515	–
Шепетівка						
1	1938 – 2018	$y = 0{,}1330x - 53{,}55$	0,1639	0,225	0,293	–
2	1901 – 1930					
3	1931 – 1960	$y = -0{,}0831x + 366{,}61$	-0,0324	0,456	0,575	–
4	1961 – 1990	$y = 0{,}0100 + 191{,}39$	0,0055	0,361	0,463	–
5	1981 – 2010	$y = 0{,}0247x + 163{,}22$	0,0107	0,361	0,463	–

ДОДАТОК Г

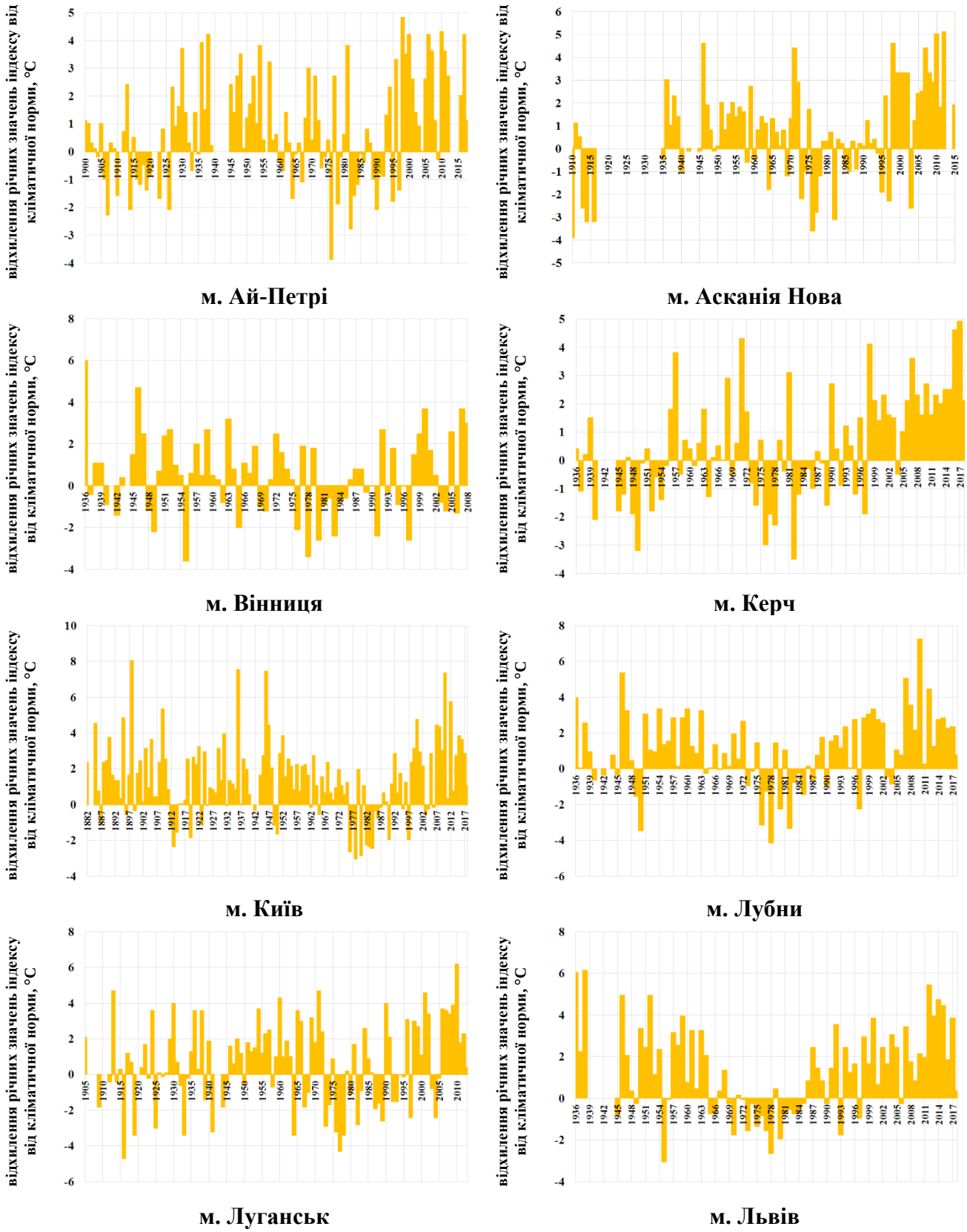
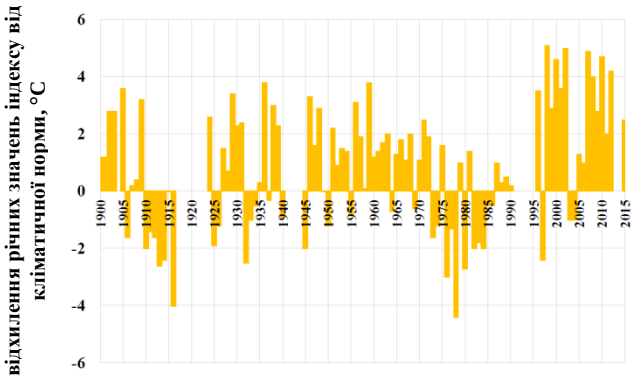
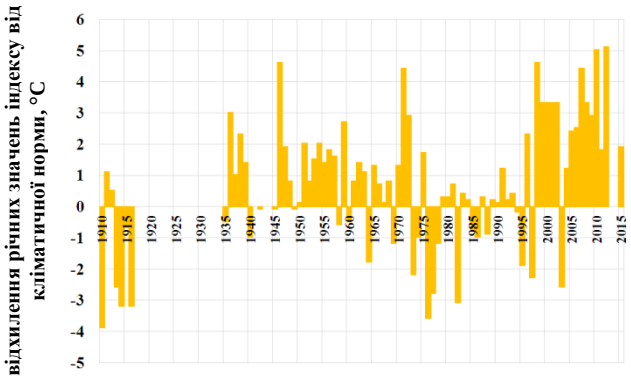


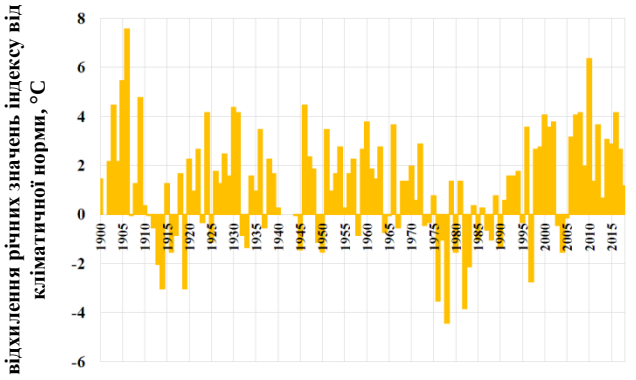
Рисунок Г.1 – Часовий хід відхилень значень річної абсолютної максимальної температури (TXx) від кліматичної норми за 1961 – 1990 рр.



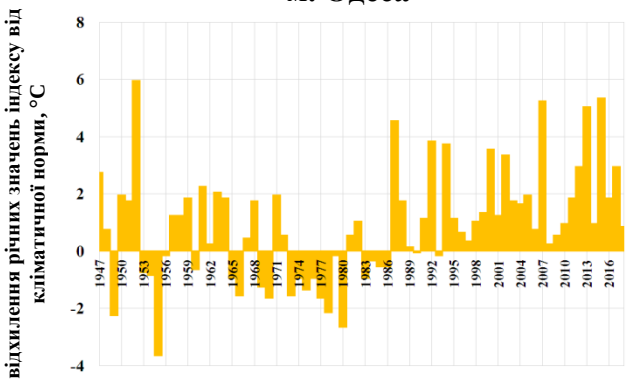
м. Миколаїв



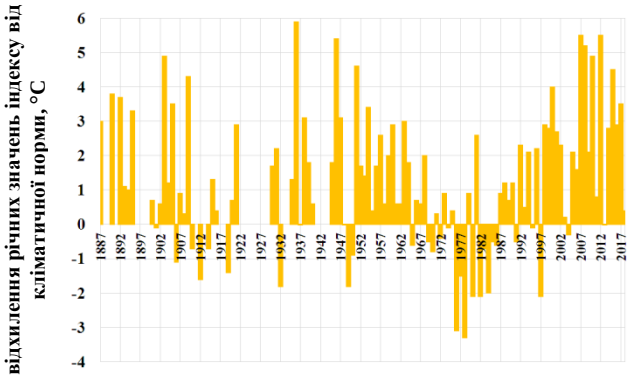
м. Одеса



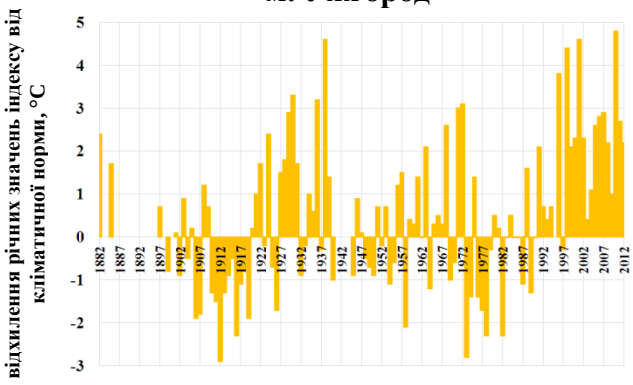
м. Полтава



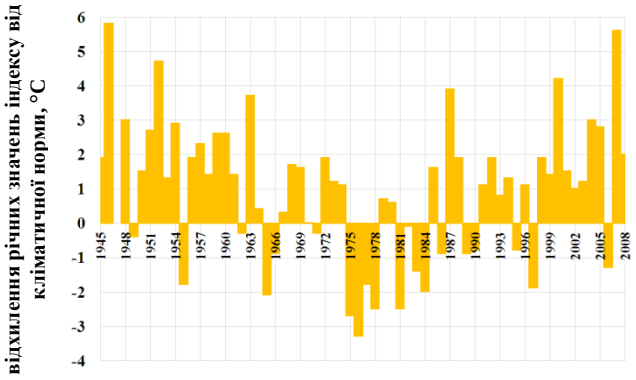
м. Ужгород



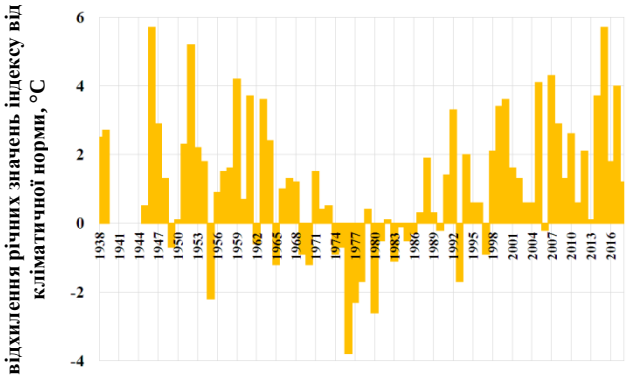
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.1

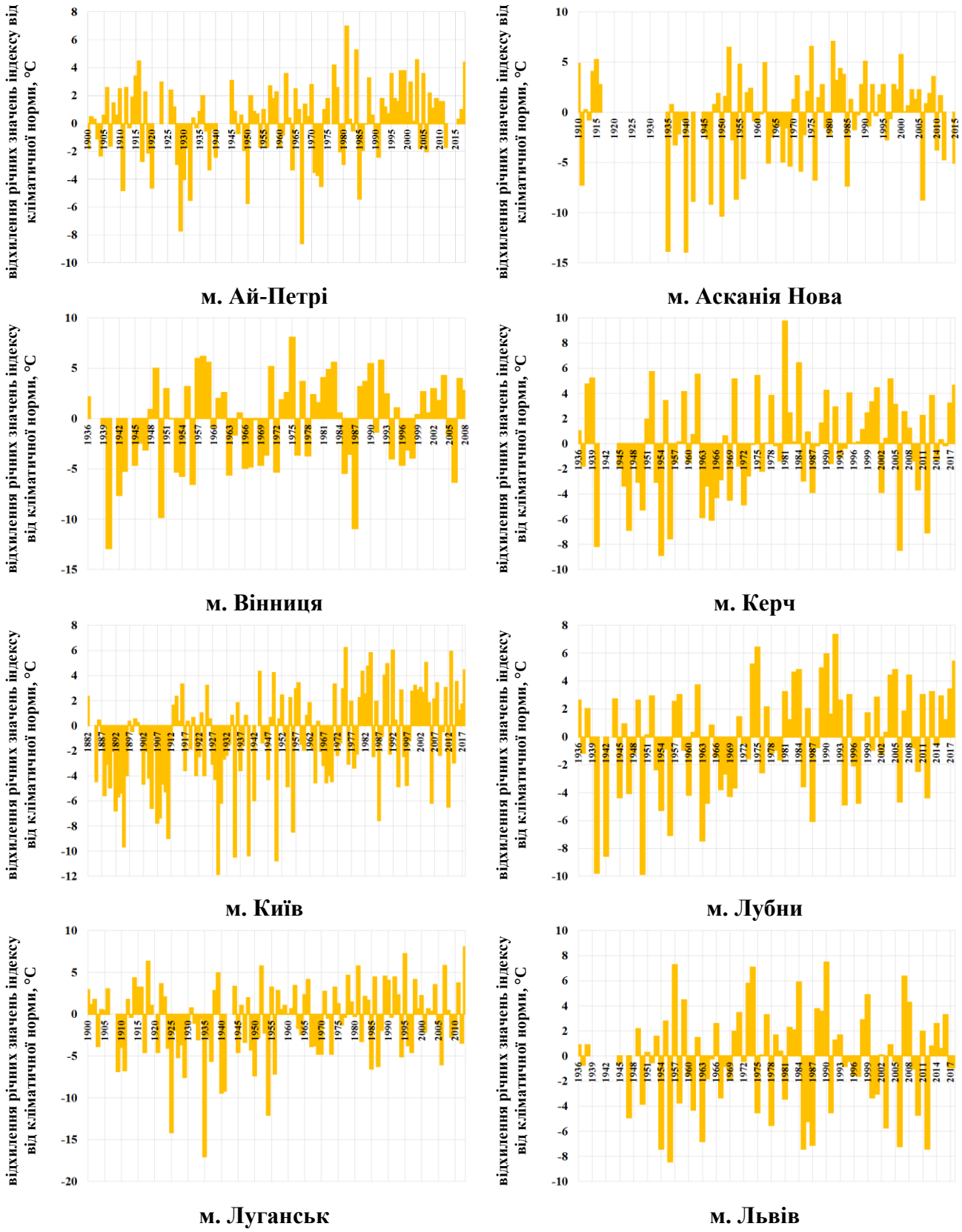
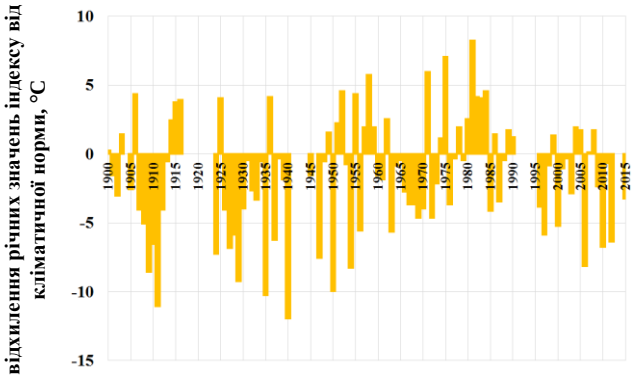
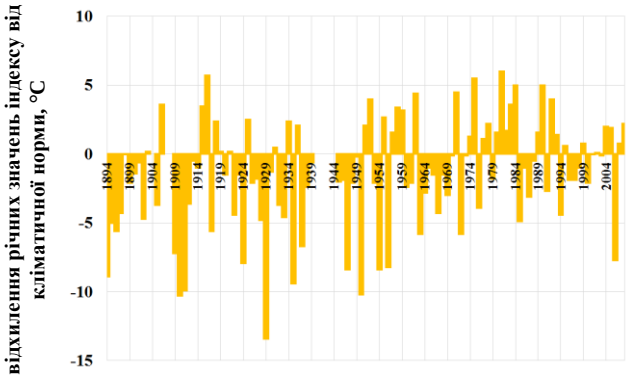


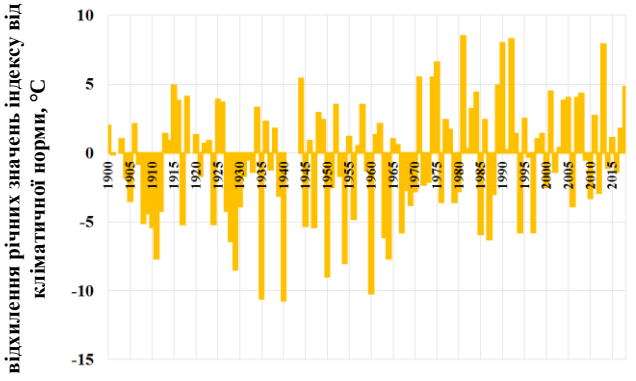
Рисунок Г.2 – Часовий хід відхилень значень річної абсолютної мінімальної температури (TNn) від кліматичної норми за 1961-1990 рр.



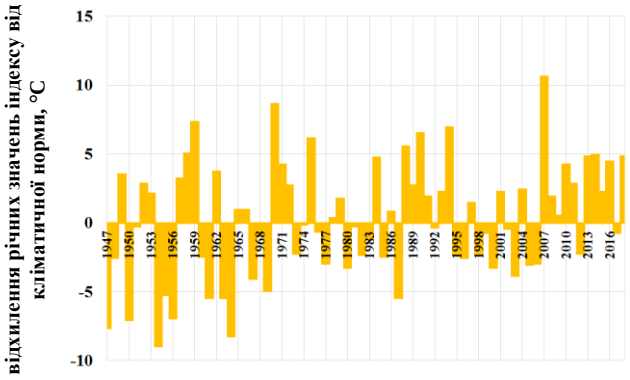
м. Миколаїв



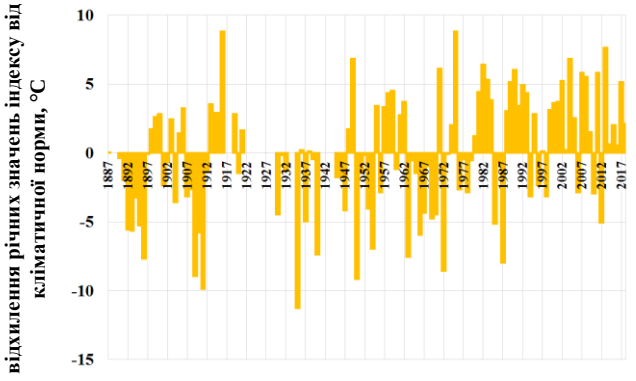
м. Одеса



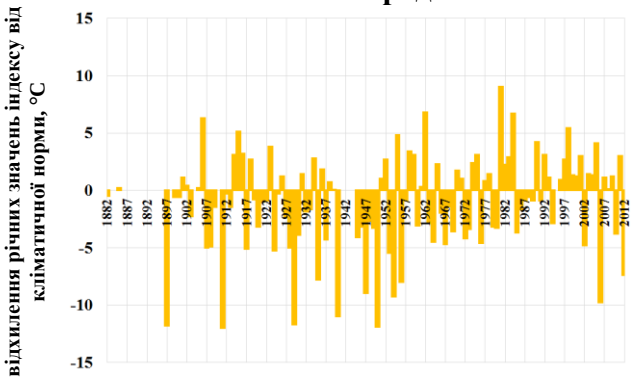
м. Полтава



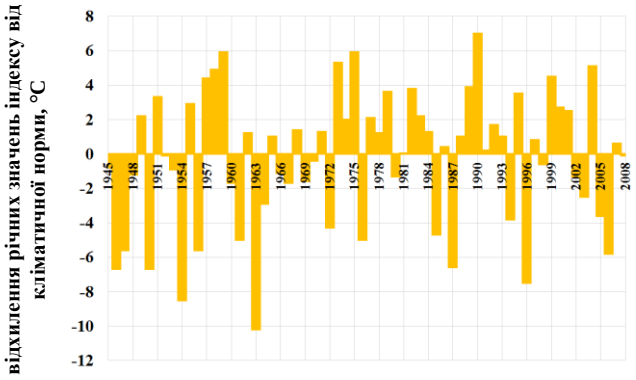
м. Ужгород



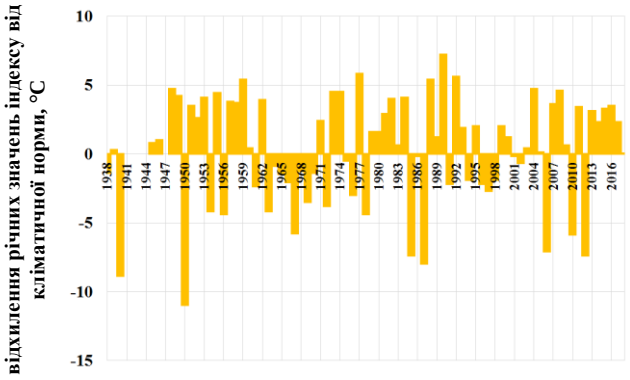
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.2

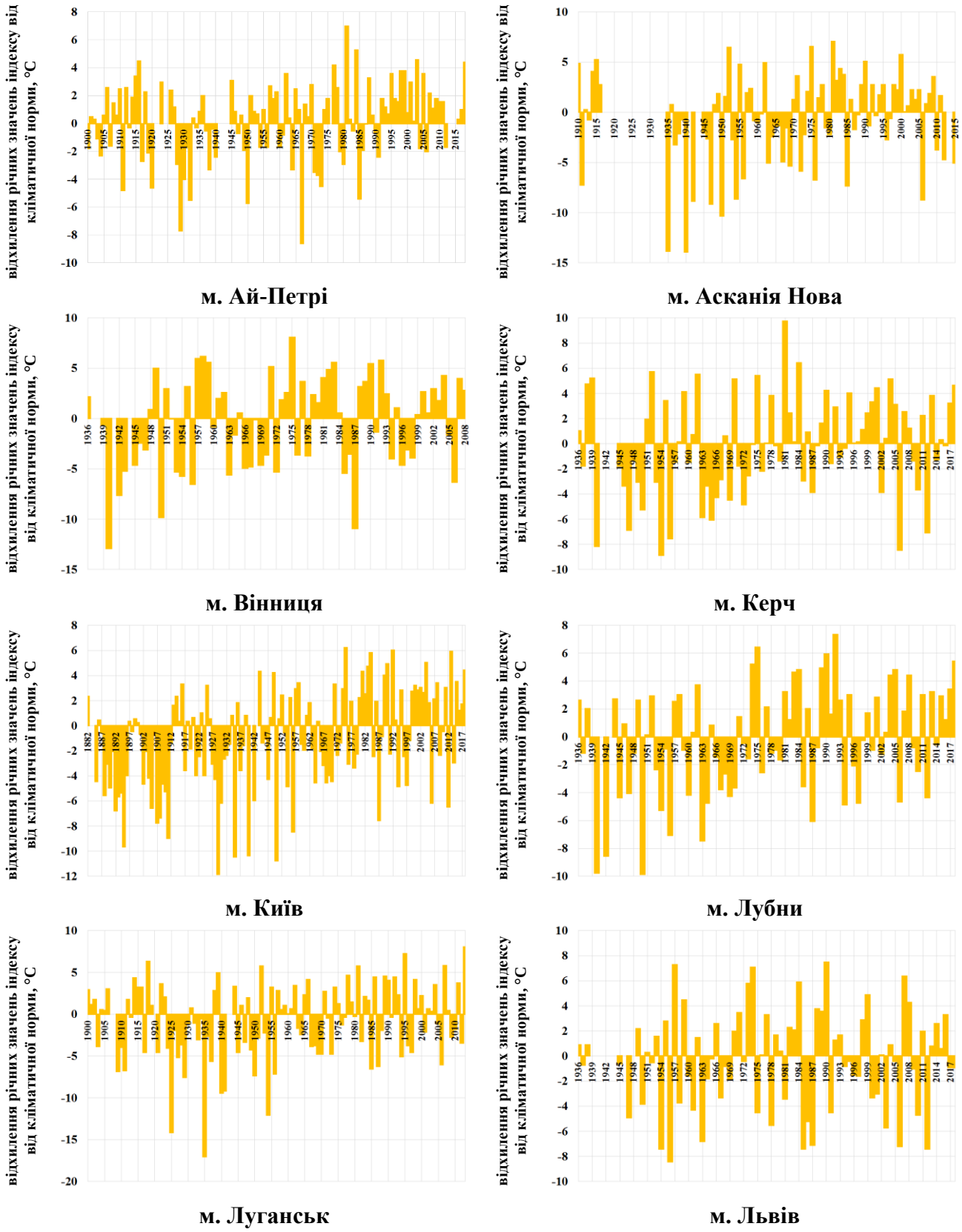
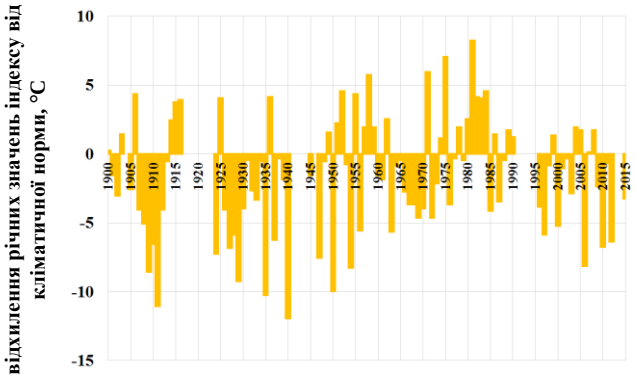
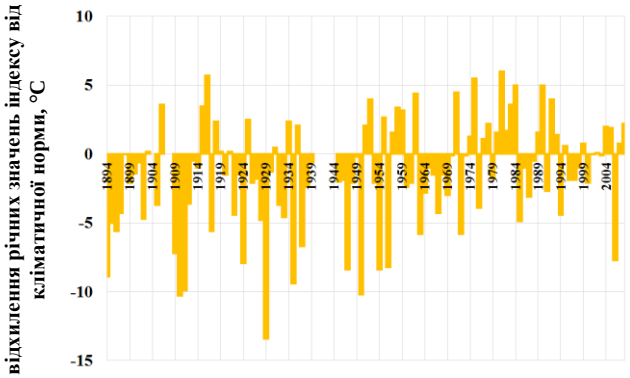


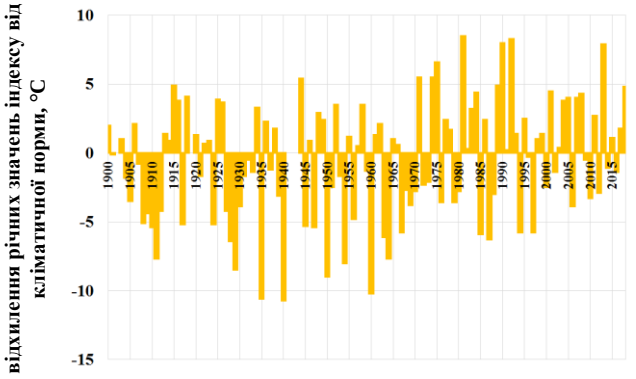
Рисунок Г.3 – Часовий хід відхилень річної найнижчої з максимальних температур (TXn) від кліматичної норми.



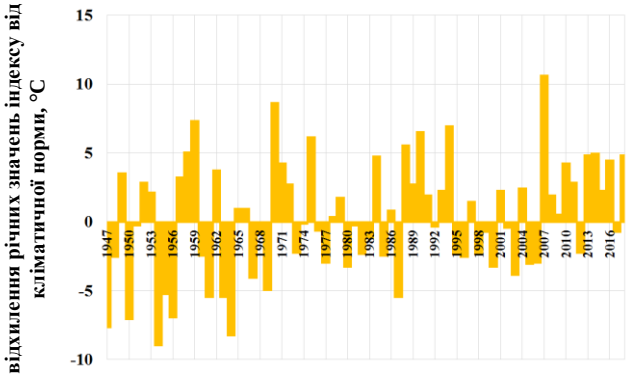
м. Миколаїв



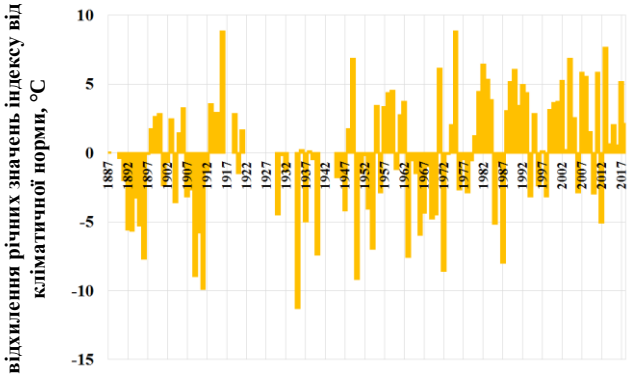
м. Одеса



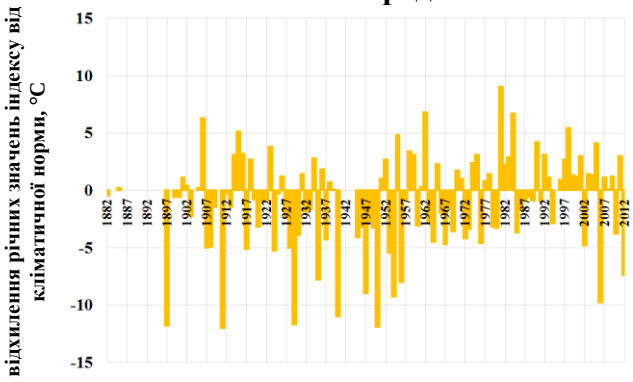
м. Полтава



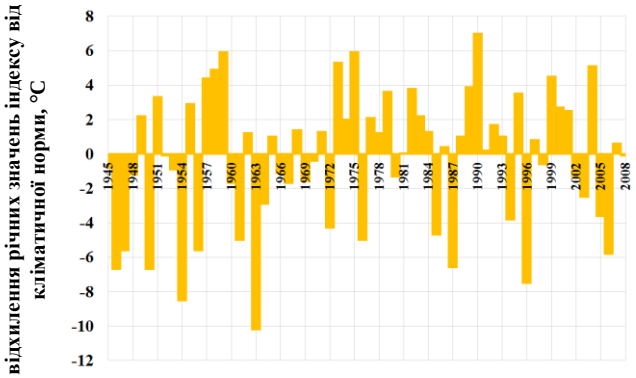
м. Ужгород



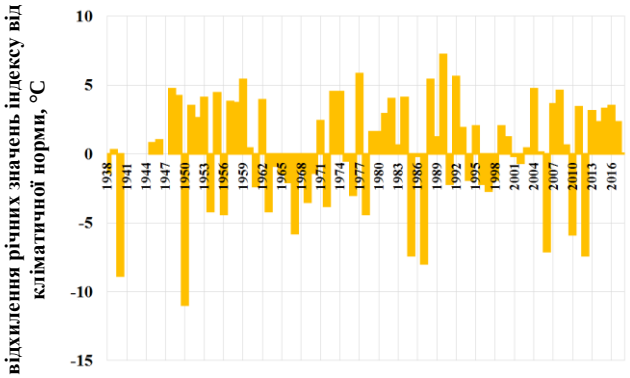
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.3

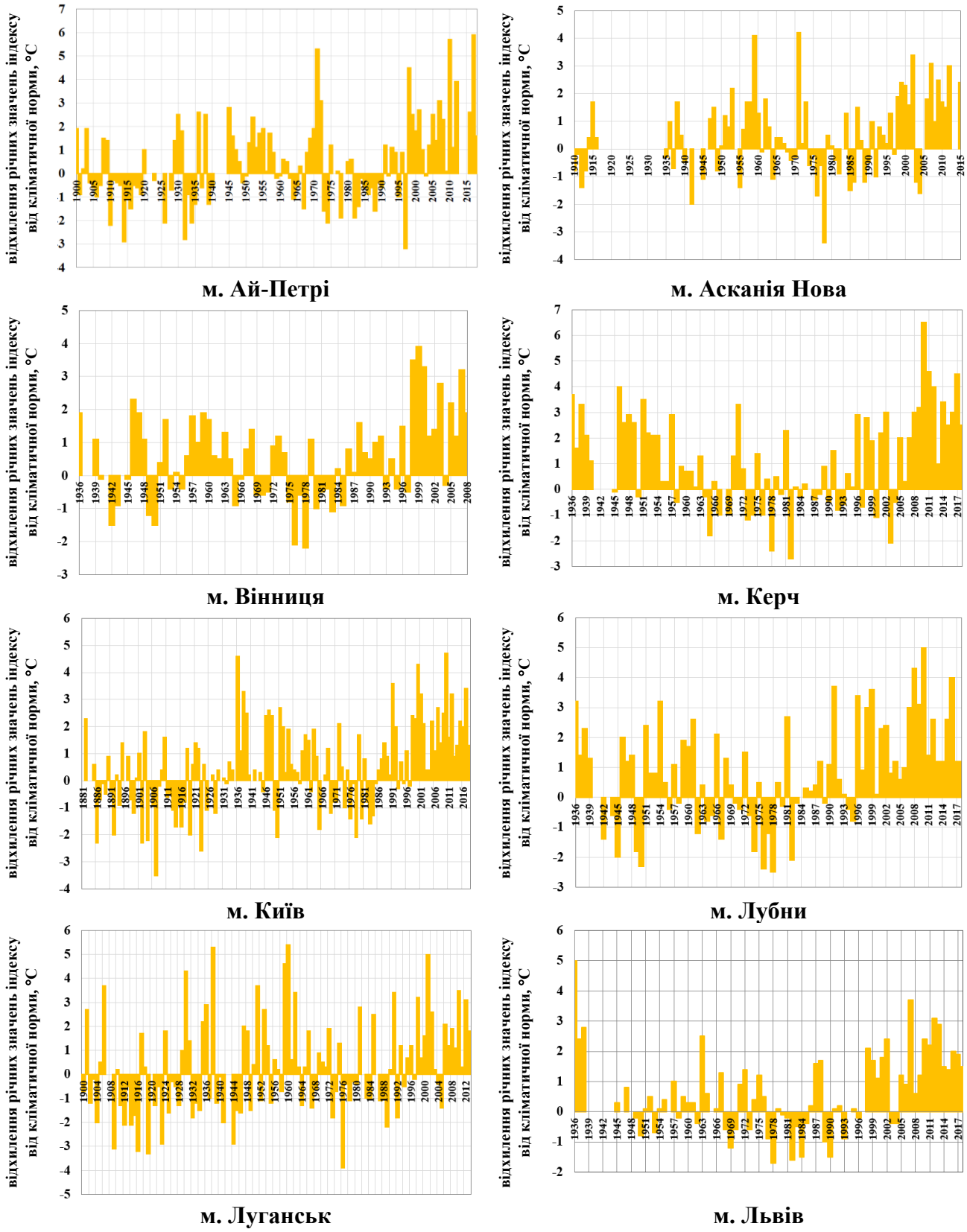
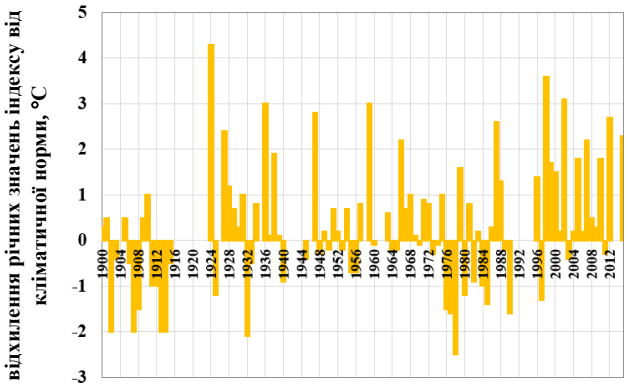
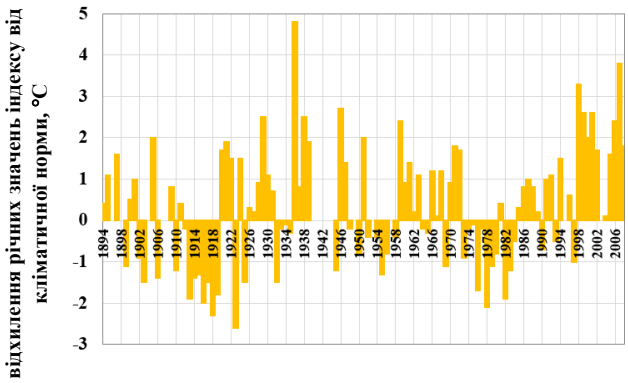


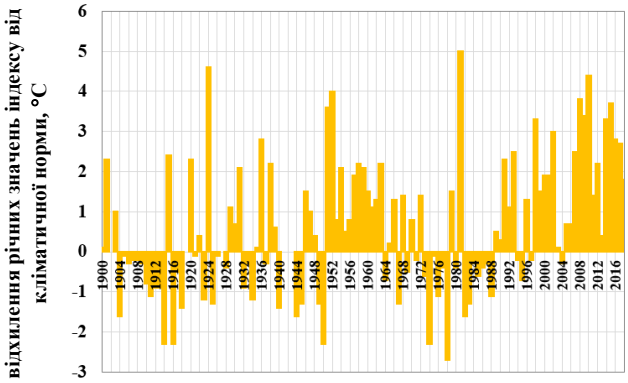
Рисунок Г.4 – Часовий хід відхилень річної найвищої з мінімальних температур (TNx) від кліматичної норми.



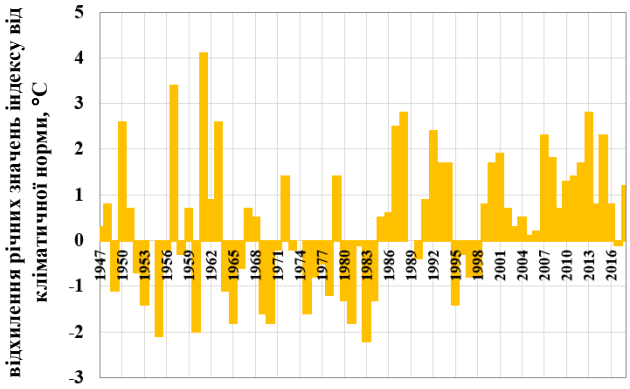
м. Миколаїв



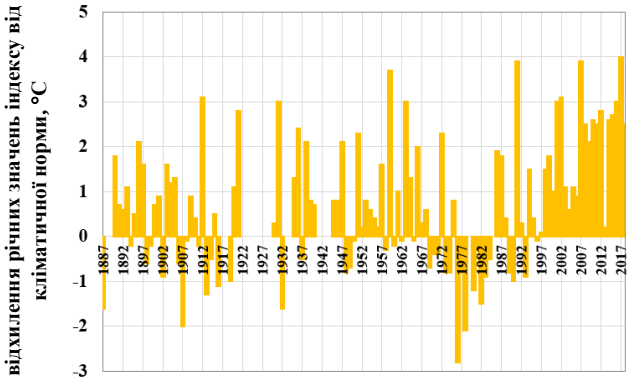
м. Одеса



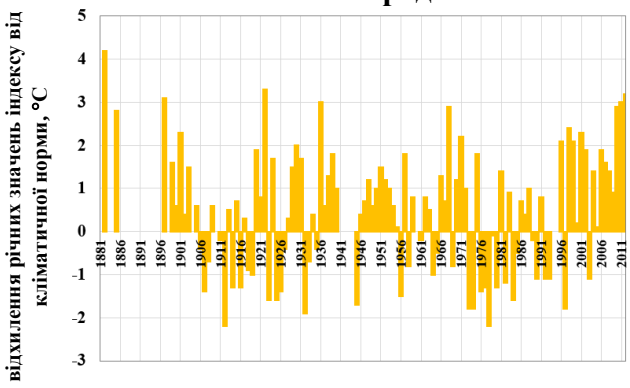
м. Полтава



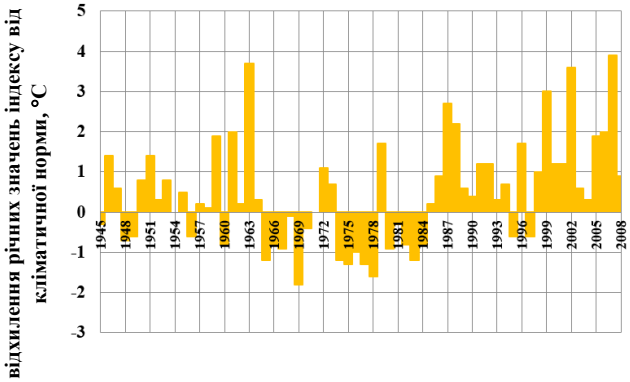
м. Ужгород



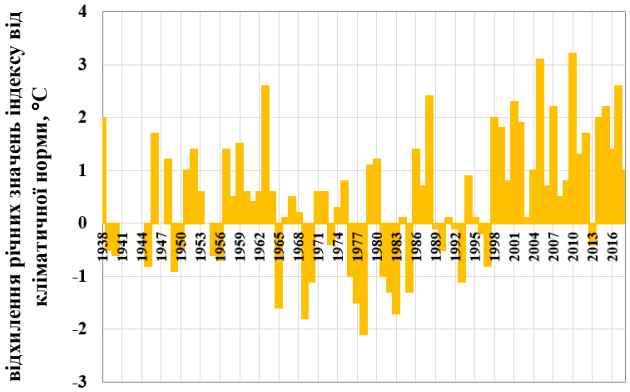
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.4

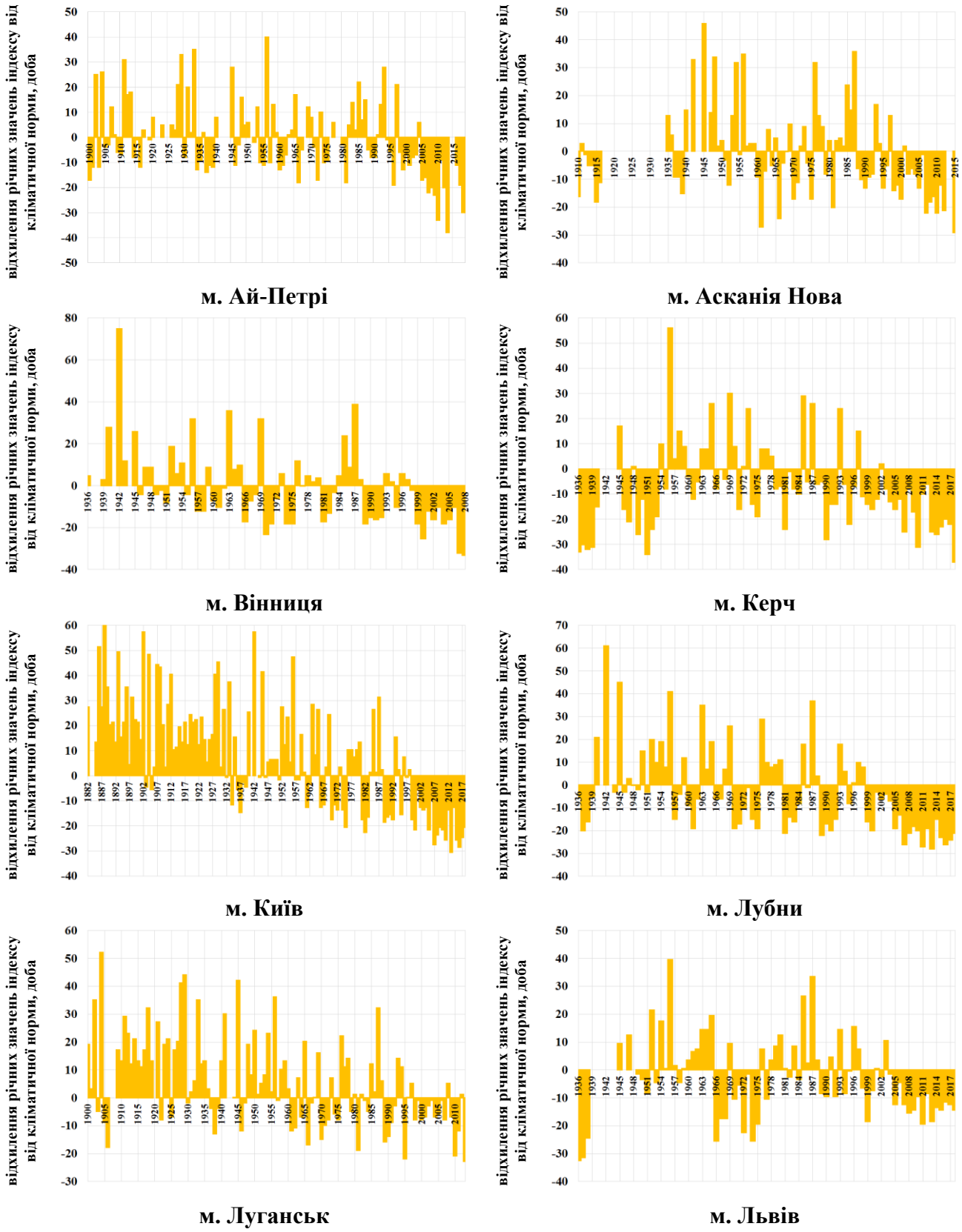
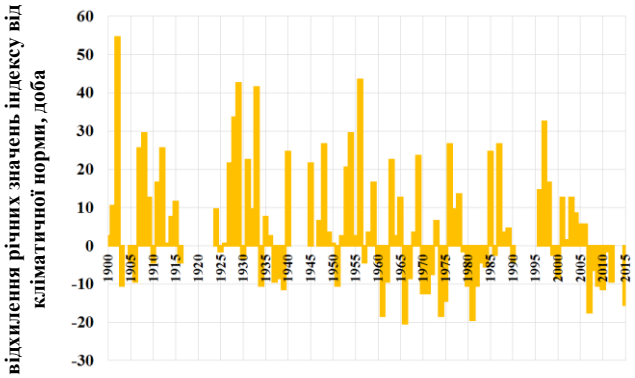
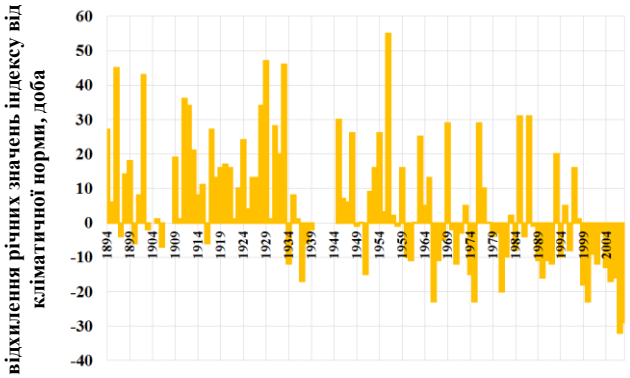


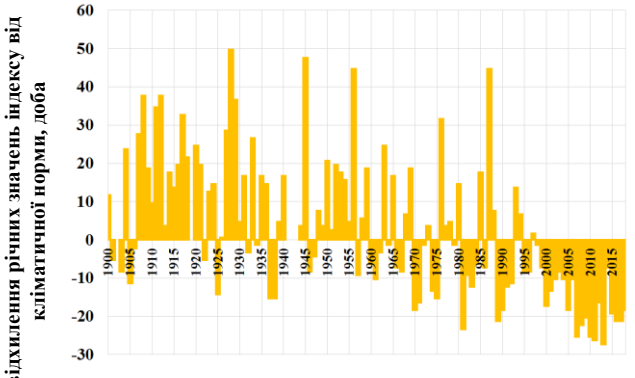
Рисунок Г.5 – Часовий хід відхилень річної кількості холодних ночей (TN10p) від кліматичної норми.



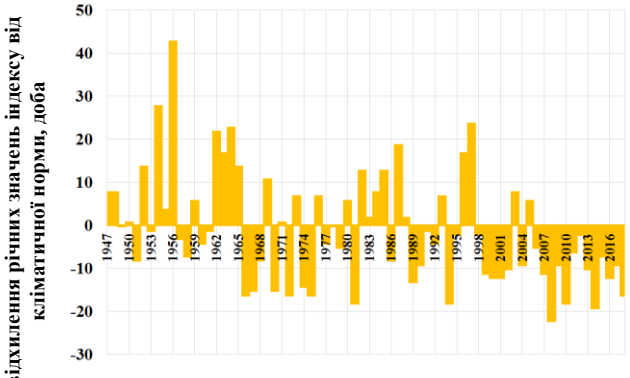
м. Миколаїв



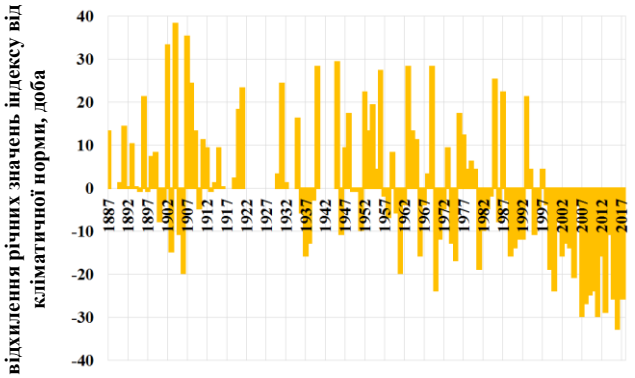
м. Одеса



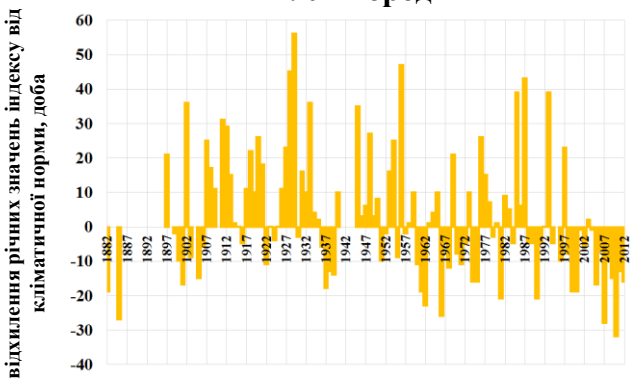
м. Полтава



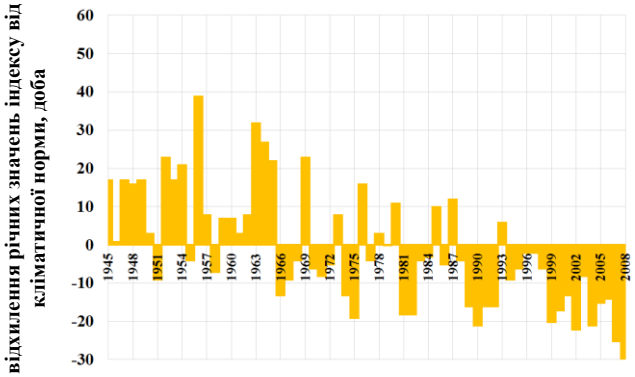
м. Ужгород



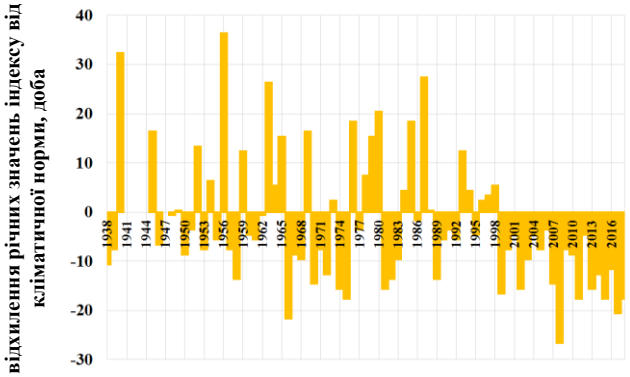
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.5

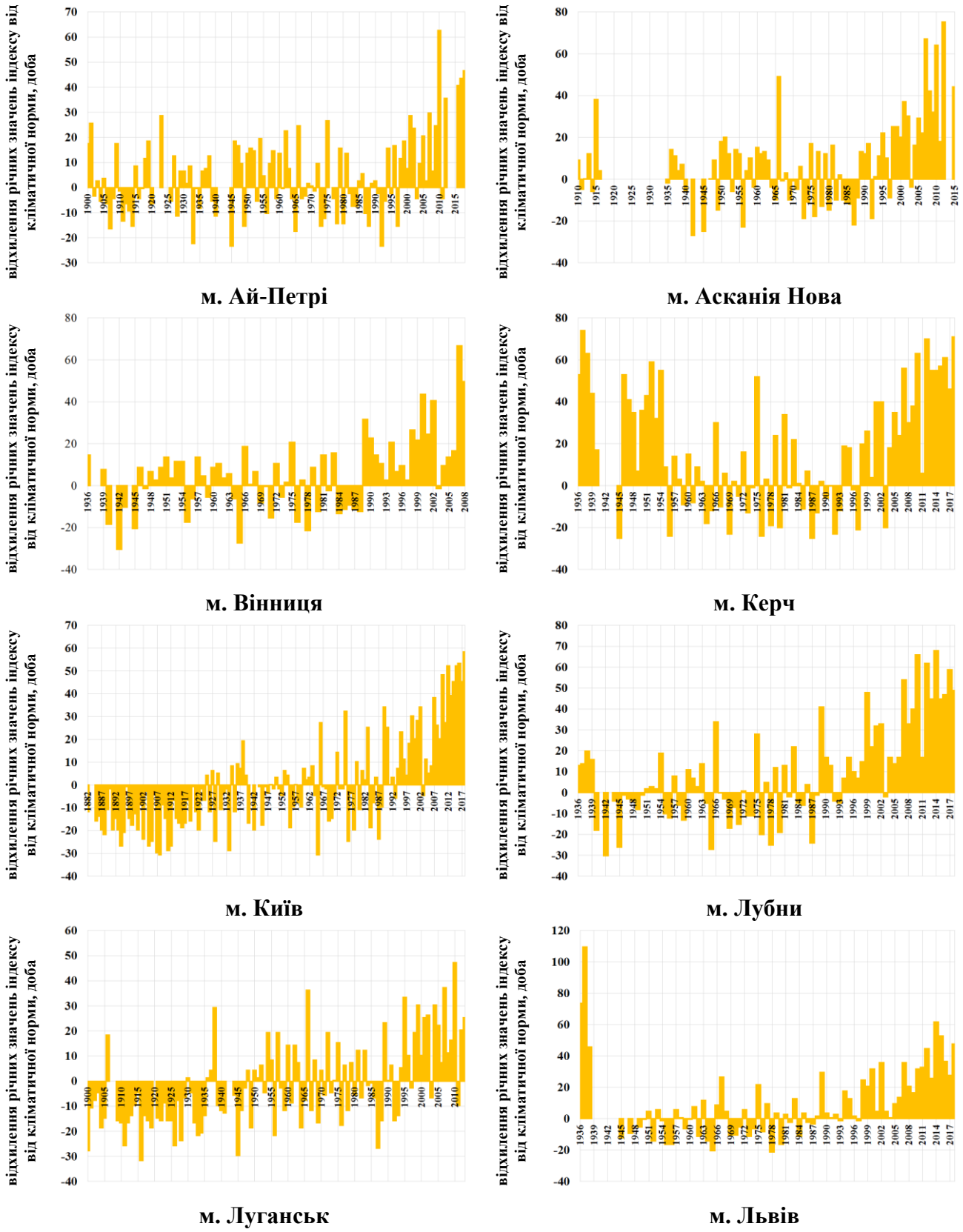
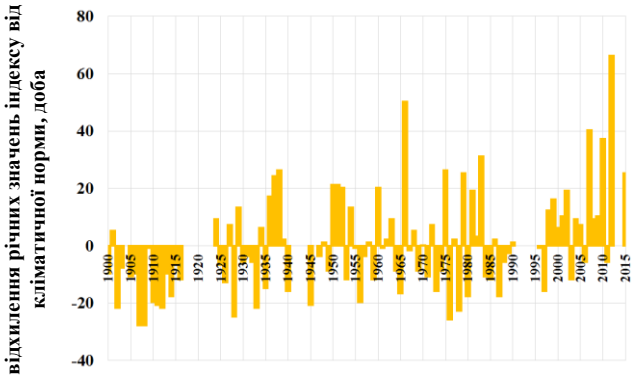
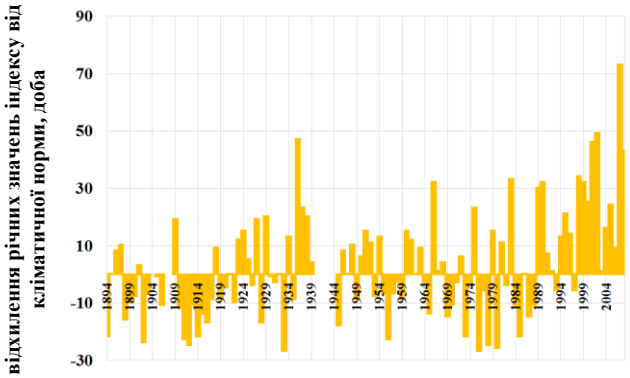


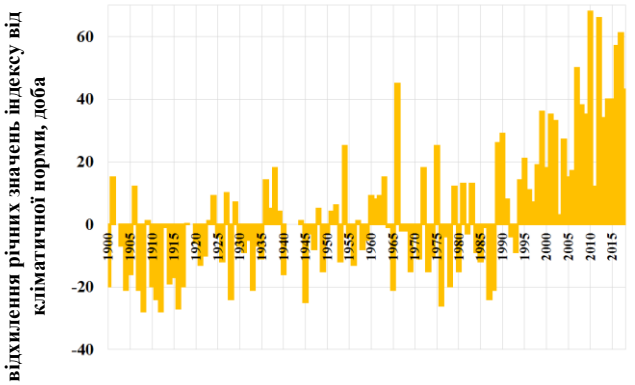
Рисунок Г.6 – Часовий хід відхилень річної кількості теплих ночей (TN90p) від кліматичної норми.



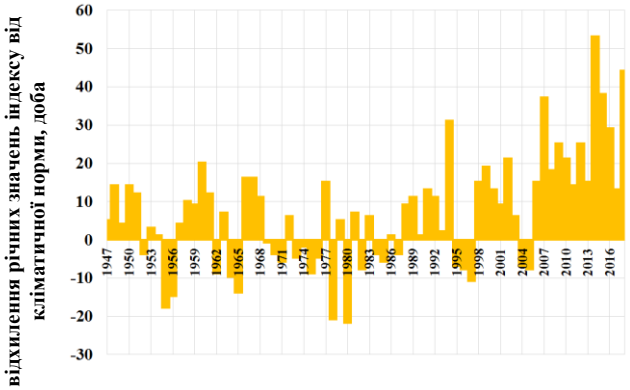
м. Миколаїв



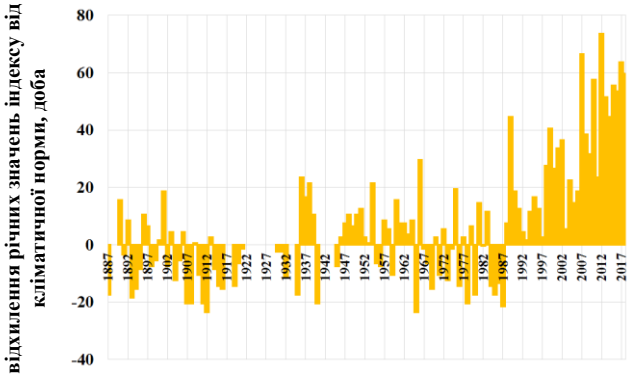
м. Одеса



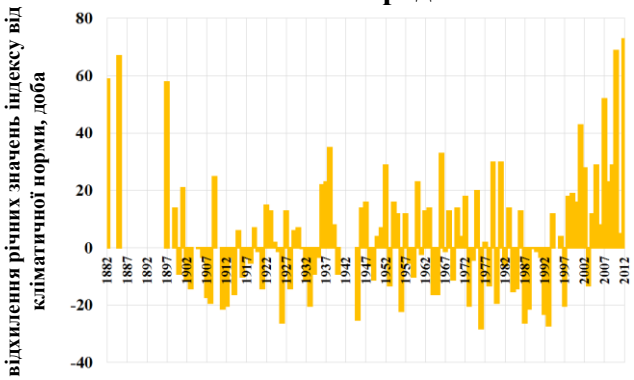
м. Полтава



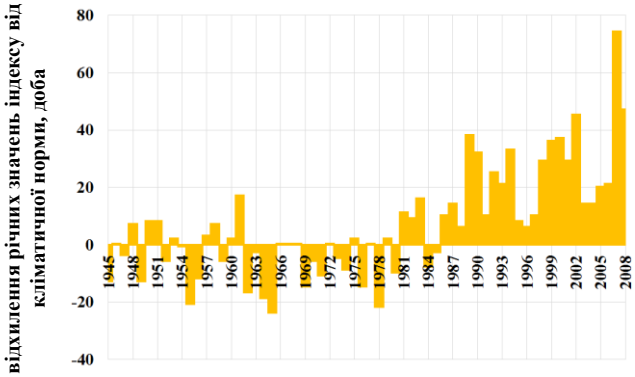
м. Ужгород



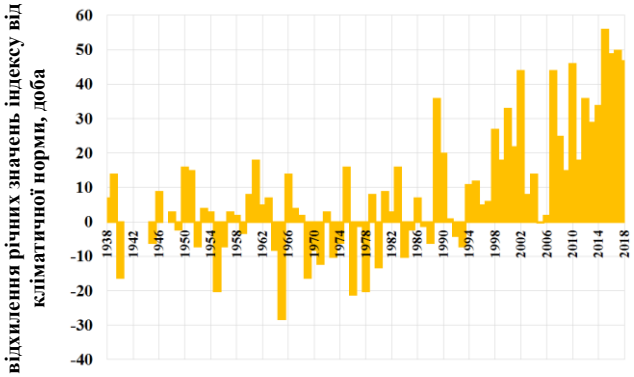
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.6

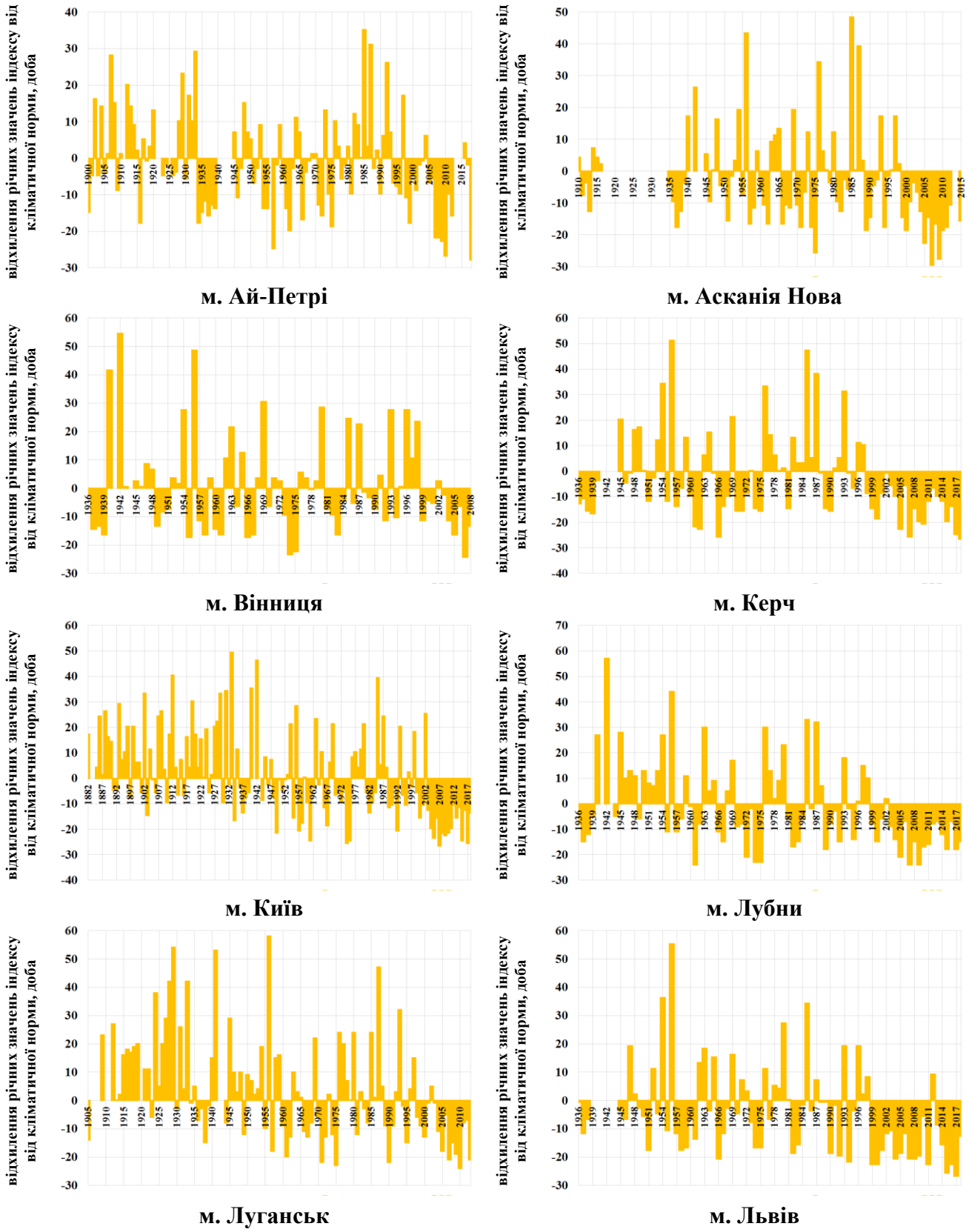
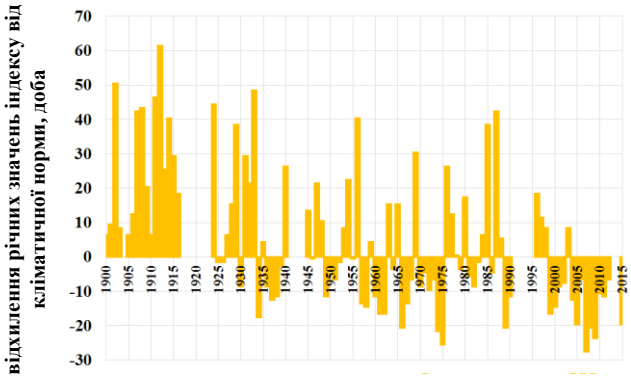
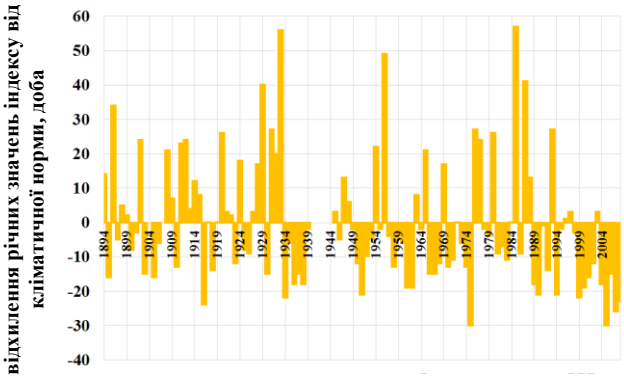


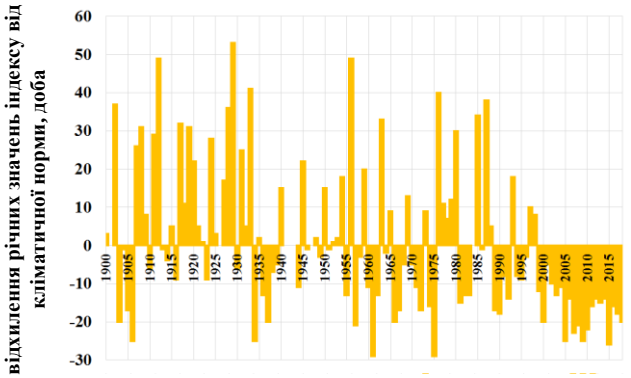
Рисунок Г.7 – Часовий хід відхилень річної кількості холодних днів (TX10p) від кліматичної норми.



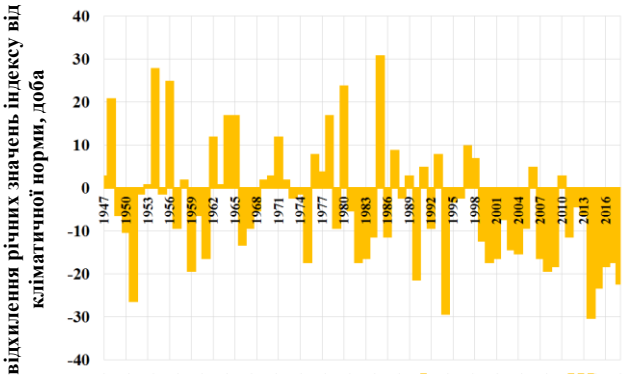
м. Миколаїв



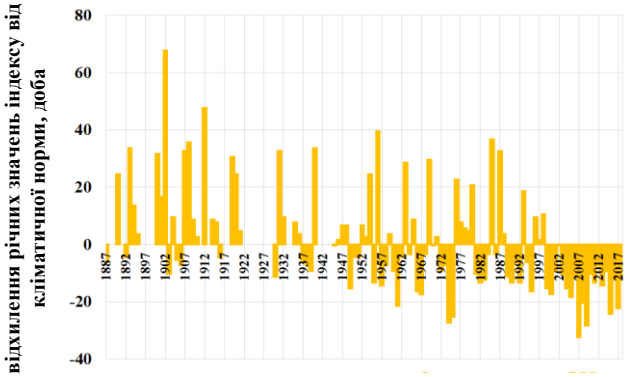
м. Одеса



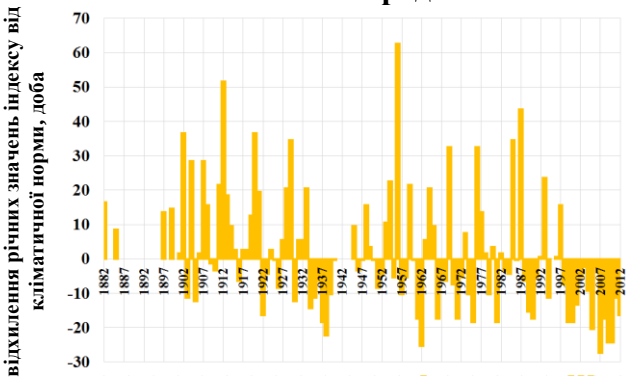
м. Полтава



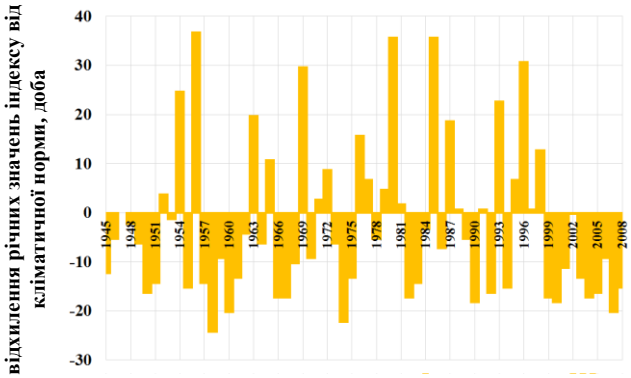
м. Ужгород



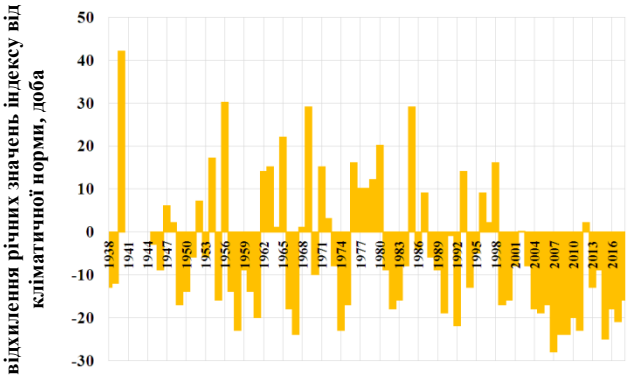
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.7

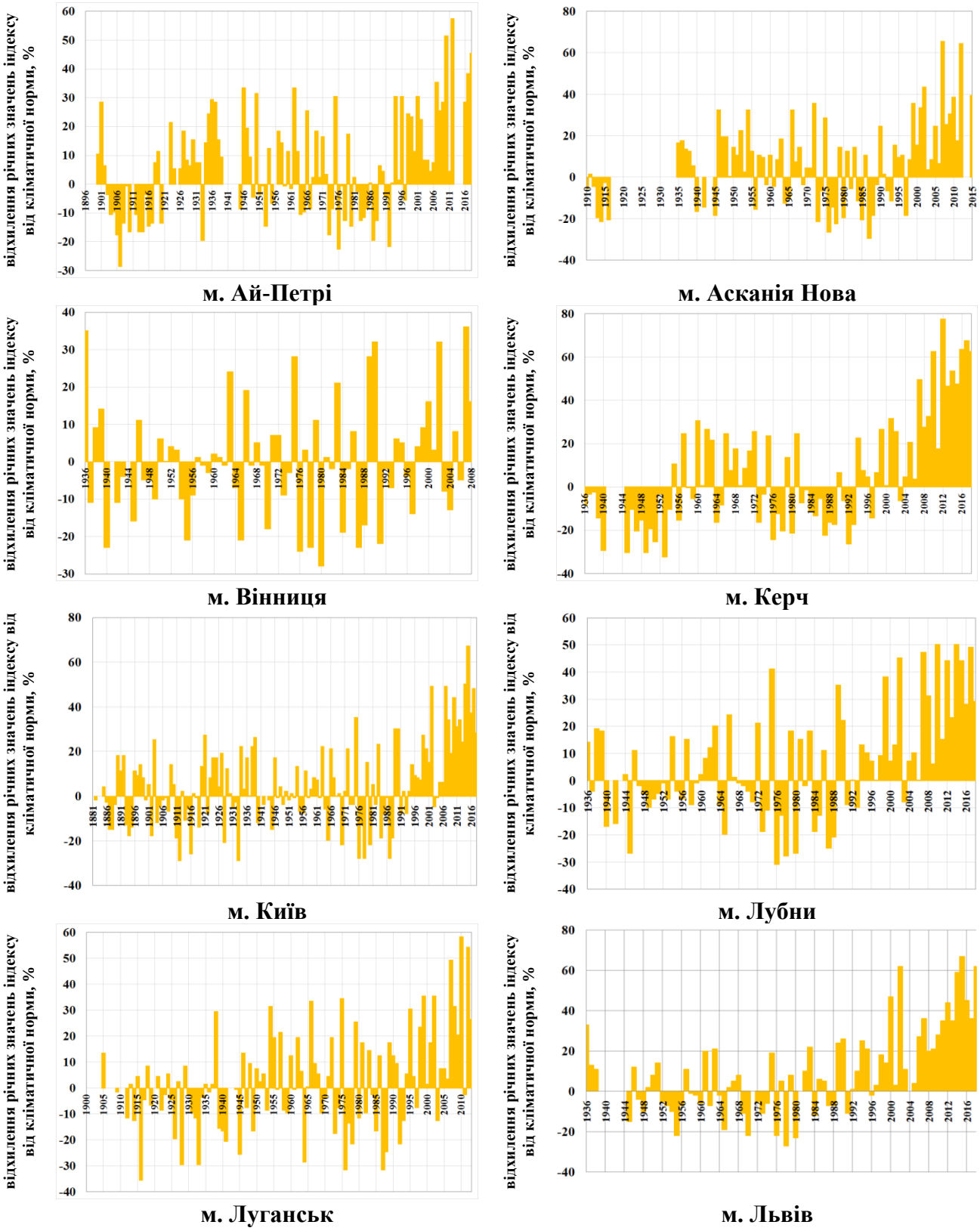
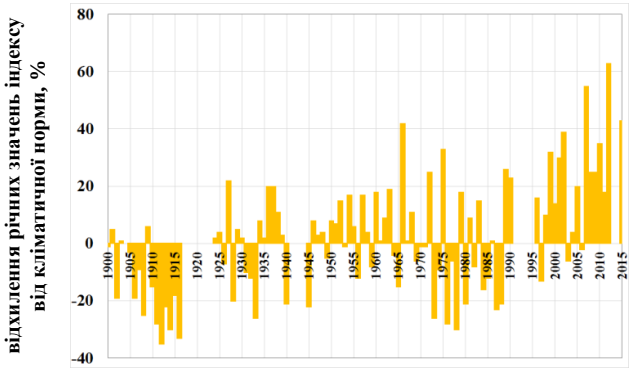
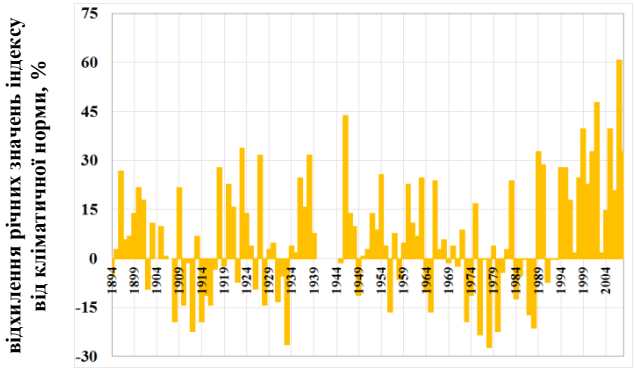


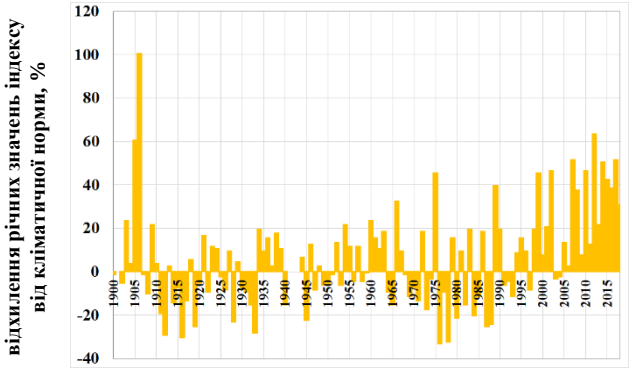
Рисунок Г.8 – Часовий хід відхилень річної кількості теплих днів (TX90p) від кліматичної норми.



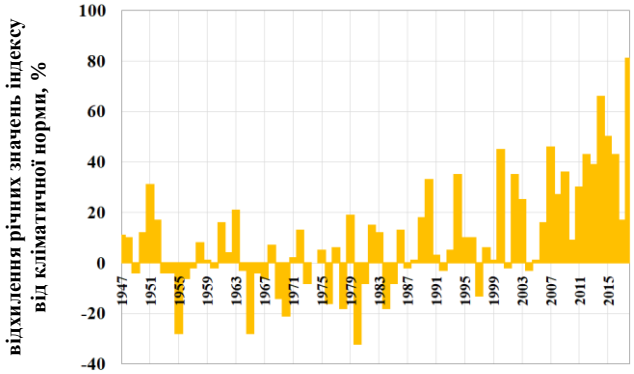
м. Миколаїв



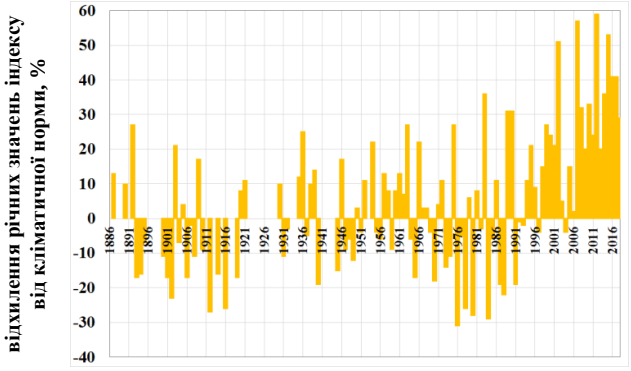
м. Одеса



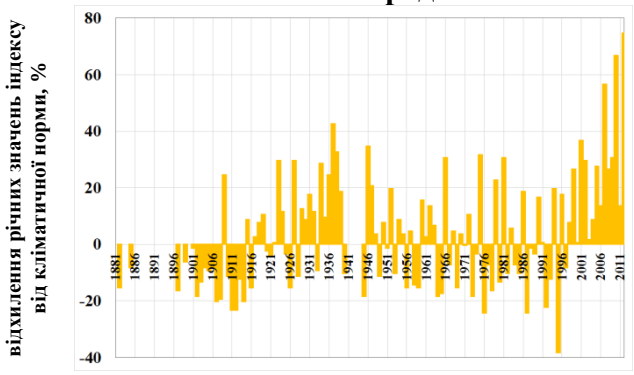
м. Полтава



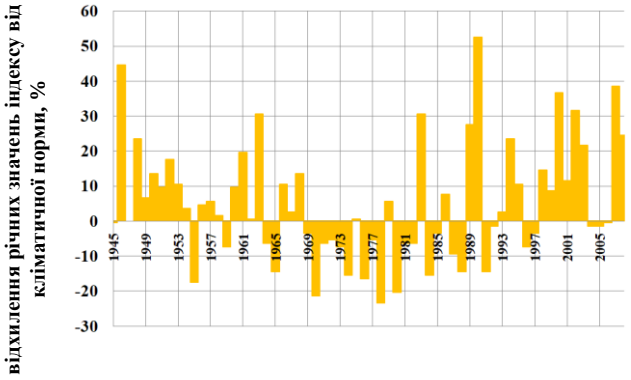
м. Ужгород



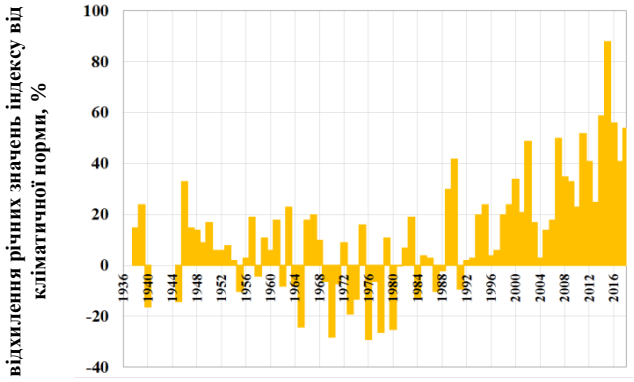
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.8

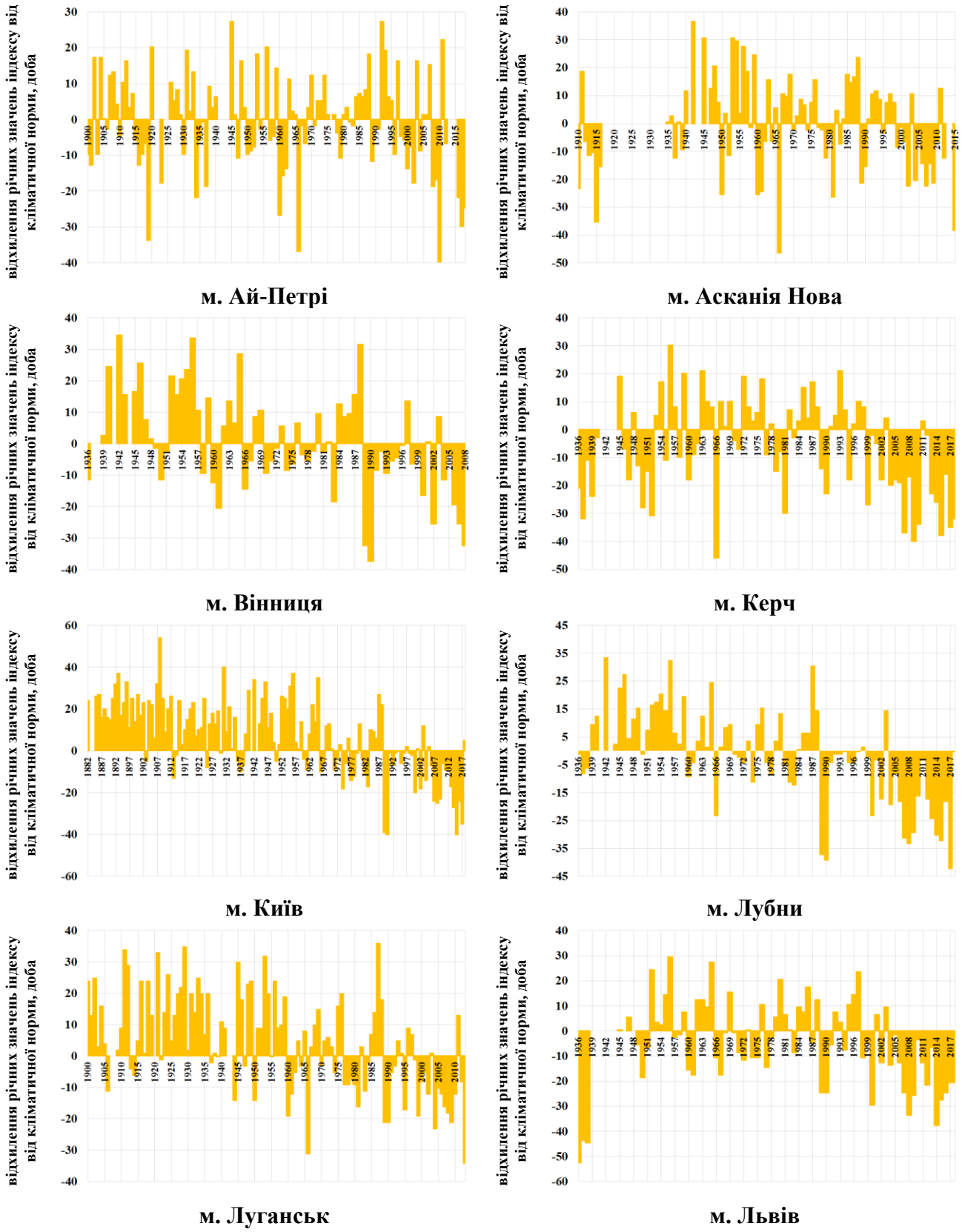
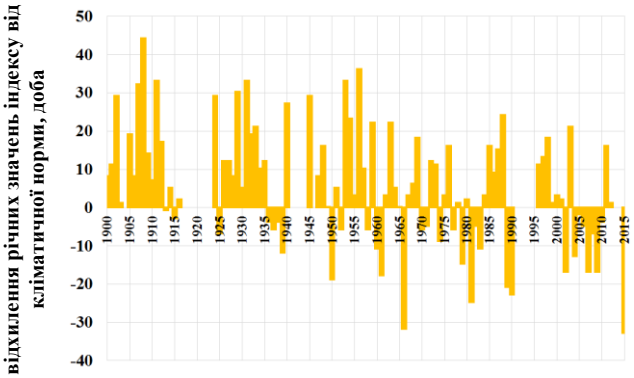
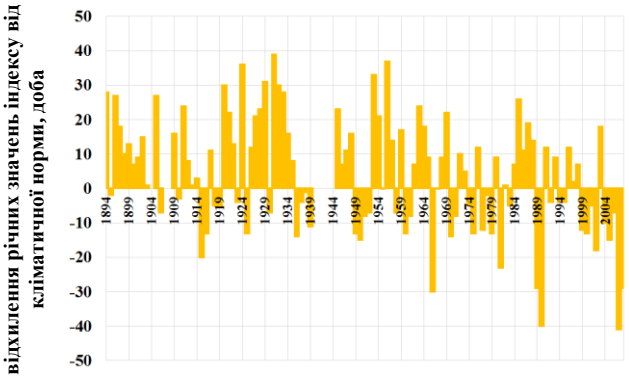


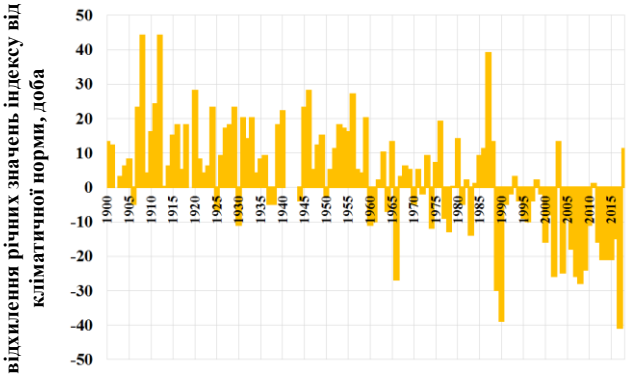
Рисунок Г.9 – Часовий хід відхилень річної кількості морозних днів (FD) від кліматичної норми.



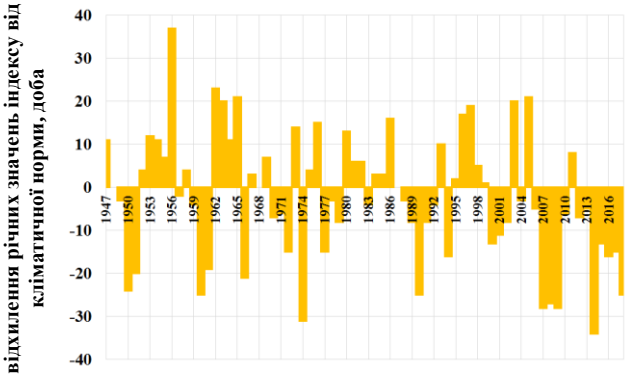
м. Миколаїв



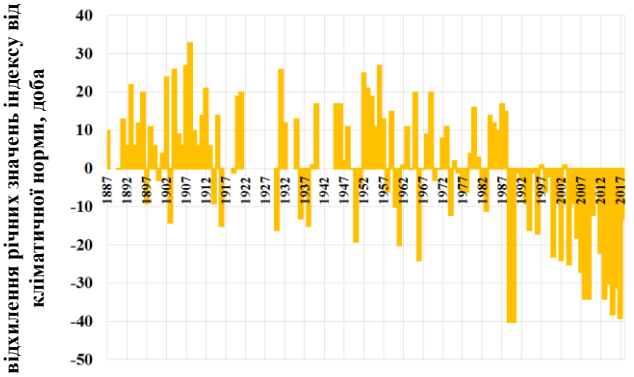
м. Одеса



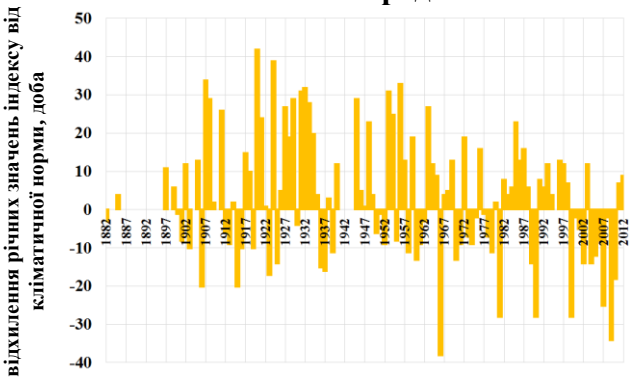
м. Полтава



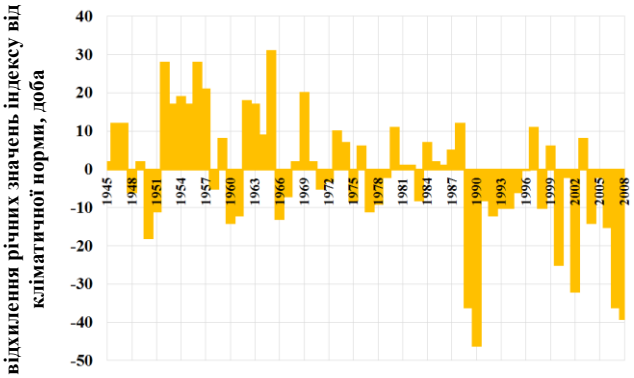
м. Ужгород



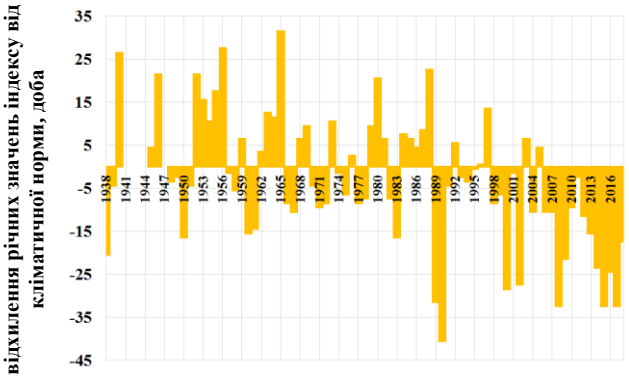
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.9

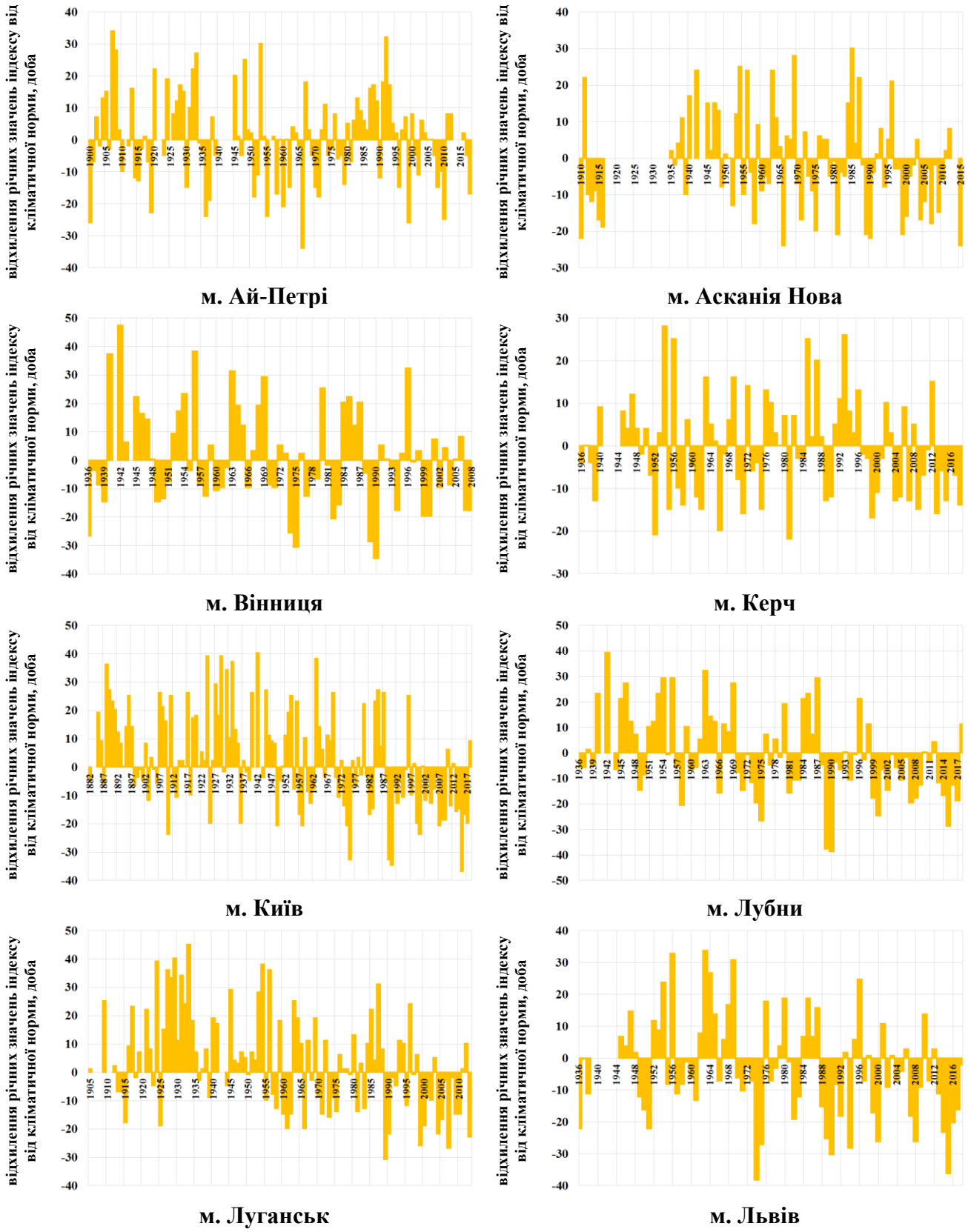
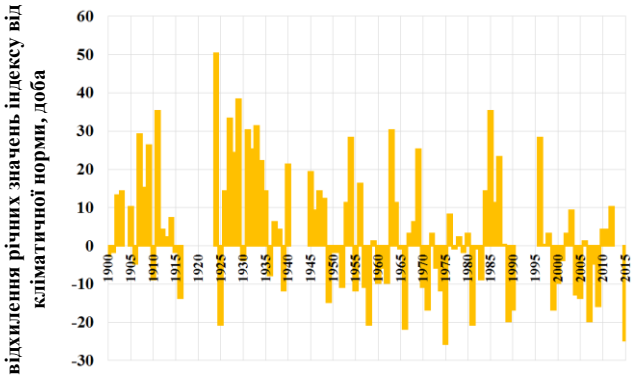
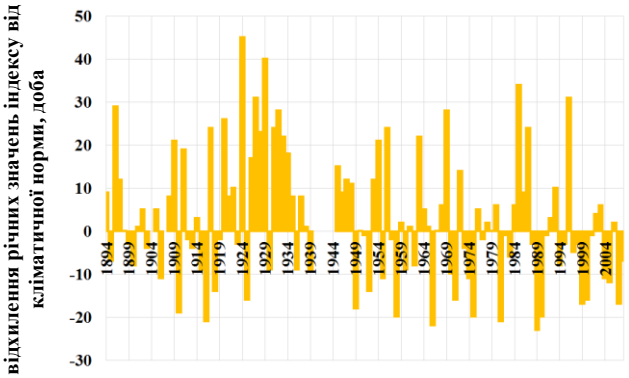


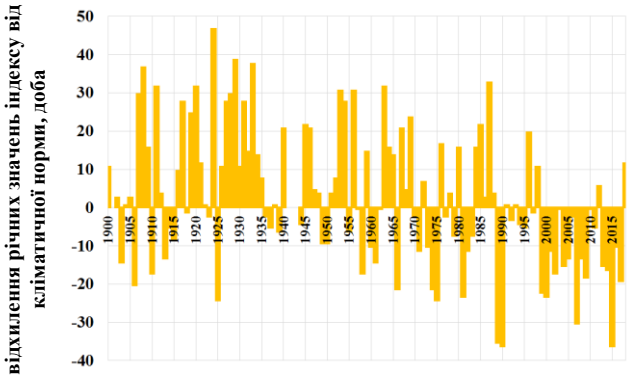
Рисунок Г.10 – Часовий хід відхилень річної кількості крижаних днів (ID) від кліматичної норми.



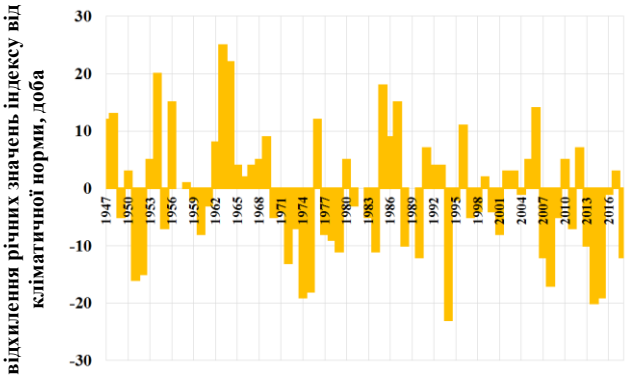
м. Миколаїв



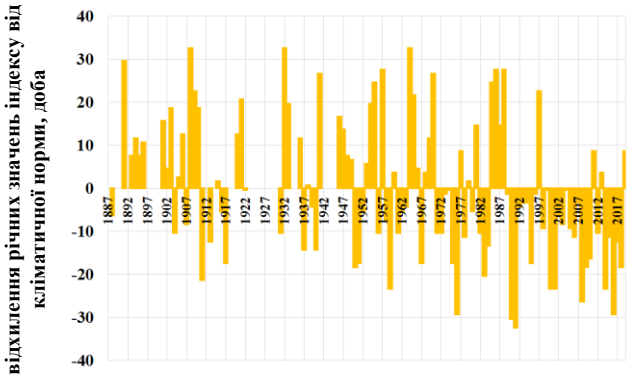
м. Одеса



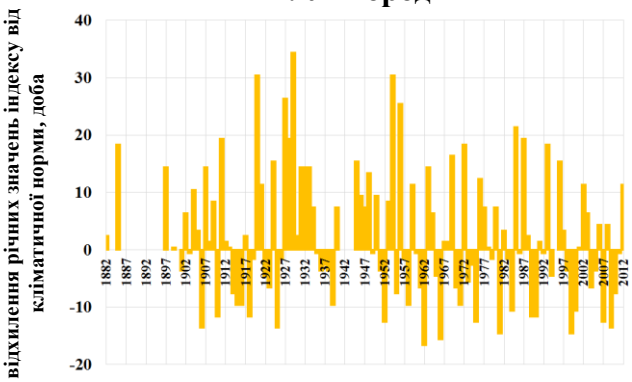
м. Полтава



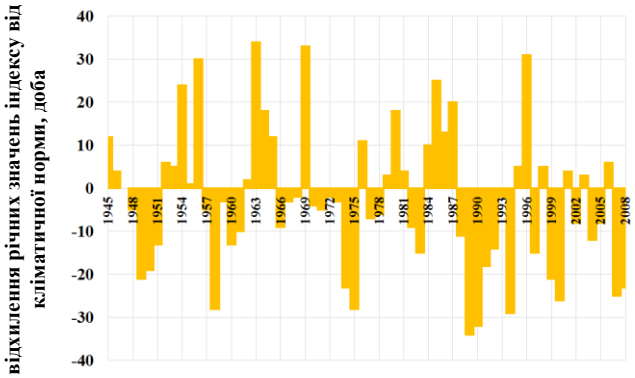
м. Ужгород



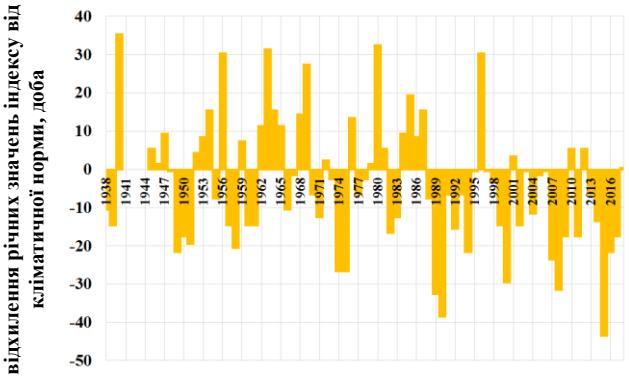
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.10

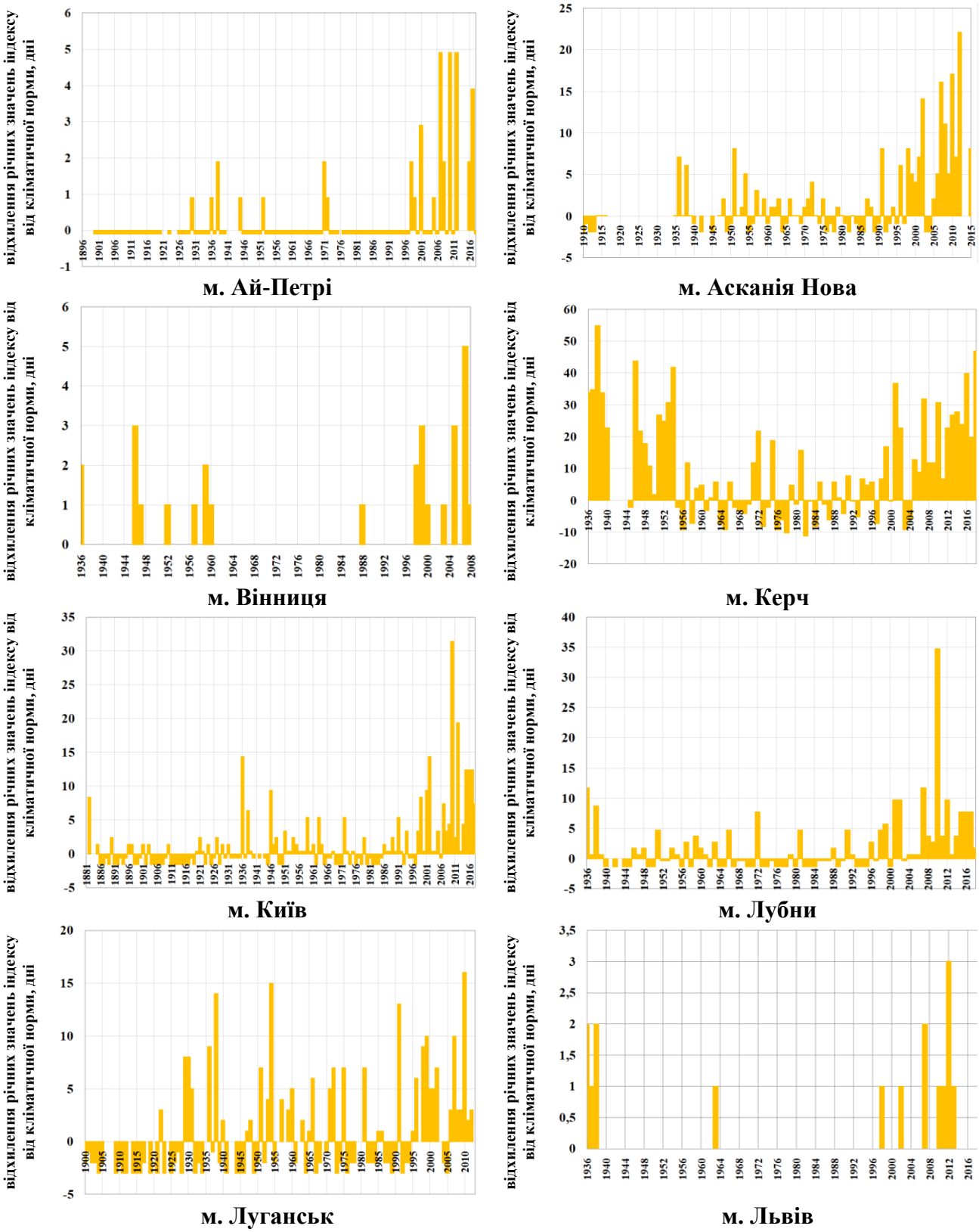
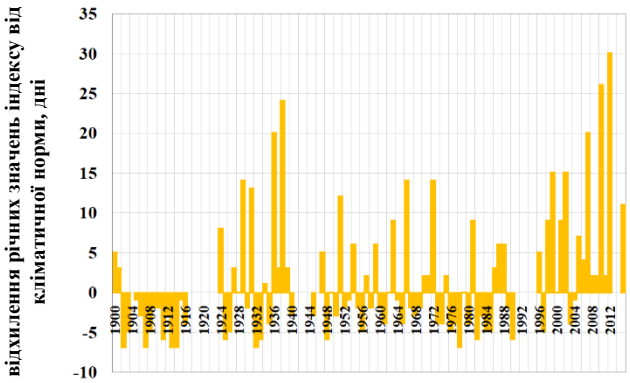
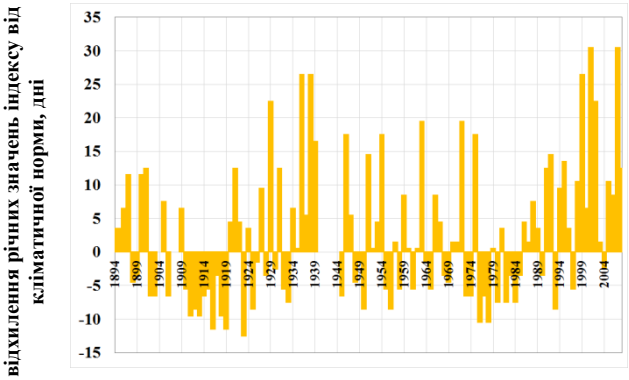


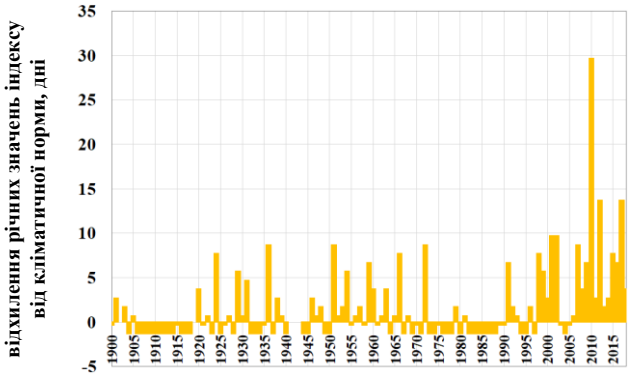
Рисунок Г.11 – Часовий хід відхилень річної кількості тропічних ночей (TR) від кліматичної норми.



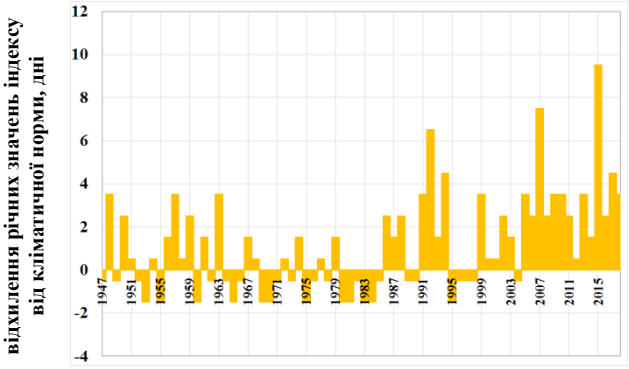
м. Миколаїв



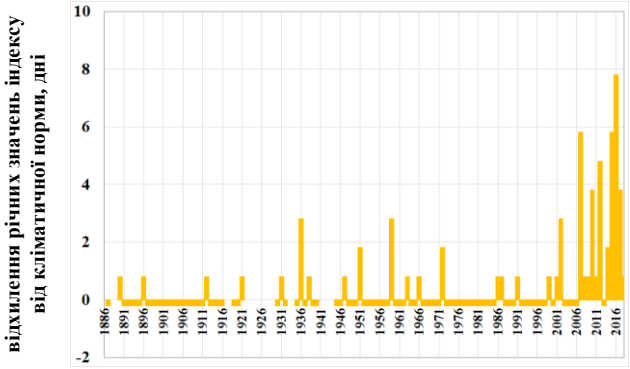
м. Одеса



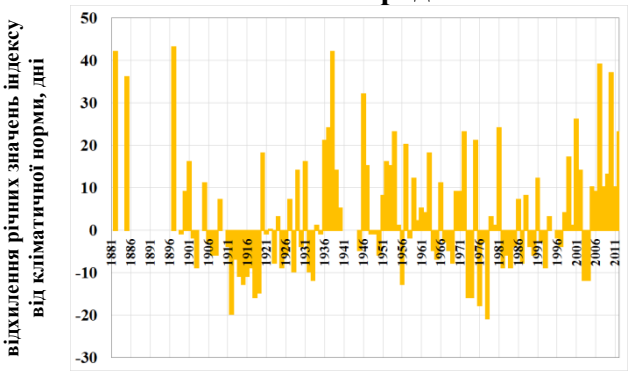
м. Полтава



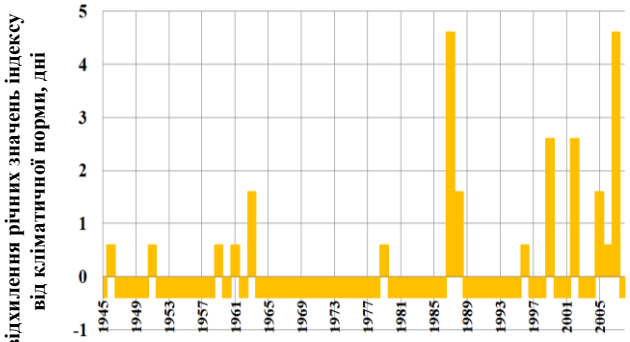
м. Ужгород



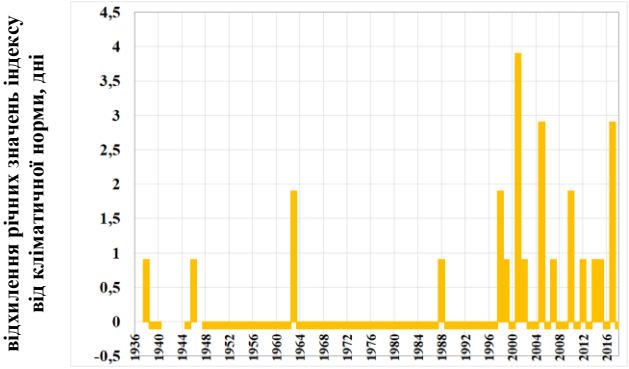
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.11

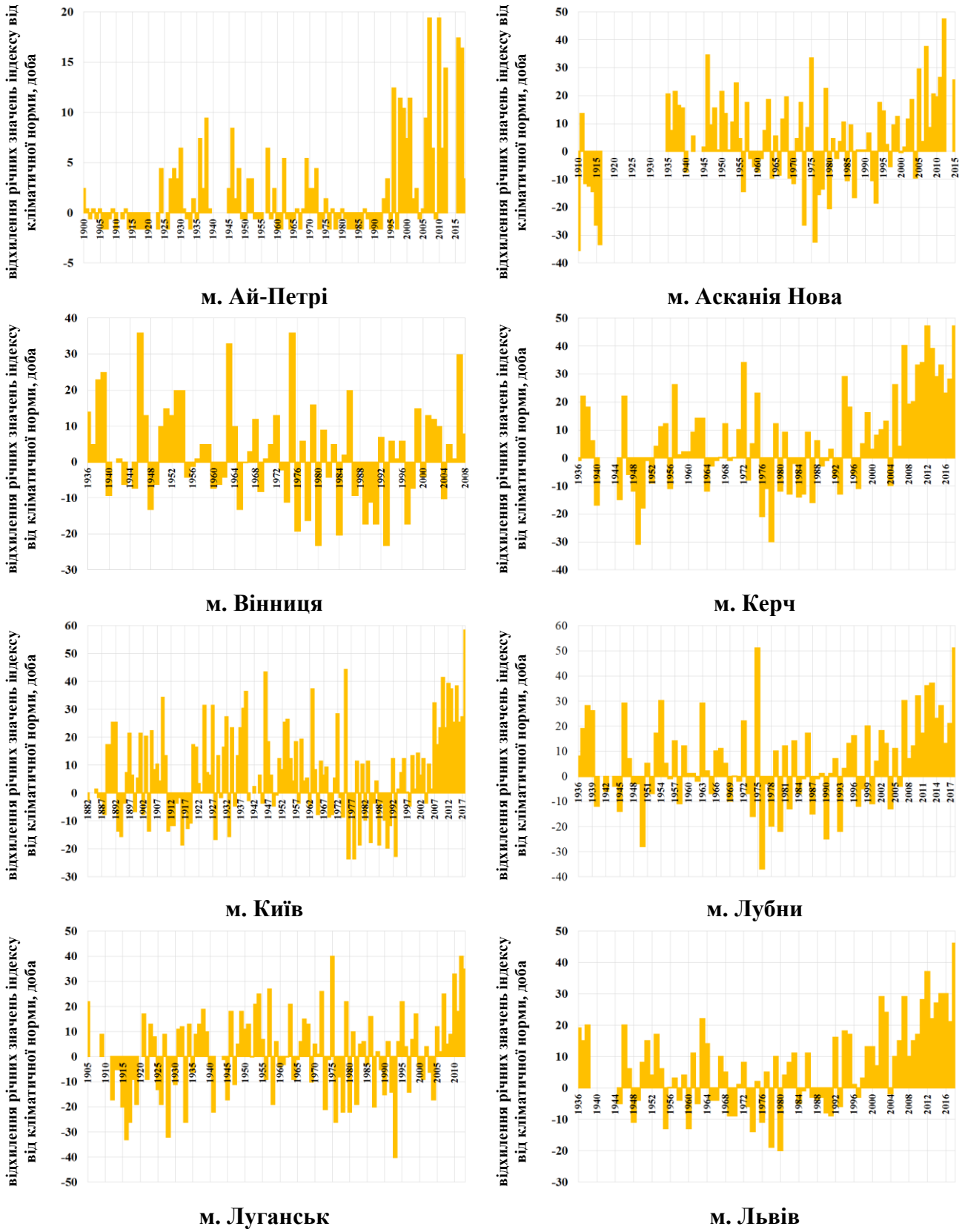
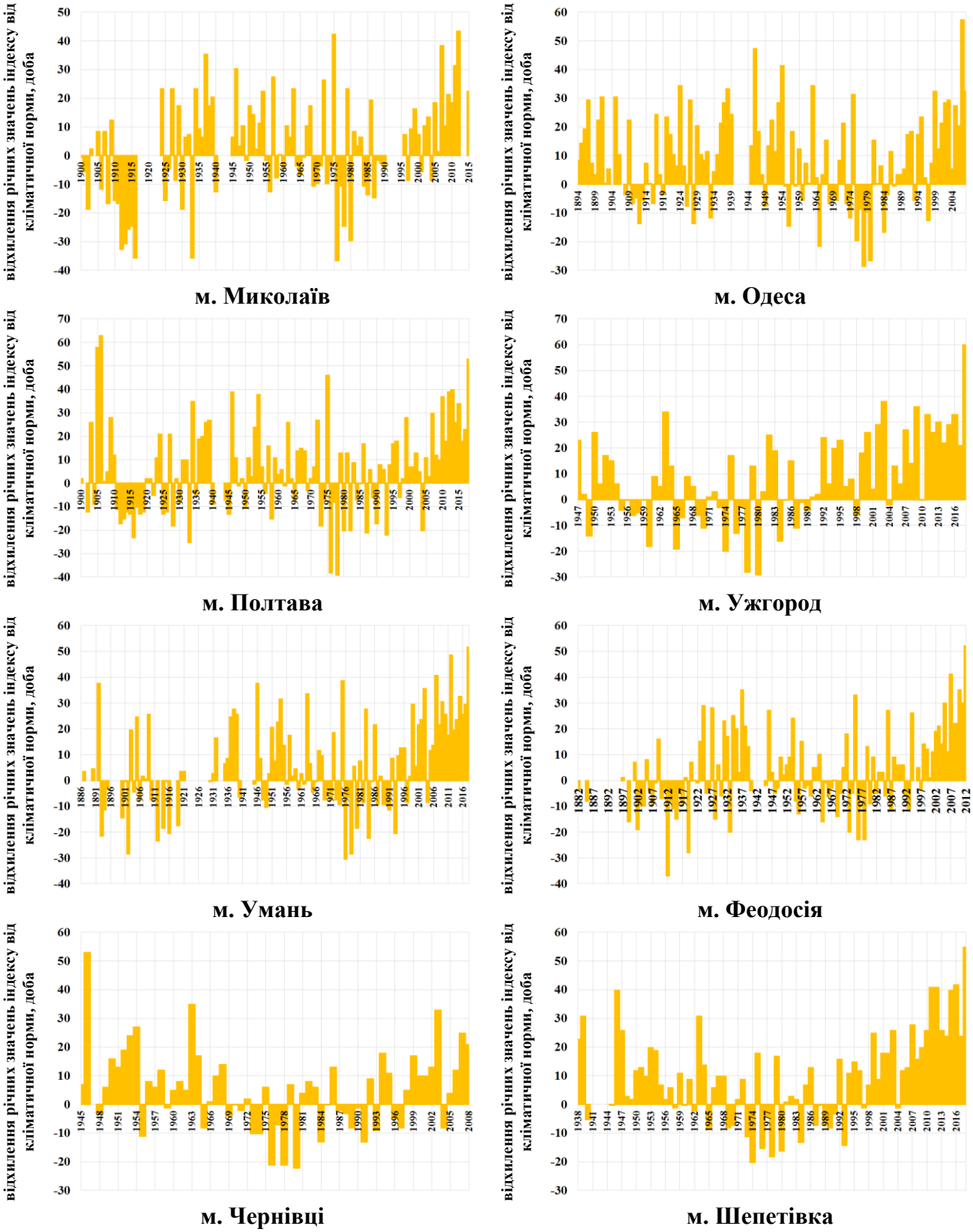


Рисунок Г.12 – Часовий хід відхилень річної кількості літніх днів (SU) від кліматичної норми.



Продовження рис. Г.12

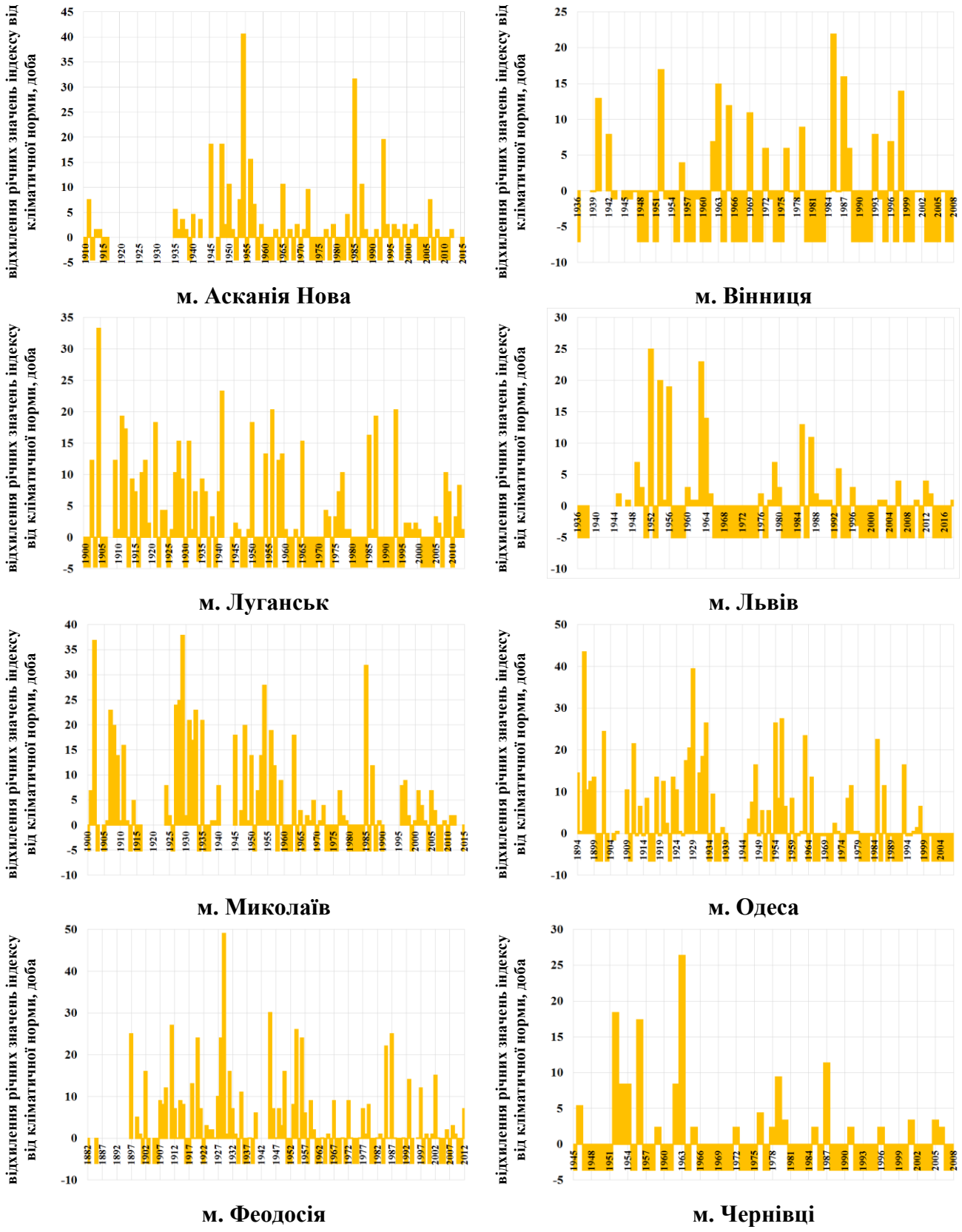


Рисунок Г.13 – Часовий хід відхилень індексу тривалості холодних періодів (CSDI) від кліматичної норми.

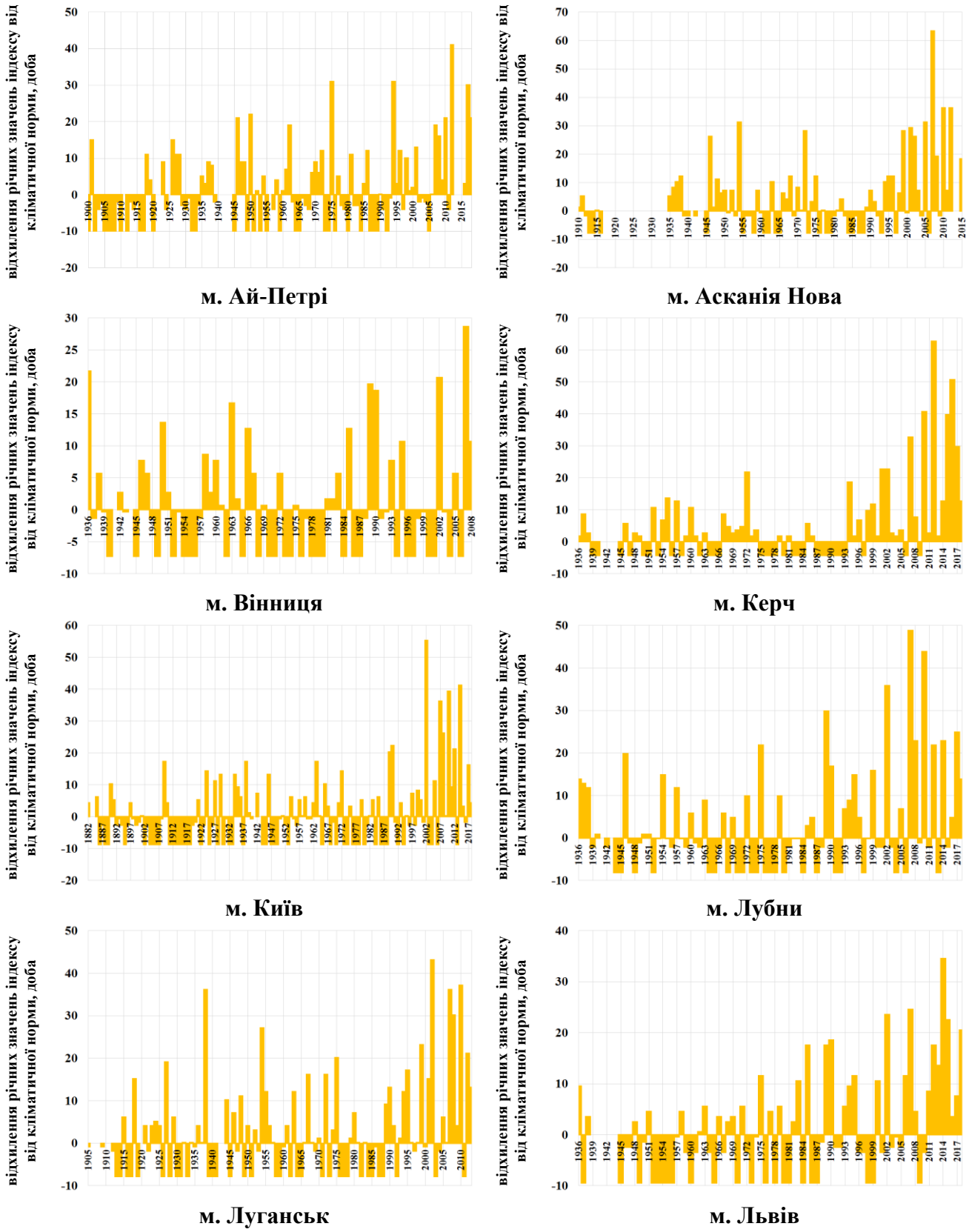
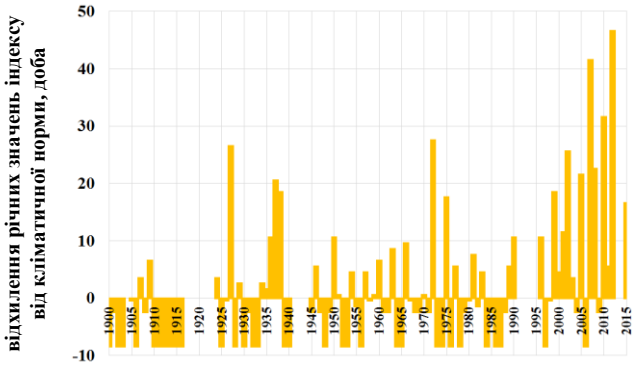
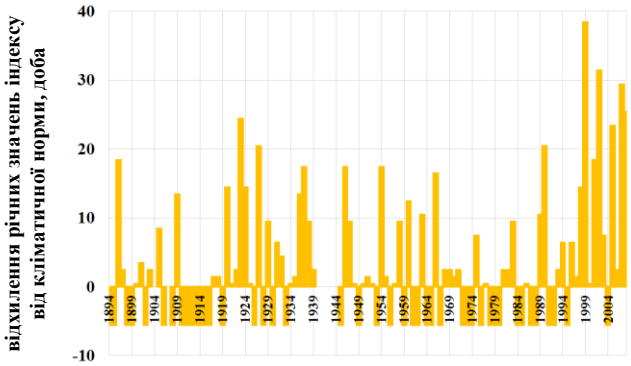


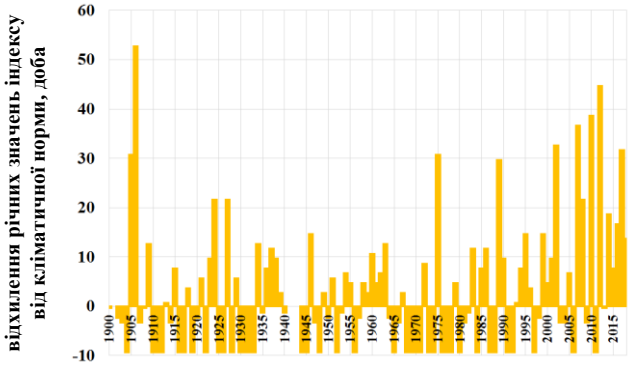
Рисунок Г.13 – Часовий хід відхилень індексу тривалості теплих періодів (WSDI) від кліматичної норми.



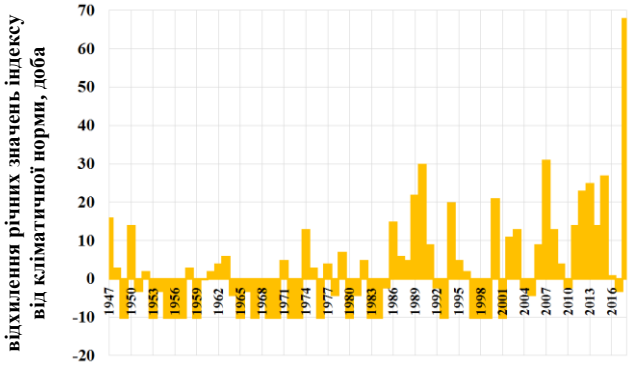
м. Миколаїв



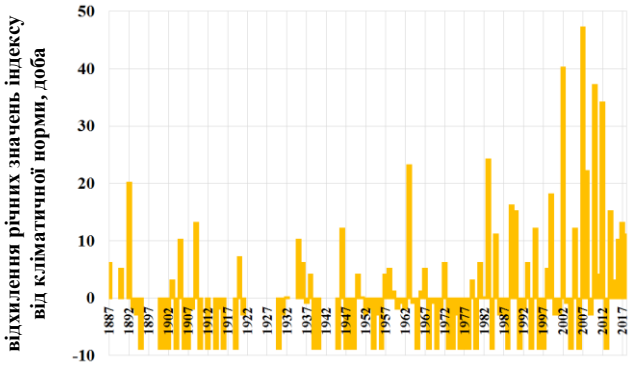
м. Одеса



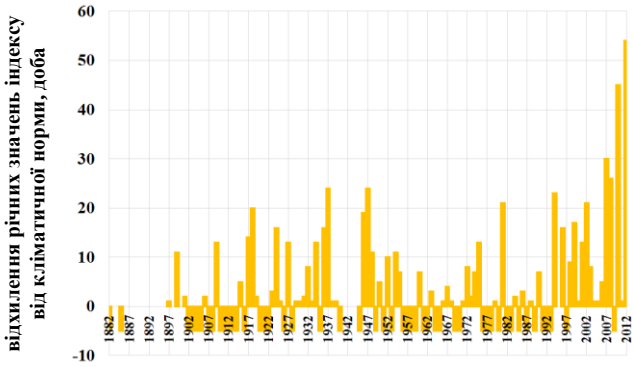
м. Полтава



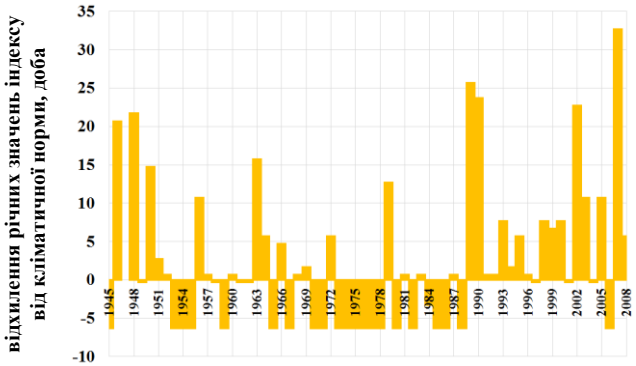
м. Ужгород



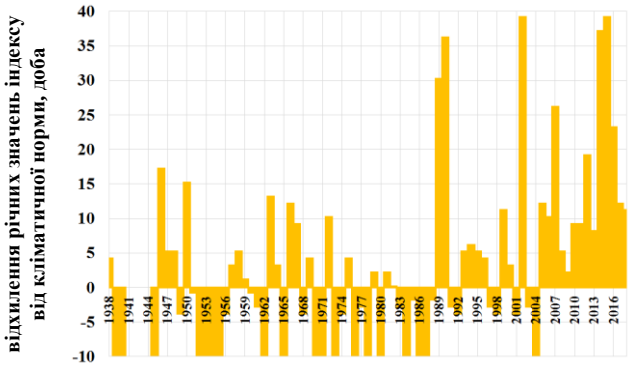
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.14

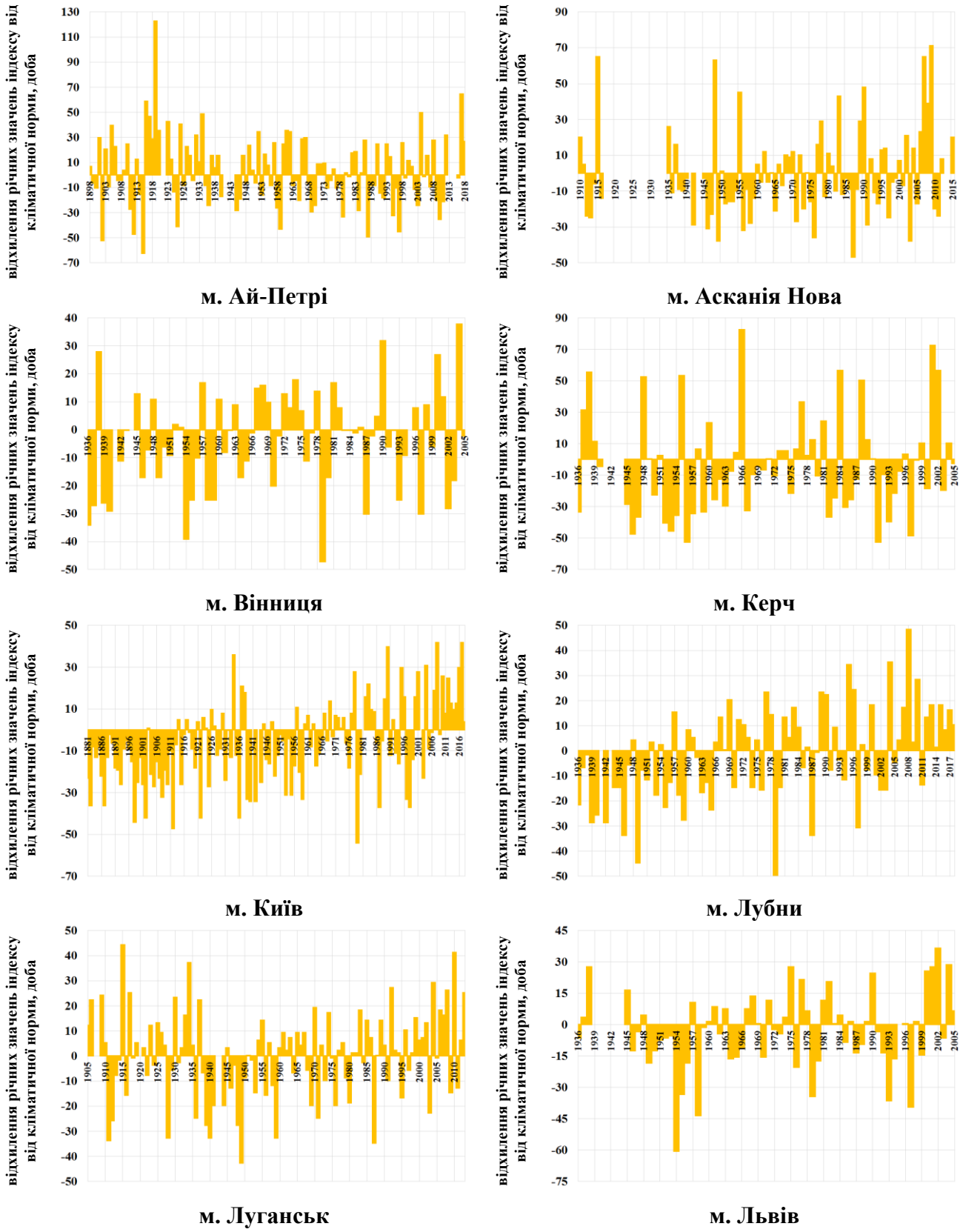
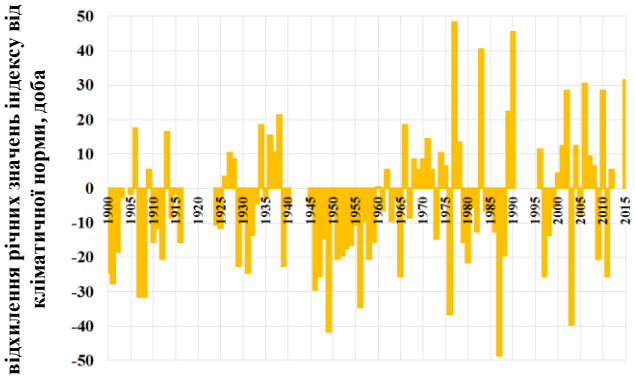
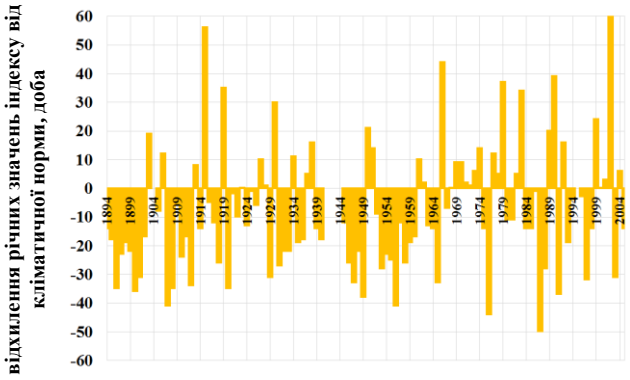


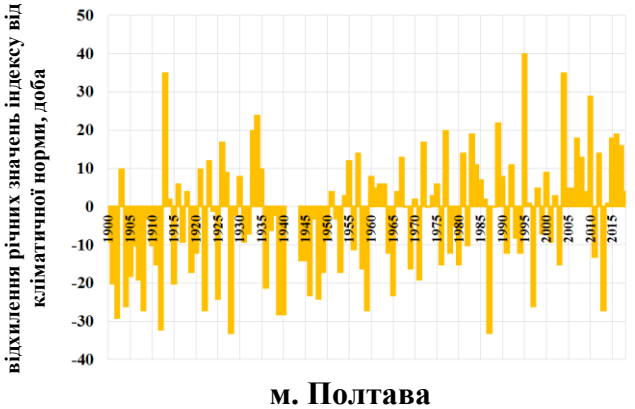
Рисунок Г.15 – Часовий хід відхилень річної тривалості вегетаційного періоду (GSL) від кліматичної норми.



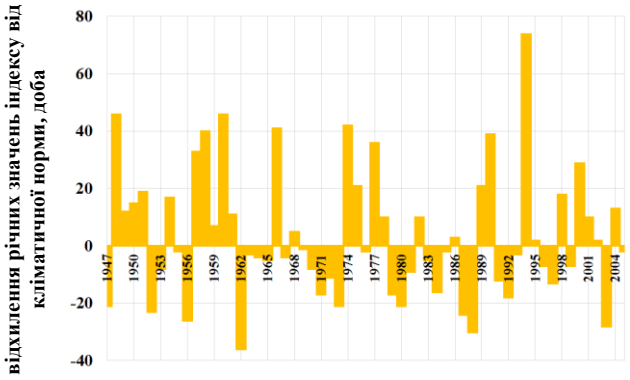
м. Миколаїв



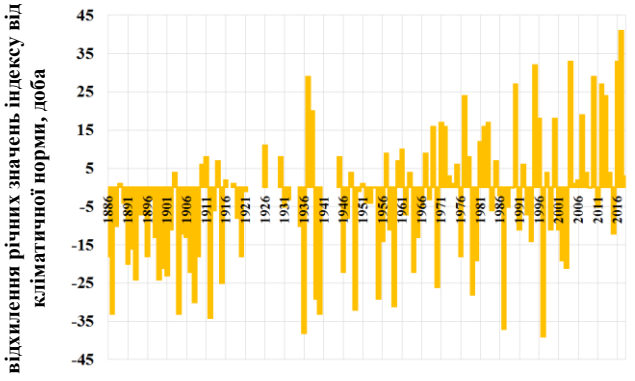
м. Одеса



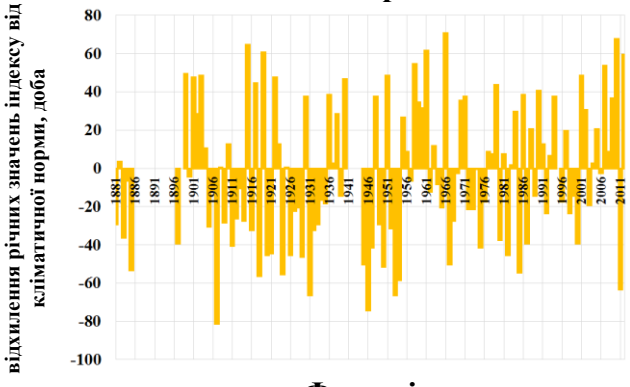
м. Полтава



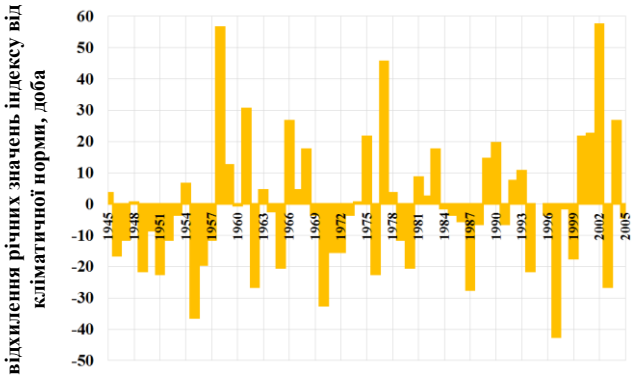
м. Ужгород



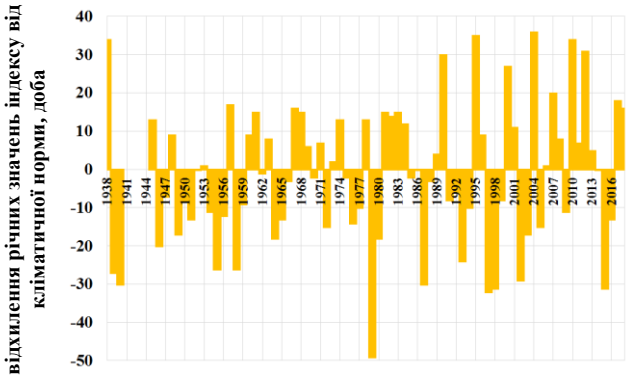
м. Умань



м. Феодосія



м. Чернівці



м. Шепетівка

Продовження рис. Г.15