

Сарнавський С.П.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ЗМІНИ ВОДНО-БАЛАНСОВИХ СКЛАДОВИХ В МЕЖАХ ЛІВОБЕРЕЖЖЯ СЕРЕДЬНОГО ДНІПРА ЗА 1961-2020 рр.

У статті досліджено зміни водно-балансових складових в межах лівобережжя Середнього Дніпра за два кліматичні періоди: 1961-1990 та 1991-2020 рр. Аналіз даних проводився в межах 6 ключових річкових басейнів лівобережжя Середнього Дніпра - Псла, Сули, Ворскли, Трубежу, Супою та Золотоношки.

Аналіз зміни складових водного балансу за період кліматичної норми 1961-1990 рр. та сучасний кліматичний період - 1991-2020 рр. продемонстрував в цілому для даної території зменшення середніх багаторічних значень кількості опадів на -7,3 мм, річкового стоку на -5,2 мм та сумарного випаровування на -2,1 мм. Проте в межах окремих басейнів річок лівобережжя Середнього Дніпра результати мають значні відмінності: в басейнах Псла та Сули спостерігалось зростання кількості опадів на +18,4 та +0,9 мм відповідно, а в басейнах Ворскли, Золотоношки, Трубежу та Супою воно було від'ємним - від -2,2 до -51,7 мм. Протилежна ситуація спостерігалась в зростанні (зменшенні) величини сумарного випаровування у відповідних річкових басейнах. Так, в трьох найбільших річкових басейнах Псла, Сули та Ворскли воно зросло від 5,6 до 26,7 мм; у всіх інших басейнах сумарне випаровування зменшилось від -0,3 до -47,6 мм. Але попри різні зміни показників кількості опадів та сумарного випаровування спостерігається скорочення величини річкового стоку від -1,6 до -8,6 мм.

Причинами негативної динаміки показників річкового стоку є від'ємні сумарні значення кількості опадів та сумарного випаровування. І головна причина цих змін це зростання середньорічної температури повітря в межах всіх досліджуваних басейнів на +1,2 °С, яка призвела до зростання показників посушливості клімату в межах лівобережжя Середнього Дніпра на +0,9 %, а також аналогічно відбулось падіння коефіцієнту стоку на -0,9%. Відбулись зміни складових водного балансу у досліджуваному районі – більший об'єм атмосферних опадів тепер йде на сумарне випаровування, а тому відбувається втрата об'єму води, що формує річковий стік. Це яскравий приклад впливу глобального зростання температури повітря на зменшення водності річок в межах лівобережжя Середнього Дніпра.

Ключові слова: річковий басейн, складові водного балансу, багаторічні зміни, коефіцієнт стоку, коефіцієнт посушливості, лівобережжя Середнього Дніпра.

Вступ. Сучасні закономірності водного режиму річок на фоні змін клімату визначаються коливанням основних кліматичних характеристик – опадів та температури повітря, що, в свою чергу, визначає величину випаровування. Вони мають істотний вплив на хід багаторічних та внутрішньорічних коливань річкового стоку. Зокрема, внутрішньорічний перерозподіл опадів відображається у відповідних змінах річкового стоку.

Метод дослідження та вихідні дані. Основним методом при вивченні гідрологічних явищ та процесів є метод водного балансу. Цей метод полягає у дотриманні закону збереження маси в замкнутій системі - в даному випадку - надходження та витрати водної маси в середині басейну річки. Додатною частиною в даному випадку будуть виступати атмосферні опади, а витратною частиною - сумарне випаровування, водний стік та зміна запасу вологи в ґрунтах і породах [1-2]. Математичною моделлю цього методу є рівняння водного балансу, яке має наступний вигляд:

$$X = Y + Z \pm \Delta S, \quad (1)$$

де X — кількість атмосферних опадів; Y — водний стік; Z — випаровування; ΔS — зміна запасу вологи в ґрунтах і породах. Останнім членом рівняння водного балансу можна нехтувати в разі обрахунку багаторічних значень, що ми і будемо робити. Знаючи, що басейн лівобережжя Середнього Дніпра розміщується переважно в зоні лісостепу та меншою мірою в зоні північного степу та південних районах зони мішаних лісів припускаємо, що для даної території кількість опадів буде більшою за випаровування $Z < X$ [3]. Отже в цілому на території басейну формуватиметься позитивний водний баланс при якому на території лівобережжя Середнього Дніпра та басейнів, які входять до його складу існує поверхневий стік і відбувається проникнення води в ґрунти і породи.

Для обрахунку зміни водно-балансових складових лівобережжя Середнього Дніпра та його 6 басейнів ключових річок регіону - Псла, Сули, Ворскли, Трубежу, Супою та Золотоношки були використані кліматичні дані CRU TS [4] та дані спостережень гідрологічних постів: в басейні Псла – м. Суми, м. Гадяч, с. Запсілля, м. Миргород; в басейні Сули - с. Зеленківка, м. Ромни, м. Лубни, м. Прилуки, с. Олександрівка, с. Маяківка; в басейні Ворскли - с. Чернеччина, м. Кобеляки, м. Богодухів; в басейні Трубежу - м. Баришівка, м. Переяслав, м. Березань; в басейні Супою - с. Піщане, а в басейні Золотоношки - м. Золотоноша. CRU TS (Climatic Research Unit gridded Time Series) — це широко використовуваний набір кліматичних даних в квадратах по 0,5° широти на 0,5° довготи географічної сітки Землі (виняток Антарктида). Його отримують шляхом інтерполяції місячних кліматичних аномалій із розгалужених мереж спостережень метеостанцій.

Всі кліматичні та гідрологічні дані брались за два кліматичні періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр., що цілком відповідає принципу моніторингу клімату та водних ресурсів прийнятим Всесвітньою метеорологічною організацією.

Для оцінки зміни водно-балансових складових лівобережжя Середнього Дніпра та його 6 басейнів ключових річок регіону - Псла, Сули, Ворскли, Трубежу, Супою та Золотоношки проведено співставлення кліматичних та гідрологічних параметрів в межах рівняння водного балансу за два 30-річні кліматичні періоди - кліматичної норми 1961-1990 рр. та сучасного періоду 1991-2020 рр. На основі різниці складових водного балансу за два відповідні періоди обраховано зміни коефіцієнтів посушливості та стоку в досліджуваних басейнах.

Результати дослідження. *Оцінка зміни температури повітря та кількості атмосферних опадів за два кліматичні періоди.*

Відповідно до результатів розрахунків, наведених в табл.1, середня річна температура повітря в сучасний період у порівнянні з періодом кліматичної норми 1961-1990 рр. зросла на 0,9 - 1,6 °С. В середньому зростання температури в басейні лівобережжя Середнього Дніпра склало 1,2 °С. Найвище зростання значення температури відбулося в басейнах Псла - +1,6 °С, Золотоношки - +1,5°С, Трубежу - +1,3 °С. Найменші значення зростання температури спостерігались в басейнах Супою - +1,1 °С, Сули - +1,1 °С та Ворскли - +0,9 °С. В цілому по лівобережжю Середнього Дніпра у внутрішньорічному розрізі підвищення температури повітря відбулося в усі місяці року. Максимально температура зросла в січні-лютому на +1,9 - +2,6 °С, високі значення зростання середньомісячної температури відбулись в березні, липні та серпні - +1,7 °С. Загалом найшвидші тенденції у зміні середньомісячної температури повітря за два кліматичні періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. відбулись взимку +1,7 °С та влітку +1,6 °С, а ось весна та осінь зазнали найменших змін у середніх показниках температури, відповідно - +1,2 °С та +0,6 °С. Бачимо важливу зміну переходу середньомісячної температури повітря через нуль в березні від 0 до +1,7°С. В період 1961-1990 рр. додатні значення в березні спостерігались на заході, південному заході та півдні лівобережжя Середнього Дніпра в межах басейнів - Трубежу, Супою, Золотоношки, Оржиці та нижній течії Ворскли в межах +0,3 - +1,8 °С, а в нижній течії Сули складали - 0 °С. В період 1991-2020 рр. додатні температури березня вже спостерігались в межах майже всіх басейнів лівобережжя Середнього Дніпра, в тому числі і у середній течії Сули та Ворскли, нижній та середній течії Псла. Так зростання температури в межах прикордонних ділянок Псла в Сумах та Мерла в Богодухові склало - +2,5 та +1,9 °С відповідно. І лише у верхів'ї Сули перехід через нульове значення не відбулось, наприклад в Зеленківці температура березня в 1991-2020 рр. навіть зменшилась на -0,1 °С ніж в попередній період.

Попри глобальне зростання температури повітря протягом року зберігається звичний хід температури повітря, але переходи між місяцями в сучасному кліматичному періоді мають більші температурні зміни, що свідчить про більш виражені сезонні коливання температур порівняно з попереднім періодом (рис. 1). Тобто переходи між місяцями стають більш екстремальними. Фаза теплового періоду року розширюється за рахунок більш екстремальніших літніх температур, а кількість днів з температурою вищою за нуль розширились на увесь березень, кінець лютого та листопада, а також початок грудня. Звичайно це явище впливає на фази водного режиму та об'єму стоку річок регіону

досліджень. Розширюється період літньо-осінньої межені, скорочується період зимової межені, весняного водопілля та все частішими явищами стають паводки в усіх сезони року. Скорочується період снігонакопичення взимку, показники випаровування навпаки зростають, змінюється характер випадання опадів та їх інтенсивність.

Таблиця 1. Значення приземної середньої місячної та середньої за рік температури повітря (°C) в сучасний період (1991-2020 рр.) у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.)

Назва гідропоста	Період	Місяці												Середня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Басейн Псла														
Суми	1961-1990	-8,78	-8,17	-2,09	7,43	14,02	17,5	19,26	18,48	13,22	7,1	0,78	-3,41	6,3
	1991-2020	-4,14	-4,44	0,36	8,61	14,24	18,87	20,44	19,6	14,04	8,36	1,75	-3,72	7,8
Гадяч	1961-1990	-6,74	-5,64	-1,4	8,03	14,13	18,23	19,47	18,6	13,16	7,56	1,63	-3,03	7
	1991-2020	-3,91	-2,45	0,46	9,24	15,08	19,56	21,79	20,71	14,32	7,85	1,88	-3,49	8,4
Запсілля	1961-1990	-5,6	-5,99	-1,72	7,58	14,16	18,09	20,34	19,73	14,68	8,27	2,01	-2,73	7,4
	1991-2020	-3,49	-2,59	2,68	10,03	15,51	20,01	22,34	21,38	15,68	9,24	3,46	-1,61	9,4
Миргород	1961-1990	-6,82	-6,85	-0,35	8,52	14,52	18,29	19,48	18,77	13,48	7,67	2,68	-2,37	7,3
	1991-2020	-4,05	-3,26	1,94	9,68	15,11	19,92	21,25	20,91	15,61	9,3	2,68	-2,55	8,9
Загалом по басейну	1961-1990	-7	-6,7	-1,4	7,9	14,2	18	19,6	18,9	13,6	7,7	1,8	-2,9	7
	1991-2020	-3,9	-3,2	1,4	9,4	15	19,6	21,5	20,7	14,9	8,7	2,4	-2,8	8,6
Басейн Сули														
Зеленківка	1961-1990	-6,4	-5,7	-0,2	7,7	13,2	17,7	19,5	18,7	13,6	7,7	1,8	-4,5	6,9
	1991-2020	-4,7	-4,8	-0,3	8,2	14,2	18,8	20,1	19,6	13,7	7,9	1,4	-3,7	7,5
Ромни	1961-1990	-6,3	-6,9	-0,9	7,2	13,5	17,3	18,1	17,4	12,3	6,9	1,9	-3,8	6,4
	1991-2020	-4,3	-3,7	0,3	8,1	14,2	19,0	20,3	19,5	13,7	7,5	1,3	-3,3	7,7
Лубни	1961-1990	-6,2	-5,5	0,0	8,1	14,2	17,8	18,8	18,4	13,2	7,6	2,5	2,5	7,6
	1991-2020	-3,4	-3,8	1,5	9,1	15,1	19,5	20,7	19,9	14,3	8,0	2,3	-2,5	8,4
Прилуки	1961-1990	-6,7	-6,9	-0,7	8,5	15,3	18,8	19,7	18,7	13,7	7,8	2,2	-2,5	7,3
	1991-2020	-3,3	-3,5	1,8	9,9	15,0	18,9	20,7	19,7	14,2	8,3	2,7	-2,3	8,5
Олександрівка	1961-1990	-5,8	-5,7	0,0	9,5	15,3	18,3	19,3	18,9	14,1	8,4	2,0	-2,6	7,6
	1991-2020	-3,3	-2,8	1,5	8,9	14,1	19,4	21,2	20,8	15,1	8,6	2,9	-2,7	8,6
Маяківка	1961-1990	-5,4	-3,5	1,5	8,2	14,0	17,8	18,5	17,5	13,2	7,4	2,3	-2,2	7,4
	1991-2020	-4,5	-2,4	1,7	9,5	15,7	20,0	21,3	20,4	15,2	9,3	3,6	-1,6	9,0
Загалом по басейну	1961-1990	-6,1	-5,7	0,0	8,2	14,3	18,0	19,0	18,3	13,4	7,6	2,1	-2,2	7,2
	1991-2020	-3,9	-3,5	1,1	8,9	14,7	19,2	20,7	20,0	14,4	8,3	2,4	-2,7	8,3
Басейн Ворскли														
Чернеччина	1961-1990	-8,2	-7,3	-1,9	7,0	14,1	18,3	19,6	18,8	13,6	7,5	1,5	-4,0	6,6
	1991-2020	-4,4	-5,4	0,8	8,6	15,4	19,5	21,4	20,6	14,2	8,1	2,0	-3,2	8,1

Назва гідропоста	Період	Місяці												Середня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кобеляки	1961-1990	-3,1	-2,7	1,8	9,4	15,8	18,7	20,7	19,9	15,5	8,8	2,4	-1,4	8,8
	1991-2020	-3,3	-2,8	1,5	9,8	15,5	19,4	21,3	20,8	15,6	9,1	2,7	-1,3	9,0
Богодухів	1961-1990	-7,1	-6,4	-1,1	8,3	14,1	18,3	19,5	19,1	13,3	7,3	1,6	-3,2	7,0
	1991-2020	-4,7	-4,6	0,8	9,4	14,6	19,0	21,3	20,7	14,4	8,3	2,5	-3,5	8,2
Загалом по басейну	1961-1990	-6,1	-5,5	-0,4	8,2	14,7	18,4	19,9	19,2	14,1	7,9	1,8	-2,8	7,5
	1991-2020	-4,2	-4,2	1,0	9,3	15,2	19,3	21,3	20,7	14,7	8,5	2,4	-2,7	8,4
Басейн Трубеж														
Баришівка	1961-1990	-4,6	-3,6	0,2	9,6	15,8	18,6	19,2	18,6	14,3	10,3	4,1	-4,5	8,2
	1991-2020	-1,4	-1,2	2,3	9,1	15,3	19,6	21,6	20,5	15,4	8,9	3,4	-1,2	9,4
Переяслав	1961-1990	-4,6	-4,5	0,3	9,1	15,0	17,6	19,0	18,8	14,0	8,2	3,3	-2,4	7,8
	1991-2020	-3,1	-2,4	2,5	10,0	15,6	19,6	20,8	20,4	15,0	9,0	3,6	-0,3	9,2
Березань	1961-1990	-5,3	-6,0	0,4	8,3	14,1	18,2	19,5	18,7	13,2	7,5	2,3	-2,1	7,4
	1991-2020	-3,8	-3,6	2,1	10,0	15,4	19,5	20,3	19,9	14,0	8,2	2,9	-1,2	8,6
Загалом по басейну	1961-1990	-4,8	-4,7	0,3	9,0	14,9	18,1	19,2	18,7	13,8	8,7	3,2	-3,0	7,8
	1991-2020	-2,8	-2,4	2,3	9,7	15,4	19,5	20,9	20,3	14,8	8,7	3,3	-0,9	9,1
Басейн Супою														
Піщане	1961-1990	-5,2	-4,4	1,1	8,1	14,3	17,3	18,8	18,5	13,4	8,3	3,1	-2,6	7,6
	1991-2020	-4,5	-3,0	2,3	9,3	15,4	18,8	20,4	20,3	14,4	9,3	3,8	-1,6	8,7
Басейн Золотоношки														
Золотоноша	1961-1990	-4,1	-5,2	0,3	8,0	14,2	18,0	19,1	18,4	13,5	7,7	2,6	-2,2	7,5
	1991-2020	-2,5	-0,3	2,1	9,5	15,1	19,5	21,3	20,0	14,1	8,1	2,9	-2,2	9,0
Загалом в межах лівобережжя Середнього Дніпра	1961-1990	-5,5	-5,4	0,0	8,2	14,4	18,0	19,3	18,7	13,6	8,0	2,4	-2,6	7,4
	1991-2020	-3,6	-2,8	1,7	9,4	15,1	19,3	21,0	20,3	14,5	8,6	2,9	-2,2	8,7
РІЗНИЦЯ		1,9	2,6	1,7	1,1	0,7	1,3	1,7	1,7	0,9	0,6	0,4	0,5	1,2

За два кліматичні періоди змінилась і кількість опадів в межах лівобережжя Середнього Дніпра, загалом за останні 60 років вона зменшилась на -7,3 мм (табл. 2). Але в розрізі окремих басейнів помітні значні відхилення то в бік зростання кількості опадів, то в бік їх зменшення. Так, найбільш позитивна динаміка зростання кількості опадів в межах досліджуваного регіону спостерігалась в басейні Псла - +18,4 мм, особливо значне зростання частки опадів спостерігалось в басейні його притоки Хоролу - +75,2 мм, верхній та нижній течії Псла - +7,2 мм та 1,1 мм відповідно. В середній частині басейну (м/с Гадяч) спостерігалось зменшення опадів на 9,9 мм. Другим річковим басейном, де спостерігались додатні значення, був басейн Сули, але тут кількість опадів зросла всього на 0,9 мм. Позитивна динаміка в басейні Сули спостерігалась у верхній течії (+3,7 мм в с. Зеленівка та +56,6 мм в м. Ромни). В нижній течії також зросла кількість опадів при впадінні в Сулу її правої притоки Оржиці - +47 мм. В інших частинах басейну кількість опадів зменшилась - в середній течії Сули - на 4,8 мм, басейні Удаю – на 79 мм та Сліпороду – на 18 мм.

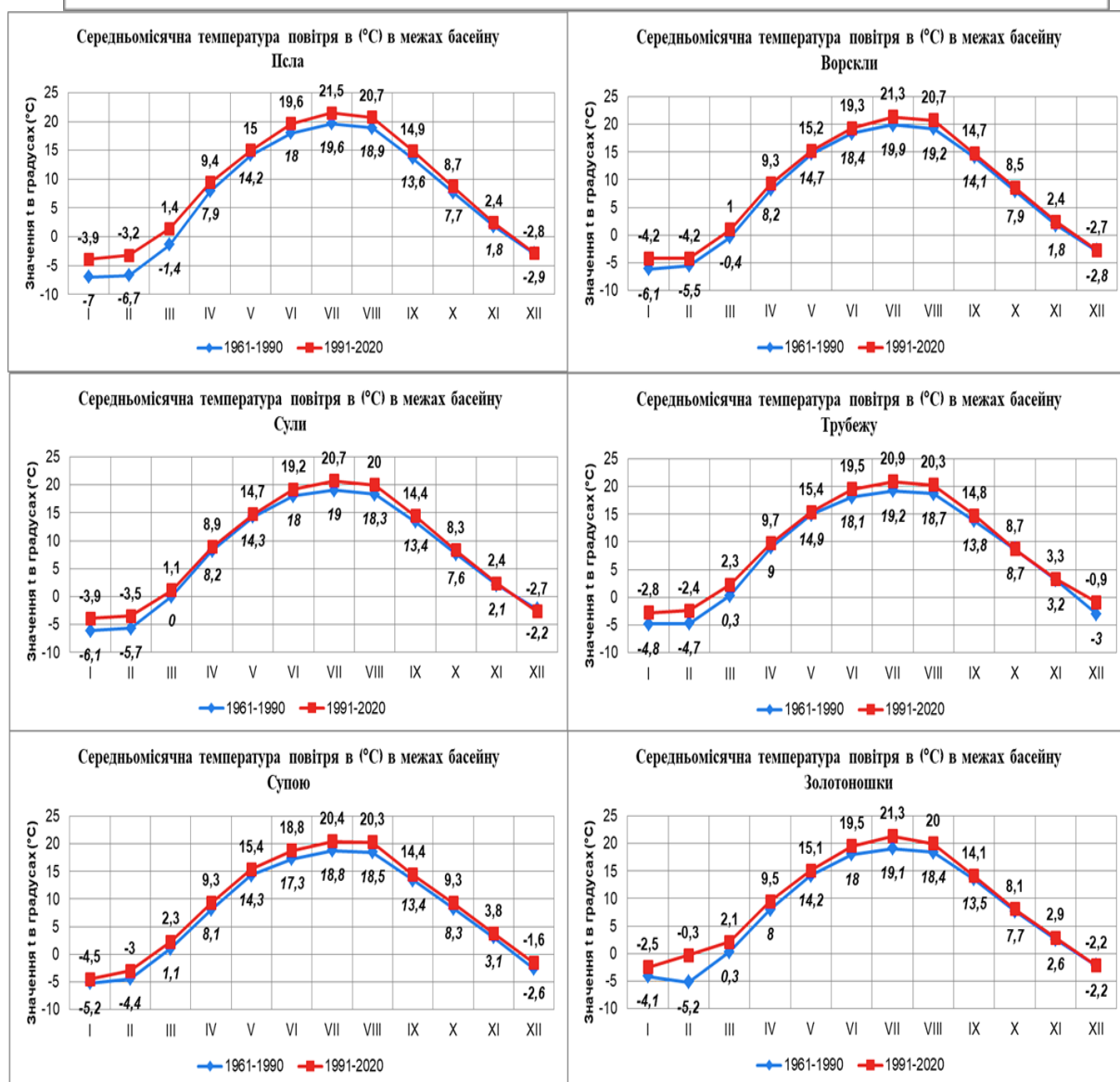
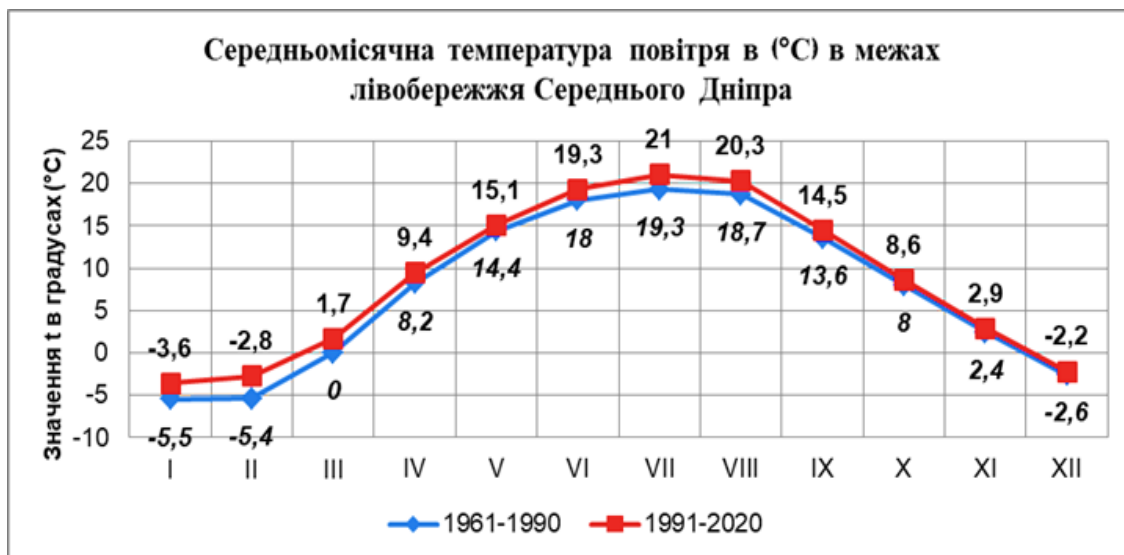


Рис. 1. Зміна середньомісячних температур повітря за два характерні кліматичні періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. в межах лівобережжя Середнього Дніпра та його річкових басейнів

Таблиця 2. Значення місячних сум атмосферних опадів та суми за рік (мм) в сучасний період (1991-2020 рр.) у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.)

Назва гідропоста	Періоди	Місяці												Серед- ня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Басейн Псла														
Суми	1961- 1990	37,5	30,6	32,8	41,8	56,6	57,9	69,9	59,3	49,8	39,6	41,9	43,6	561,3
	1991- 2020	42,5	39,7	41,7	35,8	58,6	59,8	67,3	56,4	49,7	43,8	37,8	35,6	568,5
Гадяч	1961- 1990	40,2	35,2	35,4	40,1	50,2	59,9	63,9	53,6	47,7	47,4	45,9	38,9	558,2
	1991- 2020	43,1	37,6	40,9	37,0	54,8	62,3	54,8	44,5	47,3	50,4	39,7	36,1	548,3
Запсілля	1961- 1990	40,7	35,5	32,0	36,5	43,4	51,8	60,8	57,9	46,6	37,3	34,9	37,6	514,8
	1991- 2020	41,5	38,8	36,8	37,8	48,8	57,1	61,4	51,9	42,2	33,9	32,3	33,5	515,9
Миргород	1961- 1990	37,8	39,7	39,9	34,8	51,2	50,2	53,4	41,3	38,8	29,6	42,2	30,3	489,3
	1991- 2020	42,1	41,2	38,7	40,4	52,6	57,3	57,0	49,5	42,2	52,3	44,1	47,0	564,5
Загалом по басейну	1961- 1990	39,0	35,2	35,0	38,3	50,3	54,9	62,0	53,0	45,7	38,5	41,2	37,6	530,9
	1991- 2020	42,3	39,3	39,5	37,7	53,7	59,1	60,1	50,6	45,3	45,1	38,5	38,0	549,3
Басейн Сули														
Зеленківка	1961- 1990	44,6	35,3	39,0	38,7	49,8	58,6	64,5	59,6	46,6	39,7	45,4	47,3	569,2
	1991- 2020	43,9	41,7	41,2	39,7	59,1	61,8	63,4	56,4	44,8	44,8	37,3	38,9	572,9
Ромни	1961- 1990	33,8	36,1	32,9	44,1	49,9	58,0	59,9	59,8	42,1	31,8	37,6	36,8	522,8
	1991- 2020	44,8	42,3	45,8	33,5	60,6	66,2	67,6	52,0	42,7	44,5	40,9	38,5	579,4
Лубни	1961- 1990	51,8	39,2	35,9	38,1	49,1	66,1	73,9	52,5	45,7	39,7	47,0	46,2	585,0
	1991- 2020	48,3	42,1	45,1	40,7	61,4	53,6	52,6	52,2	47,7	49,1	41,8	45,5	580,2
Прилуки	1961- 1990	44,8	40,5	49,4	40,9	46,5	62,8	81,5	66,1	65,7	52,5	54,9	51,4	657,2
	1991- 2020	43,0	41,5	44,7	40,3	59,4	63,6	63,7	49,4	44,7	47,9	39,3	40,6	578,2
Олександр- рівка	1961- 1990	38,2	37,4	35,5	37,1	47,2	64,8	71,3	64,2	51,2	45,2	46,2	40,8	579,0
	1991- 2020	42,4	38,6	36,8	39,1	52,6	64,4	56,6	53,5	43,3	47,2	38,9	47,7	561,0
Маяківка	1961- 1990	39,0	39,9	37,9	37,4	44,1	54,9	60,1	48,4	40,8	38,1	41,6	39,8	521,6
	1991- 2020	38,4	41,8	38,3	39,6	53,0	66,3	59,6	61,9	43,2	44,5	38,9	43,1	568,6
Загалом по басейну	1961- 1990	42,0	38,1	38,4	39,4	47,8	60,9	68,5	58,4	48,7	41,2	45,5	43,7	572,5
	1991- 2020	43,5	41,3	42,0	38,8	57,7	62,6	60,6	54,3	44,4	46,3	39,5	42,4	573,4
Басейн Ворскли														
Чернеч- чина	1961- 1990	45,5	35,5	34,3	41,6	49,4	59,0	62,2	59,0	48,0	43,2	46,3	45,8	569,7
	1991- 2020	45,1	39,5	43,0	36,6	54,4	55,3	60,7	53,4	47,8	40,4	43,9	38,9	559,1
Кобеляки	1961- 1990	37,6	37,5	34,3	35,4	55,8	49,4	47,9	31,8	32,6	35,1	32,9	38,3	468,6
	1991- 2020	38,7	39,4	29,5	32,2	52,9	46,6	37,6	32,7	35,7	50,0	38,6	29,6	463,4
Богодухів	1961- 1990	38,8	33,9	34,9	45,1	47,9	58,4	67,5	62,2	54,7	42,0	30,5	39,3	555,1
	1991- 2020	43,4	39,7	41,3	35,4	59,5	60,8	63,3	49,6	46,4	45,0	39,0	40,9	564,2
Загалом по басейну	1961- 1990	40,6	35,6	34,5	40,7	51,0	55,6	59,2	51,0	45,1	40,1	36,6	41,1	531,1
	1991- 2020	42,4	39,5	37,9	34,7	55,6	54,2	53,8	45,2	43,3	45,1	40,5	36,5	528,9

Назва гідропоста	Періоди	Місяці												Серед- ня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Басейн Трубежу														
Баришівка	1961-1990	38,5	32,7	39,2	42,1	53,7	65,5	71,7	58,4	47,2	36,2	28,4	32,5	546,0
	1991-2020	36,4	35,7	36,6	37,4	41,0	45,1	46,0	45,2	45,1	42,8	40,0	37,5	488,7
Переяслав	1961-1990	39,2	33,6	29,6	39,8	48,3	61,2	76,3	61,9	39,9	34,1	37,7	43,2	545,0
	1991-2020	38,0	37,8	39,4	39,9	42,8	46,0	47,9	46,6	45,9	45,7	43,6	41,6	515,1
Березань	1961-1990	33,8	32,6	32,5	33,5	40,1	39,8	38,8	38,9	34,4	31,6	30,5	31,3	417,8
	1991-2020	36,4	33,8	47,4	36,8	48,5	42,6	39,2	42,6	42,6	44,2	41,7	30,9	486,8
Загалом по басейну	1961-1990	37,2	33,0	33,8	38,5	47,4	55,5	62,3	53,1	40,5	34,0	32,2	35,7	502,9
	1991-2020	36,9	35,8	41,1	38,0	44,1	44,6	44,4	44,8	44,5	44,2	41,8	36,6	496,9
Басейн Супою														
Піщане	1961-1990	33,5	36,4	37,2	37,5	40,4	64,7	64,2	56,3	33,5	26,0	39,5	44,3	513,7
	1991-2020	35,8	31,5	55,6	37,1	57,0	68,4	44,2	11,9	25,7	19,1	52,3	23,4	462,0
Басейн Золотоношки														
Золото- ноша	1961-1990	38,9	38,4	34,7	38,7	45,8	63,2	58,7	52,7	34,8	23,8	42,2	42,2	514,1
	1991-2020	29,0	33,5	20,6	34,6	63,8	66,9	61,8	69,1	23,2	41,5	32,3	34,7	511,0
Усереднені дані в межах лівобережжя Середнього Дніпра														
Загалом в межах лівобереж- жя Середньо- го Дніпра	1961-1990	38,5	36,1	35,6	38,8	47,1	59,1	62,5	54,1	41,4	33,9	39,5	40,8	527,5
	1991-2020	38,3	36,8	39,4	36,8	55,3	59,3	54,2	46,0	37,7	40,2	40,8	35,3	520,2
РІЗНИЦЯ		-0,2	0,7	3,8	-2,0	8,2	0,2	-8,3	-8,1	-3,7	6,3	1,3	-5,5	-7,3

В басейнах Ворскли, Трубежу, Супою та Золотоношки в цілому переважала негативна динаміка випадіння опадів в період 1961-2020 рр. Найкраща ситуація із зазначених басейнів спостерігалась в басейні Ворскли – зменшення лише на 2,2 мм. Зменшення кількості опадів, в основному, спостерігалось по основній вісі басейну - так в Чернеччині та Кобеляках вона зменшилась за 60 річний період на -10,6 мм та -5,2 мм, відповідно. Лише в межах басейну річки Мерло спостерігалась позитивне зростання кількості опадів за цей період - на +9,1 мм. В басейні Золотоношки кількість опадів скоротилась на -3,1 мм. Різке скорочення опадів в цьому басейні відбулось у зимово-весняний період - на -22,5 мм, восени на -3,8 мм, а ось найбільше зростання відбулось влітку - на 23,2 мм. В басейні Трубежу зменшення опадів склало -6 мм. Найгірша динаміка змін спостерігалась в середній течії Трубежу до -57,3 мм (м/с Баришівка) та в нижній частині басейну -29,9 мм (м/с Переяслав). Лівобережжя басейну в межах його притоки річки Недри демонструвало позитивну динаміку зростання атмосферних опадів на +69 мм. Найгірша ситуація зі зменшенням кількості атмосферних опадів спостерігалась в басейні Супою - -51,7 мм. Найбільш негативна динаміка зменшення опадів тут припала на період літньо-осінньої межени у липні-жовтні - -79,1 мм та зимової межени - -23,5 мм. А найбільше зростання відбулось в весняно-літній період з березня по червень - +38,3 мм.

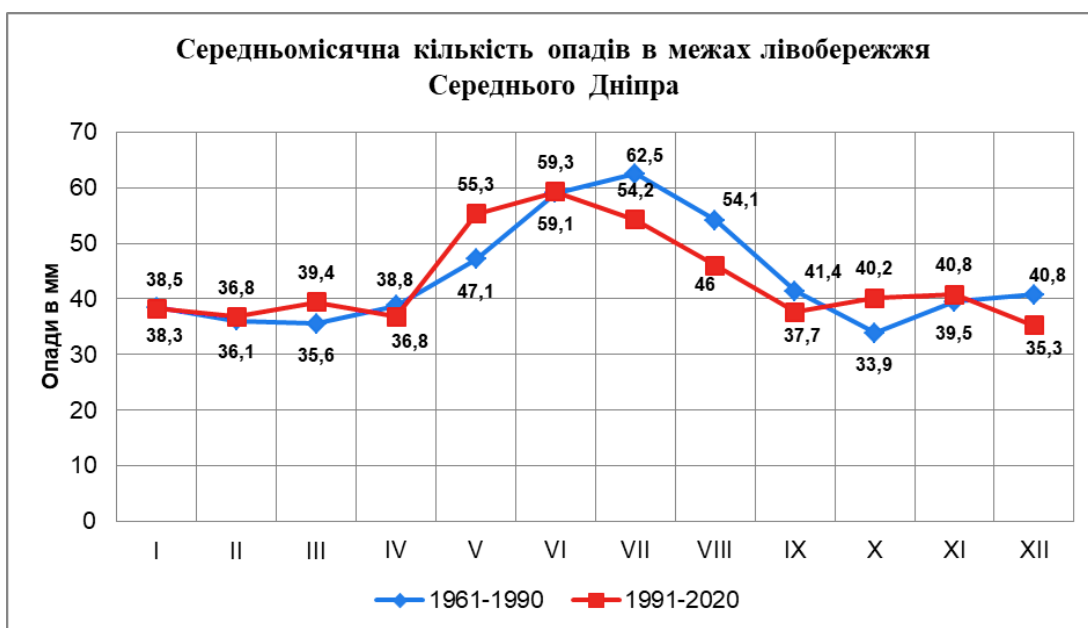
Вплив зростання температури простежується і в зміні кількості опадів: в березні 1991-2020 рр. температура зросла на 1,7 °С, що спровокувало зростання опадів в цей час на 3,8 мм. Бачимо зростання температури повітря в травні та червні до 15-19 °С, що

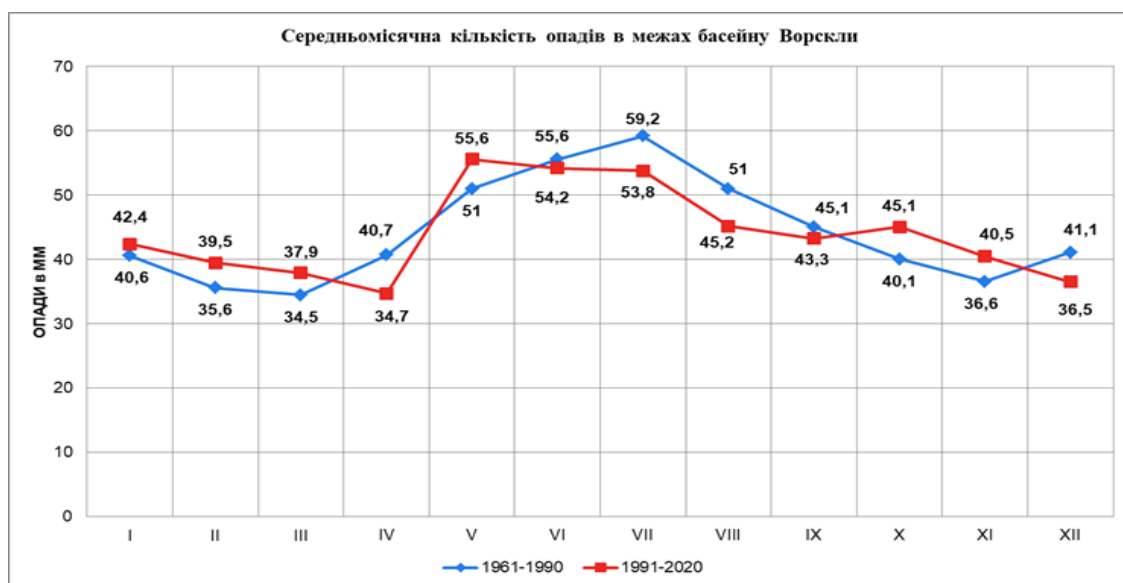
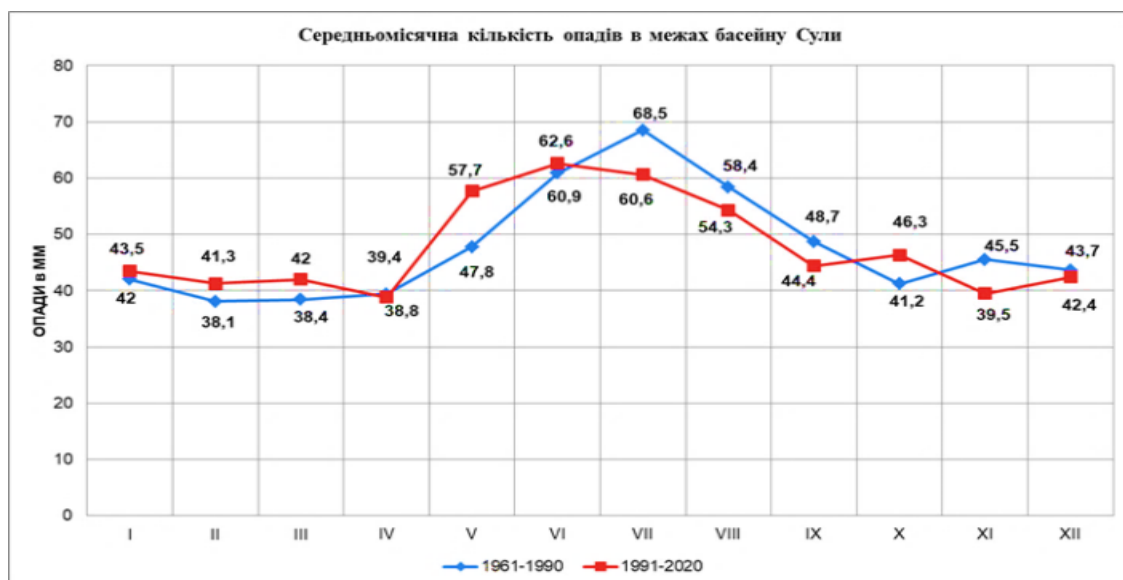
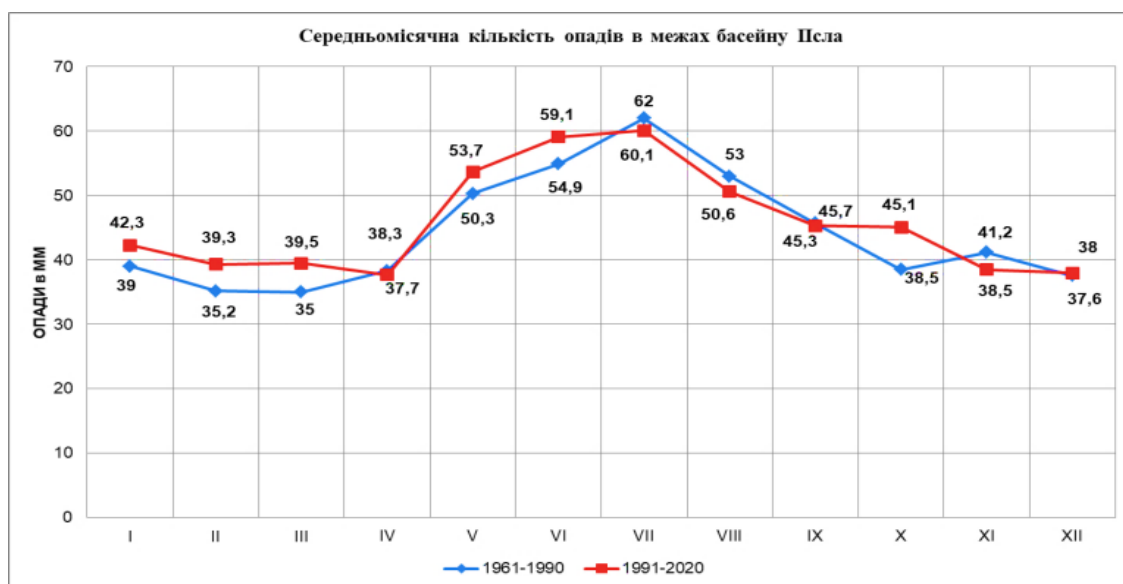
спричиняє зростання кількості водяної пари у повітрі в більш ранньому періоді та випадання більшої кількості опадів на 8,2 та 0,2 мм відповідно.

В липні-серпні та першій половині вересня спостерігаються більш спекотні дні в останній кліматичний період із температурами понад 25 °С, що призводить до зростання точки роси, а отже більшого об'єму вологи, яка потрібна для стану 100% насичення. В цей час через дефіцит вологості в повітрі, спостерігається мінімальні значення вологості ґрунту та падіння рівня ґрунтових вод. Тому в цей період, який співпадає з часом літньо-осінньої межі, кількість опадів зменшилась найбільше за увесь рік на -8,3 мм в липні, -8,1 мм в серпні та меншою мірою у вересні -3,7 мм. В попередній кліматичний період восени повітря охолоджувалось вже в другій половині вересня та провокувало більшу кількість опадів з подальшим зниженням у жовтні, коли випаровування різко зменшувалось. В останній кліматичний період спостерігається дефіцит опадів у вересні, який спровокований дефіцитом вологи за вищих температур. В жовтні та листопаді навпаки відбувається зростання опадів, спровоковане вищими значеннями температури повітря ніж у період кліматичної норми та меншого дефіциту вологи, порівнюючи з літом. Перехід клімату, що був характерним для вересня-жовтня вже спостерігається в жовтні – на початку грудня. Збільшення температури взимку провокує зменшення відносної вологості повітря та скорочення кількості опадів в межах лівобережжя Середнього Дніпра в грудні-січні на -5,5 мм та -0,2 мм, відповідно.

Порівнюючи режим випадання опадів за два періоди бачимо (рис. 2), що в період 1961-1990 рр. він був більш плавним із зимового періоду коли спостерігалась найменша кількість опадів вона поступово зростала та досягала свого піку в червні-серпні коли середні температури в районі дослідження були меншими за 20 °С. В серпні кількість опадів зменшувалась та досягала аналогічних зимовим значень в жовтні, а потім зростала до грудня-січня. В період 1991-2020 рр. бачимо звуження періоду випадання опадів влітку та зміщення піку їх випадання на травень-липень та меншу їх кількість в періоди піку 59,3 мм (раніше - 62,5 мм), що свідчить про значно вищі температури повітря та зростаючий дефіцит вологості через теплове розширення повітря. З липня відбувається поступове зниження кількості опадів з його мінімумом у вересні - це наслідок значно вищих температур в період літньо-осінньої межі через теплове розширення повітря, а значить збільшенню об'єму вологи яке воно може вмістити.

Початок рис. 2





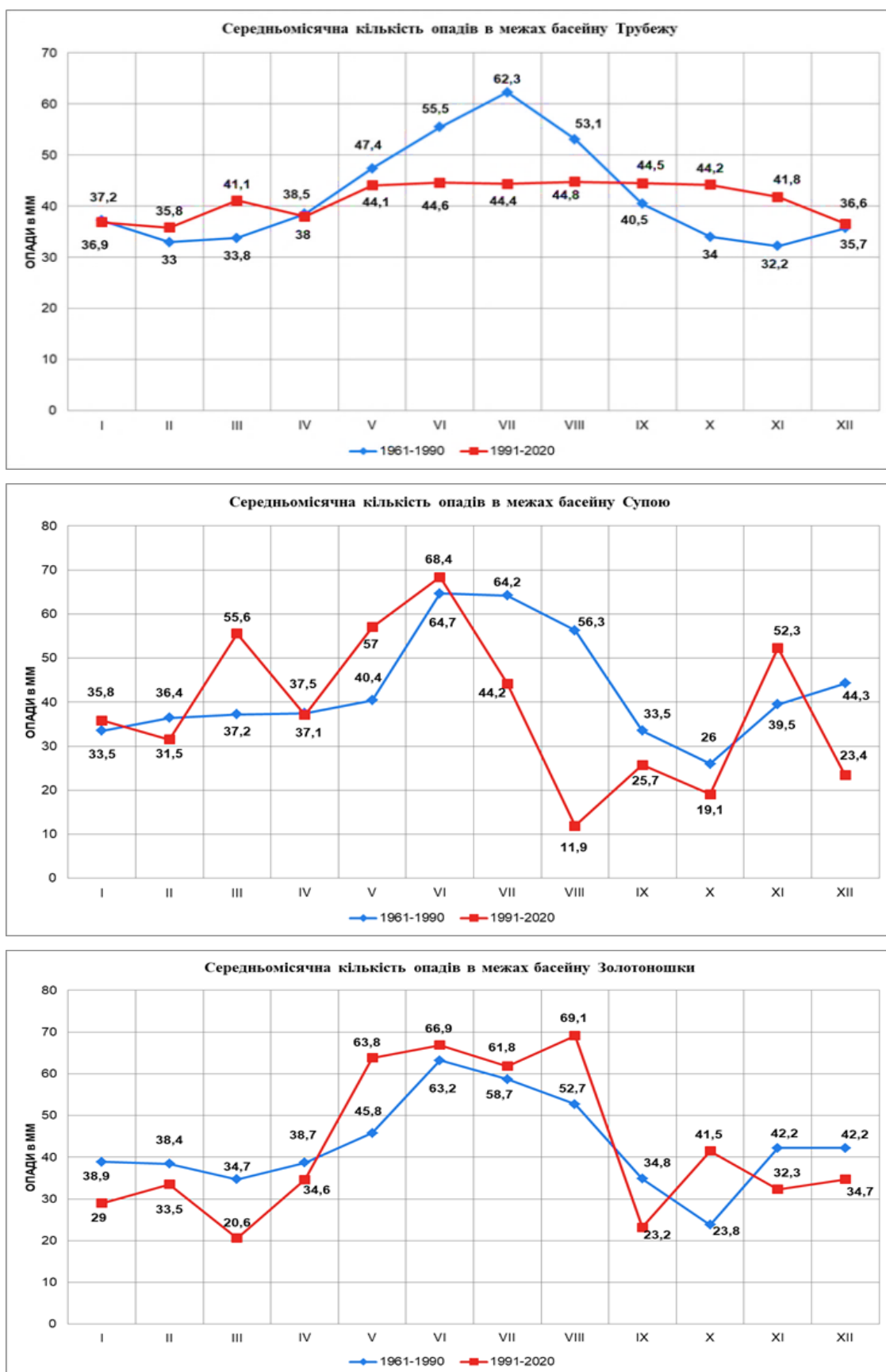


Рис. 2. Зміни кількості та режиму випадіння опадів за два характерні кліматичні періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. в межах лівобережжя Середнього Дніпра та його річкових басейнів

Побіжними наслідками в цей час є максимальні рівні випаровування з поверхні води та ґрунту та розширення територій в межах басейну лівобережжя Середнього Дніпра з дефіцитом вологи в ґрунті. Більш різкий перепад температур восени сприяє охолодженню повітря в жовтні-листопаді, що провокує зростання опадів в останній кліматичний період в цей час. Тому, якщо в попередній кліматичний період 1961-1990 рр. виділялось два чітких мінімуми кількості опадів - в березні та жовтні, як періоди переходу між теплим та холодним періодом року, то в сучасний кліматичний період виділяється 4 мінімуми - в лютому, квітні, вересні та грудні. Це спровоковано нестабільною температурою взимку, частим переходом через 0 °С, в квітні початком дефіциту вологи після більш раннього танення снігу в лютому-березні, а у вересні - тривалим періодом дефіциту вологи.

В цілому простежується тенденція зменшення кількості опадів в західній, південно-західній, південній та південно-східній частинах басейну лівобережжя Середнього Дніпра. В той час коли в північно-східній, північній, північно-західній та центральній частинах спостерігалось зростання кількості опадів. Що цілком є спів ставним із максимальним зростанням температури повітря у відповідних регіонах і меншими значеннями зростання температури в районах зростання кількості опадів.

Оцінка часової динаміки річного та середнього місячного стоку за два кліматичні періоди. Оцінка часової динаміки середнього місячного та річного стоку в межах лівобережжя Середнього Дніпра в цілому та в розрізі окремих басейнів демонструє нам пряму залежність змін стоку від зміни кількості атмосферних опадів та сумарного випаровування. Тому, не дивлячись на зростання кількості опадів в басейнах Псла, Сули, окремих частинах басейнів Ворскли - р. Мерло та басейну Трубежу - р. Недра, ця частка зростання буде компенсуватись зростанням частки випаровування. Сумарне річне випаровування протягом останнього кліматичного періоду 1991-2020 рр. зросло більше ніж зростала частка опадів в зазначених вище басейнах, а тому сумарний шар стоку в басейнах усіх річок лівобережжя Середнього Дніпра зменшився на -5,2 мм (табл. 3). В розрізі окремих басейнів зменшення шару стоку є наступним: в басейні Псла – на 8,3 мм, Ворскли – на 7,8 мм, Сули – на 6,6 мм, Супою – на 4,1 мм, Золотоношки – на 2,8 мм та Трубежу – на 1,6 мм. Максимальне зменшення показників шару стоку відчули великі річкові басейни, які досить сильно у своєму типі живленні були зорієнтовані на снігове живлення - Псел, Ворскла й Сула, а ось значно менші - басейни Супою, Трубежу та Золотоношки, які в основному живляться підземними водами, зазнали менших втрат шару стоку. Маючи менші за площею річкові басейни річки Трубіж, Золотоношка та Супій менше залежать від значних запасів талих вод в період весняного водопілля, а тому отримують навіть більшу частку шару стоку взимку в січні та лютому у вигляді дощу чи більш частих періодів відлиг на відміну від більших за площею та більш прохолодних взимку річкових басейнів - Псла, Ворскли та Сули – рис.3.

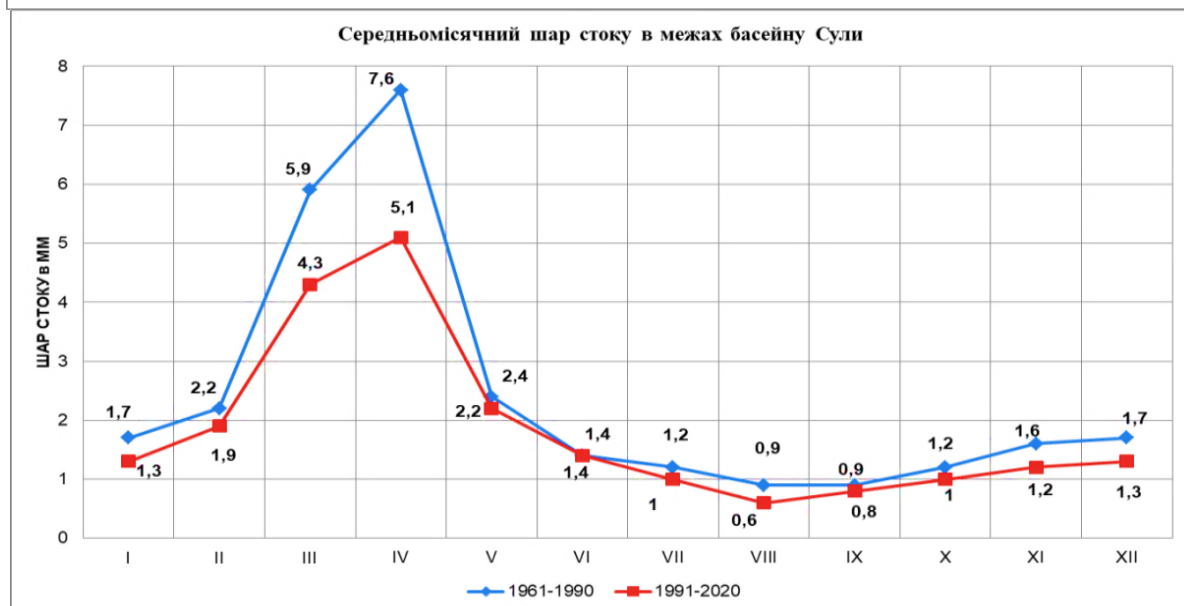
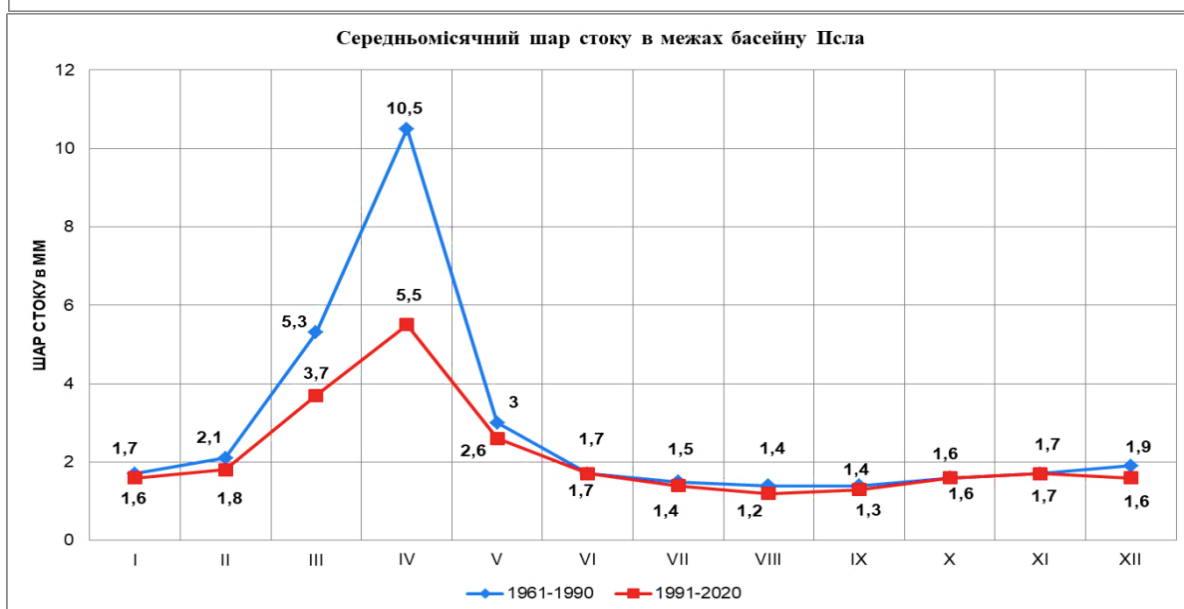
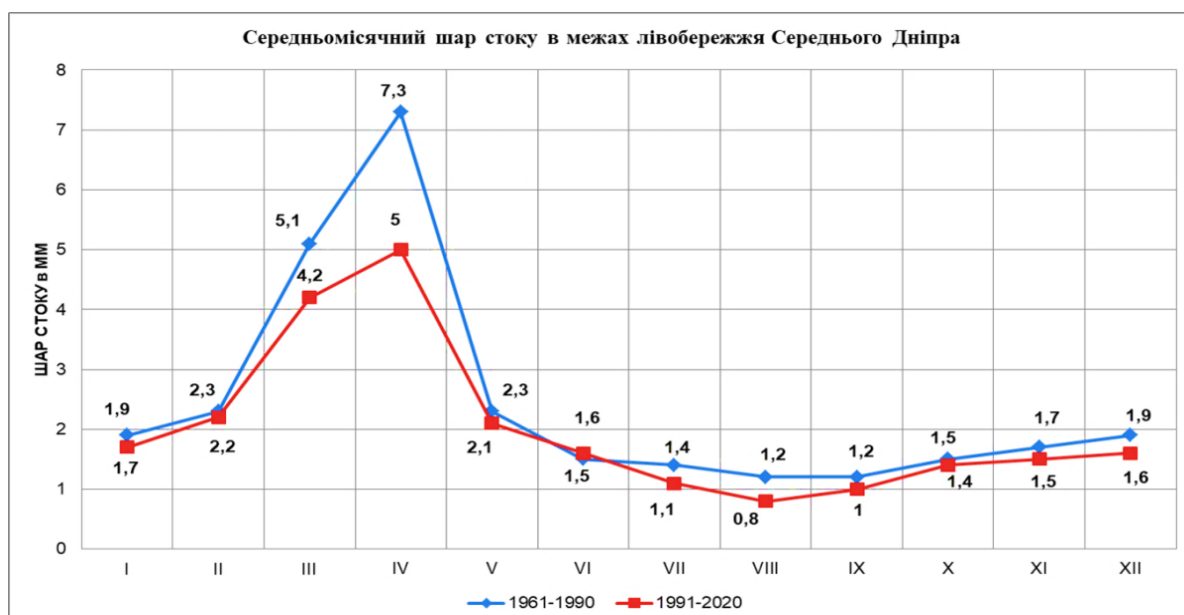
Таблиця 3. Значення середнього місячного та середнього річного стоку води (мм) в сучасний період (1991-2020 рр.) у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.)

Назва гідропоста	Періоди	Місяці												Серед- ня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Басейн Псла														
Суми	1961-1990	1,9	2,4	5,7	12,2	3,0	1,9	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,4	39,3
	1991-2020	2,1	2,1	3,5	5,4	2,5	2,2	2,2	2,1	2,2	2,4	2,4	2,1	31,1
Гадяч	1961-1990	2,1	2,5	5,3	11,8	3,1	1,6	1,6	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3	37,1
	1991-2020	1,9	2,2	4,8	6,6	2,8	1,7	1,4	1,3	1,4	1,9	2,1	1,8	29,8
Запсілля	1961-1990	1,7	2,0	4,0	8,7	3,6	1,6	1,3	1,2	1,2	1,4	1,6	1,8	30,0
	1991-2020	1,5	1,7	3,5	4,8	3,0	1,4	1,0	0,8	0,8	1,3	1,5	1,4	22,7

Назва гідропоста	Періоди	Місяці												Серед-ня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Миргород	1961-1990	1,1	1,7	6,2	9,4	2,5	1,7	1,2	1,0	0,8	1,3	1,0	1,2	29,1
	1991-2020	0,9	1,1	3,1	5,1	2,1	1,4	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9	18,4
Загалом по басейну	1961-1990	1,7	2,1	5,3	10,5	3,0	1,7	1,5	1,4	1,4	1,6	1,7	1,9	33,8
	1991-2020	1,6	1,8	3,7	5,5	2,6	1,7	1,4	1,2	1,3	1,6	1,7	1,6	25,5
Басейн Сули														
Зеленківка	1961-1990	2,1	3,3	11,9	10,5	2,3	1,9	1,9	1,2	1,6	2,1	2,6	2,1	43,6
	1991-2020	1,4	2,8	6,6	6,3	1,6	1,4	0,9	0,7	1,9	2,1	1,9	1,6	29,2
Ромни	1961-1990	1,7	2,3	6,4	9,9	2,2	1,4	1,6	1,2	1,0	1,2	1,5	1,8	32,2
	1991-2020	1,1	1,4	3,9	5,6	2,0	1,0	0,7	0,4	0,5	0,7	1,0	0,9	19,2
Лубни	1961-1990	1,6	1,8	3,8	8,4	3,6	1,4	0,9	0,8	0,8	1,0	1,4	1,6	26,9
	1991-2020	1,1	1,3	2,6	4,3	3,0	1,3	0,9	0,6	0,5	0,6	0,8	0,9	17,7
Прилуки	1961-1990	1,5	2,2	5,5	10,3	3,6	1,8	1,3	0,9	0,9	1,3	1,6	1,9	32,7
	1991-2020	1,6	2,0	5,8	8,3	3,7	2,0	1,2	0,7	0,7	1,0	1,6	1,7	30,2
Олександрівка	1961-1990	1,3	1,9	4,6	3,2	1,0	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	1,0	1,3	16,9
	1991-2020	1,3	2,3	4,2	3,0	1,1	1,0	0,8	0,6	0,6	0,6	1,0	1,1	17,5
Маяківка	1961-1990	1,9	1,9	3,2	3,0	1,6	1,3	1,3	1,0	0,8	1,0	1,3	1,6	19,8
	1991-2020	1,4	1,8	3,0	2,8	1,8	1,6	1,3	0,8	0,8	0,9	1,2	1,4	18,7
Загалом по басейну	1961-1990	1,7	2,2	5,9	7,6	2,4	1,4	1,2	0,9	0,9	1,2	1,6	1,7	28,7
	1991-2020	1,3	1,9	4,3	5,1	2,2	1,4	1,0	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	22,1
Басейн Ворскли														
Чернечина	1961-1990	5,7	7,7	19,3	31,0	7,1	3,3	4,2	3,5	3,7	5,6	6,0	6,7	103,8
	1991-2020	4,3	5,5	16,4	24,3	7,0	4,0	3,1	2,2	2,4	5,4	5,8	4,5	84,9
Кобеляки	1961-1990	2,2	2,7	5,4	8,0	2,5	1,4	1,3	1,1	1,2	1,7	2,0	2,1	31,5
	1991-2020	1,9	2,4	4,0	5,3	2,6	1,5	1,2	0,9	0,9	1,6	1,8	1,7	25,7
Богодухів	1961-1990	1,2	2,5	7,0	6,6	1,5	1,3	1,0	0,8	1,2	1,7	1,1	1,2	27,1
	1991-2020	1,9	3,5	5,8	5,4	1,8	1,3	1,0	0,7	1,5	2,1	1,7	1,7	28,4
Загалом по басейну	1961-1990	3,0	4,3	10,6	15,2	3,7	2,0	2,2	1,8	2,0	3,0	3,0	3,3	54,1
	1991-2020	2,7	3,8	8,7	11,7	3,8	2,3	1,8	1,3	1,6	3,0	3,1	2,6	46,3
Басейн Трубежу														
Баришівка	1961-1990	1,3	1,4	3,0	4,3	1,9	1,2	1,3	0,9	0,9	1,0	1,2	1,5	19,8
	1991-2020	1,6	1,9	3,2	3,4	1,8	2,0	0,9	0,7	0,7	1,0	1,3	1,4	19,8
Переяслав	1961-1990	1,9	2,1	3,3	4,4	2,3	1,6	1,4	1,0	1,1	1,2	1,4	1,9	23,4
	1991-2020	1,5	2,0	3,2	3,5	1,6	1,3	0,8	0,6	0,6	1,0	1,2	1,3	18,7
Березань	1961-1990	1,3	1,4	3,0	4,3	1,9	1,2	1,3	0,9	0,9	1,0	1,2	1,5	19,8
	1991-2020	1,6	1,9	3,2	3,4	1,8	2,0	0,9	0,7	0,7	1,0	1,3	1,4	19,8

Назва гідропоста	Періоди	Місяці												Середня за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Загалом по басейну	1961-1990	1,5	1,6	3,1	4,3	2,0	1,3	1,3	0,9	1,0	1,0	1,3	1,6	21,0
	1991-2020	1,6	2,0	3,2	3,4	1,7	1,8	0,8	0,6	0,6	1,0	1,3	1,4	19,4
Басейн Супою														
Піщане	1961-1990	1,2	1,4	2,3	2,7	1,1	0,9	0,8	0,7	1,0	1,3	1,1	1,2	15,5
	1991-2020	0,9	1,2	1,7	1,6	0,9	0,8	0,6	0,5	0,7	0,8	0,8	0,8	11,4
Басейн Золотоноша														
Золотоноша	1961-1990	2,1	2,1	3,7	3,3	1,9	1,6	1,4	1,2	0,9	1,2	1,4	1,6	22,3
	1991-2020	1,9	2,3	3,3	3,0	1,6	1,4	0,9	0,7	0,7	0,9	1,2	1,6	19,5
Усереднені дані в межах лівобережжя Середнього Дніпра														
Загалом в межах лівобережжя Середнього Дніпра	1961-1990	1,9	2,3	5,1	7,3	2,3	1,5	1,4	1,2	1,2	1,5	1,7	1,9	29,2
	1991-2020	1,7	2,2	4,2	5,0	2,1	1,6	1,1	0,8	1,0	1,4	1,5	1,6	24,0
РІЗНИЦЯ		-0,2	-0,1	-1,0	-2,2	-0,2	0,1	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	-0,3	-5,2

В розрізі окремих місяців шар стоку зазнав найбільших змін в квітні та березні. В цілому по лівобережжю Середнього Дніпра він зменшився на -2,2 мм та -1,0 мм, відповідно, в сучасний кліматичний період. Ці зміни пов'язані із зростанням середньомісячних температур повітря в досліджуваному районі в березні на +1,7 °С, та квітні +1,1 °С, що вплинуло на більш ранній початок весняного водопілля, яке все частіше розпочинається в другу-третю декаду лютого і завершується в останню декаду березня - першу декаду квітня. Ще одним фактором зменшення шару стоку є зменшення величини атмосферних опадів в квітні на -2 мм та зростання сумарного випаровування на +0,3 мм. Також зменшення показників шару стоку спостерігається в період літньо-осінньої та зимової межени в липні-серпні та грудні по -0,3 мм. Загалом зменшення шару стоку спостерігається в межах 11 місяців року від -0,1 до -0,2 мм і лише в червні шар стоку збільшився на +0,1 мм. Головна причина такої ситуації – зворотна залежність між кількістю опадів та сумарним випаровуванням. Така залежність простежується в період - січень-лютий, травень-липень, вересень та грудень. Різниця в -0,1 мм спостерігалась в березні та жовтні, що може бути пов'язане із втратою цієї частки шару стоку на інфільтрацію води в ґрунт для поповнення об'єму води після періоду зимової та літньо-осінньої межени. Досить логічним поясненням є зростання частки шару стоку на +0,1 мм в квітні та листопаді, яке супроводжується насиченням ґрунтових вод в квітні талими водами весняного водопілля, а в листопаді - після початку випадання опадів в період осінніх дощів. І досить цікавою особливістю є різниця шару стоку із різницею кількості опадів та сумарного випаровування в межах регіону, що спостерігається в серпні, в період фази літньо-осінньої межени в межах +0,1 мм. Причиною додатної різниці між цими показниками можна пов'язати із тепловим розширенням повітря, яке спричиняє зростання температури точки роси та призводить до дефіциту вологи для випаровування та, як наслідок, зменшення кількості опадів. Тому в цей період відбувається активне випаровування води з ґрунту, що призводить до дефіциту вологи в його поверхневому шарі, але паралельно запускаються процеси капілярного підйому з глибших шарів ґрунту, які можуть посилюватись в результаті різниці температур різних за глибиною ділянок ґрунту й гірських порід, розпушуванням ґрунту кореневою системою рослин.



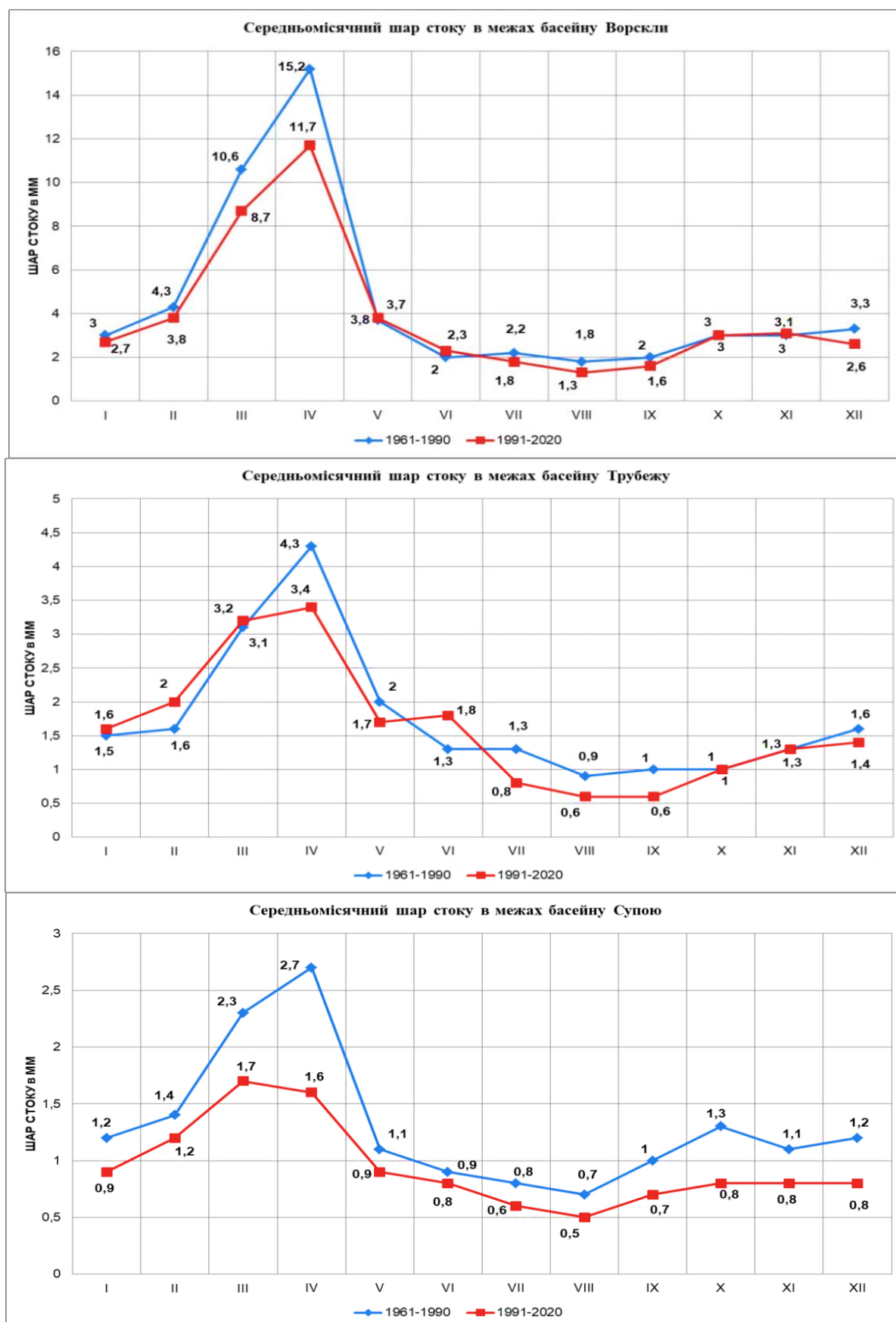


Рис. 3. Зміна середньомісячного шару стоку за два кліматичні періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. в межах лівобережжя Середнього Дніпра та його річкових басейнів

Порівнюючи взаємозалежності шару стоку, кількість опадів, сумарного випаровування в басейнах річок лівобережжя Середнього Дніпра відзначимо, що зростання температури повітря призводить до зростання кількості опадів та ще більшого зростання випаровування, а отже зменшення шару річкового стоку. Проте в різні сезони року ці взаємозалежності мають деякі порушення складових рівняння водного балансу, які можемо розглянути у вигляді наступних взаємозалежностей в розрізі сезонів року (табл. 4):

Таблиця 4. Сезонні зміни та взаємозалежності складових рівняння водного балансу в басейнах річок лівобережжя Середнього Дніпра

Види залежностей	Рівняння водного балансу $X = Y + Z \pm \Delta S$			
	Весна	Літо	Осінь	Зима
опадів - температура	$\uparrow X = \uparrow t$;	$\downarrow X = \uparrow t$	$\uparrow X = \downarrow t$	$\downarrow X = \downarrow t$
опадів - стік	$\uparrow X = \downarrow Y$ або $\uparrow X = \uparrow Y$	$\uparrow X = \uparrow Y$	$\uparrow X = \uparrow Y$	$\uparrow X = \downarrow Y$ або $\uparrow X = \uparrow Y$
опадів-випаровування - температура	$\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$	$\downarrow X + \downarrow Z = \uparrow t_{\max}$	$\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$	$\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$
стік-випаровування	$\uparrow Y = \uparrow Z$	$\downarrow Y = \downarrow Z$	$\uparrow Y = \uparrow Z$	$\downarrow Y = \downarrow Z$
опадів - стік - запас вологи в ґрунті, гірських породах, рослинах	$\uparrow X + \uparrow Y = \uparrow \Delta S$	$\downarrow X + \downarrow Y = \downarrow \Delta S$	$\uparrow X + \uparrow Y = \uparrow \Delta S$	$\downarrow X + \downarrow Y = \downarrow \Delta S$

Примітка : X — кількість атмосферних опадів; Y — водний стік; Z — випаровування; ΔS — зміна запасу вологи в ґрунтах і породах, t - температура повітря, $t_{\max}$ - максимальні значення температури влітку

Кількість весняних опадів (X), зазвичай, збільшується під час більш теплої весни, коли теплове розширення повітря спричиняє більшу величину опадів ($\uparrow X = \uparrow t$). Атмосферні опади навесні також можуть зменшуватися через менше накопичення снігу ($\downarrow Y$), яке спричиняє менший стік поверхневої води ($\uparrow X = \downarrow Y$). Збільшення опадів весною супроводжується збільшенням випаровування ($\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$) і стоку ($\uparrow Y = \uparrow Z$). Навесні зміна запасу вологи в ґрунтах і породах ($+\Delta S$) є додатною через надлишкове зволоження від танення снігу, яке може ще доповнюватись дощами та сприяє збільшенню максимального річкового стоку під час водопілля.

Влітку може спостерігатися дефіцит вологи через високі значення температури повітря (вищі за $20-25^{\circ}\text{C}$), що призводить до зменшення опадів ($\downarrow X = \uparrow t$). Збільшення стоку поверхневої води може бути наслідком літніх зливових опадів ($\uparrow X = \uparrow Y$). Також може спостерігатися зменшення випаровування ($\downarrow X + \downarrow Z = \uparrow t_{\max}$) у тих випадках, коли при високій температурі повітря волога надходить у атмосферу, але не досягається точка роси, а тому опади не формуються. В такі періоди коли випаровування наближається до значень опадів або перевищує їх, то стік води може бути мінімальним, і річки та інші водойми в межах їхніх басейнів можуть пересихати. Це явище спостерігається в регіонах з високим випаровуванням і недостатніми опадами, якими в сучасний кліматичний період в липні-вересні є більшість басейнів лівобережжя, особливо басейни трьох ключових річок регіону досліджень - Псла, Ворскли та Сули. В цей час запас вологи в ґрунтах і породах ($-\Delta S$) є від'ємним так як надлишкове випаровування від зростання температури повітря та дефіциту вологи в повітрі через його теплове розширення починає поглинати вологу з ґрунту. Річки в період межені переходять на споживання води з ґрунтових вод, активно поглинають запаси ґрунтової вологи в цей час рослини, а тому відбувається максимальна транспірація.

Восени опади (X) зазвичай збільшуються після більш теплого літа ($\uparrow t$), коли теплове розширення повітря зменшується і спричиняє більше опадів ($\uparrow X = \uparrow t$). В осінній сезон опади також можуть збільшуватися через збільшене стікання поверхневої води ($\uparrow X = \uparrow Y$), внаслідок збільшеної кількості опадів. Таким чином запускаються процеси все більшого

зростання вологості повітря за меншого значення його температури та скорочення дефіциту випаровування. Збільшення опадів восени може бути супроводжене збільшенням випаровування ($\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$) і стоку ($\uparrow Y = \uparrow Z$). Восени зміна запасу води в ґрунтах і породах ($+\Delta S$) є додатною так як надлишкове зволоження від осінніх паводків спричинених інтенсивними опадами та зменшенням випаровування до кінця осені. Також поступово зменшується транспірація рослин в цей сезон.

Взимку через зниження температури повітря зменшуються кількість опадів та випаровування, але в період відлиг опади ($\uparrow X$) зазвичай збільшуються після морозної погоди ($\uparrow t$). Збільшення зимових опадів в період відлиг може бути супроводжене збільшенням стоку ($\uparrow X = \uparrow Y$) та збільшеною величиною випаровування ($\uparrow X + \uparrow Z = \uparrow t$). В цей час запас води в ґрунтах і породах ($-\Delta S$) є від'ємним так як взимку в більшості випадків відбуватися заморожування води в ґрунті, що спричиняє зменшення запасу води в ґрунті через утворення льоду як на поверхні ґрунту так і на поверхні водотоків та водойм.

Загалом зазначені вище взаємозалежності досить чітко прослідковуються в басейнах річок лівобережжя Середнього Дніпра і саме вони і визначили ключовий вплив на зміну складових водного балансу в межах періоду 1961-2020 рр. (табл. 5). Так, зменшення кількості атмосферних опадів спостерігалось найбільше в невеликих басейнах Золотоношки, Супою, Трубежу та значно більшому басейні Ворскли; в басейнах Сули та Псла кількість опадів зросла. Максимальне зростання кількості опадів відмічене в межах басейнів річок північно-західної частини Полтавського рівнинного ландшафтно-гідрологічного району (ЛГР), центральної частини Центральодніпровського низовинного ЛГР та басейнах річок, що розміщуються в Східноукраїнському схилово-височинному ЛГР - верхів'я Сули, Псла, річок Недри, Оржиці, Хоролу та Мерла. Слід відзначити, що річки протікають в межах більш підвищених районів Середньоруської височини, Полтавської та Яготинської рівнин. Райони з максимальним зменшенням кількості опадів розміщуються в межах Придніпровської низовини в нижніх течіях Ворскли, Псла, Сули, Золотоношки, Супою, Трубежу та в басейні Удаю.

Таблиця 5. Складові річного водного балансу та співвідношення між надходженням та витратою води в басейнах річок лівобережжя Середнього Дніпра за два періоди 1961-1990 рр. і 1991-2020 рр.

Період/ коефіцієнт	Складові середнього річного водного балансу в мм	Басейн річки						
		Псел	Сула	Ворск- ла	Трубіж	Супій	Золото- ношка	В межах лівобережжя Середнього Дніпра
1961-1990	сума атмосферних опадів X	530,9	572,5	531,1	502,9	513,7	514,1	527,5
	стік води Y	33,8	28,7	54,1	21,0	15,5	22,3	29,2
	сумарне випаровування Z	497,1	543,8	477	481,9	498,2	491,8	498,3
1991-2020	сума атмосферних опадів X	549,3	573,4	528,9	496,9	462,0	511,0	520,2
	стік води Y	25,5	22,1	46,3	19,4	11,4	19,5	24,0
	сумарне випаровування Z	523,8	551,3	482,6	477,5	450,6	491,5	496,2
Різниця за два періоди	сума атмосферних опадів X	18,4	0,9	-2,2	-6	-51,7	-3,1	-7,3
	стік води Y	-8,3	-6,6	-7,8	-1,6	-4,1	-2,8	-5,2
	сумарне випаровування Z	26,7	7,5	5,6	-4,4	-47,6	-0,3	-2,1
Коефіцієнт 1961-1990	Коефіцієнт посушливості	93,6%	95,0%	89,8%	95,8%	97,0%	95,7%	94,5%
	Коефіцієнт стоку	6,4%	5,0%	10,2%	4,2%	3,0%	4,3%	5,5%
Коефіцієнт 1991-2020	Коефіцієнт посушливості	95,4%	96,1%	91,2%	96,1%	97,5%	96,2%	95,4%
	Коефіцієнт стоку	4,6%	3,9%	8,8%	3,9%	2,5%	3,8%	4,6%

Оцінка часової динаміки сумарного випаровування за два кліматичні періоди.

Щодо зміни сумарного випаровування то воно зростало в басейнах Псла +26,7 мм, Сули - +7,5 мм та Ворскли +5,6 мм. Що пояснюється зростанням середньорічних значень температури повітря у більш північних частинах басейнів цих річок - особливо сильно в середній течії Псла, Ворскли та Сули. Від'ємні значення зміни випаровування спостерігалось в межах менших річкових басейнів Золотоношки --0,3 мм, Трубежу - -4,4 мм та Супою - -47,6 мм, що повторює картину зменшення кількості атмосферних опадів, особливо в період літньо-осінньої межени за рахунок дефіциту вологи в повітрі в цей час та при значному зростанні температури повітря за останні 30 років в таких незначних за площею замкнених водних системах. В басейні Золотоношки - +1,5°C, Трубежу - +1,3°C та Супою - +1,1°C. Співвідношення зміни кількості атмосферних опадів та випаровування визначає шар стоку в межах досліджуваних басейнів. Чим більша частка зростання випаровування та зменшення кількості атмосферних опадів тим меншим буде шар стоку в басейні річки. І найгірше таке співвідношення спостерігається в басейнах Псла, Ворскли та Сули, де, відповідно, в межах періоду 1991-2020 рр. шар стоку зменшився на -8,3 мм, -7,8 та -6,6 мм відповідно. Краща ситуація спостерігалась в басейнах Супою - -4,1 мм, Золотоношки - -2,8 мм та Трубежу -1,6 мм.

Із отриманих даних - опадів, випаровування та шару стоку можемо визначити коефіцієнти посушливості та стоку. Для цього сумарне випаровування Z треба розділити на кількість опадів X та знайти відсоткове значення, а для визначення коефіцієнту стоку скористаємось аналогічним рівнянням де шар стоку Y потрібно розділити на кількість опадів Z та $\cdot 100\%$. Дізнавшись два коефіцієнти: посушливості та стоку ми можемо бачити кліматичні зміни, які відбуваються в межах басейнів впродовж двох кліматичних періодів. Так, за період 1991-2020 рр. спостерігається загальна тенденція до збільшення коефіцієнтів посушливості та зменшення коефіцієнтів стоку в порівнянні з 1961-1990 рр. Загалом коефіцієнт посушливості в межах лівобережжя Середнього Дніпра зріс на 0,9 % і сьогодні складає 95,4 %. Зростання коефіцієнту посушливості відбулось за рахунок зменшення коефіцієнту поверхневого стоку річок на -0,9 % та складає - 4,6 %. В розрізі окремих басейнів найвищі коефіцієнти посушливості в сучасному кліматичному періоді 1991-2020 рр. спостерігаються в басейнах Супою - 97,5 %, Золотоношки - 96,2 %, Трубежу та Сули - по 96,1 %. Найкраща ситуація в Псла - 95,4 % та Ворскли - 91,2 %. Тобто бачимо, що найбільших трансформацій стоку поверхневих вод зазнають менші за площею басейни річок, а в межах більших басейнів ці тенденції менш проявляються за рахунок ефекту площі річкових басейнів. Але зрозуміло, що в межах басейнів їхніх приток ці тенденції будуть проявлятися сильніше. Тому ефект площі басейну буде стримуючим фактором швидкості зменшення стоку, і такі річки більш тривалий час будуть сильніше протистояти зміні водності. Схожі результати були отримані у подібних дослідженнях по басейнах Псла [4] та Ворскли [5]. Також аналогічні тенденції зростання температури повітря та сумарного випаровування, а також зменшення кількості атмосферних опадів та річкового стоку спостерігались в цілому в межах всього басейну Дніпра [6] та сусіднього басейну Сіверського Дінця [7]. Загалом подібні тренди характерні для більшості річкових басейнів України особливо активно з 1991-2020 рр., особливо комплексно про цю проблему останнім часом досліджували відомі українські гідрологи [8-11].

Висновки. Дослідження зміни складових водного балансу в межах лівобережжя Середнього Дніпра показали, що в регіоні дослідження відбувається глобальна зміна клімату. Вона виявляється в зростанні температури та сумарного випаровування, скороченні кількості опадів та шару стоку річок. Порівняння складових водного балансу в межах лівобережжя Середнього Дніпра за період кліматичної норми 1961-1990 рр. та сучасний кліматичний період 1991-2020 рр. продемонструвало зменшення середніх багаторічних значень кількості опадів в цілому на -7,3 мм, річкового стоку на -5,2 мм, сумарного випаровування на -2,1 мм та зростання середньорічної температури повітря на +1,2 °C. Ці зміни призвели до зростання показників посушливості клімату в межах лівобережжя Середнього Дніпра на +0,9 %, а також аналогічно відбулось зменшення коефіцієнту стоку на 0,9%. Ці дані обумовлюють трансформацію гідрологічного режиму досліджуваних річок - зміни водності, температури води, зміщення фаз водного режиму, льодових явищ на річках, скорочення об'єму вологи в ґрунті та зниження рівня ґрунтових

вод. Найсильніший вплив посушливості та зменшення шару стоку відчуватимуть найменші річки в досліджуваному річковому басейні.

Список літератури

1. Вуглинский В. С., Клейн Г. С., Образцов И. Н. и др. Методы изучения и расчета водного баланса / Под ред. Г. А. Плиткина. Ленинград : Гидрометеиздат, 1981. 394 с.
2. Козинцева Л. М., Галущенко Н. Г., Ревера О. З. и др. Гидрологические и водно-балансовые расчеты / Под ред. Н. Г. Галущенко. Киев : Вища школа, 1987. 247 с.
3. Хільчевський В. К. Баланс водний // Велика українська енциклопедія. URL: <https://vue.gov.ua/Баланс водний>
4. Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7, 109 (2020). URL: <https://rdcu.be/b3>
5. Лук'янець О.І., Гребін В.В. Часова динаміка водно-балансових складових в басейні р. Псел. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 1(59). С. 28-36. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.3>.
5. Чорноморець Ю.О., Лук'янець О.І. Вплив сучасних змін у співвідношенні сніго-дощового живлення річок на структуру водного балансу їх басейнів (на прикладі річкового басейну Ворскли) // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2019. № 4(55). С. 40-52. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2019.4.3>.
6. Струтинська В.М., Гребін В.В. Термічний та льодовий режими річок басейну Дніпра з другої половини XX століття. - К. : Ніка-Центр, 2010. - 194 с.
7. Bolbot H., Grebin V., Obodovskiy O., Snizhko S. Water budget elements of the Siverskiy Donets River Basin in different water runoff periods/ XX th International Conference "Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects" 11-14 May 2021, Kiev, Ukraine DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521135>
8. Гребін В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
9. Вишневський В. І. Багаторічні зміни водного режиму річок України / В. І. Вишневський, А. В. Куций. Київ: Наукова думка, 2022. 252 с.
10. Лобода Н.С., Божок Ю.В. Водні ресурси України XXI сторіччя за сценаріями змін клімату (RCP8.5 та RCP4.5). Український гідрометеорологічний журнал. 2016. № 17. С. 114-122.
11. Лук'янець О. І., Ободовський О. І., Гребін В.В. та ін. Просторові закономірності зміни середнього річного стоку води річок України. Український географічний журнал. 2021. № 1. С. 6—14. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.01.006>

References

1. Vuhlynskyi V. S., Klein H. S., Obratsov Y. N. y dr. Metody yzuchenyia y rascheta vodnoho balansu [Methods for studying and calculating water balance] / Pod red. H. A. Plytkyna. Lenynhrad : Hydrometeoyzdat, 1981. 394 s.
2. Kozyntseva L. M., Halushchenko N. H., Revera O. Z. y dr. Hydrolohycheskye y vodno-balansovyie raschety [Hydrological and water balance calculations] / Pod red. N. H. Halushchenko. Kyev : Vyshcha shkola, 1987. 247 s.
3. Khilchevskiy V. K. Balans vodnyi [Water balance] // Velyka ukrainska entsyklopediia. URL: <https://vue.gov.ua/Balans vodnyi>
4. Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7, 109 (2020). URL: <https://rdcu.be/b3>
5. Lukianets O.I., Hrebin V.V. Chasova dynamika vodno-balansovykh skladovykh v baseini r. Psel [Temporal dynamics of water balance components in the Psel river basin]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. 2021. № 1(59). С. 28-36. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.3>.
5. Chornomorets Yu.O., Lukianets O.I. Vplyv suchasnykh zmin u spivvidnoshenni sniho-doshchovoho zhyvlennia richok na strukturu vodnoho balansu yikh baseiniv (na prykladi richkovoho baseinu Vorskly) [The influence of modern changes in the ratio of snow-rain nourishment of rivers on the water balance structure of their basins (on the example of the Vorskla river basin)] // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia, 2019. № 4(55). С. 40-52. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2019.4.3>.
6. Strutynska V.M., Hrebin V.V. Termichnyi ta lodovy rezhymy richok baseinu Dnipra z druhoi polovyny KhKh stolittia. [Thermal and ice regimes of the rivers of the Dnipro basin since the second half of the 20th century] K. : Nika-Tsentr, 2010. 194 s.
7. Bolbot H., Grebin V., Obodovskiy O., Snizhko S. Water budget elements of the Siverskiy Donets River Basin in different water runoff periods/ XX th International Conference "Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects" 11-14 May 2021, Kiev, Ukraine DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521135>

8. Hrebin V.V. Suchasnyi vodnyi rezhym richok Ukrainy (landshaftno-hidrolohichnyi analiz). [Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape and hydrological analysis)] K. : Nika-Tsent, 2010. 316 s.
9. Vyshnevskiy V. I. Bahatorichni zminy vodnoho rezhymu richok Ukrainy [Long-term changes in the water regime of the rivers of Ukraine] / V. I. Vyshnevskiy, A. V. Kutsyi. – Kyiv: Nakova dumka, 2022. – 252 s.
10. Loboda N.S., Bozhok Yu.V. Vodni resursy Ukrainy XXI storichchia za stsenariiamy zmin klimatu (RCP8.5 TA RCP4.5). [Water resources of Ukraine in the 21st century under climate change scenarios (RCP8.5 AND RCP4.5)]. Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal. 2016. № 17. S. 114-122.
11. Lukianets O .I., Obodovskyi O .H., Hrebin V.V. ta in. Prostorovi zakonomirnosti zminy serednoho richnoho stoku vody richok Ukrainy. [Spatial patterns of changes in the average annual flow of water in the rivers of Ukraine] Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal. 2021. № 1. S. 6-14. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.01.006>

Changes in water balance components within the left bank of the Middle Dnipro in 1961-2020

Sarnavskiy S.P.

The article examines the changes in water balance components within the left bank of the Middle Dnipro during two hydroclimatic periods, 1961-1990 and 1991-2020. The research also covered six key river basins on the left bank of the Middle Dnipro, including Psel, Sula, Vorskla, Trubizh, Supii, and Zolotonoshka.

The examination of the modifications in the components of the water balance during the period of the climatic norm from 1961-1990 and the modern climatic period from 1991-2020 revealed a decrease in the average long-term values of precipitation in general by -7.3 mm, river runoff by -5.2 mm, and total evaporation by -2.1 mm. The amount of rain on the left bank of the Middle Dnipro was different in each river basin. In the Psel and Sula basins, there was a significant increase in precipitation, with a difference of 18.4 mm and +0.9 mm, respectively. In the Vorskla, Zolotonoshka, Trubizh and Supii basins, there was less rain by -2.2 to -51.7 mm. The opposite scenario was observed in the variation of total evaporation in the respective river basins. Thus, in the three largest river basins of the Psel, Sula and Vorskla, it increased from 5.6 to 26.7 mm, in all other basins the total evaporation decreased from -0.3 to -47.6 mm. But despite various changes in precipitation and total evaporation, there is a reduction in the volume of river runoff from -1.6 to -8.6 mm.

The negative dynamics of river runoff indicators are attributed to negative cumulative values of precipitation and total evaporation. The main cause of these changes is the increase in the average annual air temperature across all studied basins by +1.2 °C, leading to an increase in climate aridity indicators within the left bank of the Middle Dnipro by +0.9%. Similarly, there was a drop in the runoff coefficient by 0.9%. In essence, changes in water balance components in the studied area result in more water volume from atmospheric precipitation going towards total evaporation, leading to a loss of the water volume that forms river runoff. This serves as a clear example of the influence of the global increase in air temperature on the reduction of water volume in rivers within the left bank of the Middle Dnipro.

Keywords: river basin, water balance components, long-term changes, runoff coefficient, aridity coefficient, left bank of the Middle Dnipro.

Надійшла до редколегії 03.11.2023