

Холоденко Вікторія Святославівна,
кандидат географічних наук, доцент

Холоденко Андрій Олексійович

Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне, Україна, e-mail:
XAC2006@ukr.net

Рівненський інститут Київського університету права, м. Рівне,
Україна

ОЦІНКА ЗМІН МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА МЕТЕОСТАНЦІЇ РІВНЕ

Мета – охарактеризувати метеорологічні параметри на метеостанції Рівне та здійснити оцінку їх змін за період з 2005 по 2020 роки.

Методика дослідження побудована в таких напрямках: регресія даних спостережень на час; наявність зв'язків між сусідніми членами ряду; побудова інтегральних сумарних кривих метеопараметрів; побудовано графіки поверхонь, які дають можливість наочно оцінити прогноз їх у майбутньому; визначено однорідність рядів спостережень за статистичними параметричними та непараметричними критеріями; розрахунок коефіцієнту нерівномірності випадіння опадів.

Результати дослідження порівняння інтегральних кривих показують, що багаторічні коливання річних метеопараметрів є синфазними, тобто для різних метеорологічних параметрів на метеостанції одночасно можуть спостерігатися однакові фази, але співвідношення середніх значень за ці фази змінюються.

Послідовність фаз зменшення та зростання певних метеопараметрів дозволяє виділити цикли їх змін.

Оцінка однорідності за параметричними і непараметричними статистичними критеріями показала, що відбуваються зміни за метеопараметрами: вологість повітря, швидкість вітру, мінімальна температура повітря, опади, яка статистично доведена. Коефіцієнт нерівномірності випадіння опадів змінюється у широких межах.

Наукова новизна полягає у проведеній оцінці метеорологічних параметрів на метеостанції Рівне, яка доведена статистично і її результати можуть застосовуватися для інших наукових оцінок, досліджень.

Практична значимість результатів дослідження, а саме факт змін метеорологічних параметрів, може бути використаний при гідрологічних та геоморфологічних дослідженнях території Волинського Полісся та Волинської височини.

Ключові слова: атмосферні опади, кореляція, тренд, інтегральні сумарні криві, статистичні критерії однорідності.

Kholodenko Victoriia Svyatoslavivna,
Candidate of Geographical Sciences; Associate Professor
Kholodenko Andrii Oleksiyovych

National University of Water Management and Nature Resources
use, Rivne, Ukraine, e-mail: XAC2006@ukr.net
Rivne Institute of Kyiv University of Law, Rivne, Ukraine

ASSESSMENT OF CHANGES IN METEOROLOGICAL PARAMETERS AT THE RIVNE WEATHER STATION

The goal is to characterize the meteorological parameters at the Rivne weather station and evaluate their changes for the period from 2005 to 2020.

The research methodology is built in the following directions: regression of observation data on time; the presence of connections between adjacent members of the series; construction of integral cumulative curves of meteorological parameters; graphs of surfaces are constructed, which make it possible to visually assess their forecast in the future; the homogeneity of the series of observations according to statistical parametric and non-parametric criteria is determined; calculation of the precipitation unevenness coefficient.

The results of the comparison of integral curves show that long-term fluctuations of annual meteorological parameters are in phase, that is, for different meteorological parameters, the same phases can be observed at the weather station at the same time, but the ratio of average values for these phases changes.

The sequence of phases of decrease and increase of certain meteorological parameters allows to distinguish cycles of their changes.

The assessment of homogeneity according to parametric and non-parametric statistical criteria showed that there are changes in meteorological parameters: air humidity, wind speed, minimum air temperature, precipitation, which is statistically proven. The coefficient of uneven precipitation varies widely.

The scientific novelty consists in the assessment of meteorological parameters at the Rivne weather station, which is proven statistically and its results can be used for other scientific assessments and research.

The practical significance of the research results, namely the fact of changes in meteorological parameters, can be used in hydrological and geomorphological studies of the territory of the Volyn Polissia and the Volyn Highlands.

Key words: atmospheric precipitation, correlation, trend, integral cumulative curves, statistical criteria of homogeneity.

Постановка проблеми. В умовах сьогодення зміна клімату є важливим чинником для суспільства, який впливає на всі його складові, а наслідки зміни клімату відчуються і вони посилюватимуться у майбутньому. Тому, в першу чергу, знати обґрунтовані та достовірні метеорологічні параметри для певної території, а також давати оцінку їх змін є актуальним питанням для різних галузей народного господарства, які цього потребують. Зокрема, це такі галузі як сільське господарство, промисловість, рекреація та туризм, будівництво та інші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Єдиних методичних рекомендацій щодо оцінок кліматичних характеристик немає. ВМО рекомендує проводити дослідження за непараметричними статистичними критеріями, хоча вони і не враховують довготривалі циклічні коливання, а ДГП рекомендує проводити дослідження за статистичними параметричними критеріями для яких ряди повинні мати нормальний розподіл.

Розглядом даного питання займаються багато авторів як в Україні (Войцехович В.О., Вишневський В.І., Гребень В.В., Сніжко С.І., Струтинська В.М., Горбачова Л.О., Василенко Є.В., Дутко О.В., Галік О.І., Холоденко В.С., Косяк Д.С. та інші) [1-4], так і за кордоном, використовуючи різні методологічні підходи до оцінок параметрів змін клімату. В результаті використання різних методик оцінювання метеорологічних параметрів, які часто базуються на окремих аспектах досліджень однорідності рядів, модельних оцінках, можна отримати мінливі результати досліджень і ступінь довіри до змін залишається невисоким. Похибки можуть бути настільки суттєвими, що іноді виявляється неможливим не тільки оцінити швидкість змін, які спостерігаються, але й навіть встановити сам факт їх наявності [5-7].

На сьогодні основним методом оцінки змін клімату є порівняння змін за даними натурних спостережень та змін за результатами розрахунку по моделям загальної циркуляції атмосфери і океану (МЗЦАО). Головна увага приділена аналізу змін температури повітря, як елементу теплообігу, що у свою чергу є одним із процесів утворення клімату. Вважається, що можливість аналізу змін інших елементів в процесах кліматоутворення (і в першу чергу, атмосферних опадів) є обмеженою. Причинами цього вважається недостатньо повне фізичне розуміння кліматичної системи, а також недоліки системи спостережень, що не дозволяє одержати достатньо точну інформацію [8]. При цьому, в регіональному масштабі, порівняння трендів температур (не говорячи вже про опади), розрахованих за моделями та визначених за даними спостережень в ряді випадків є малорезультативним. Вважається, що основною причиною цього є велика невизначеність оцінок трендів за даними спостережень. В свою чергу, однією із причин, зазначеної невизначеності є зв'язність рядів спостережень, проявом якої вважаються різноманітні цикли [8].

Мета даного дослідження – охарактеризувати метеорологічні параметри на метеостанції Рівне та здійснити оцінку їх змін за період з 2005 по 2020 роки.

Постановка завдання. Характеристика метеорологічних параметрів включає дослідження із розрахунку параметричних і непараметричних статистичних критеріїв для оцінки змін метеорологічних параметрів на метеостанції Рівне. Для дослідження взято метеостанцію Рівне і часовий проміжок з 2005 по 2020 роки. До метеопараметрів за якими проводилося дослідження віднесено середньомісячні сезонні – температури повітря (T , °C), атмосферний тиск повітря (P , мм.рт.ст), відносна вологість (U , %), швидкість вітру (FF , м/с), мінімальна та максимальна температури повітря (T_{min} , °C), (T_{max} , °C), опади (RRR , мм). При цьому вибірку щоденних даних кліматичних спостережень формуємо у середньомісячні, а потім у сезонні періоди – зима, весна, літо, осінь для більшої точності оцінок.

Було проведено аналіз часової структури рядів спостережень в таких напрямках: регресія даних спостережень на час; наявність зв'язків між сусідніми членами ряду; побудова інтегральних сумарних кривих метеопараметрів; побудовано графіки поверхонь, які дають можливість наочно оцінити прогноз їх у майбутньому; визначено однорідність рядів спостережень за статистичними параметричними та непараметричними критеріями; розрахунок коефіцієнту нерівномірності випадіння опадів.

Виклад основного матеріалу. В роботі для аналізу регіональних змін метеорологічних параметрів, використані дані інструментальних спостережень на метеостанції Рівне з 2005 року по 2020 рік.

Для всіх метеорологічних параметрів є затверджені єдині методики їх визначення. Вважаємо, що найпростіший та достовірніший метод оцінки метеопараметрів – це статистичний.

Статистичні методи дозволяють показати в своїх оцінках залежності від одного, двох іноді двох-трьох чинників. Для однорідності рядів спостережень за змінами метеопараметрів доцільно використовувати непараметричні статистичні критерії оцінки (Вілкоксона – W, Ван дер Вандера – X, Сіджела-Тьюка – S, серійний критерій – Q, критерій Колмогорова-Смірнова – λ^2), а коли ряди спостережень невеликі, так як у нашому випадку, тобто $n < 20$ – і параметричні статистичні критерії (Стюдента, Фішера).

По-перше, розглянемо результати дослідження за параметричними статистичними критеріями – Стюдента та Фішера. Нині для оцінки статистичної значущості наявності тренду зазвичай розглядають ймовірність нульової гіпотези, тобто ймовірність того, що коефіцієнт лінійного тренду дорівнює нулю ($a = 0$). Для цього відношення $a / \sigma a$ порівнюють із табличним значенням розподілу Стюдента за заданого рівня значущості та числа ступенів вільності, яке дорівнює 2 (де σa – вибіркова мінливість коефіцієнта тренду; N – число років у часовому відрізку, що розглядають). Критичною умовою, за якою нульова гіпотеза відхиляється, найчастіше є умова $a / \sigma a \geq 2$, що відповідає рівню значущості ~ 95 %. Розподіл Стюдента показав, що для метеопараметрів температури повітря, атмосферного тиску, максимальної температури повітря для всіх сезонів року дані вибірок є однорідними. Для параметрів відносна вологість (зима, весна, літо), швидкість вітру (літо), мінімальна температура повітря (літо), опади (літо) дані вибірок є неоднорідними, а для всіх інших сезонів року – однорідні (таблиця 1).

В цілому ж критерій Стюдента доцільно використовувати, коли кількість членів вибірки $n < 20$. Коли ж вибірка велика, (від 30 до 100 років) і $\bar{X}_i$ наближається до нормального розподілу, то середньоквадратичні відхилення наближаються до 0,9-1.

Таблиця 1

Результати досліджень метеорологічних параметрів на метеостанції Рівне у різні сезони в період з 2005-2020 рр.

Критерії	Параметричні		Непараметричні				
	t	F	W	X	S	Q	λ^2
Метеопараметри							
<i>Температура повітря:</i> зима	О	О	О	О	О	О	О
весна	О	О	О	О	О	О	О
літо	О	О	О	О	О	О	О
осінь	О	О	О	О	О	О	О
<i>Атмосферний тиск:</i> зима	О	О	О	О	О	О	О
весна	О	О	О	О	О	О	О
літо	О	О	О	О	О	О	О
осінь	О	О	О	О	О	О	О
<i>Відносна вологість:</i> зима	Н	О	О	О	О	О	О
весна	Н	О	О	О	О	О	О
літо	Н	О	О	О	О	О	О
осінь	О	О	О	О	О	О	О
<i>Швидкість вітру:</i> зима	О	О	О	О	О	О	О
весна	О	О	О	О	О	О	О
літо	Н	О	О	О	О	О	О
осінь	О	О	О	О	О	О	О
<i>Мінімальна температура повітря:</i> зима	О	О	О	О	О	О	О
весна	О	О	О	О	О	О	О
літо	Н	О	О	О	О	О	О
осінь	О	О	О	О	О	О	О
<i>Максимальна температура повітря:</i> зима	О	О	О	О	О	О	О
весна	О	О	О	О	О	О	О
літо	О	О	О	О	О	О	О

осінь	О	О	О	О	О	О	О
<i>Опади:</i> зима	О	О	О	О	О	О	О
весна	О	О	О	О	О	О	О
літо	Н	О	О	Н	О	О	О
осінь	О	О	О	О	О	О	О

Розрахунок за статистичним параметричним критерієм Фішера також показав, що всі вибірки метеопараметрів є однорідними.

По-друге, непараметричними називають критерії, використання яких не вимагає попереднього визначення оцінок невідомих параметрів розподілу і навіть наближеного закону розподілу ознаки. Вони можуть бути застосовані під час аналізу однорідності рядів, які мають переважно асиметричний розподіл.

За критерієм Вілкоксона (W) виявляються відмінності в центральних тенденціях двох вибірок. У нашому випадку рівень значущості буде дорівнювати - $W > W(\alpha)$, де $W(\alpha)$ – критичне значення статистики Вілкоксона – 1,96; W – значення критерію для меншої вибірки. Рівень значущості відповідає $\alpha=0,05$. Результати досліджень показали, що всі вибірки за цим критерієм є однорідними.

За критерієм Ван дер Вандера (X) оцінка однорідності рядів є більш потужною та чутливою в порівнянні з критерієм Стюдента, коли відомо, що розподіли явно відрізняються від нормального. У нашому випадку рівень значущості буде дорівнювати - $|X| > X(\alpha)$, де $X(\alpha)$ – критичне значення статистики X –критерію, яке визначається за таблицями і враховує значення обсягу об'єднаної вибірки N та різницю обсягів m та n ; $|X|$ – значення критерію для меншої вибірки. Рівень значущості відповідає $\alpha=0,05$. У нашому випадку нульова гіпотеза (H_0) не відхиляється, тобто ряди спостереження однорідними для всіх метеопараметрів та сезонів, окрім опадів для сезону літо, де вибірка є неоднорідною.

За критерієм Сіджела-Тьюкі (S) - ця модифікація називається S -критерієм. За його допомогою порівнюють дві вибірки по відхиленням, залишаючи без уваги їх середні значення. У випадку, коли дисперсії (стандартні відхилення) двох вибірок будуть однаковими, то ці вибірки будуть однорідними. Оцінюємо значення функції, оберненої до нормального розподілу при рівні значущості $\alpha=0,05$. Порівнюємо відхилення U та значення функції $\Psi(1-\alpha/2)=\Psi(1,96)$. У нашому випадку нульова гіпотеза (H_0) не відхиляється від альтернативи (H_1) за всіма метеопараметрами для всіх сезонів року.

За серійним критерієм (Q) дві вибірки, що порівнюються належать одній генеральній сукупності, то можна припустити, що в об'єднаній і впорядкованій за зростанням виборці, елементи кожної з двох вихідних вибірок повинні чергуватися. Оцінюємо значення функції, оберненої до нормального розподілу при рівні значущості $\alpha=0,05$. Порівнюємо відхилення U та значення функції $\Psi(1-\alpha/2)=\Psi(0,975)=1,96$. У нашому випадку нульова гіпотеза (H_0) не відхиляється від альтернативи (H_1) за всіма метеопараметрами для всіх сезонів року.

За критерієм Колмогорова-Смірнова (λ^2), який базується на порівнянні вибірок (рядів) накопичених частот двох сукупностей. При великих обсягах вибірок ($m, n > 100$), визначену різницю D (максимальне значення $|F_j(x)-F_j(y)|$, де $F_j(x)$ і $F_j(y)$ відносні накопичені частоти) порівнюють з величиною λ_2 . Для заданого рівня значущості $\alpha=0,05$ порівнюють одержане $\lambda^2 > \lambda^2(\alpha)$, тобто перевіряють умову $\lambda^2 > 1,84$. У нашому випадку нульова гіпотеза (H_0) не відхиляється від альтернативи (H_1) за всіма метеопараметрами для всіх сезонів року.

Оцінка однорідності за параметричними і непараметричними статистичними критеріями показала, що відбуваються зміни за метеопараметрами: вологість повітря, швидкість вітру, мінімальна температура повітря, опади, яка статистично доведена. В цілому ж можна сказати, що однорідність метеорологічних параметрів передбачена методиками їх визначення, яка закладена в них.

По-третє, попередня візуальна оцінка досліджуваного ходу метеорологічних максимальних та мінімальних параметрів представлена у таблиці 2, 3.

Таблиця 2

Середньомісячні максимальні та мінімальні метеорологічні параметри у різні періоди року на метеостанції Рівне з 2005 по 2020 роки

Метеорологічні параметри	Періоди року
--------------------------	--------------

		Зима	Весна	Літо	Осінь
Температура повітря, °C	Максимальна	2,6	18,8	22	15,9
	Мінімальна	-11,1	-3,3	16,1	-0,3
Атмосферний тиск, мм.рт.ст	Максимальний	773,1	767,9	764,2	770,7
	Мінімальний	753,6	754,2	756,6	751,7
Відносна вологість, %	Максимальна	97	86	80	91
	Мінімальна	82	42	50	66
Швидкість вітру, м/с	Максимальна	6,6	5,4	3,9	5
	Мінімальна	3,2	2,8	2,5	2,6
Мінімальна температура повітря, °C	Максимальна	-0,1	6,3	12,5	4,3
	Мінімальна	-31,4	-24,9	4,3	-15,1
Максимальна температура повітря, °C	Максимальна	14,2	31,2	35,1	35,4
	Мінімальна	0,7	8,7	26	-11,3
Опади, мм	Максимальні	77	144	180	122
	Мінімальні	0,3	4	1,5	5,4

Аналіз результатів кількісних даних метеорологічних параметрів у табл. 2 відображає загальну тенденцію їх змін у табл. 3.

Таблиця 3

Тенденція зміни середньомісячних метеорологічних параметрів у різні періоди року з 2005 по 2020 роки

	T, °C	P, мм.рт.ст	U, %	FF, м/с	T _{min} , °C	T _{max} , °C	RRR, мм
Зима	+	-	-	+	+	+	-
Весна	+	+	-	+	+	+	-
Літо	+	+	-	-	-	+	-
Осінь	+	+	-	+	+	0	0
За рік	+	0	-	+	+	+	-

Примітка: «+» – тенденція до зростання; «-» – тенденція до спадання; «0» – тенденція майже не змінюється.

Аналізуючи результати дослідження таблиці 3 можна побачити, що середньомісячні параметри температури повітря зростають протягом року; відносної вологості падають; зменшується кількість опадів, хоча у осінній період вони зберігаються сталими; швидкість вітру та мінімальні температури повітря зменшуються, особливо у літню пору року, а в інші періоди – зростають. Для прикладу, ця тенденція показана на рис. 1 для метеостанції Рівне.

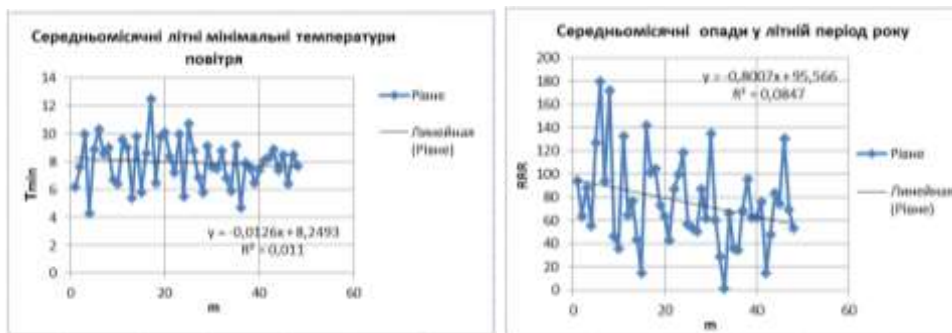


Рис. 1. Багаторічний хід середньомісячних мінімальних температур та опадів для метеостанції Рівне

В результаті був проведений аналіз часової структури рядів спостережень для всіх періодів року та всіх метеопараметрів, заявлений у постановці завдання. Побудовані інтегральні сумарні

криві (рис. 2), які дозволяють побачити тенденцію зміни метеорологічних параметрів на зростання та спад.

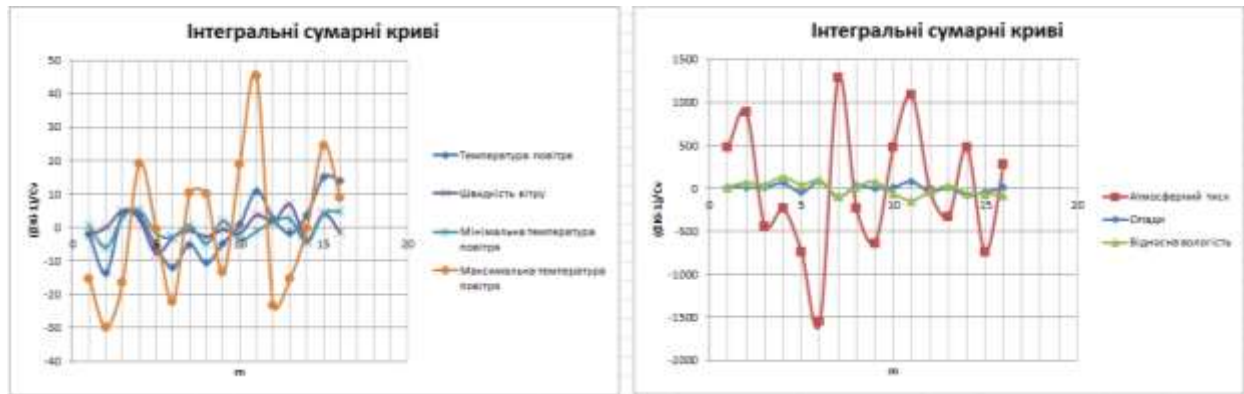


Рис. 2. Інтегральні сумарні криві метеорологічних параметрів на метеостанції Рівне за період дослідження з 2005 по 2020 роки

Оцінка часової структури рядів річних метеопараметрів по станції Рівне вимагає визначення однорідності рядів за статистичними критеріями однорідності. Для їх застосування слід точно визначити моменти поділу сукупності на дві частини за характеристикою можливої циклічності метеопараметра. Дослідження циклічності коливань річних метеопараметрів проводилися за календарними графіками їх змін. Вони не завжди дають повну уяву про можливу циклічність через наявність малих циклів на фоні багаторічних коливань. Тому доцільно використовувати графіки ковзних середніх значень за деякий проміжок часу. Вони включають вплив різких коливань в окремі роки, але завдяки згладжуванню одночасно роблять більш невизначеними межі різних циклів. Більш наглядну уяву про цикли коливання річних метеопараметрів дають різниці інтегральні криві (сумарні криві відхилень річних значень від середнього його значення за період спостережень).

Інтегральні криві будують у відносних величинах – модульних коефіцієнтах (K_i). Для цього послідовно додають відхилення модульних коефіцієнтів опадів хронологічного ряду від середнього

багаторічного значення, що дорівнює одиниці, тобто знаходять $\left[\sum_{i=1}^t (K_i - 1) \right]$. Поточні ординати

інтегральної кривої на кінець t -го року від початку кривої визначають як $\sum_{i=1}^t (K_i - 1) = f(t)$. Для того, щоб виключити вплив ступеня мінливості на модульні коефіцієнти інтегральні криві будують

по ординатам $\left[\sum_{i=1}^t (K_i - 1) / C_v \right] = f(t)$.

Період часу, для якого ділянка інтегральної кривої має нахил вгору відповідає фазі збільшення досліджуваного метеопараметра. Період часу, для якого ділянка кривої має нахил вниз відповідає фазі зменшення його. Інтегральні криві відповідно річних метеопараметрів за роками спостережень на метеостанції Рівне наведено на рисунку 2.

Результати дослідження порівняння інтегральних кривих показують, що багаторічні коливання річних метеопараметрів є синфазними, тобто для різних метеорологічних параметрів на метеостанції одночасно можуть спостерігатися однакові фази, але співвідношення середніх значень за ці фази змінюються.

Послідовність фаз зменшення та зростання певних метеопараметрів дозволяє виділити цикли їх зміни.

По-четверте, про наявність зв'язності членів ряду між собою говорить коефіцієнт кореляції $r(1)$. Для його визначення, попередньо утворюють з одного вихідного ряду два, при цьому другий допоміжний ряд буде частиною першого. При цьому в першому ряду відсутній останній член, а в другому – перший і число пар значень вихідної величини на одну менше загального об'єму сукупності. Для беззв'язного ряду $r(1)$ фактично дорівнює нулю. Для рядів із слабкими внутрішньорядними зв'язками коефіцієнт $r(1)$ зазвичай дорівнює 0,2-0,4 [9].

В таблиці 4 наведена характеристика зв'язності рядів метеорологічних параметрів по метеостанції Рівне.

Таблиця 4

Коефіцієнти кореляції рядів середньорічних метеопараметрів

Метеостанція	Рівне	
	Прямий зв'язок	Обернений зв'язок
Метеопараметри		
T i P	+0,1320	
T i U		-0,5728
T i FF	+0,4352	
T i T _{min}	+0,6235	
T i T _{max}	+0,5835	
T i RRR		-0,07435
P i U		-0,5986
P i FF	+0,05077	
P i T _{min}		-0,2163
P i T _{max}	+0,2997	
P i RRR		-0,2276
U i FF		-0,08256
U i T _{min}	+0,02080	
U i T _{max}		-0,5755
U i RRR	+0,3550	
FF i T _{min}	+0,5351	
FF i T _{max}	+0,1016	
FF i RRR	+0,2307	
T _{max} i T _{min}	+0,1431	
T _{min} i RRR		-0,00082
T _{max} i RRR	+0,0937	

Аналізуючи результати розрахунків у таблиці 4 можна відмітити, що високий взаємозв'язок спостерігається між параметрами – T i U, T i T_{min}, T i T_{max}, P i U, U i T_{max}, FF i T_{min}; середній – T i FF, U i RRR; низький – T i P, P i T_{min}, P i T_{max}, FF i T_{max}, FF i RRR, T_{max} i T_{min}; відсутній – T i RRR, P i FF, U i FF, U i T_{min}, T_{min} i RRR, T_{max} i RRR.

Фактично, для зазначеної території можна говорити про низький та відсутність зв'язку між членами рядів метеопараметрів, тобто ряди сформовані із випадкових величин та про ймовірну відсутність проявів різноманітних циклів. Факт того, що зв'язки у опадів з іншими метеопараметрами низькі, то можна говорити про те, що на даній території на їх формування впливає багато інших факторів, які не пов'язані з метеорологічними чинниками, а саме – антропогенні, це стосується і швидкості вітру, мінімальних та максимальних температур повітря.

По-п'яте, для метеорологічних параметрів, які мають високий взаємозв'язок були побудовані графіки поверхонь, які дають можливість наочно оцінити прогноз їх у майбутньому, якщо вони і надалі будуть мати таку тенденцію до зростання або спаду (рис. 3).

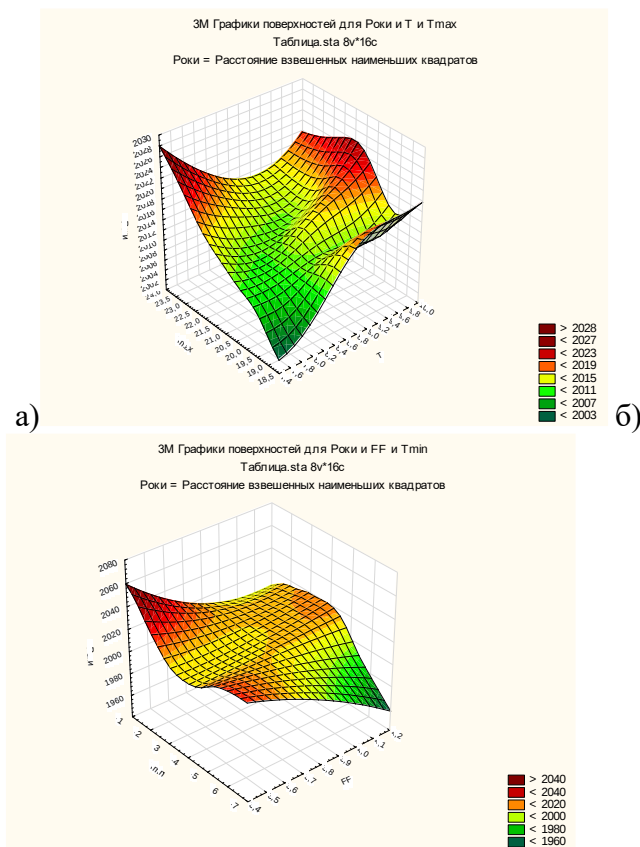


Рис. 3. Графіки поверхонь метеорологічних параметрів на метеостанції Рівне за період дослідження з 2005 по 2020 роки: а) середньорічних температур повітря та максимальних температур повітря; б) швидкості вітру та мінімальних температур повітря

З рис. 3 видно, що на графіку поверхонь а) подальше зростання середньорічних температур повітря може призвести у майбутньому до зростання максимальних температур повітря; а на графіку поверхонь б) збільшення швидкості вітрів може сприяти зниженню мінімальних температур повітря у прогнозі, якщо будуть зберігатися такі ж умови формування метеопараметрів.

По-шосте, для вивчення змін параметрів клімату за даними рядів спостережень використовують оцінки трендів середнього значення. Найчастіше визначають коефіцієнт лінійного тренду, який характеризує швидкість зміни рівня ряду на часовому відрізку, що розглядається. В даному дослідженні коефіцієнти лінійних трендів різних метеопараметрів для різних сезонів року були визначені за співвідношенням регресійного аналізу [10]. Для оцінки статистичної значущості наявності тренду зазвичай застосовують співвідношення a / σ_a , де σ_a – вибіркова мінливість лінійного тренду [8]. Результати трендового аналізу рядів середньомісячних метеорологічних параметрів у різні періоди року показав, що коефіцієнти лінійного тренду змінюються у таких межах: для зими – від -0,0298 (P) до +0,0484 (T); для весни – від -0,0601 (RRR) до +0,0841 (T); для літа – від -0,0015 (FF) до +0,0384 (T_{max}); для осені – від -0,0103 (T_{max}) до +0,039 (P); для року загалом – від -0,5757 (RRR) до +0,0938 (T_{max}).

По-сьоме, попередньо, для оцінки можливої циклічності та однорідності рядів спостережень були визначені показники їх мінливості та симетричності. Коефіцієнти варіації (C_v), асиметрії (C_s) були обчислені за відомими співвідношеннями. Коефіцієнт варіації змінюється в межах від -0,11159 (для T_{min}) і до 0,0125 (для FF).

По-восьме, нерівномірність в річному розподілі опадів характеризується показником періодичності опадів, який визначається за залежністю:

$$W_H = \left[\frac{\sum \left| m_i - \frac{P}{12} \right|}{P} \right] \cdot 100\%,$$

де P – сума опадів за рік, мм; m_i – сума опадів за конкретний місяць року, мм. Згідно з проведеними дослідженнями коефіцієнт нерівномірності випадіння опадів на території змінюється у широких межах. Так, для метеостанції Рівне W_n знаходиться у межах від 37,7% у 2005 р. до 92,3% у 2015 р., а в середньому для періоду з 2005 по 2020 рр. він становить 53,5%.

Тому, чим більше нерівномірно випадають опади, тим збільшується значення W_n . Для прикладу, у західних берегів Європи він складає – 25%, а в Центральній Азії – 100%.

Висновок. Таким чином, аналіз часової структури рядів середньорічних метеорологічних параметрів на метеостанції Рівне показує, що відбуваються зміни їх до зниження у відносно вологості та опадів, а у інших – тенденція до зростання. В основному можна вважати, що ряди метеорологічних параметрів є однорідними для різних періодів року, окремі зміни відбуваються з вологістю повітря, швидкістю вітру, мінімальною температурою повітря, опадами, які статистично доведені. Фактично, для зазначеної території можна говорити про низький та відсутність зв'язку між членами рядів метеопараметрів, тобто ряди сформовані із випадкових величин та про ймовірну відсутність проявів різноманітних циклів. Факт того, що зв'язки у опадів з іншими метеопараметрами низькі, то можна говорити про те, що на даній території на їх формування впливає багато інших факторів, які не пов'язані з метеорологічними чинниками, а саме – антропогенні, це стосується і швидкості вітру, мінімальних та максимальних температур повітря. Коефіцієнт нерівномірності випадіння опадів на території змінюється у широких межах.

Список використаних джерел

1. Горбачова Л.О. Методичні підходи щодо оцінки однорідності і стаціонарності гідрологічних рядів спостережень // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.1(32). – С. 22-31.
2. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В.Гребін. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
3. Часова структура річних сум, теплої та холодної періодів атмосферних опадів в межах Прип'ятсько-Волинської моренно-зандрової рівнини та Волинської денудаційної височини// В.С. Холоденко, Д.С. Косяк / Географія та туризм: Наук. збірник/ Відп. редактор – Я.Б. Олійник. – К.: Альфа-ПІК, 2015. – Вип.32. – с. 209-220.
4. Застосування гідролого-генетичних методів для характеристики змін атмосферних опадів в контексті оцінки ресурсів річкового стоку / Галік О.І., Будз О.П., Косяк Д.С., Холоденко В.С. // Тези доповідей першого Всеукраїнського гідрометеорологічно-го з'їзду (з міжнародною участю), Одеса, 22-23 березня 2017 р., – с. 114-115. 5. Тюрин Ю.Н. Непараметрические методы статистики / Ю.Н. Тюрин. – М.: Знание, 1978. – 64 с.
6. Тарасова В.В. Екологічна статистика. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 392 с. ISBN978-966-364-669-5.
7. Застосування непараметричних статистичних критеріїв оцінки однорідності рядів спостережень за сучасними локальними змінами температури повітря та опадів/ О.І. Галік, А.М. Рокочинський, Т.В. Олексюк, Т.В. Савчук, А.І. Маринич// Науково-теоретичний, науково-практичний журнал, вісник Дніпропетровського державного аграрного університету/ Головний редактор – А.С. Кобець. – Д.: Друкарня видавництва "Свідлер А.Л.", 2011. – №1. – с. 96-99.
8. Мелешко В. П. Насколько наблюдаемое потепление климата России согласуется с расчетами по объединенным моделям общей циркуляции атмосферы и океана / В. П. Мелешко, В. М. Мирвис, В. А. Говоркова // Метеорология и климатология. – 2007. - № 10. — С. 5 – 19. – (Серия «Метеорология и гидрология»).
9. Кобышева Н. В. Климатология / Кобышева Н. В., Костин С. И., Струнников Э. А. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 344 с. 10. Айвазян С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.

References

1. L.O. Horbachova Methodical approaches to assessing the homogeneity and stationarity of hydrological series of observations // Hydrology, hydrochemistry and hydroecology. - 2014. - T.1(32). - P. 22-31.
2. Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape and hydrological analysis) / V.V. Grebin. - K.: Nika-Center, 2010. - 316 p.
3. Temporal structure of annual sums, warm and cold periods of atmospheric precipitation within the boundaries of the Pripjat-Volyn moraine and sand plain and the Volyn denudation upland// V.S. Kholodenko, D.S. Kosiak / Geography and tourism: Science. collection/ Resp. editor - Y.B. Oiler. - K.: Alfa-PIK, 2015. - Issue 32. - with. 209-220.
4. The application of hydrological and genetic methods for the characterization of changes in atmospheric precipitation in the context of the assessment of river flow resources / Galik O.I., Budz O.P., Kosyak D.S., Kholodenko V.S. // Abstracts of reports of the first All-Ukrainian Hydrometeorological Congress (with international participation), Odesa, March 22-23, 2017, p. 114-115. 5. Tyurin Y.N. Non-parametric methods of statistics / Y.N. Tyurin. - M.: Znanie, 1978. - 64 p. 6. Tarasova V.V. Ecological statistics. Textbook. - K.: Center of Educational Literature, 2008. - 392 p. ISBN978-966-364-669-5.
7. Application of non-parametric statistical criteria for assessing the homogeneity of series of observations of modern local changes in air temperature and precipitation/ O.I. Halik, A.M. Rokochynskyi, T.V. Oleksyuk, T.V. Savchuk, A.I. Marynych// Scientific-theoretical, scientific-practical journal, bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian University/ Editor-in-chief - A.S. Kobets - D.: "Svidler A.L." Publishing House, 2011. - No. 1. - p. 96-99.
8. Meleshko V.P. How does the observed warming of the Russian climate agree with calculations based on unified models of the general circulation of the atmosphere and ocean / V. P. Meleshko, V. M. Mirvys, V. A. Hovorkova // Meteorology and Climate Science. – 2007. - No. 10. — P. 5 – 19. – (Meteorology and hydrology series).
9. Kobysheva N.V. Climatology / Kobysheva N.V., Kostin S.I., Strunnikov E. A. - L.: Hydrometeoizdat, 1980. - 344 p. 10. Aivazyan S. A. Applied statistics and fundamentals of econometrics / S. A. Aivazyan, V. S. Mkhitaran. - M.: YUNITY, 1998. - 1022 p.

Надійшла до редколегії 18.08.2022
Прийнята до друку 30.08.2022