УДК 630:551.5
DOI https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.4

ТЕНДЕНЦІЇ СУЧАСНОЇ ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНОЇ СИТУАЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ СТЕПОВОЇ ЧОРНОЗЕМНОЇ ЗОНИ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Бурикіна С.І. *– к.с.-г.н., завідувач науково-технологічного відділу агрохімії, ґрунтознавства та органічного виробництва,*
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Національної академії аграрних наук України
Цуркан О.І. *– к.геогр.н., завідувач проблемної науково-дослідної лабораторії географії ґрунтів та охорони ґрунтового покриву,*
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

У статті проаналізовано кліматичні зміни температури повітря та опадів за період 1970–2018 рр. Аналіз проведено на основі бази даних, отриманих на метеопосту Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції НААН України. Показано, що з 1999 року на Півдні України спостерігається найдовший за століття циклічний період потепління, в якому виділяється два таких періоди динамічного формування середньорічної температури повітря: І період (1970–1998 рр.) – стабільне циклічне формування ($\bar{t}$ = 9,9°С); ІІ період (1999–2018 рр.) – позитивне трендоциклічне формування ($\bar{t}$ =11,9°С). За період 1999–2018 рр. порівняно з нормою температура повітря підвищилась на 1,2°С (максимальне значення було в 2015 р. (-12,6°С), мінімальне – в 1985 р. (8,2°С)). Середньорічна температура повітря за період 1970–2018 рр. склала 10,7°С. Середня температура січня за 49-річний період зросла з -2,1°С (1970–1987 рр.) до -0,8°С (1988–2018 рр.), а середня температура липня – з 21,5 до 23,7°С.

Середньобагаторічна сума річних опадів склала 456,8 мм. Виділяються три основних циклічних часових періоди формування опадів: І період (1970–1980 рр.) – значні максимальні варіаційні відхилення на початку періоду та від'ємна трендова складова на кінець періоду, в більшості випадків (73%) значення були вищими за середню норму (середня кількість опадів становила 511,3 мм з коливанням від 662,2 мм до 368,3 мм); ІІ період (1981–1993 рр.) – з негативною трендовою складовою, в більшості значень (75%) нижчою за норму (середнє значення становило 384,8 мм, інтервал коливань – 605,6–266,4 мм); ІІІ період (1994–2018 рр.) – це період незначної стабілізації опадів, 56% були вищими за норму та відзначалися позитивною трендовою складовою на кінець періоду (середнє значення становило 470,3 мм, максимальне – 646,4 мм, мінімальне – 332,3 мм).

У ІІІ періоді спостерігалася тенденція до збільшення середньорічного значення відповідно до багаторічної норми, а саме $\Delta\bar{o}$ = +13,5 мм. У середині річного аналізу відмічалася від'ємна аномалія в серпні, квітні та травні. З 2000 року почастішали екстремуми опадів в червні (2010р., 2011 р., 2013 р.), липні (2008 р., 2015 р.), вересні (2000 р., 2001 р., 2008 р., 2018 р.) та жовтні (2016 р.). Кількість опадів склала більше 100 мм за місяць, які у 80% випадків мали зливовий характер.

Ключові слова: *кліматичні зміни, атмосферні опади, температура повітря.*

Burykina S.I., Tsurkan O.I. Trends of modern changes in the agro-climatic situation on the territory of the steppe Chernozem zone of the South of Ukraine

The article analyzes climate changes in air temperature and precipitation for the period 1970-2018. The analysis was carried out on the basis of a database obtained at the weather station of the Odessa state agricultural experimental station of the National Academy of Agrarian Sciences (NAAS) of Ukraine.

It is shown that since 1999 in the South of Ukraine there has been the longest cyclical period of warming for a century, in which there are two periods of dynamic formation of the average annual air temperature: the First period (1970-1998) – stable cyclical formation ($\bar{t}$ = 9.9°C); the second period (1999-2018) – positive trendocyclical ($\bar{t}$ =11.9°C). Over the period 1999-2018, in comparison to the norm, the air temperature increased by 1.2°C(the maximum value was in 2015-12.6°C, the minimum – in 1985-8.2°C). The average annual air temperature for

the period 1970-2018 was 10.7°C. The average January temperature over the 49-year-long period increased from -2.1°C (1970-1987) to -0.8°C (1988-2018), and the average July temperature, respectively, from 21.5 to 23.7°C.

The average multi-year amount of annual precipitation was 456.8 mm. It highlights three main cyclical time periods of precipitation formation: I period (1970-1980) – marked significant maximum variational deviations at the beginning of the period and a negative trend component at the end of the period, in most cases (73 %) values are higher than the average norm (average precipitation of 511.3 mm with a variation from 662.2 mm to 368.3 mm); II period (1981-1993) – with a negative trend component, in most cases (75%) below the norm (average 384.8 mm, oscillation interval 605.6-266.4 mm); III period (1994-2018) – slight stabilization of precipitation in 56 % above the norm and a positive trend component at the end of the period (average value of 470.3 mm, maximum 646.4 mm, minimum 332.3 mm).

In the third period, there is a tendency to increase the average annual value in accordance with the multi-year norm $\Delta\bar{O}$ *= +13.5 mm. in the middle of the annual analysis, a negative anomaly is observed in August, April and may. Since 2000, precipitation extremes have become more frequent: in June (2010, 2011, 2013), July (2008, 2015), September (2000, 2001, 2008, 2018) and October 2016, the amount of precipitation was more than 100 mm per month, which in 80% of cases had a torrential nature.*

Key words: *climate change, precipitation, air temperature.*

Почва и климат суть основные и важнейшие факторы земледелия –
первые и неизбежные условия урожайности.
В.В. Докучаєв

Постановка проблеми. Проблема сучасної зміни клімату є важливою та потребує на сьогодні особливої уваги. За даними багатьох вчених і фахівців-кліматологів Світу та Європи, в останні 40–50 років в природі відбулися суттєві зміни клімату, які впливають на ефективність сільськогосподарського виробництва, еколого-меліоративний режим зрошуваних ландшафтів, режим зрошення сільськогосподарських культур та їх урожайність, структуру сівозмін, родючість ґрунтів.

Згідно з численними гідрометеорологічними даними вітчизняні фахівці-кліматологи приходять до висновку, що в Україні за останні 10–25 років сформувалися ознаки нового клімату. Сьогодні факт глобального потепління не викликає сумнівів і вважається експериментально доведеним, адже зростання глобальної температури повітря та океанів, зменшення площі морського льоду, підвищення рівня Світового океану підтверджені довготривалими інструментальними вимірами [1, с. 19; 2, с. 503].

Динаміка і ритміка клімату на регіональних рівнях значною мірою відображають особливості прояву негативних факторів у глобальному вимірі. Постійні спостереження за температурою повітря та атмосферними опадами із року в рік дають можливість виявити статистично обґрунтований зв'язок з річними глобальними і регіональними температурою повітря і опадами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зазвичай клімат території чорноземної зони Степу Півдня України характеризується як помірно континентальний із помірно холодною зимою, нестійким сніговим покривом та тривалим спекотним і посушливим літом. Зима малосніжна, нестійка з частими відлигами, після яких досить часто спостерігаються похолодання. Згідно з картою агрокліматичних зон України, яка була підготовлена за кліматичними даними у 1970 р., зона чорноземного Степу Півдня України дуже посушлива, помірно спекотна, з м'якою зимою; ГТК=0,8-0,6 (0,5); сума активних температур повітря – 3300–3400°С. Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10°С і вище) триває 175–190 днів, в окремі роки – від 145 до 215 днів. Сума позитивних температур повітря вище 10°С за цей період зміню-

ється по території областей від 3125°С до 3375°С. В окремі роки ця сума коливається від 2435°С до 3200°С. Метеорологічне літо (період із середніми добовими температурами повітря 15°С і вище) триває 125–145 днів. Сума позитивних температур повітря вище 15°С за цей період змінюється від 2480°С (Дніпропетровська обл.) до 2670°С (Херсонська обл.) [6, с. 13].

Для клімату областей Півдня України характерний природний дефіцит і надзвичайна нерівномірність опадів. За середньої річної кількості опадів у південному регіоні 478 мм в окремі роки вона коливається від 300 до 700 мм. У теплий період року (IV–X місяці) кількість опадів в середньому по п'яти областях становить 290 мм із діапазоном по роках та областях 155–470 мм (або 30–100% від річної кількості). Недобір опадів у сукупності з високими температурами повітря зумовлює виникнення повітряних та ґрунтових посух, які при поєднанні значно знижують, а в окремі роки (2003, 2007) майже знищують урожай [6, с. 14, 63–65].

Тенденції зміни основних параметрів клімату в Україні характеризуються потеплінням, особливо в зимові та літні місяці. За даними Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, впродовж останніх 20 років в Україні середня температура літнього періоду підвищилася на 0,8–1,5°С, а середня температура січня та лютого – майже на 2,5°С, що спричинило зміни в ритмі сезонних явищ, частоті та силі екстремальних погодних умов (наприклад, аномальна спека в 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015 рр.). А останнє десятиліття визнане найтеплішим за всю історію метеорологічних спостережень. Зокрема у 2010, 2013, 2015 та 2016 рр. були перевищені історичні температурні максимуми [7, с. 10; 8, с. 12].

Із рис. 1 видно, що підвищення температури повітря, яке спостерігається з початку 1970-х років, відображається на середніх багаторічних показниках температури повітря, які характеризують клімат Степу Півдня України і прийняті за стандартну кліматичну норму, з допомогою якої ведуться всі подальші статистичні розрахунки. Оцінка температурного режиму XXI століття в Україні свідчить про значну його аномальність відносно кліматичної норми. Це засвідчує активізацію процесу потепління клімату в Україні, особливо в степовій чорноземній зоні в першій половині XXI ст. [9, с. 119].

Рис. 1. Відхилення річної температури повітря (°С) від кліматичної норми по десятиріччях у Степовій зоні України (1901–2012 рр.) [9]

Кількість атмосферних опадів на території України змінилася неістотно, проте помітними стали зміни інтенсивності та характеру їх випадання. Підвищення температури повітря та нерівномірний розподіл опадів, які мають зливовий, локальний

характер у теплий період і не забезпечують ефективного накопичення вологи в ґрунті, спричинює зростання повторюваності та інтенсивності посух [10, с. 136; 11, с. 14].

Посушливі явища різних типів, їхня тривалість та інтенсивність були, є і будуть характерними особливостями кліматичних умов України. Наростання кількості та інтенсивності посух відбулося після 2000 року і досягло максимуму в 2007–2012 рр. [12, с. 149]. У період найбільш інтенсивного потепління відбулося збільшення частоти стихійних явищ і порівняно з минулими роками змінилося співвідношення стихійних явищ (рис. 2.) [9, с. 110]. Досліджуваний період характеризувався переважанням весняно-літніх посух, найбільш суворими з яких по всіх трьох зонах були посухи у 2000, 2003 та 2007 р., коли їх інтенсивність сягала критеріїв сильної та екстремальної. Повністю посушливими виявилися вегетаційні періоди 2007, 2009 та 2012 років [12, с. 152].

Рис. 2. Збільшення частоти стихійних явищ порівняно з кінцем XX ст. на території України

До 2000 року інтенсивність потепління в Степовій зоні була дещо меншою, ніж в інших природних зонах. Протягом 2001–2012 років вона зрівнялася з ними. Тобто потепління охопило південні широти, а степова зона в Україні – це зерновий район, де може бути постійна засуха [9, с. 119]. Із року в рік спостерігаються ще більш аномальні явища, які призводять до явних змін природно-екологічних умов території та параметрів еколого-агромеліоративного режиму зрошуваних земель Степу України (Херсонська, Миколаївська, Одеська, Запорізька області).

Фахівці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту М. Барабаш, Н. Гребенюк, О. Татарчук, які здійснили оцінку змін температури повітря та атмосферних опадів за період 1900–1995 рр. за даними 26 метеорологічних станцій України, дійшли висновку про наявність на території України у XX ст. загальної тенденції до підвищення температури повітря та збільшення кількості атмосферних опадів. При цьому зміни клімату мають свої особливості у різні пори року [13, с. 198–206; 14, с. 314].

У зв’язку з актуальністю питання інтеграції циклу наукових досліджень, спрямованих на обґрунтування комплексу заходів щодо забезпечення адаптації аграрного сектору економіки України до змін клімату, необхідно вивчити особливості цих змін в регіоні Степової чорноземної зони. Це і є **основною метою досліджень.**

Досягнення мети передбачало виконання таких завдань:

– дослідити динаміку середньорічних показників температури повітря та суми опадів;

– визначити динаміку середньомісячної температури повітря;

– дослідити динаміку атмосферних опадів за місяцями року.

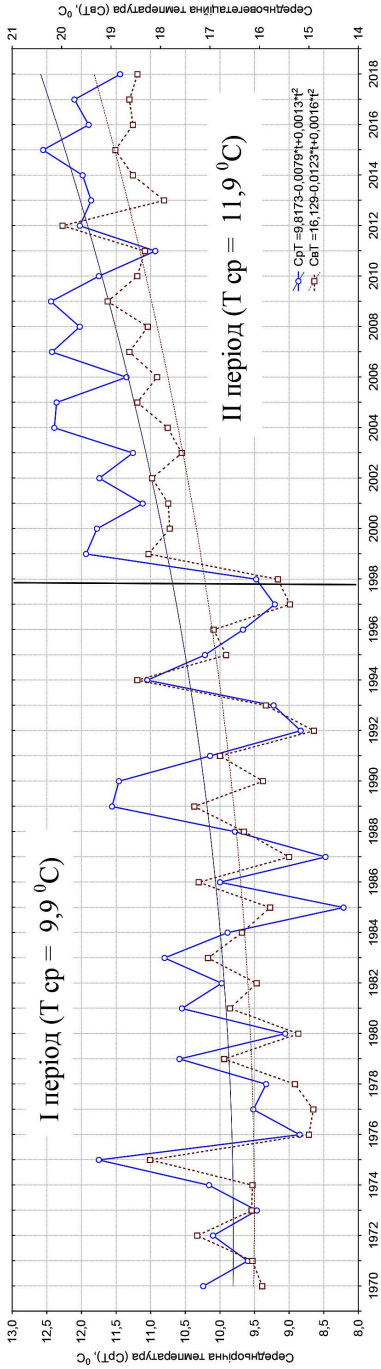
Оскільки методологія оцінки агрокліматичних показників та їх впливу на ефективність сільськогосподарського виробництва базується на статистичній обробці даних спостережень за попередній багаторічний період, то основним вхідним масивом досліджень були дані метеопосту Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції (Одеська ДСДС) НААН України за період з 1970 до 2018 р. (температура повітря, сума опадів), а також попередні наукові результати вчених, відкриті ресурси різних метеорологічних джерел світу.

Для обробітку даних були використані статистичні методи, які включали регресійний, кореляційний, дискримінантний аналізи. Застосовувався метод різницевих інтегральних кривих, а також класифікація яка була розроблена колективом авторів (В.В. Морозов, С.І. Мельничук, Н.В. Безніцька, О.В. Морозов) [3]. Було розраховано та проаналізовано ряди осереднених за рік і за місяць значень добових температур повітря та атмосферних опадів. Моделі часових рядів розраховувались методом найменших квадратів [4], які оцінювались за коефіцієнтами детермінації (R^2). Статистичну суттєвість лінійних трендів оцінювали за допомогою t-тесту Стьюдента [5] на 5-відсотковому рівні значущості.

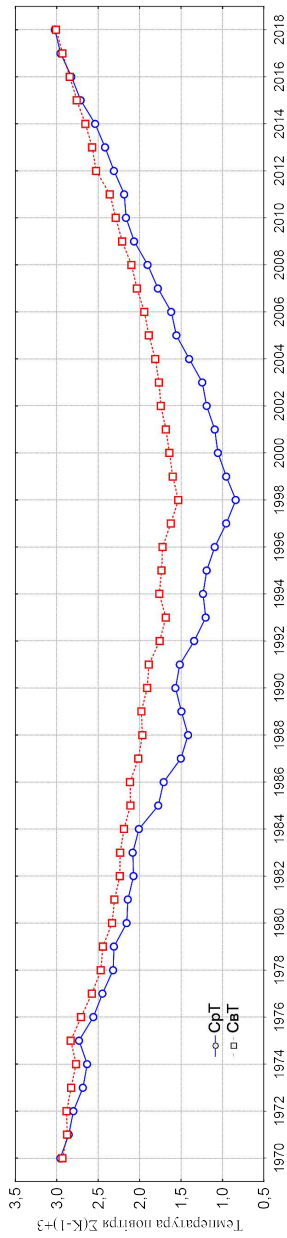
Виклад основного матеріалу дослідження. Результати аналізу кліматичних показників (температура повітря, сума опадів) показали, що, починаючи з 1999 року, на Півдні Україні спостерігається найтриваліший за сторіччя циклічний період потепління (рис. 3а). В результаті перетворення даних із застосуванням методу різницевих інтегральних кривих модульних коефіцієнтів можна виділити 2 таких основних періоди багаторічного динамічного формування температури повітря (Т,°С): І період (1970–1998 рр.) – стабільне циклічне формування ($\bar{\tau}$ = 9,9°С); ІІ період (1999–2018 рр.) – позитивне трендоциклічне формування середньорічної температури повітря ($\bar{\tau}$ =11,9°С) (рис. 3б). Багаторічна норма температури повітря за період 1970–2018 рр. склала 10,7°С. У період 1970–1999 рр. у 82,8% випадків температура повітря була нижчою за норму. З 1999 року відмічається значне збільшення середньорічної температури повітря. Температура повітря з 1999 до 2018 р. у всі роки була вищою за багаторічну норму. За період 1999–2018 рр. порівняно з нормою температура повітря підвищилась на 1,2°С. Максимальне значення було в 2015 р. (12,6°С), мінімальне – в 1985 р. (8,2°С).

Середня температура січня за 49-річний період зросла з -2,1°С в 1970–1987 рр. до -0,8°С в 1988–2018 рр., а середня температура липня – з 21,5 до 23,7°С. Збільшення температури повітря призводить до посилення випаровування вологи з водойм та ґрунту, наслідком чого є збільшення хмарності, що є причиною збільшення кількості зливових опадів. Так, в роботі [9] автори, аналізуючи сучасний стан клімату України, дійшли висновку, що при глобальному потеплінні суттєвих змін опадів відносно кліматичної норми не відбувається, простежується перерозподіл кількості опадів у окремі місяці та сезони, збільшуються стихійні опади.

У період багаторічних спостережень за сумою річних опадів (О) норма склала 456,8 мм (рис. 4а). Можна виділити 3 таких основних циклічних часових періоди формування (рис. 4б): І період (1970–1980 рр.) – це період значних максимальних варіаційних відхилень на початку періоду з від'ємною трендовою складовою на кінець періоду в більшості випадків (73%) значення вищі за норму ($\bar{o}$ =511,3 мм,



а)



б)

Рис. 3. Багаторічна динаміка температури повітря по метеопосту Одеської ДСДС (1970–2018 рр.): а) фактичні дані; б) різницеві інтегральні криві модульних коефіцієнтів

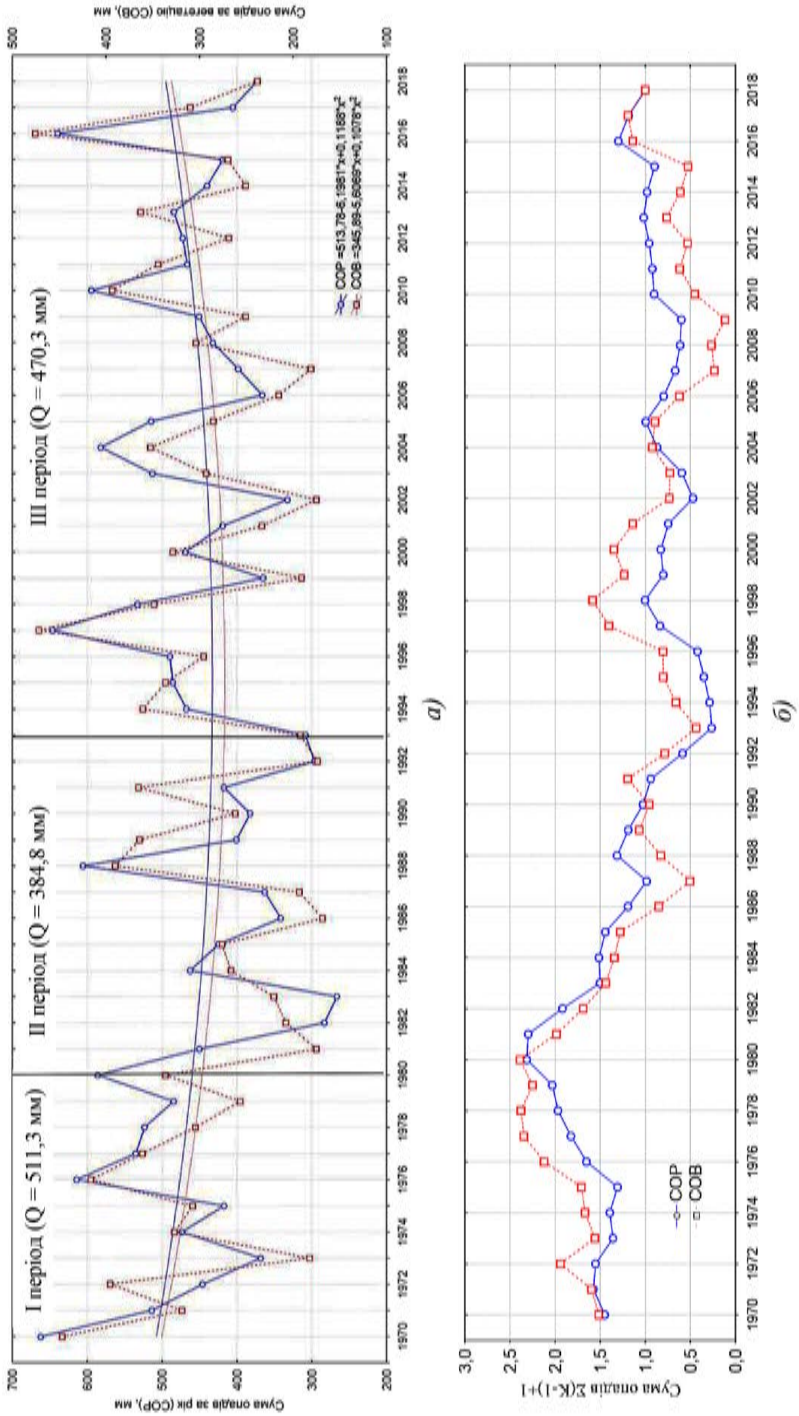


Рис. 4. Багаторічна динаміка атмосферних опадів по метеопосту Одеської ДСДС (1970–2018 рр.): а) фактичні дані; б) різницеві інтегральні криві модульних коефіцієнтів

max *O* =662,2 мм, min *O* =368,3 мм); II період (1981–1993 рр.) – це період з негативною трендовою складовою, більшість значень (75%) нижчі за норму ($\bar{o}$ = 384,8 мм, max *O* =605,6 мм, min *O* =266,4 мм); III період (1994–2018 рр.) – це період незначної стабілізації опадів, 56% з яких вищі за норму з позитивною трендовою складовою на кінець періоду ($\bar{o}$ = 470,3 мм, max *O* =646,4 мм, min *O* =332,3 мм). У III періоді спостерігається тенденція до збільшення середньоперіодичного значення відповідно до багаторічної норми, а саме $\Delta\bar{o}$ = +13,5 мм.

Збільшується кількість опадів, але більшість опадів є непродуктивною, тому що має зливовий характер. Найбільша кількість атмосферних опадів випадає в липні, найменша – в серпні.

Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у березні. За період, охоплений дослідженнями (1970–2018 рр.), норма середньомісячної температури повітря у березні по гідрометеостанції м. Одеса становила 2,6°С тепла. Найбільш високі температури були у 1990 р. (9,9°С), 2002 р. (7,5°С), 2004 р. (7,2°С). Найбільш низькі температури у березні були у 1987 р. (-3,5°С), 1985 р. (-2,1°С) та 1980 р. (-0,1°С) (рис. 5).

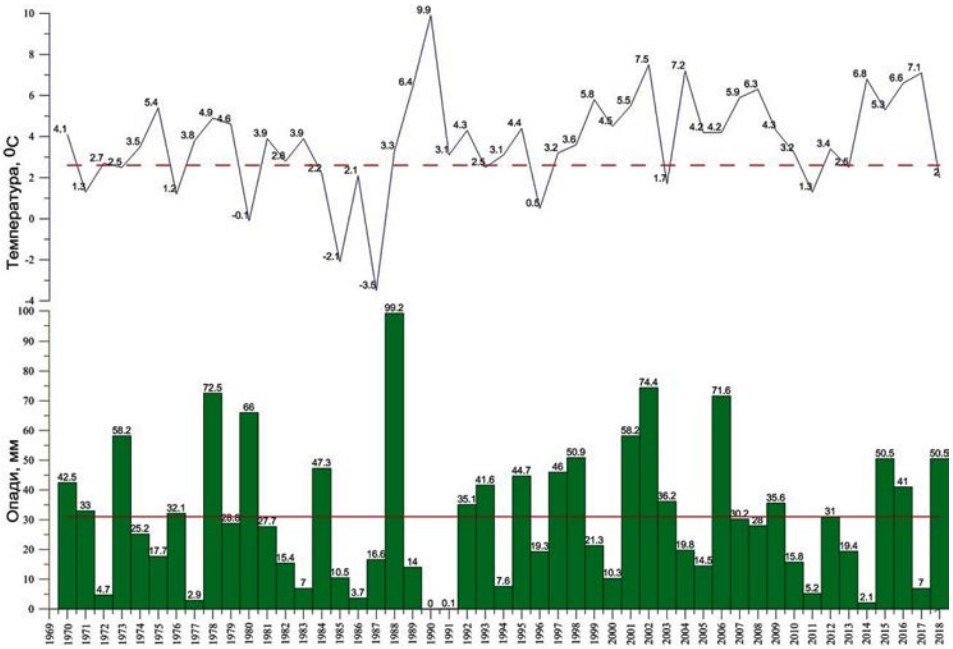


Рис. 5. Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у березні (1970–2018 рр.)

Максимальна кількість атмосферних опадів за березень становила 66–99 мм (1978, 1980, 1988, 2002, 2006 рр.), що у понад два рази перевищувало середньомісячну норму 31 мм. Найменша кількість опадів 0–3 мм, що була нижчою від кліматичної норми на 29–31 мм, спостерігалась у 1977, 1990, 1991 і 2014 рр.

Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у квітні. За період, охоплений дослідженнями (1970–2018 рр.), норма середньомісячної температури повітря у квітні по гідрометеостанції м. Одеса стано-

вила 9°С тепла. Найбільш високі температури у квітні були у 1999 р. (12,1°С), 2005 р. (12,3°С), 2016 р. (12,3°С), 1994 р. (12,4°С), 2000 р. (13,4°С), 2018 р. (13,5°С). Найнижчі температури у квітні були відмічені у 1987 р. (6,2°С), 1997 р. (7,3°С), 1981 р. (7,5°С), 1982 р. (7,6°С), 1980 р. (7,9°С) (рис. 6). Максимальна кількість атмосферних опадів за квітень становила 68–137 мм (**1977**, 1980, 1984, 2016 рр.). Вона значно перевищувала середньомісячну норму 34 мм. Найменша кількість опадів становила 0–3 мм (нижче від кліматичної норми на 31 мм) і спостерігалась у 2005 і 2018 рр., а у 2009 і 2014 роках атмосферних опадів взагалі не спостерігалось.

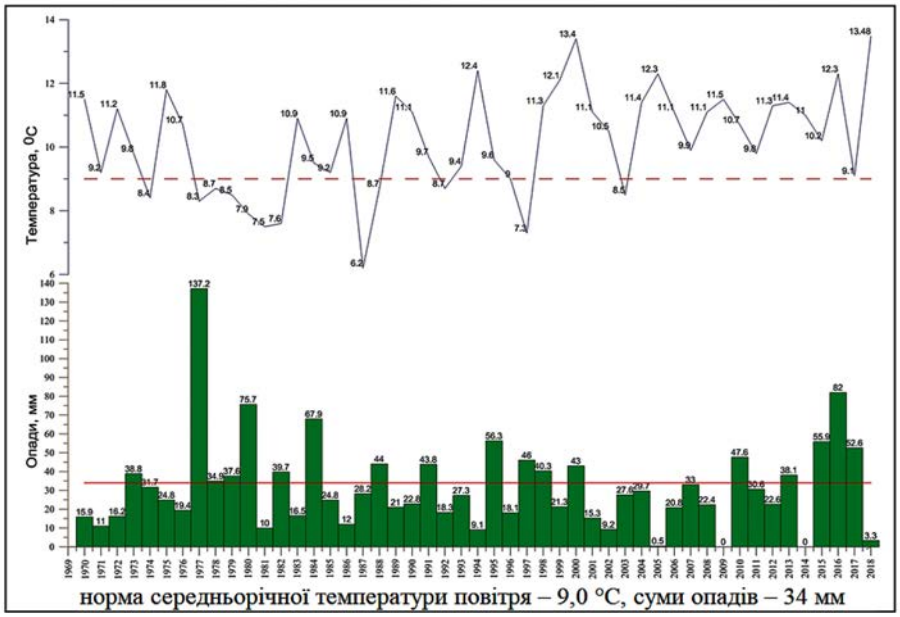


Рис. 6. Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у квітні (1970–2018 рр.)

Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у травні. За період (1970–2018 рр.) норма середньомісячної температури повітря у травні по гідрометеостанції м. Одеса становила 15,1°С тепла. Найбільш високі температури у травні були відмічені у 2012 р. (20,5°С), 2013 р. (19,5°С), 2003 р. (19,1°С). Найбільш низькі температури у травні були відмічені у 1980 р. (12,8°С), 1987 р. (13,0°С), 1992 р. (13,2°С), 1978 р. (13,4°С), 1998 р. (13,5°С), 1995 р. (13,8°С) (рис. 7). Максимальна кількість атмосферних опадів за травень становила у 1970 р. 154,9 мм, 2004 р. – 99,3 мм, 1991 р. – 83,8 мм, що значно перевищувало середньомісячну норму 39 мм. Найменша кількість опадів 3,8–4,2 мм, що була нижчою від кліматичної норми на 35 мм, спостерігалась у 2002 та 2007 рр. (рис.7).

Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у червні. Норма середньомісячної температури повітря у червні по гідрометеостанції м. Одеса становила 19,4°С тепла. Найбільш високі температури були відмічені у 1999 р. (24,2°С), 2012 р. (23,3°С), 2007 р. (23,0°С). Найбільш низькі температури були відмічені у 1978 р., 1984 р., 1985р., 1992 р. (17,0–18,0°С) (рис. 8.). Максимальна

кількість атмосферних опадів за червень становила у 2011 р. 163,7 мм, 2013 р. – 157,1 мм, 2010 р.– 121,9 мм, 1984 р. – 119,5 мм. Ці показники значно перевищували середньомісячну норму, що становить 42 мм. Найменша кількість опадів 0,2–0,8 мм (нижча від кліматичної норми на 41–42 мм) спостерігалась у 2008 і 2018 рр.

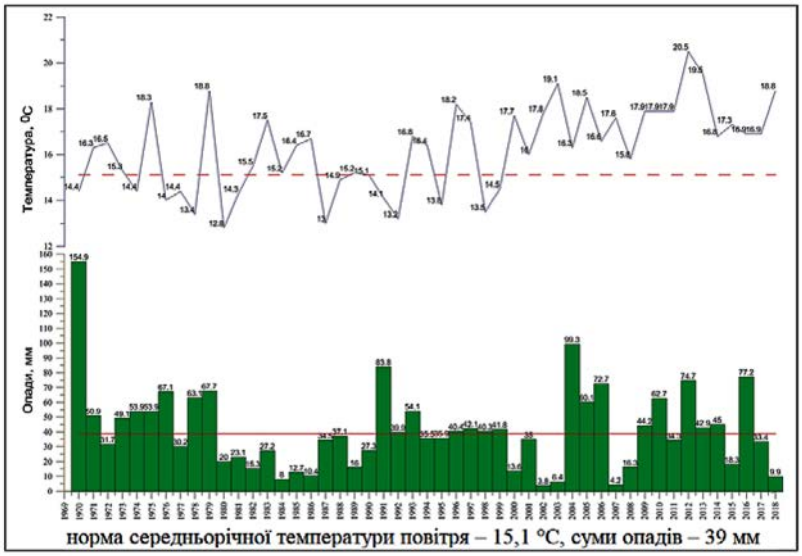


Рис. 7. Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у травні по метеопосту Одеської ДСДС НААН України (1970–2018 рр.)

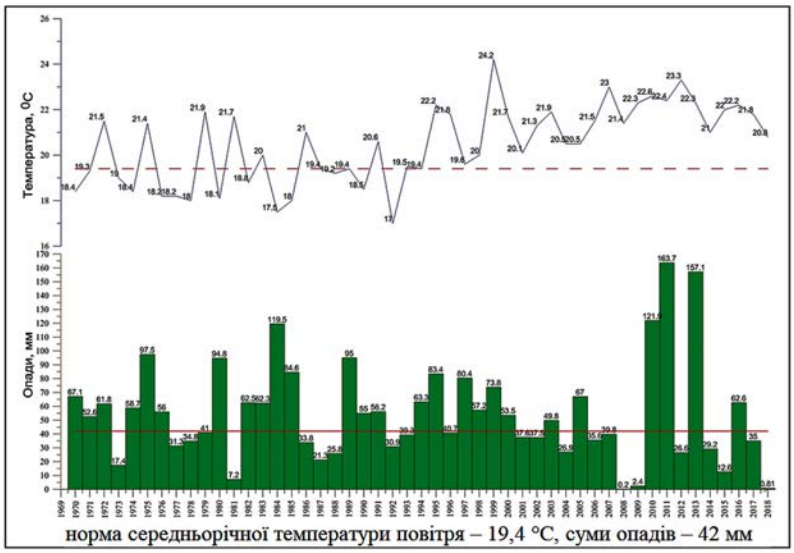


Рис. 8. Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у червні (1970–2018 рр.)

Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у липні. За період, охоплений дослідженнями (1970–2018 рр.), норма середньомісячної температури повітря у липні по гідрометеостанції м. Одеса становила 21,4°С тепла. Найбільш високі температури у липні були відмічені у 2001 р. (26,6 °С), 2002 р. (26,5°С), 2012р. (26,3°С), 1999 р. (26,0°С). Найнижчі липневі температури були відмічені у 1982 р. (19,8°С), 1974 р. (19,6°С) та 1993 р. (19,3°С) (рис. 9).

Максимальна кількість атмосферних опадів за липень становила від 102 до 145 мм (1974, 1983, 1988, 1997, 2008, 2015 рр.). Вона значно перевищувала середньомісячну норму 49 мм. Найменша кількість опадів 0–1 мм, що була нижчою від кліматичної норми на 48–49 мм, спостерігалась у 1996, 2001 і 2007 рр., а у 2007 році атмосферних опадів взагалі не було.

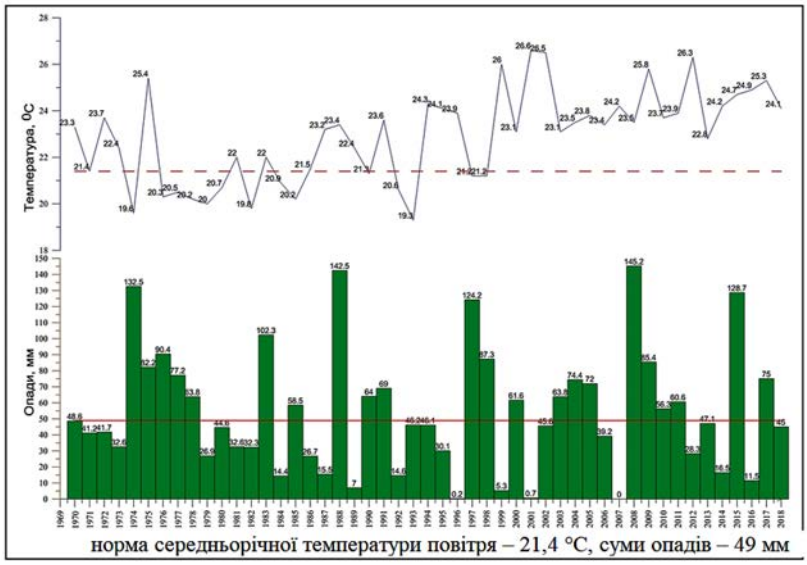


Рис. 9. Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у липні (1970–2018 рр.)

Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у серпні. За період, охоплений дослідженнями (1970–2018 рр.), норма середньомісячної температури повітря у серпні по гідрометеостанції м. Одеса становила 21,2°С тепла. Найвищі температури у серпні були відмічені у 2010 р. (26,7°С), 2016 р. (26,6°С), 2017 р. (25,6°С), 2008 р. (25,5°С), 2018 р. (25,3°С). Найнижчі температури у серпні були відмічені у 1976 р. (18,4°С), 1987 р. (19,2°С), 1970 р. (19,7°С), 1978 р. (19,7°С), 1980 р. (19,8°С), 1997 р. (19,9°С) (рис. 10.).

Максимальна кількість атмосферних опадів за серпень становила у 1976 р. 100,4 мм, 1972 р. – 111,6 мм, 1970 р. – 138,5 мм, 1997 р. – 142,8 мм, 1994 р. – 175,5 мм. Це значно перевищувало середньомісячну норму 34 мм. Найменша кількість опадів 0,0–0,6 мм, що була нижча від кліматичної норми на 34 мм, спостерігалась у 1993 і 2008 рр., а в 2009 році атмосферних опадів взагалі не спостерігалось.

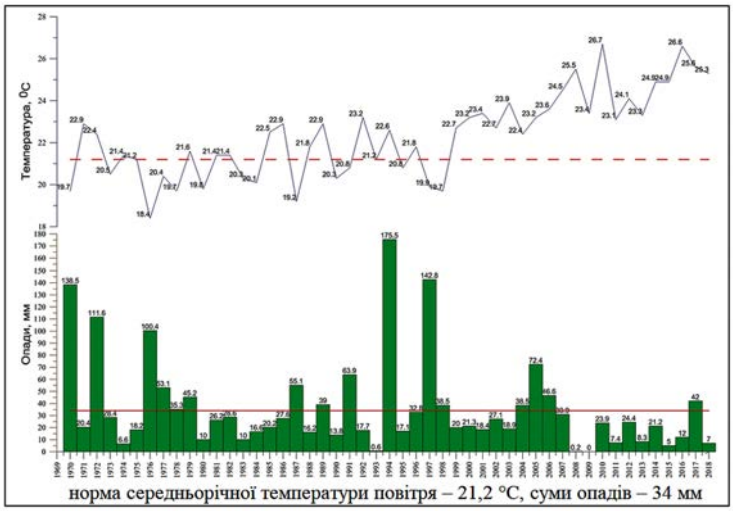


Рис. 10. Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у серпні (1970–2018 рр.)

Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у вересні. За період досліджень (1970–2018 рр.) норма середньомісячної температури повітря у вересні по гідрометеостанції м. Одеса становила 17,1°С. Найвищі температури у вересні були відмічені у 1994 та 2015 рр. (21,5°С). Найнижчі температури були відмічені у 1997р. (13,5°С), 1996 р. (13,4°С) і 1992 р. (13,2°С) (рис. 11.). Максимальна кількість атмосферних опадів становила 150,5–172,0 мм (1998 і 2018 рр.). Це значно перевищувало середньомісячну норму 36 мм. Найменша кількість опадів 0–0,7 мм, що була нижчою від кліматичної норми на 35 мм, спостерігалась у 1970 р., а у 1983, 1984, 1994, 2005, 2006 і 2015 роках атмосферних опадів взагалі не спостерігалось.

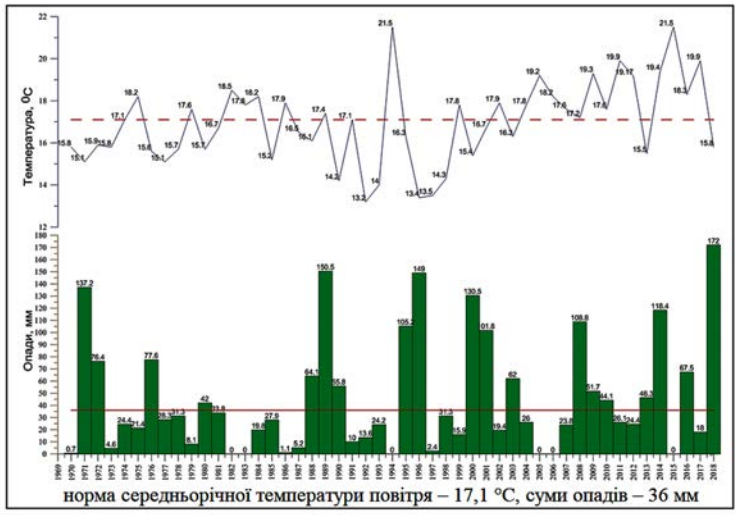


Рис. 11. Динаміка змін середньомісячної температури повітря та атмосферних опадів у вересні (1970–2018 рр.)

Багаторічна оцінка кліматичних змін в Степовій зоні Півдня України за період 1970–2018 рр. показала, що при існуючих умовах формування клімату відбувається стабільне і динамічне збільшення середньорічної температури повітря. З 1970 до 2000 року спостерігалася від'ємна аномалія температури повітря за всіма місяцями. З 2000 року на досліджуваній території відзначалась додатна аномалія температури повітря за всіма місяцями. За окремими сезонами (осінь, зима) та місяцями (березень, квітень) в деякі роки в XXI ст. спостерігалася незначна від'ємна аномалія (2003 р., 2010 р., 2011 р., 2016 р.). Відхилення температури повітря за період 2000–2018 рр. склало в середньому 1°С, у листопаді – 1,6°С. Аномалії температури повітря для періоду з травня до серпня були додатними, відхилення за даним показником склало в середньому до 2°С.

Найнижча температура повітря у березні спостерігалась у десятиріччя з 1980 до 1989 рр., із них 5 років температура повітря була нижчою від норми середньомісячної температури повітря, а в 1987 р. середньомісячна температура повітря становила 3,5°С. Починаючи з 1990 року, температури повітря у березні зростали. Із останніх 39 років спостережень протягом 12 років температура повітря в два рази перевищувала багаторічну середньомісячну норму.

З квітня до серпня останніми роками спостерігалося значне зростання температури повітря. Так, за досліджуваний період з 1970 р. до 2018 р. температура повітря не опускалася нижче від норми середньомісячної температури:

- у квітні, починаючи з 2004 року;
- у травні, починаючи з 2001 року;
- у червні, починаючи з 1995 року;
- у липні, починаючи з 1999 року;
- у серпні, починаючи з 1999 року.

У вересні до 1997 року був відносно прохолодний період. З 1970 р. до 1997 р. було лише 9 років із температурою повітря, вищою від норми середньомісячної температури. А з 1997 р. температури повітря зростали. До 2018 р. спостерігалось лише 5 років із температурами повітря, що були нижчими від норми середньомісячної температури.

Проведені нами дослідження, як і роботи інших науковців, засвідчують активізацію процесу потепління клімату. Суттєві зміни опадів при глобальному потеплінні не виявили закономірностей щодо зміни їх кількості, тобто при підвищенні температури не спостерігається збільшення опадів.

В умовах сучасного клімату суттєвих змін опадів відносно кліматичної норми не відбувається, простежується перерозподіл кількості опадів в окремі місяці та сезони. Середня річна кількість опадів, за даними метеопосту Одеської ДСДС НААН України (456,8 мм), в окремі роки коливається від 266,4 до 662,2 мм. У період активної вегетації (IV–X місяці) кількість опадів в середньому становить 294,7 мм із діапазоном по роках 168,5–475,5 мм (40–100% від річної кількості). Як видно з таблиці 1, за досліджуваний 49-річний період майже половину років складають середні за водністю, тоді як за вегетаційний період 40% років склали вологі роки.

У період з 1970 р. до 2018 р. річна кількість опадів характеризувалася додатною аномалію. У середині річного аналізу кількості опадів в серпні, квітні та травні відзначалася від'ємна аномалія. Починаючи з 2000 року, почастішали екстремуми опадів. Так, в червні (2010 р., 2011 р., 2013 р.), липні (2008 р., 2015 р.), вересні (2000 р., 2001 р., 2008 р., 2018 р.) та жовтні (2016 р.) кількість опадів склала більшою за 100 мм у місяць.

Таблиця 1

Структура водності років за період 1970–2018 рр. по метеопосту Одеської ДСДС НААН України

Характеристика років за вологістю	Аналіз даних по атмосферних опадах			
	за рік		за вегетаційний період	
	кількість років	%	кількість років	%
сухі	13	26,5	14	28,6
середні	22	44,9	15	30,6
вологі	14	28,6	20	40,8
всього	49	100	49	100

Визначальним чинником нестабільності (нестійкості) урожаїв у чорноземному Степу Півдня України є невідповідність стрімкого збільшення теплових ресурсів, майже незмінної кількості опадів як річних, так і теплого періоду та катастрофічне зменшення площ зрошення. Ці фактори призводять до посилення посушливості клімату Півдня України, збільшення ймовірності переходу всієї території південних областей до зони надзвичайно ризикового землеробства. Унаслідок посилення посушливості клімату, яке є очевидним тепер та ймовірним за сценаріями зміни клімату в майбутньому, за відсутності заходів з адаптації (зокрема, зрошення) у південних областях, вірогідно, врожайність майже всіх сільськогосподарських культур знизиться в межах 10–20%, а у разі реалізації більш нещадного сценарію – 25–50% уже до 2050 року [6].

Висновки і пропозиції. У статті проаналізовано кліматичні зміни температури повітря та опадів за період 1970–2018 рр. Аналіз проведено на основі бази даних, яка містить ряди середньої за місяць добової мінімальної, максимальної температури повітря та атмосферних опадів, отриманих на метеопосту Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції НААН України.

Показано, що з 1999 року на Півдні Україні спостерігається найдовший за століття циклічний період потепління, в якому виділяється два таких періоди динамічного формування середньорічної температури повітря: I період (1970–1998 рр.) – стабільне циклічне формування ($\bar{\tau}$ = 9,9°С); II період (1999–2018 рр.) – позитивне трендоциклічне формування ($\bar{\tau}$ =11,9°С).

Середньорічна температури повітря за період 1970–2018 рр. склала 10,7°С.

За період 1999–2018 рр. порівняно з нормою температура повітря підвищилась на 1,2°С. Максимальне значення було в 2015 р. (12,6°С), мінімальне – в 1985 р. (8,2°С).

Середня температура січня за 49-річний період зросла з -2,1°С в 1970–1987 рр. до -0,8°С в 1988–2018 рр., а середня температура липня – з 21,5 до 23,7°С.

Підвищення температурного режиму не супроводжується поліпшенням вологозабезпеченості. Результати аналізу показують, що при несуттєвості зміни суми річних атмосферних опадів проти кліматичної норми простежується перерозподіл їх кількості в окремі місяці та сезони. Більшість опадів є непродуктивною (менше за 5 мм) або має зливовий характер.

З аналізу публікацій та особистих спостережень очевидно, що проходять незворотні зміни основних кліматичних параметрів як на глобальному, так і регіональних та зональних рівнях. Сценаріїв розвитку подій багато, але всі вони далеко не оптимістичні. Оскільки зміни клімату впливають не лише на продуктивність рослин, але й на стан ґрунтів [15, с. 56], перед науковцями аграрної сфери стоїть проблема розробки схем, прийомів, технологій і загалом систем землеробства, адаптованих до цих змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mitchell T.D., Carter T.R., Jones P.D., et al. A comprehensive set of highresolution grids of monthly climate for Europe and the globe: The observed record (1901–2000) and 16 scenarios (2001–2100). Tyndall Centre Working Paper No.55, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich, UK, 2004.30 p.

2. Osadchyi V., Skrynyk O.A., Radchenko R., Skrynyk O.Y. Homogenization of Ukrainian air temperature time series. *Int. J. Climatol.* 2018. № 38. P. 497–505. DOI: https://doi.org/10.1002/joc.5191.

3. Морозов В.В., Безніцька Н.В., Мельничук С.І. Класифікація забезпеченості років атмосферними опадами в сухостеповій зоні України. *Еколого-орієнтоване управління водними та земельними ресурсами* : матеріали Всеук. наук.- практ. конф. молодих вчених, м. Херсон, 16–18 травня 2012 р. Херсон : Колос. С. 53–56.

4. Wilks D.S. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. 2nd edn. Academic Press : Amsterdam. 2006. 630 pp.

5. Gosset W.S. The probable error of a mean. *Biometrika 6*, 1–25.

6. Підвищення стійкості до зміни клімату сільськогосподарського сектору Півдня України / Regional Environmental Centre. Сентедре, Угорщина. жовтень 2015. 1908. 74 с.

7. Бабіченко В.М., Ніколаєва Н.В., Гущина Л.М. Зміни температури повітря на території України наприкінці XX та на початку XXI століття. *Укр. геогр. журн.* 2007. № 4. С. 3–12.

8. Бабіченко В.М., Ніколаєва Н.В., Рудішина С.Ф. та ін. Максимальна температура повітря на території України в умовах сучасного клімату. *Укр. геогр. журн.* 2010. № 3. С. 6–15.

9. Кульбіда М.І., Єлістратова Л.О., Барабаш М.Б. Сучасний стан клімату України. П*роблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. 2013. Вип. 35. С. 118–130. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ponp_2013_35_14.

10. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Вплив кліматичних змін на режим зволоження вегетаційного періоду в Україні. *Український гідрометеорологічний журн.* 2015. № 16. С. 128–139.

11. Степаненко С.М., Польовий А.М., Дем'янюк О.С. та ін. Зміна режиму опадів в Україні. *Агроекол. журн.* 2014. № 2. С. 10–16.

12. Семенова І.Г. Синоптичні та кліматичні умови формування посушливих явищ в Україні : дис. … докт. географічних наук : 11.00.09 «Метеорологія, кліматологія, агрокліматологія». Одеса, 2015. 296 с.

13. Барабаш М.Б., Гребенюк Н.П., Татарчук О.Г. Изменение частоты стихийных явлений в Украине на фоне глобального и регионального изменения климата к началу XXI ст. матер. межд. науч. конф. Санкт-Петербург. 2002. 564 с. URL: http://uk.x-pdf.ru/5fizika/1204772-1-udk-551-582-477-tatarchuk-barabash-doslidzhennya-prostorovo-chasovogo-rozpodilu-suhoviiv-teritorii-ukraini-umovah-such.php.

14. Латыш Л.Г., Хохлов В.Н. Региональные изменения режима температуры и осадков на Украине в 2011–2025 годах. С. 311–316. *Глобальные и региональные изменения климата* : сборник научных трудов МЧС Украины, НАН Украины, УкрНИГРИ. *Глобальные и региональные изменения климата* : Международная научная конференция, г. Киев, 16–19 нояб. 2010. Киев : Ника-Центр, 2011. 447 с.

15. Морозов В.В., Пічура В.І. Прогнозування кліматичних показників як фактора формування родючості ґрунтів. *Наукові основи землеробства у зв'язку з потеплінням клімату* : матер. міжнар. наук-практ. конф., 10–12 листопада 2010р. м. Миколаїв. Миколаїв : МДАУ, 2010. С. 54–57.