

Лук'янець О.І., Гребінь В.В.*Київський національний університет імені Тараса Шевченка***ЧАСОВА ДИНАМІКА ВОДНО-БАЛАНСОВИХ СКЛАДОВИХ В БАСЕЙНІ Р. ПСЕЛ**

Аналіз часової динаміки водно-балансових складових в басейні р. Псел показав, що хоча величини складових водного балансу в межах басейну р. Псел – м. Гадяч в сучасний період (1990-2019 рр.) зменшилися у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.) – кількість атмосферних опадів на 6,2%, стік води на 17,5%, сумарне випаровування на 1,8%, але, аналізуючи співвідношення між надходженням та витрачанням води в басейні за два досліджувані періоди, можна констатувати, що в період кліматичної норми відсоток стоку води від суми атмосферних опадів був більшим (коефіцієнт стоку води 16,2%), ніж в сучасний період (коефіцієнт стоку води 14,2%). Щодо сумарного випаровування у водно-балансових співвідношеннях, то його частка у водно-балансовому співвідношенні за сучасний період (1990-2019 рр.) збільшилася. Якщо в період кліматичної норми (1961-1990 рр.) коефіцієнт посушливості був 83,8%, то в сучасний період - 85,8%. Тобто відбувся «перерозподіл» об'ємів води атмосферних опадів в бік сумарного випаровування зі зменшенням об'ємів води, що йдуть на формування стоку води.

Ключові слова: річковий басейн, складові водного балансу, багаторічні зміни, коефіцієнт стоку, коефіцієнт посушливості, р. Псел.

Вступ. 3 метою виявлення змін, що відбулися у часовій динаміці водно-балансових складових в басейні р. Псел проведено порівняння метеорологічних та гідрологічних характеристик, а також структури водного балансу сучасного періоду (1991-2019 рр.) з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.). Це зроблено у відповідності з Технічним регламентом ВМО – кліматична норма певного елементу визначається як середнє значення протягом послідовних періодів у 30 років. На XXVII Всесвітньому метеорологічному конгресі, що проходив у 2015 р. було вирішено зберегти подібний підхід до питань моніторингу клімату та водних ресурсів.

Метод дослідження та вихідні дані. Метод водного балансу є основою при вивченні гідрологічних явищ та процесів, в основу якого покладено фундаментальний закон природознавства – закон збереження речовини. Математичною моделлю цього методу є рівняння водного балансу, в нашому випадку річкового басейну р. Псел. Рівняння водного балансу показує співвідношення надходження та витрачання води в межах річкового басейну з врахуванням зміни його запасів за обраний інтервал часу і дозволяє оцінити взаємозв'язок його окремих компонентів. Структурними елементами водного балансу для середнього багаторічного періоду є наступні:

$$\bar{P} = \bar{R} + \bar{E} \pm \varepsilon, \quad (1)$$

де \bar{P} , \bar{R} , \bar{E} – середні багаторічні значення, відповідно, атмосферних опадів, стоку води, сумарного випаровування з поверхні річкового басейну, $\pm \varepsilon$ - остаточний член, який показує похибки у визначенні елементів водного балансу, які обумовлені переважно недосконалістю вимірювання та визначення середніх по басейну його складових.

Для оцінки часової динаміки водно-балансових складових басейну р. Псел були задіяні дані спостережень метеостанцій Суми, Лебедин, Гадяч та гідрологічних постів на р. Псел – м. Суми, м. Гадяч та с. Запілля за період 1961-2019 рр.

Результати дослідження. Оцінка часової динаміки температури повітря та кількості атмосферних опадів.

Середня річна температура повітря по всіх пунктах спостереження за досліджуваний період 1961-2019 рр. має однакові тенденції змін. До кінця 80-х років минулого століття вона змінювалась в широких межах і за даними спостереження окремих років від 4,1°C до 9,0°C, але середня тенденція трималась на позначці 6,5-7,0°C. (рис. 1).

Далі помітно стійке підвищення середньої річної температури повітря, вже після 2005 р. вона ні разу не була на рівні 7°C, а 2019 р. середня річна температура повітря досягла свого найбільшого значення за досліджуваний період 1961-2019 рр. – за даними метеостанції Суми - 9,2°C, Лебедин - 9,7°C, Гадяч - 10°C.

Багаторічні зміни річної кількості опадів за досліджуваний період 1961-2019 рр. мають хвилюподібну тенденцію (рис. 2).

Найбільші їх значення за трендом спостерігалися у 70-х-80-х роках минулого століття і в середньому за цей період вони оцінюються у 600-650 мм. Треба відмітити, що на цей же період за даними в окремі роки приходиться найбільший розмах варіювання річної кількості опадів – від 380-420 мм до 890-930 мм. З 90-х років прослідковується тенденція на їх зменшення до 2005-2007 рр., потім певна стабілізація. Середня річна кількість опадів за період 1990-2019 рр. становить 540-590 мм.

Для виявлення сучасних змін середньої місячної та середньої за рік температури повітря та кількості опадів порівнювались їх значення за 2 періоди – кліматичної норми (1961-1990 рр.) та сучасним (1991-2019 рр.) за даними метеостанцій Суми, Лебедин та Гадяч.

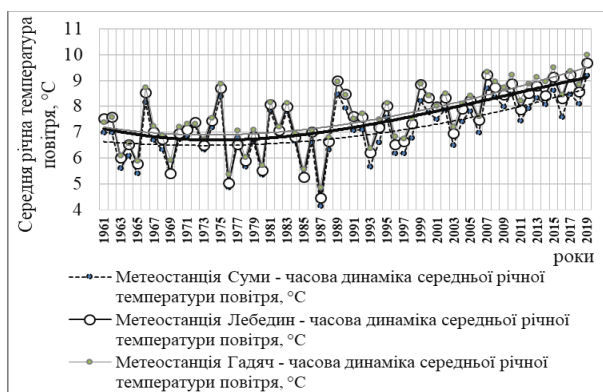


Рис. 1. Тенденції зміни середньої річної приземної температури повітря за період 1961-2019 рр.

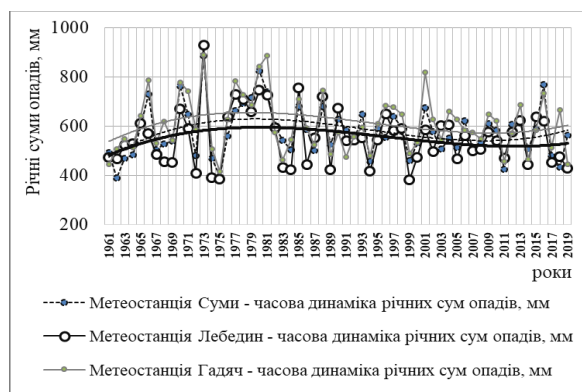


Рис. 2. Тенденції зміни річних кількостей опадів за період 1961-2019 рр.

Відповідно до розрахунків, наведених в табл.1, середня річна температура повітря, в загальному випадку, зросла в сучасний період у порівнянні з періодом кліматичної норми на 1,0-1,3 °С. У внутрішньорічному розрізі підвищення температури повітря відбулося в усі місяці року, але досить неоднозначно (табл. 1).

Значні зростання середньої місячної температури повітря відбулося у зимові місяці – у січні (найбільше в році і досягло 2,4-2,5°С) та лютому (1,8-1,9°С). Суттєвими вони є й у весняні місяці – у березні в сучасний період температура повітря стала вище на 1,5-1,7°С та у квітні на 0,9-1,2°С (табл. 1). В гідрологічному відношенні такі зростання температури повітря у періоди накопичення снігового покриву та його танення викликають або зовсім відсутність снігового покриву, опади випадають у вигляді дощів, або незначні його накопичення. Тобто змінюється форма випадіння опадів та структура живлення водних об'єктів, що впливає на внутрішньорічний розподіл стоку води і, в першу чергу, на формування найбільш багатоводної фази водного режиму досліджуваного річкового басейну – весняного водопілля. Також високі зростання середньої місячної температури повітря відбулося й в літні місяці (табл. 1): у червні – на 0,6-1,3°С, у липні – на 1,4-1,8°С, у серпні на 1,4-1,8°С, що сприяє, особливо при невеликій кількості опадів, посушливості та процесу випаровування, особливо з водних поверхонь річок, озер, водосховищ тощо. В осінні місяці температура повітря в сучасний період у порівнянні з кліматичною нормою зросла найменше – на 0,3-1,0°С (табл. 1).

Відповідно до розрахунків за даними метеостанцій Суми, Лебедин та Гадяч, наведених в табл.2, бачимо, що відбулися синхронні за величиною зміни у середньої місячної та річної кількості опадів за 2 періоди. В загальному випадку, у межах досліджуваної території спостерігається зменшення річної кількості атмосферних опадів в сучасний період (1990-2019 рр.) у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.) в середньому на 36-39 мм.

В зимові та весняні місяці року істотних змін у кількості атмосферних опадів немає – від зменшення на 11 мм (у грудні) до збільшення на 7 мм (у травні). Значні зміни відбулися влітку з найбільшими в річному розрізі зменшеннями кількості опадів у червні – на 6-14 мм

та серпні – на 18-24 мм. Якщо в період кліматичної норми (1961-1990 рр.) у серпні випадало у середньому близько 60 мм опадів, то в сучасний в середньому майже на 40% менше. За даними спостережень метеостанції Лебедин у останні роки у серпні випадає мізерна кількість опадів, так у 2018 р. їх кількість за місяць склала всього 2,4 мм, а у 2019 р. – 6,2 мм. Літній сезон, загалом, став бідним на опади, саме він обумовлює зменшення й річної їх кількості. В осінні місяці в сучасний період спостерігається взаємо компенсація – у вересні та жовтні кількість опадів збільшилася відповідно на 3-15 мм та 9-15 мм, а у листопаді їх стало менше на 8-11 мм.

Таблиця 1. Сучасні зміни приземної середньої місячної та середньої за рік температури повітря (°C) у порівнянні з періодом кліматичної норми

Місяці та рік	Температура повітря (°C)								
	Метеостанція Суми			Метеостанція Лебедин			Метеостанція Гадяч		
	періоди		Різниця	періоди		Різниця	періоди		Різниця
	1961-1990	1990-2019		1961-1990	1990-2019		1961-1990	1990-2019	
I	-7,6	-5,2	2,4 ↑	-7,2	-4,7	2,5 ↑	-7,0	-4,6	2,4 ↑
II	-6,4	-4,6	1,8 ↑	-6,0	-4,1	1,9 ↑	-5,7	-3,9	1,8 ↑
III	-1,1	+0,4	1,5 ↑	-0,8	+0,9	1,7 ↑	-0,4	+1,3	1,7 ↑
IV	+7,9	+8,8	0,9 ↑	+8,2	+9,3	1,1 ↑	+8,4	+9,6	1,2 ↑
V	+14,9	+15,1	0,2 ↑	+15,0	+15,7	0,7 ↑	+15,0	+15,9	0,9 ↑
VI	+18,0	+18,6	0,6 ↑	+18,2	+19,1	0,9 ↑	+18,0	+19,3	1,3 ↑
VII	+19,1	+20,5	1,4 ↑	+19,2	+20,9	1,7 ↑	+19,3	+21,1	1,8 ↑
VIII	+18,2	+19,6	1,4 ↑	+18,4	+19,9	1,5 ↑	+18,5	+20,3	1,8 ↑
IX	+13,0	+13,6	0,6 ↑	+13,1	+14,1	1 ↑	+13,4	+14,3	0,9 ↑
X	+6,7	+7,1	0,4 ↑	+6,8	+7,6	0,8 ↑	+7,2	+7,8	0,6 ↑
XI	+0,6	+0,9	0,3 ↑	+1,0	+1,6	0,6 ↑	+1,1	+1,7	0,6 ↑
XII	-4,1	-3,4	0,7 ↑	-3,6	-2,9	0,7 ↑	-3,5	-2,8	0,7 ↑
середня за рік	+6,6	+7,6	1 ↑	+6,9	+8,1	1,2 ↑	+7,0	+8,3	1,3 ↑

Примітка : ↑ - підвищення або ↓ - зниження температури повітря в сучасний період (1990-2019 рр.) у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.).

Таблиця 2. Сучасні зміни середніх місячних сум атмосферних опадів та суми за рік (мм) у порівнянні з періодом кліматичної норми

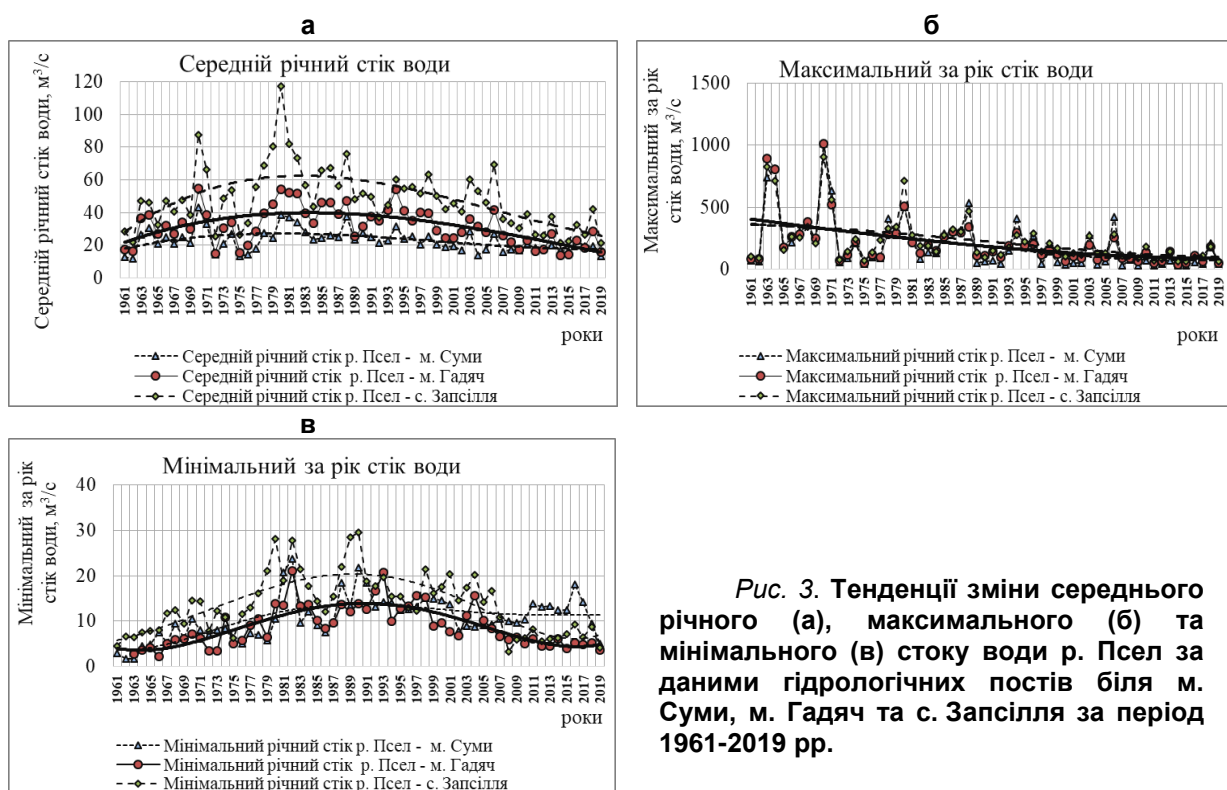
Місяці та рік	Сума атмосферних опадів, мм								
	Метеостанція Суми			Метеостанція Лебедин			Метеостанція Гадяч		
	періоди		Різниця	періоди		Різниця	періоди		Різниця
	1961-1990	1990-2019		1961-1990	1990-2019		1961-1990	1990-2019	
I	42	38	-4 ↓	39	39	0	48	46	-2 ↓
II	33	33	0 ↑	33	31	-2 ↓	40	38	-2 ↓
III	37	40	3 ↑	35	38	3 ↑	42	46	4 ↑
IV	38	36	-2 ↓	40	35	-5 ↓	40	35	-5 ↓
V	54	60	6 ↑	49	56	7 ↑	54	55	1 ↑
VI	68	58	-10 ↓	69	55	-14 ↓	73	67	-6 ↓
VII	77	73	-4 ↓	78	79	1 ↑	85	69	-16 ↓
VIII	61	43	-18 ↓	59	37	-22 ↓	61	37	-24 ↓
IX	45	49	4 ↑	44	47	3 ↑	41	56	15 ↑
X	37	49	12 ↑	36	45	9 ↑	36	51	15 ↑
XI	51	38	-13 ↓	46	35	-11 ↓	51	43	-8 ↓
XII	52	41	-11 ↓	47	38	-9 ↓	56	49	-7 ↓
Суми за рік	595	557	-38 ↓	573	534	-39 ↓	628	592	-36 ↓

Примітка : ↑ - збільшення або ↓ - зменшення кількості атмосферних опадів в сучасний період (1990-2019 рр.) у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.).

Оцінка часової динаміки середнього, максимального та мінімального стоку води р. Псел. В режимі коливальності стоку води річок можна виділити ряд характерних періодів (фаз водного режиму) в залежності від змін умов їх живлення. Для річок досліджуваної території виділяють наступні фази: весняне водопілля та літньо-осінню та зимову межень.

Середній річний стік води, який є своєрідним «гідрологічним еталоном», що характеризує водоносність річок, а його величини мають важливе практичне значення при різних видах водогосподарського проектування, раціонального використання й охорони водних ресурсів, водозабезпечення, оптимального регулювання річкового стоку тощо. До важливих режимних характеристик річкового стоку води також відносять його екстремальні значення - максимальний та мінімальний стік води, що формуються, відповідно, в періоди проходження весняного водопілля та в період межені.

Для з'ясування змін, що відбулися у середньому, максимальному та мінімальному стоках води річок досліджуваного басейну в сучасний період у порівнянні з періодом кліматичної норми та для достовірності висновків щодо виявлених змін були взяті дані спостережень за витратами води на р. Псел з трьох гідрологічних постів – р. Псел – м. Суми (площа басейну 7770 км²), р. Псел – м. Гадяч (1130 км²), р. Псел – с. Запсілля (21800 км²) (рис.3).



Тенденції багаторічної мінливості середнього річного стоку води р. Псел за всією її довжиною ідентичні та повторюють тенденції мінливості річної кількості опадів. Як й для опадів, так й для середнього річного стоку води, найбільші значення (за трендом на рис. 3, а) спостерігалися у 70-х-80-х роках минулого століття. З 90-х років на річці прослідковується чітка тенденція на зменшення середнього річного стоку води. Щодо максимального річного стоку води р. Псел, то за весь досліджуваний період з 1961 р. по 2019 рр. в його змінах виявилася лише спадна тенденція (рис. 3, б), можна відмітити значне зниження максимальної витрати води весняного водопілля на кожному з гідрологічних постів. Тенденції мінливості мінімального стоку води р. Псел нагадують тенденції зміни середнього річного стоку води з деяким зміщенням найбільших його значень на 80-х-90-х роки (рис. 3, в). Треба відмітити, що в останнє десятиліття мінімальний стік води за своїми показниками досягнув величин, що спостерігалися на початку 60-х років.

Для виявлення тенденцій до групування років з відносно великими та малими

значеннями стоку води, які обумовлені наявністю циклічного тренду, проведено графічний аналіз різницевої інтегральних кривих. На рис. 4 вони представлені для середнього річного (а), максимального (б) та мінімального (в) стоку води р. Псел за даними гідрологічних постів біля м. Суми м. Гадяч та с. Запсілля за період 1961-2019 рр. Позитивна наростаюча сума відхилень різницевої інтегральних кривих St – це фаза підвищеної водності, що означає зростання стоку води на певному проміжку часу. Негативна спадна – фаза пониженої водності, яка характеризує середнє зменшення стоку води (рис. 4). Аналіз представлених різницевої інтегральних кривих показує просторову синхронність у змінах досліджуваних стокових характеристик та узагальнює зазначені тенденції багаторічної мінливості середнього річного, максимального та мінімального стоку води р. Псел.

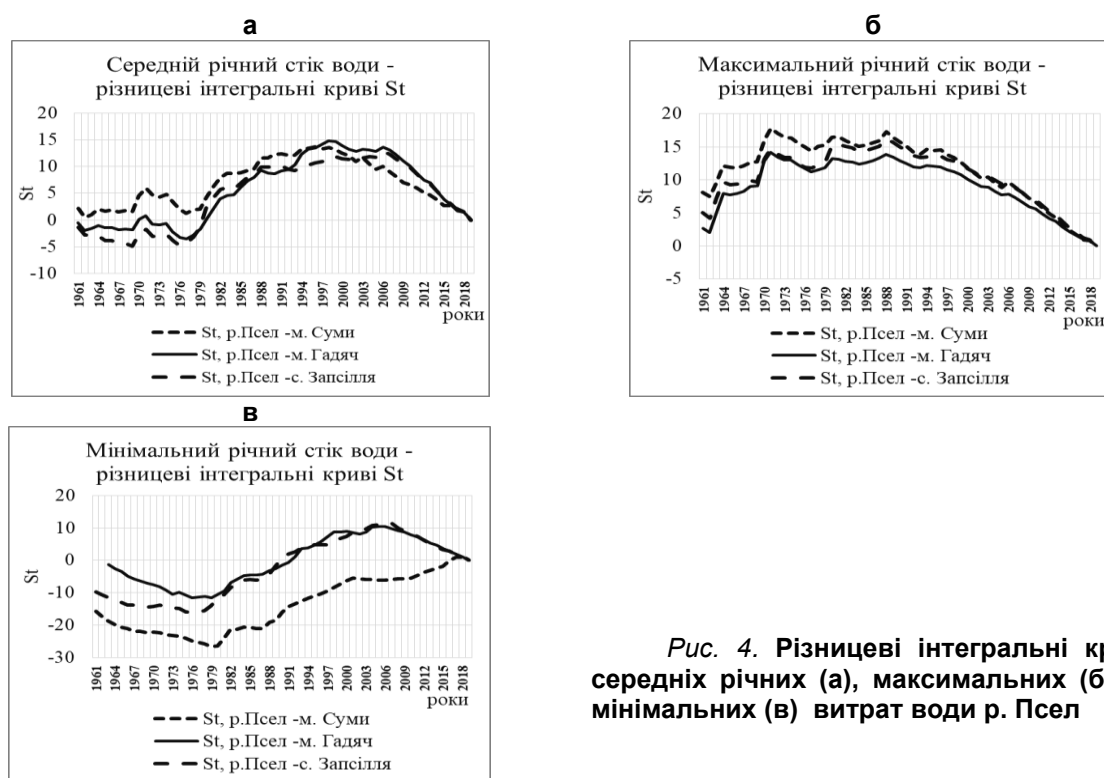


Рис. 4. Різницеві інтегральні криві середніх річних (а), максимальних (б) та мінімальних (в) витрат води р. Псел

Для виявлення сучасних змін у внутрішньорічному розподілі стоку води р. Псел порівнювались середні місячні його значення, як й для кліматичних характеристик, за 2 періоди – кліматичної норми (1961-1990 рр.) та сучасним (1991-2019 рр.), а також усереднені за 30-ті річні періоди середній річний, максимальний та мінімальний стік води за даними спостережень гідрологічних постів біля м. Суми м. Гадяч та с. Запсілля (табл. 3).

На рисунках 5 та 6 за даними спостережень гідрологічного поста р. Псел - м. Гадяч показана динаміка змін середніх місячних витрат води та середніх річних, максимальних та мінімальних, порівнюючи період кліматичної норми 1961-1990 рр. та сучасний 1991-2019 рр.

Відповідно до розрахунків, в першу чергу, можна відмітити зменшення середнього місячного стоку р. Псел в квітні місяці, на який приходить ся проходження весняного водопілля і відповідно зниження на більше ніж вдвічі його максимальної витрати на кожному з гідрологічних постів. В переважній більшості середній місячний стік води р. Псел зменшився, лише червні, жовтні та листопаді спостерігаються його незначні підвищенні значення в сучасний період у порівнянні з періодом кліматичної норми. Мінімальні витрати води, порівнюючи два досліджуваних періоди, в верхів'ях р. Псел (за даними поста р. Псел - м. Суми) мають тенденцію на збільшення, в середній частині (р. Псел - м. Гадяч) – можна вважати, що він не змінився, а нижній частині (р. Псел - с. Запсілля) - зменшився (табл. 3, рис. 4, 5, 6)).

Таблиця 3. Сучасні зміни середнього місячного, середнього річного, максимального та мінімального стоку води р. Псел

Місяці та рік	Стік води річок, м³/с								
	р. Псел - м. Суми, площа басейну 7770 км²			р. Псел - м. Гадяч, площа басейну 11300 км²			р. Псел - с. Запсілля, площа басейну 21800 км²		
	періоди		Різниця	періоди		Різниця	періоди		Різниця
	1961- 1990	1990- 2019		1961- 1990	1990- 2019		1961- 1990	1990- 2019	
I	14,8	16,5	1,8 ↑	23,3	21,6	-1,7 ↓	37,1	33,3	-3,9 ↓
II	18,3	16,7	-1,6 ↓	27,7	24,7	-2,9 ↓	43,1	38,4	-4,7 ↓
III	43,9	27,6	-16,3 ↓	59,9	55,0	-4,9 ↓	87,2	76,9	-10,3 ↓
IV	93,9	43,3	-50,7 ↓	132,8	76,3	-56,5 ↓	189,1	129,9	-59,2 ↓
V	22,9	19,5	-3,4 ↓	34,4	31,7	-2,7 ↓	77,7	87,1	9,3 ↑
VI	14,9	17,3	2,5 ↑	17,5	19,6	2,1 ↑	34,7	31,3	-3,4 ↓
VII	14,1	16,9	2,8 ↑	18,3	15,9	-2,3 ↓	29,1	21,4	-7,7 ↓
VIII	14,8	16,3	1,5 ↑	16,2	14,6	-1,6 ↓	26,3	18,2	-8,1 ↓
IX	15,2	17,1	1,9 ↑	18,2	16,5	-1,7 ↓	25,1	18,8	-6,4 ↓
X	15,5	18,7	3,2 ↑	21,3	22,1	0,9 ↑	30,1	28,4	-1,7 ↓
XI	17,1	18,9	1,8 ↑	23,6	24,0	0,4 ↑	35,8	33,5	-2,3 ↓
XII	18,5	16,9	-1,6 ↓	25,6	20,9	-4,8 ↓	38,4	31,1	-7,3 ↓
Середній за рік	25,2	20,5	-4,7 ↓	34,9	28,6	-6,3 ↓	54,5	42,1	-12,4 ↓
Максимальний за рік	282,8	102,4	-180 ↓	285,1	119,3	-166 ↓	301,9	144,7	-157 ↓
Мінімальний за рік	9,1	12,2	3,0 ↑	8,6	9,1	0,5 ↑	14,6	12,4	-2,2 ↓

Примітка : ↑ - підвищення або ↓ - зниження стоку води в сучасний період (1990-2019 рр.) у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.).

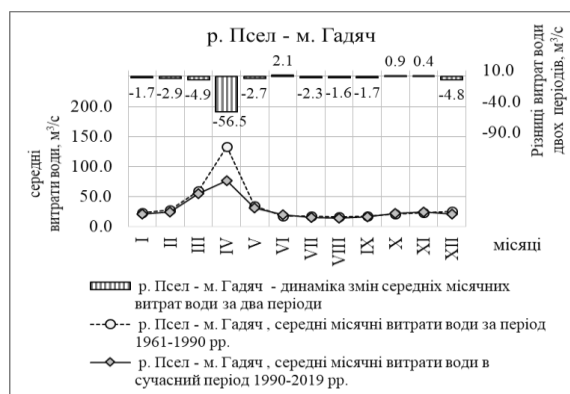


Рис. 5. Зміни середніх місячних витрат води в сучасний період у порівнянні з періодом кліматичної норми, р. Псел - м. Гадяч

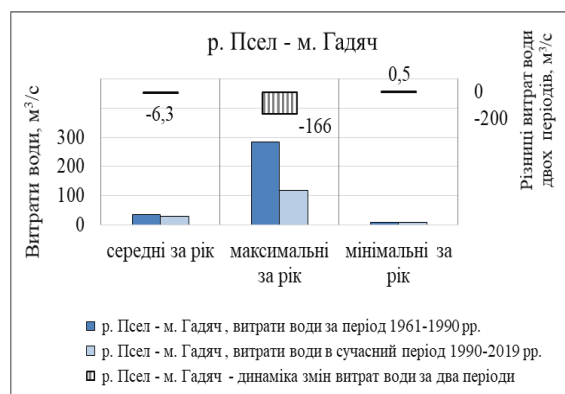


Рис. 6. Зміни середнього річного, максимального та мінімального стоку води в сучасний період у порівнянні з періодом кліматичної норми, р. Псел - м. Гадяч

Сучасні зміни складових водного балансу в басейні р. Псел. Для виявлення узагальненої ролі змін, що відбулися в басейні р. Псел з температурою повітря, кількістю атмосферних опадів, їх формою випадіння, структурою живлення водних об'єктів, зі стоком води в сучасний період порівняно річний водний баланс басейну р. Псел до м. Гадяч та визначено зміни у співвідношенні між надходженням (кількість опадів) та витратами води (сумарне випаровування та стік води) за два періоди – кліматичної норми 1961-1990 рр. і сучасний 1990-2019 рр. (табл. 4). Складові річного водного балансу басейну р. Псел – м. Гадяч для зручності сприйняття представлено в різних одиницях розрахунку: в шарах – мм, в об'ємах – м³, у витратних показниках – м³/с.

Таблиця 4. Складові річного водного балансу басейну р. Псел – м. Гадяч за два періоди 1961-1990 рр. і 1990-2019 рр. та їх зміни в сучасний період у порівнянні з періодом кліматичної норми

Складові середнього річного водного балансу	Одиниці розрахунку		
	мм	м³	м³/с
1961-1990 рр.- період кліматичної норми			
сума атмосферних опадів P	599	6768700000	214,6
стік води R	97	1096100000	34,8
сумарне випаровування E	502	5672600000	179,8
1990-2019 рр. - сучасний період			
сума атмосферних опадів P	561	6339300000	201,1
стік води R	80	904000000	28,7
сумарне випаровування E	491	5435300000	172,4
↑ - збільшення або ↓ - зменшення величини складових водного балансу в сучасний період у порівнянні з періодом кліматичної норми, %			
сума атмосферних опадів P	6,4 % ↓		
стік води R	17,5% ↓		
сумарне випаровування E	1,8 % ↓		

Примітка : ↑ - збільшення або ↓ - зменшення величин складових водного балансу в сучасний період (1990-2019 рр.) у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.).

Якщо поділити обидві частини витрачання (тобто, величини сумарного випаровування та стоку води) на надходження води на територію басейну– суму атмосферних опадів, отримаємо наступне співвідношення: в частках від одиниці $1 = E/P + R/P$ або у відсотках $100\% = E/P\% + R/P\%$.

Перше з них E/P характеризує частку від одиниці (або відсоток) сумарного випаровування в загальній структурі водного балансу і є коефіцієнтом посушливості, тоді як друге R/P визначає частку від одиниці (або відсоток) той води, що йде на формування стоку води і є коефіцієнтом стоку. Часові зміни пропорцій в межах даних співвідношень досить добре описують *локальні прояви глобальних кліматичних змін* в межах окремого річкового басейну, в нашому випадку басейну р. Псел до м. Гадяч (табл. 5).

Таблиця 5. Співвідношення між надходженням та витрачанням води в басейні р. Псел – м. Гадяч за два періоди 1961-1990 рр. і 1990-2019 рр.

показники	сума атмосферних опадів P	стік води R	сумарне випаровування E
1961-1990 рр.- період кліматичної норми			
Складові водного балансу в мм	599	97	502
Відсоток від суми атмосферних опадів	100%	16,2% (коефіцієнт стоку)	83,8% (коефіцієнт посушливості)
1990-2019 рр. - сучасний період			
Складові водного балансу в мм	561	80	491
Відсоток від суми атмосферних опадів	100%	14,2% (коефіцієнт стоку)	85,8%(коефіцієнт посушливості)

Хоча величини складових водного балансу в межах басейну р. Псел – м. Гадяч в сучасний період зменшилися у порівнянні з періодом кліматичної норми – кількість атмосферних опадів на 6,2%, стік води на 17,5%, сумарне випаровування на 1,8% (табл. 4), але аналізуючи співвідношення між надходженням та витрачанням води в басейні за два досліджувані періоди 1961-1990 рр. і 1990-2019 рр. (табл. 5), можна констатувати, що в період кліматичної норми відсоток стоку води від суми атмосферних опадів R/P був

більшим (коефіцієнт стоку води = 16,2%), ніж в сучасний період (коефіцієнт стоку води = 14,2%).

Щодо сумарного випаровування у водно-балансових співвідношеннях, то його частка у водно-балансовому співвідношенні за сучасний період (1990-2019 рр.) збільшилася. Якщо в період кліматичної норми (1961-1990 рр.) коефіцієнт посушливості був 83,8%, то в сучасний період - 85,8%.

Висновки. Аналіз часової динаміки водно-балансових складових басейну р. Псел показав, що в сучасний період відбувся «перерозподіл» об'ємів води атмосферних опадів в бік сумарного випаровування зі зменшенням об'ємів води, що йдуть на формування стоку води. Для басейну р. Псел – м. Гадяч в сучасний період в середньому ≈ 11 мм (або ≈ 130000000 м³) випаровуються замість поповнення водних ресурсів. В попередній період 1961-1990 рр. було навпаки, ≈ 12 мм (або 136000000 м³) не випаровувалося, а стікало в водні об'єкти басейну.

Список літератури

1. Гидрологические и воднобалансовые расчеты // Под. ред. Н.Г. Галущенко. К.: Вища школа, 1987. С. 171-221.
2. Загальна гідрологія // За ред. В.К. Хільчевського, О.Г. Ободовського. К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. 179-187 с.
3. *Догановский А.М. Орлов В.Г.* Сборник задач по определению основных характеристик водных объектов суши (практикум по гидрологии): Уч. пособ. - Санкт-Петербург :Изд-во РГГМУ, 2011. 134-184 с.
4. *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>.
5. WMO, 2007: "The role of climatological normals in a changing climate", World Climate Data and Monitoring Programme -No. 61, WMO-TD No. 1377.
6. WMO Media Centre, 2015: New Two-Tier approach on "climate normal". UPL: <https://public.wmo.int/en/media/news/new-two-tier-approach-climate-normals>.

References

1. Hidrologicheskie i vodnobalansovye raschety [Hydrological and water balance calculations] // Pod. red. N. G. Galushhenko. K.: Vishha shkola, 1987. S. 171-221.
2. Zahal'na hidrohiiia.[General hydrology] // Za red. V.K. Khil'chevs'koho, O.H. Obodov'skoho. K.: VPTs «Kyivs'kyj universytet», 2008. 179-187 s.
3. *Doganovskij A.M. Orlov V.G.* Sbornik zadach po opredeleniju osnovnyh harakteristik vodnyh ob'ektov sushi (praktikum po gidrologii) [Collection of tasks for determining the main characteristics of land water bodies (workshop on hydrology)]: Uchebnoye posobiye. Sankt-Peterburg :Izd-vo RGGMU, 2011. 134-184 s.
4. *Chornomoret's' Yu.O., Luk'ianets' O.I.* Vplyv suchasnykh zmin u spivvidnoshenni sniho-doschovoho zhyvlennia richok na strukturu vodnoho balansu ikh basejniv (na prykladi richkovoho basejnu Vorskly) [Influence of modern changes in the ratio of snow and rain supply of rivers on the structure of the water balance of their basins (on the example of the river basin Vorskla)] // Hidrohiiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia, 2019. № 4(55). С. 40-52. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2019.4.3>.
5. WMO, 2007: "The role of climatological normals in a changing climate", World Climate Data and Monitoring Programme -No. 61, WMO-TD No. 1377.
6. WMO Media Centre, 2015: New Two-Tier approach on "climate normal". UPL: <https://public.wmo.int/en/media/news/new-two-tier-approach-climate-normals>.

Временная динамика водно-балансовых составляющих в бассейне р. Псел

Лукьянец О.И., Гребень В.В

Анализ временной динамики водно-балансовых составляющих бассейна р. Псел показал, что хотя величины составляющих водного баланса в пределах бассейна р. Псел - г. Гадяч в современный период (1990-2019 гг.) уменьшились по сравнению с периодом климатической нормы (1961-1990 гг.) - количество атмосферных осадков на 6,2%, сток воды на 17,5%, суммарное испарение на 1,8%, но, анализируя соотношение между поступлением и расходом воды в бассейне за два исследуемые периоды, можно констатировать, что в период климатической нормы процент стока воды от суммы атмосферных осадков был большим (коэффициент стока воды 16,2%), чем в современный период (коэффициент стока воды 14,2%). В отношении суммарного испарения в водно-балансовых соотношениях, то его доля в водно-балансовой соотношении за современный период (1990-2019 гг.) увеличилась. Если в период климатической нормы (1961-1990 гг.) коэффициент засушливости был 83,8%, то в современный период - 85,8%. Т. е.

состоялось «перераспределение» объемов воды атмосферных осадков в сторону суммарного испарения с уменьшением объемов воды, идущих на формирование стока воды.

Ключевые слова: речной бассейн, составляющие водного баланса, многолетние изменения, коэффициент стока, коэффициент засушливости, р. Псел.

Time dynamics of water balance components in the Psel river basin

Lukianets O.I., Grebin V.V.

In the article, in order to identify the generalized role of changes that occurred in the Psel River basin with such climatic indicators as air temperature, amount of precipitation, their form of precipitation, the structure of water bodies feeding, as well as water flow in the modern period, the average water balance for a long-term period was calculated the Psel river basin near the town of Gadyach. In general, the water balance equation shows the ratio of water input and consumption within a river basin, taking into account changes in its reserves over a selected time interval and allows one to assess the relationship of its individual components. In the article identifies changes in the ratio between the inflow (amount of precipitation) and consumption of water (total evaporation and runoff) for two periods - the climatic norm of 1961-1990 and modern 1990-2019.

Analysis of the temporal dynamics of the water balance components of the Psel river basin showed that the values of the water balance components within the Psel river basin near the town of Gadyach in the modern period have decreased in comparison with the period of the climatic norm - the amount of precipitation by 6,2%, water flow by 17,5%, evapotranspiration by 1,8%. But, analyzing the relationship between the inflow and outflow of water in the basin for the two study periods 1961-1990 and 1990-2019, it can be stated that during the period of the climatic norm, the percentage of water flow from the total precipitation was greater (coefficient water flow 16.2%) than in the modern period (coefficient water flow 14.2%). With regard to total evaporation in water-balance ratios, its share in the water-balance ratio has increased over the modern period (1990-2019). If during the period of climatic normal (1961-1990) the aridity coefficient was 83.8%, then in the modern period, it is 85.8%. That is, the "redistribution" of the water volumes of atmospheric precipitation took place towards the total evaporation with a decrease in the volume of water used to form the water runoff. For the basin of the river Psel - the city of Gadyach in the modern period on the average ≈ 11 mm (or ≈ 130000000 m³) evaporate instead of replenishment of water resources. In the previous period of 1961-1990, on the contrary, ≈ 12 mm (or 136000000 m³) did not evaporate, but flowed into the water bodies of the basin.

Keywords: river basin, water balance components, long-term changes, runoff coefficient, aridity coefficient, Psel River.

Надійшла до редколегії 24.10.2020

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.4>

УДК 551.577.21; 551.577.53

Сокур К.С., Паламарчук Л.В.

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України, Київ

УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ В МЕЖАХ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ПРИ ВИПАДАННІ ДУЖЕ СИЛЬНИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ОПАДІВ

У роботі досліджуються атмосферні опади, що за своїми показниками досягли критеріїв дуже сильних (≥ 50 мм за ≤ 12 год) та небезпечних (15-49 мм за ≤ 12 год). Проаналізовано 98 випадків дуже сильних опадів, що спостерігались протягом 2005-2018 рр., та 14 випадків небезпечних опадів, що спостерігались протягом 2017-2018рр. Основна увага приділяється умовам формування та об'ємам поверхневого стоку, що утворюється на різних типах підстильної поверхні.

Для отримання статистично об'єднаної класифікації проведено кластерний аналіз даних дуже сильних та небезпечних опадів.

Досліджувалась ступінь залежності інтенсивності дуже сильних опадів від вертикального розвитку хмарності, тривалості процесу та кількості опадів, що випала. Розглянуто механізми та фізичні особливості процесів хмаро- та опадоутворення, що формують такі залежності. Відмічається виключна роль конвективних хмар як в окремих фронтальних масивах так і у вигляді «затопленої конвекції» у масивах шарувато-дощових хмар у формуванні значних об'ємів дощової води на підстильній поверхні.

Оцінено часові змін інтенсивності опадів для окремих процесів, що спостерігались протягом 2017-2018 рр. та встановлено структуру таких змін: визначено максимальні інтенсивності опадів, час їх настання, наявність та кількість хвиль підсилення та їх часові параметри. На основі отриманих показників розраховано масу дощової води та інтенсивність опадів за об'ємом води для хвиль підсилення. Визначалися величини поверхневого стоку для процесу в цілому та для хвиль підсилення зокрема. В результаті отримано, що величини поверхневого стоку, сформованого а забудованій території, де переважає частка водонепроникних покриттів, на 100-300% перевищують поверхневий стік зі слабо забудованої території, на якій майже відсутні штучні покриття.

Ключові слова: небезпечні та дуже сильні опади, урбанізація, кластерний аналіз, r-Спірмена, t-Кендалла, поверхневий стік.