

Особливості гідрологічного режиму річок верхів'я Південного Бугу

Людмила Костенюк (orcid.org/0000-0002-1828-7084)

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

l.kosteniyk@chnu.edu.ua

Анотація. Детально розглянуто гідрологічний режим річок верхів'я басейну Південного Бугу. Досліджувану частину басейну ріки Південний Буг не надто вивчено, оскільки наукові публікації зосереджені здебільшого на дослідженнях Середнього та Нижнього Побужжя. Цікавим є той факт, що на початку XX ст. у межах зазначеної території функціонувало 9 гідрологічних постів, з них 5 власне на головній річці та 4 – на малих притоках. Станом на сьогодні значну частину із них закрито, а гідрологічну інформацію втрачено, отож аналіз провадили тільки на основі двох діючих пунктів спостережень на – р. Південний Буг та р. Ікви.

У дослідженні представлено первинну оцінку гідрологічного режиму за показниками середнього, максимального та мінімального стоку, визначено циклічні зміни коливань витрат води головної ріки та розраховано коефіцієнти кореляції середньорічного стоку річок Південний Буг та Іква за суміжний період спостережень (1964 – 2022).

У результаті виконаного аналізу можна стверджувати, що на гідрологічний режим р. Південний Буг, як і на р. Ікви, суттєво впливає регулювання стоку ставками та малими водосховищами. Зазначимо цікаву особливість: для р. Південний Буг, як і для р. Ікви, характерна асинхронність ліній тренду за графіками суміщення середньорічних рівнів та витрат, тобто за багаторічний період спостережень для обох рік, зростання рівнів $H_{\text{сер}}$, супроводжується зменшення стоку $Q_{\text{сер}}$. Аналогічними є тенденції максимальних витрат, амплітуда яких після 1980 р. різко спадає, тобто приблизно за 40 останніх років катастрофічних паводків на обох річках не спостерігали.

Літня межень за багаторічний період показала тенденцію до зростання рівнів на фоні більш-менш стабільних витрат, а зимова межень також характеризується зростаючою лінією тренду для рівнів і відносною стабільністю – для витрат. Однією з особливостей мінімального стоку р. Південний Буг є також синхронна циклічність у коливаннях витрат як літньої, так і зимової межні. Період 1991 – 2005 р., як для відкритого русла, так і для закритого характеризується найбільшими величинами витрат, порівнянно із попередніми роками та сучасним періодом до 2022 р. Тобто протягом 1991 – 2005 р.р. на р. Південний Буг і літня, і зимова межень не були тривалими і чітко вираженими, а мінімальний стік був підвищеним, на відміну від сучасного періоду, коли простежуються чіткі тенденції до зростання тривалості маловодних фаз протягом року.

Водночас аналіз графіків циклічних змін усереднених витрат води для обох річок не є збалансованими і співпадають тільки за піками багатоводних фаз. Тривалість та амплітуди циклів взагалі не співпадають, а маловодні фази майже не синхронізуються.

На основі саме цих графіків вдалося визначити оптимальні періоди для розрахунку коефіцієнта кореляції між середньорічними витратами на річках Іква та Південний Буг. Це дало підставу припустити, що починаючи з 2000 р. коливання стоку на обох річках стали майже синхронними, коефіцієнт кореляції становить 0,88.

Ключові слова: верхів'я р. Південний Буг; гідрологічний режим; рівень води; витрати води; гідрологічний цикл; маловодна фаза; багатоводна фаза; коефіцієнт кореляції.

Features of the hydrological regime of the rivers of the Upper Southern Bug

Liudmyla Kosteniuk (orcid.org/0000-0002-1828-7084)

Yurii Fedkovych Chernivtsi National University

l.kosteniyk@chnu.edu.ua

Abstract. The article examines in detail the hydrological regime of the rivers of the upper reaches of the Southern Bug basin. This part of the Southern Bug river basin is poorly studied, since most scientific publications are focused on studies of the Middle and Lower Bug. It is interesting that at the beginning of the 20th century, 9 hydrological posts operated within this territory, 5 of which were actually on the main river and 4 on small tributaries. Unfortunately, most of them were closed and hydrological information was lost, so the analysis was carried out only on the basis of two operating observation points on the Southern Bug and Ikva rivers.

The paper presents an initial assessment of the hydrological regime based on average, maximum and minimum runoff indicators, determines cyclical changes in fluctuations in the water flow of the main river, and calculates the correlation coefficients of the average annual runoff of the Southern Bug and Ikva rivers for the adjacent observation period (1964-2022).

As a result of the analysis, it can be stated that the hydrological regime of the Southern Bug River, as well as the Ikva River, is significantly influenced by the regulation of flow by ponds and small reservoirs. An interesting feature is also that for the Southern Bug River, as for the Ikva River, the asynchrony of trend lines on the graphs of the combination of average annual levels and discharges is characteristic, i.e. over a long period of observations for both rivers, an increase in the levels of Naverage is accompanied by a decrease in the discharge of Qaverage. The trends of maximum discharges are also similar, the amplitude of which has fallen sharply after 1980, i.e. over the past almost 40 years, catastrophic floods have not been observed on both rivers.

Summer low flow over a long period of time has shown a tendency to increase in levels against the background of more or less stable flows, and winter low flow is also characterized by an increasing trend line for levels and relative stability for flows. Another feature of the minimum flow of the Southern Bug River is the synchronous cyclicity in the fluctuations of flows of both summer and winter low flow. The period from 1991 to 2005, both for the open channel and for the closed one, is characterized by the largest flow values compared to previous years and the current period until 2022. That is, during 1991-2005 on the Southern Bug River, both summer and winter low flow were not long and clearly expressed, and the minimum flow was increased, in contrast to the current period, when clear trends are observed to increase the duration of low-water phases during the year.

At the same time, the analysis of the graphs of cyclic changes in average water discharge for both rivers is not balanced and coincides only at the peaks of the high-water phases. The duration and amplitudes of the cycles do not coincide at all, and the low-water phases are almost not synchronized.

Based on these graphs, it was possible to determine the optimal periods for calculating the correlation coefficient between the average annual discharges on the Ikva and Southern Bug rivers. This allowed us to assume that since 2000, the flow fluctuations on both rivers have become almost synchronous, the correlation coefficient is 0.88.

Keywords: upper reaches of the Southern Bug River; hydrological regime, water level, water flows, hydrological cycle, low water phase, high water phase, Pearson correlation coefficient.

Вступ. Ріка Південний Буг є однією з найважливіших водних артерій нашої держави. Її головна особливість полягає в тому, що при значній площі річкового басейну ($F = 63\,700\text{ км}^2$) весь стік формується в межах території України і ріка не є транскордонною. Чимало наукових досліджень присвячено вивченню гідрологічних (Вишневський та ін., 2003; Ободовський, 2001; Гребінь, 2010; Жовнір та ін., 2015; Овчарук, 2020), гідрохімічних (Докус, 2019; Хільчевський та ін., 2009) та навіть палеоґрунтознавчих (Дорошкевич, 2018) особливостей басейну Південного Бугу. Також чимало робіт і проєктів присвячено водогосподарському, екологічному та природоохоронному значенню ріки Південний Буг та її окремих великих приток (Екологічний атлас басейну річки Південний Буг, 2009; Мартинов, 2022; Шакірманова та ін., 2021). Проте здебільшого вони фокусуються на особливостях водного режиму Середнього та Нижнього Побужжя, тобто нижче м. Вінниці, де річка набирає значних розмірів.

Об'єктами нашого дослідження є власне р. Південний Буг у своїй верхній течії та р. Іква – його ліва невелика притока (рис.1). Досліджувані нами річкові басейни знаходяться в межах Хмельницької області та мають діючі пункти моніторингу (гідрологічні пости з тривалим рядом спостережень). У нашій праці проаналізовано гідрологічний режим р. Південний Буг на основі даних спостережень в с. Пирогівці та р. Ікви – смт Стара Синява.

Відповідно до схеми гідрологічного районування України, досліджувана верхня частина басейну Південного Бугу, згідно з фізико-географічним районуванням (Національний атлас України, 2007), відповідає Середньоподільській височинній області; а згідно з ландшафтно-гідрологічним районуванням В. В. Гребеня (Гребінь, 2010) досліджувані об'єкти є частиною Подільсько-Придніпровського височинного ландшафтно-гідрологічного району.

Як бачимо на рисунку 1, пунктів моніторингу у верхів'ї Південного Бугу колись було більш ніж достатньо, проте здебільшого вони функціонували не довго (таблиця 1), отож гідрологічну інформацію щодо них втрачено. По суті, у верхів'ї Південного Бугу залишилось тільки два діючих гідрологічних поста, дані яких і стали основою для подальших досліджень, йдеться про гідрологічний пост власне на р. Південний Буг у с. Пирогівці та на р. Іква в смт Стара Синява.

У таблиці 1 представлено узагальнену інформацію щодо всіх гідрологічних постів, що колись функціонували у верхній частині Південного Бугу.

Станом на сьогодні ми маємо тривалий ряд спостережень за гідрологічними показниками (рівнями / витратами води; температурою та льодовими явищами) тільки щодо цих двох пунктів спостережень: р. Південний Буг – с. Пирогівці (1964 – 2022) та р. Ікви – смт Стара Синява з 1939р. (рівні) та з 1946 р. (витрати води) до 2022 р., на основі яких і проаналізовано гідрологічний режим річок верхньої частини басейну Південного Бугу.

Наше дослідження є логічним продовженням роботи автора і базується на уже опублікованих працях (Костенюк та ін., 2024), які детально характеризують гідрологічний режим р. Ікви, отож детально на цьому об'єкті ми не будемо зупинятися, а більше приділимо уваги аналізу особливостей гідрологічного

режиму р. Південний Буг – с. Пирогівці.

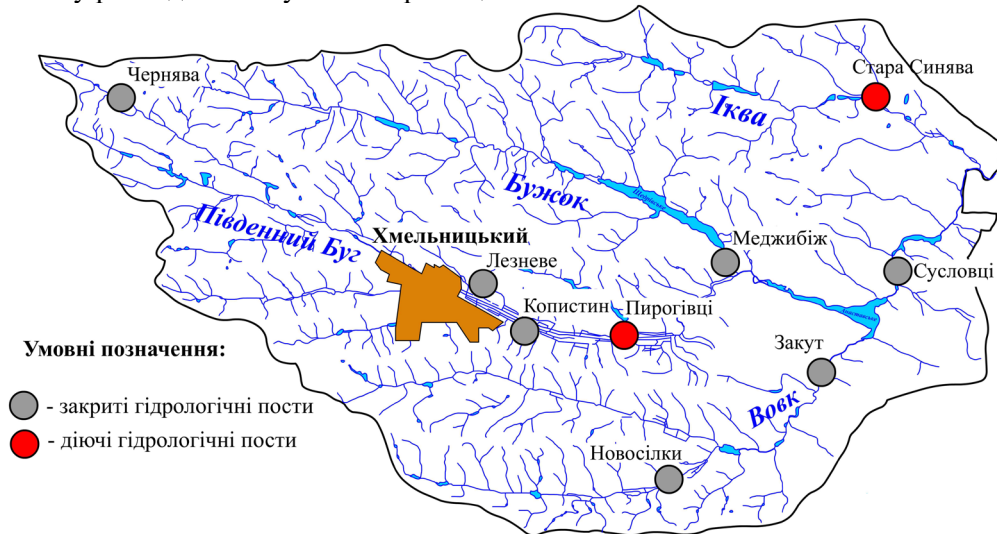


Рис. 1. Гідромережа верхньої частини басейну Південного Бугу з пунктами моніторингу (діючими та закритими)

Fig. 1. Hydrographic of the upper part of the Southern Bug basin with monitoring points (active and closed)

Таблиця 1. Інформація про пункти моніторингу у верхній частині басейну р. Південний Буг (Гідрологічний щорічник, 1941–1944 р. р. та 1965 р.)

Table 1. Information on monitoring points in the upper part of the Southern Bug River basin (Hydrological Yearbook, 1941–1944 and 1965)

№	Річка–Пункт	Відстань від гирла, км	Площа водозбору, км ²	Дата відкриття	Дата закриття
1	р. Південний Буг – с. Чернява	850	31	1938	1963
2	р. Південний Буг – с. Лезневе	798	742	1936	до 1945
3	р. Південний Буг – с. Копистин	793	758	1918	до 1945
4	р. Південний Буг – с. Пирогівці	780	827	1963	Діє
5	р. Південний Буг – с. Сусловці	735	2920	1930	до 1945
6	р. Бужок – смт Меджибіж	2,5	698	1930	1989
7	р. Вовк – с. Закут	7,6	828	1930	1956
8	р. Вовчок – с. Новосілки	7,3	232	1914	до 1945
9	р. Іква – смт Стара Синява	12	439	1939	Діє

Матеріали і методи досліджень. У дослідженні використано базові методи математичної статистики обробки гідрологічної інформації для кількісної оцінки різних гідрологічних явищ. Ці методи дають змогу в імовірній формі прогнозувати зміни різноманітних характеристик стоку без урахування часу їхнього настання і розкриття фізичної сутності. Головним завданням розрахунків стоку є визначення його характеристик на період експлуатації створених гідротехнічних та інших споруд у руслах і на водозаборах річок тощо. Наявність нерегулярних коливань стоку, тобто відхилень від середніх значень, зумовлює необхідність здійснення оцінки таких змін (Хільчевський та ін., 2009).

Для характеристики та визначення особливостей гідрологічного режиму досліджуваних об'єктів використано графічні методи представлення – графіки ходу рівнів та витрат, а також метод плинучого осереднення для визначення циклічності гідрологічних змінних, що набув широкого використання в гідрології (наприклад, під час просторово-часового аналізу гідрологічних величин).

Методика побудови графіків подвійного плинучого осереднення витрат води дає змогу розмежувати багатоводні та маловодні періоди в загальному циклі зміни витрат протягом усього періоду спостережень. Додатково на графіки наноситься логарифмічна лінія тренду, що дає змогу визначити зростання чи спад водності річок за певний період спостережень.

Також у дослідженні використано систему розрахунку коефіцієнта кореляції за методом Пірсона, що дає змогу визначити лінійну кореляцію між двома змінними. Завдяки цьому вдалося визначити тісноту зв'язків між середньорічними витратами води ($Q_{сер}$, м³/с) на обох пунктах спостережень за період співставного безперервного ряду даних (1964 – 2022).

Результати досліджень. Витоки ріки Південний Буг формуються в межах Хмельницької області, поблизу села Холодець Хмельницького району (рис. 2). Довжина ріки в межах області становить 140 км, площа басейну займає 22,4 % території Хмельницької області (4,61 тис. км²).

На витоках річки Південний Буг розташований адміністративний центр, м. Хмельницький. Нижче за течією в межах с. Пирогівці з 1964 р. функціонує гідрологічний пост.

На посту р. Південний Буг – с. Пирогівці проводять спостереження за рівнями та витратами води. Гідропост розташований на південній околиці села на відстані 0,7 км вище впадіння р. Зінченці. Територія рівнинна, долина ріки має ширину 300 – 400 м, пологі схили висотою 10 – 15 м, слаборозчленована та використовується під сільськогосподарські угіддя (Гідрологічний щорічник, 2020).

Заплава двостороння: лівобережна шириною до 300 м, правобережна – 500 м. Ґрунти супіщані, торф'янисті. Заплава використовується місцевим населенням під господарські потреби і затоплюється при рівні вище 360 см над нулем графіка.

Русло слабозвивисте шириною до 18 м, мулисте, часто заростає. Береги висотою до 3 м, штучно підсипані. На гідрологічний режим ріки має вплив скидання теплих технічних вод промислових об'єктів м. Хмельницький, що розміщені на 11 км вище гідропоста (Гідрологічний щорічник, 2020).



Рис. 2. Басейн річки Південний Буг у межах Хмельницької області

Fig. 2. The Southern Bug River Basin within Khmelnytskyi Oblast

На ділянці гідроствору періодично проводять гідротехнічні роботи з розчистки русла та поглиблення днища. У басейні річки вище поста періодично проводять забір води для господарських потреб. Пост палевий, знаходиться на лівому березі, облаштований самописцем рівнів.

На посту прийнято Балтійську систему висот, через нівелювання IV класу ГС 1964 р. Відмітка нуля поста 268,79 м БС. Верхньосхиловий пост розміщений на 120 м вище основного поста, нижньосхиловий пост розташований 115 м нижче поста. Гідроствор № 1 розташований у створі поста, є човнова переправа.

Спостереження за наносами та відбір проб мутності проводять у гідростворі № 1; температуру води міряють на лівому березі, товщину льоду в цьому ж створі – на середині річки (Гідрологічний щорічник, 2020).

У таблицях 2–4. представлено основні гідрологічні дані щодо поста спостереження в с. Пирогівці:

Таблиця 2. Характерні рівні води на р. Південний Буг – с. Пирогівці (Гідрологічний щорічник, 2022)

Table 2. Characteristic water levels on the Southern Bug River – v. Pyrohivtsi

Ріка - пункт	Період спостережень	Відмітка "0" графіка, м	Середній рівень Нсер, см	Максимальний рівень		Мінімальний рівень	
				Hmax, см	дата	Hmin, см	дата
р. Південний Буг – с. Пирогівці	1964-досі	268,79	239	435	23.03. 1979	178	15.09. 1983

Спостереження за русловими наносами проводять зрідка, періодично відбирають проби води на мутність та аналізують гранулометричний склад. Річка

у верхів'ї зарегульована та має рівнинну течію. На гідрологічний режим впливає наявність понад 100 ставків та 5 малих водосховищ, які знаходяться вище. Річки такого типу характеризуються здебільшого піщаними наносами як руслоформуючими, а значне зарегулювання спричиняє часте замулення. Також у межах Хмельницького та нижче за течією створено штучні канали.

Таблиця 3. Характерні витрати води на р. Південний Буг – с. Пирогівці
(Гідрологічний щорічник, 2022)

Table 3. Characteristic flow of water on the Southern Bug River – v. Pyrohivtsi

Ріка - пункт	Період спостережень	Площа басейну, км ²	Середня витрата $Q_{сер}$, м ³ /с	Максимальна витрата		Мінімальний рівень	
				Q_{max} , м ³ /с	дата	Q_{min} , м ³ /с	дата
р. Південний Буг – с. Пирогівці	1964 - досі	827	3,69	27,8	06.07. 1991	0,34	26.08. 1917

Таблиця 4. Опис гідрологічного поста на р. Південний Буг – с. Пирогівці
(Гідрологічний щорічник, 2022)

Table 4. Description of the hydrological post on the Southern Bug River – v. Pyrohivtsi

Ріка - пункт	Індекс поста	Дата відкриття поста	Відмітка “0” графіка, м	Площа басейну, км ²	Відстань від гирла, км
р. Південний Буг – с. Пирогівці	143	25.12.1963	268,79	827	730

Водний режим верхів'я ріки Південний Буг за умовами живлення та характеристиками стоку має багато спільних рис із чинниками формування стоку р. Ікви (Костенюк та ін., 2024). Пункт моніторингу в с. Пирогівці сьогодні слугує єдиним діючим гідрологічним постом, на основі даних якого можна реально оцінити гідрологічний режим р. Південний Буг у її верхів'ї, а також провести порівняльний аналіз із даними гідропоста на р. Ікви в смт Стара Синява, оскільки обидві ріки в межах досліджуваних ділянок є маловодними і належать до одного гідрологічного району.

Оцінку водності р. Південний Буг у с. Пирогівці проводили на основі представлених графіків коливання середнього, максимального та мінімального стоку.

На рис. 3 виконано також суміщення графіків середньорічних показників стоку р. Південний Буг за весь період спостережень. Аналогічно до р. Ікви (Костенюк та ін., 2024), для р. Південний Буг у верхній течії характерна *асинхронність* ходу середньорічних витрат води. На фоні поступової тенденції до зростання рівнів зафіксовано чітке зниження витрат води та зменшення стоку. Тобто за середніми показниками водності р. Південний Буг піддається впливу замулення та акумуляції наносів, що і є найімовірнішою причиною зростання рівнів за чіткого зменшення величини стоку. Цей процес на ділянці поста

яскраво виражений починаючи з 2011 року і триває досі.

Детальний аналіз представлених графіків демонструє амплітуду коливань середніх рівнів води на посту в с. Пирогівці, що відповідає 83 см, від мінімуму 197 см (1984) до 284 см (2006) – загалом трохи менше 1 м. Амплітуда коливання середньорічних витрат на Південному Бугі перевищує аналогічний показник на р. Ікві, де амплітуда становить 60 см (Костенюк та ін., 2024).

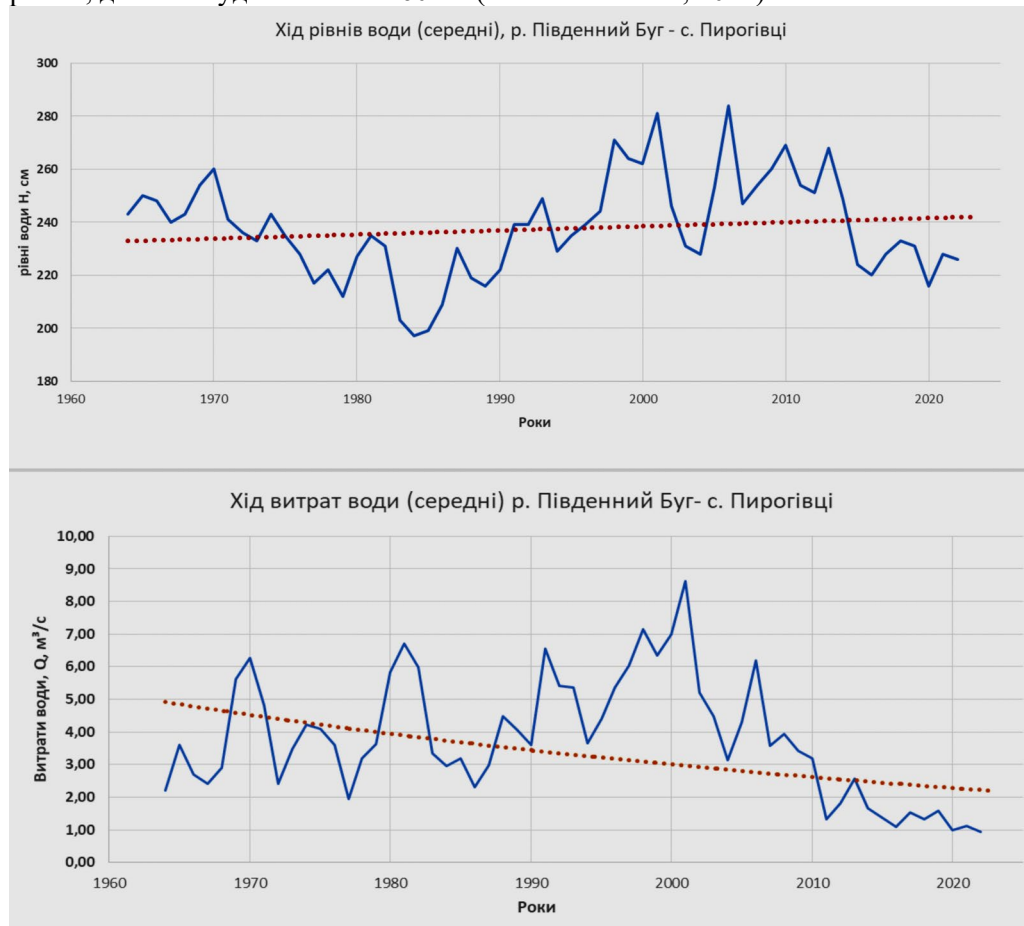


Рис. 3. Суміщення графіків ходу середніх рівнів та витрат р. Південний Буг – с. Пирогівці за весь період спостережень

Fig. 3. Combination of graphs of average levels and discharges of the Southern Bug River – v. Pyrohivtsi for the entire observation period

Водночас коливання середньорічних витрат що до рівнів є асинхронними, їх амплітуда становить $7,34 \text{ м}^3/\text{с}$. Від $0,95 \text{ м}^3/\text{с}$ (2022) до $8,61 \text{ м}^3/\text{с}$ (2001). Тобто період 2000 – 2020 р. р. є періодом найбільших коливань середнього стоку від найвищих показників до найнижчих за весь період спостережень. За попередні роки (1965 – 2000) амплітуда в середньому становила не більше $4,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для зазначеного пункту спостережень нами також побудовано графіки максимального і мінімального стоку (відкритого та закритого періоду русла), які представлено на рисунках 4 – 7.

Характеристики максимального стоку р. Південний Буг – с. Пирогівці, на відміну від середнього, значно синхронніші, хоча на графіку рівнів можна спостерігати хаотичні коливання. Водночас, максимальні витрати після 1980 р. показують явну тенденцію до зниження.

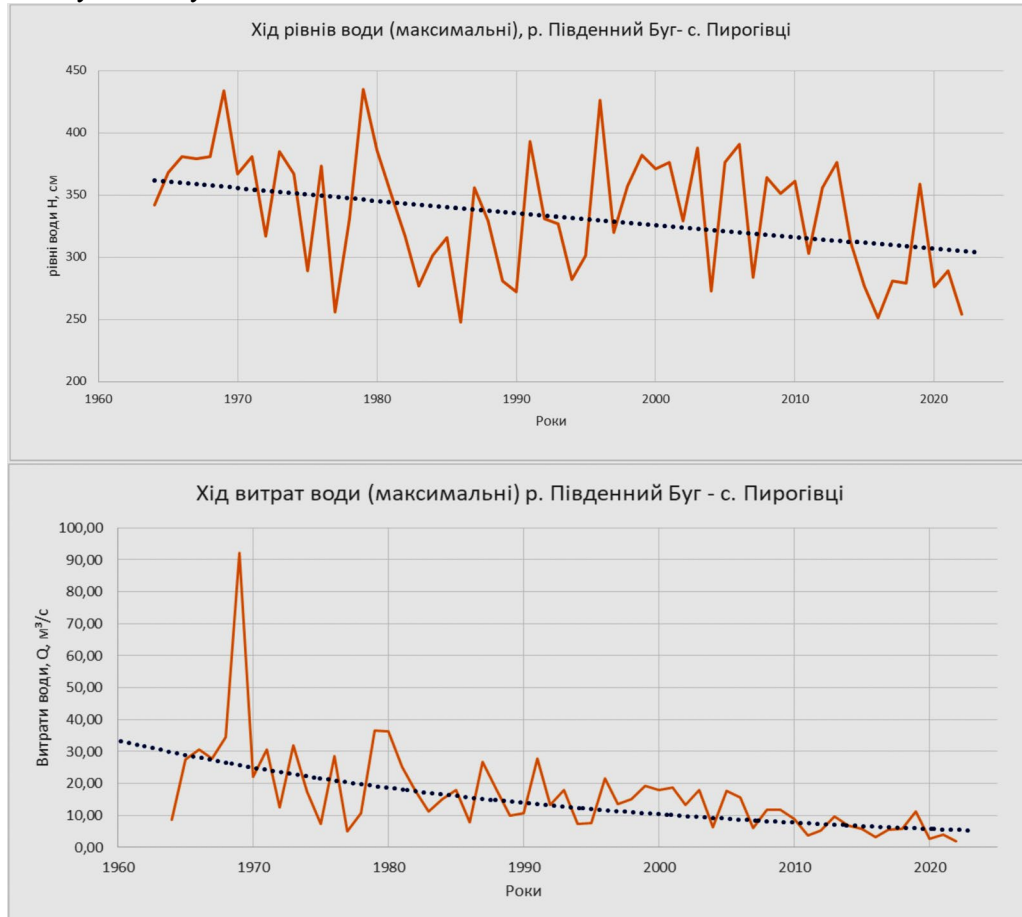


Рис. 4. Суміщення графіків ходу максимальних рівнів та витрат р. Південний Буг – с. Пирогівці за весь період спостережень

Fig. 4. Combination of graphs of maximum levels and flows of the Southern Bug River – v. Pyrohivtsi for the entire observation period

Загалом наголосимо, що коливання максимального стоку на річках Південний Буг та Іква є синхронними (Костенюк та ін., 2024) і показують зменшення амплітуд витрат після 1980 р. Можна виокремити два хронологічні періоди: 1965 – 1980 р.р. коли амплітуда максимального стоку становила 87 м³/с; та 1981 – 2022 р.р., коли амплітуда екстремальних витрат не перевищує навіть 30 м³/с, тобто знизилась майже втричі.

Мінімальний стік р. Південний Буг проаналізовано за даними періодів відкритого і закритого русла, що є не менш цікавим ніж на р. Ікві (Костенюк та ін., 2024).

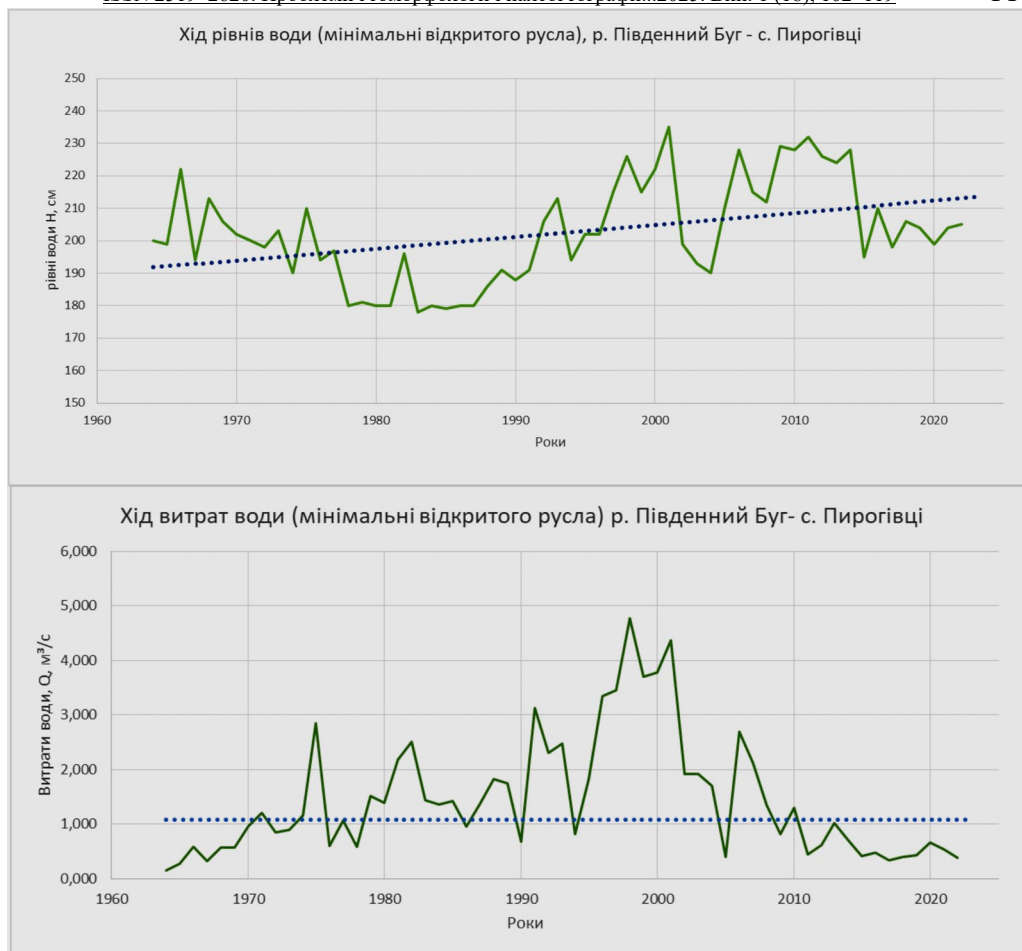


Рис. 5. Суміщення графіків ходу мінімальних рівнів та витрат (відкритого періоду русла) р. Південний Буг – с. Пирогівці за весь період спостережень

Fig. 5. Combination of graphs of minimum levels and flows (open period of the channel) of the Southern Bug River – v. Pirogovtsi for the entire observation period

Літня межень за багаторічний період показала тенденцію до зростання рівнів на фоні більш-менш стабільних витрат, а зимова межень також характеризується зростаючою лінією тренду для рівнів і відносною стабільністю – для витрат. Ще однією особливістю мінімального стоку р. Південний Буг є синхронна циклічність у коливаннях витрат як літньої, так і зимової межені. Досліджуваний період (орієнтовно 1991 – 2005 р.р.) як для відкритого русла, так і для закритого характеризується найбільшими величинами витрат, порівняно з попередніми роками та сучасним періодом до 2022 року. Тобто протягом 1991 – 2005 р.р. на р. Південний Буг і літня, і зимова межень не були тривалими і чітко вираженими, а мінімальний стік був підвищеним, на відміну від сучасного періоду, коли простежуються чіткі тенденції до зростання тривалості маловодних фаз протягом року (літня та зимова межень).

Літня межень на р. Південний Буг характеризується значними коливаннями

за весь період спостережень, чітко вирізняється період 1964 – 1994 р.р., коли значення мінімальних витрат не виходило за межі позначки $3 \text{ м}^3/\text{с}$. Упродовж 1995 – 2004 р.р. фіксуємо зростання величини літніх витрат, посушливого періоду, що синхронізуються із підйомам середньорічних витрат (рис. 5). Тобто в ці роки літня межень була нестійкою і нетривалою.

Для періоду зимової межені, коливання рівнів та витрат демонструють чіткі періоди тривалого зниження витрат закритого русла (1980 – 1993) та різкий підйом, а отже й не тривалу межень протягом 1994 – 2004 р.р. (рис. 6).

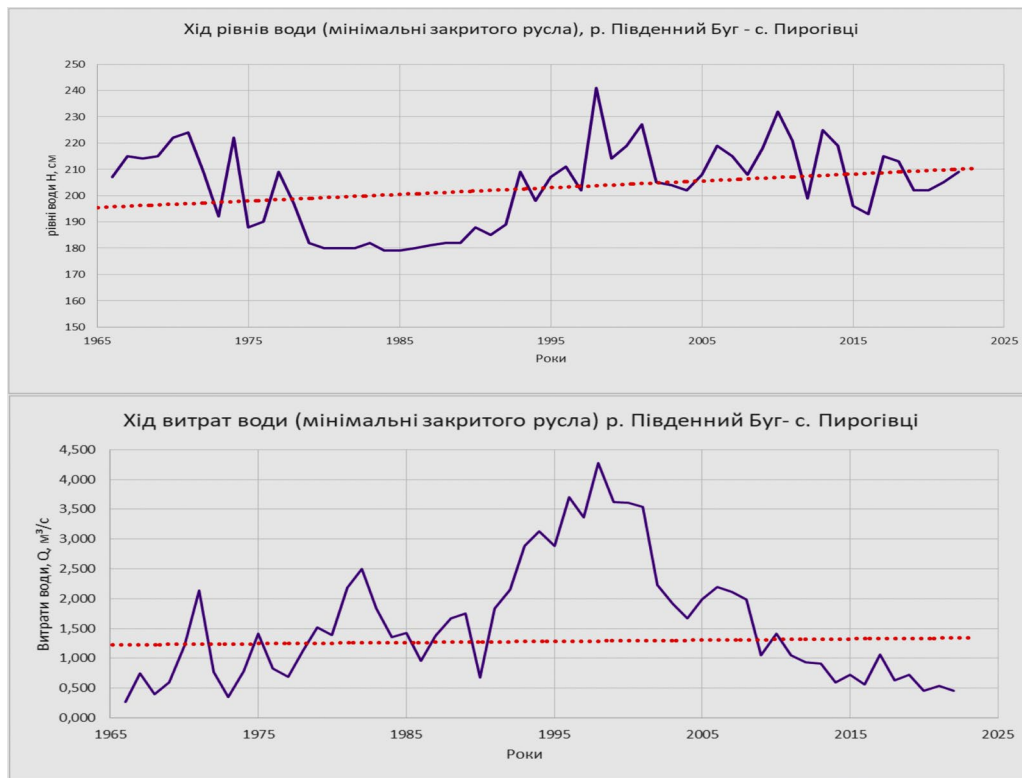


Рис. 6. Суміщення графіків ходу мінімальних рівнів та витрат (закритого періоду русла) р. Південний Буг – с. Пирогівці за весь період спостережень

Fig. 6. Combination of graphs of minimum levels and flows (closed period of the channel) of the Southern Bug River – v. Pirogovtsi for the entire observation period

Сьогодні спостерігаємо чітку тенденцію до зменшення стоку зимової межені на фоні періодичного підняття рівнів за аналогічний період. Причиною є зменшення опадів взимку та зниження кількості снігозапасів у межах басейну, а також періодичні відлиги.

Основні характеристики гідрологічного режиму р. Південний Буг – с. Пирогівці за багаторічний період представлено в таблиці 5.

Найбільшими амплітудами характеризуються параметри максимального стоку: $\Delta H_{\max} = 184 \text{ см}$ та $\Delta Q_{\max} = 90,26 \text{ м}^3/\text{с}$, що пояснюємо піковими зростаннями витрат під час паводків та водопілля, які завжди вирізняються значними коливаннями. Характеризуючи мінімальний стік закритого періоду

русла відзначаємо нижчі амплітуди коливань, порівняно з періодом літньої межені, що не відповідає тенденціям, притаманним р. Ікві, для якої навпаки амплітуди закритого періоду русла переважають літню межені (Костенюк та ін., 2024).

Таблиця 5. Амплітуди коливання основних гідрологічних характеристик р. Південний Буг за період спостереження (1964 – 2022)

Table 5. Fluctuation amplitudes of the main hydrological characteristics of the Southern Bug River – v. Pirogovtsi during the observation period (1964–2022)

Параметри	Максимальне значення	Рік	Мінімальне значення	Рік	Амплітуда
Hсер, см	284	2006	197	1984	87
Hmax, см	435	1979	251	2016	184
Hmin (в.р.), см	235	2001	178	1983	57
Hmin (з.р.), см	241	1998	179	1984	62
Qсер, м³/с	8,61	2001	0,98	2020	7,63
Qmax, м³/с	92,2	1969	1,94	2022	90,26
Qmin (в.р.), м³/с	4,77	1998	0,15	1964	4,62
Qmin (з.р.), м³/с	4,28	1998	0,27	1966	4,01

Примітка: (в.р.) – період відкритого русла; (з.р.) – період закритого русла;

Циклічні зміни гідрологічного режиму річки Південний Буг. Багаторічні коливання водності річок досліджуваної території відзначаються циклічністю, тобто спостерігається послідовна зміна багатоводних і маловодних періодів, різних за своєю тривалістю і за величиною відхилення від середнього багаторічного значення. Повний цикл водності налічує дві фази – багатоводну та маловодну, які послідовно чергуються.

Відстежити циклічні зміни водності ми можемо на основі даних регулярних спостережень на гідрологічному посту в с. Пирогівці, оскільки маємо неперервний ряд спостережень з 1964 року, тобто понад 50 років.

На рис. 7 наведено графік циклічних змін усереднених витрат води за даними поста р. Південний Буг – с. Пирогівці. Показники для графіка визначали шляхом подвійного плінучого осереднення середньорічних витрат води за 5 років, що дає змогу відкинути їх екстремальні значення та визначити загальну динаміку зростання чи спаду водності за даний період спостережень.

Методика побудови графіків подвійного плінучого осереднення витрат води дає змогу розмежувати багатоводні та маловодні періоди в загальному циклі зміни витрат протягом усього періоду спостережень. Додатково на графіки нанесено логарифмічну лінію тренду, що дає змогу визначити зростання чи спад водності рік за період спостережень.

За даними графіка можемо виокремити три повних цикли водності, перші два з яких мають чітко виражену синхронність і є короткими – тривалістю 10 – 11 років (орієнтовно по 5 років на кожен фазу). Третій період, який розпочався після 1988 р. є доволі затяжним і триває досі. Багатоводна фаза цього періоду розтягнулась упродовж 1988 – 2007 р.р. (майже на 20 років). Маловодна фаза, що розпочалась після 2008 р. ще не завершилась. Порівнюючи аналогічні циклічні зміни на р. Ікві (Костенюк та ін., 2024), можна зауважити що коливання стоку на

річках Південний Буг – с. Пирогівці та р. Іква – смт Стара Синява не є синхронними і збігаються тільки у піках багатоводних фаз. Тривалість та амплітуди циклів не співпадають, а маловодні фази взагалі не синхронізуються.

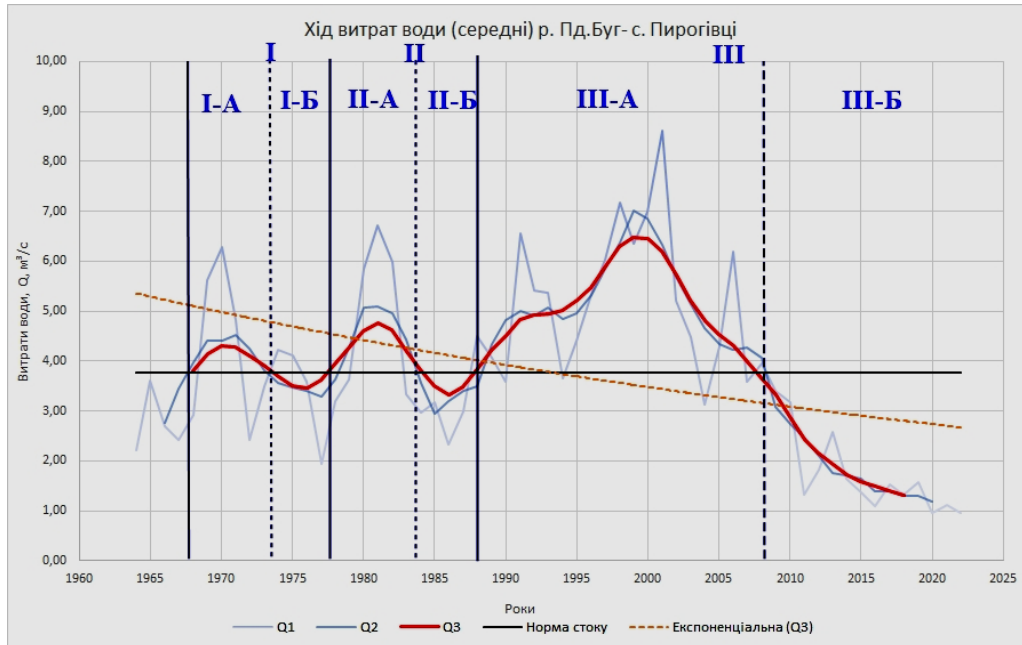


Рис. 7. Циклічні зміни усереднених витрат води на посту р. Південний Буг – с. Пирогівці

Fig. 7. Cyclical changes in average water consumption on the Southern Bug River – v. Pirogovtsi

Кореляція водності на річках Південний Буг та Іква. Ще на етапі первинного аналізу гідрологічної інформації на постах р. Південний Буг – с. Пирогівці та р. Іква – смт Стара Синява можна зафіксувати певні спільні риси та характерні особливості коливання стоку, що об'єднують ці річки.

Оскільки середньорічна витрата води є оптимальною характеристикою водності річок, яку можна застосувати для розрахунку тісноти зв'язків між стоком сусідніх басейнів, то передусім варто проаналізувати суміщені графіки середньорічних витрат ($Q_{\text{сер}}$) за спільний часовий відрізок спостережень (рис. 8).

На суміщених графіках ми бачимо два періоди високої водності: 1965 – 1980 рр. та 1995 – 2010 рр. Найвищими піками характеризується річка Південний Буг за рахунок більшого значення водності потоку, як і за попереднім графіком, ми можемо виокремити певні часові відрізки підйому витрат: 1969–1970, 1979–1981, 1991–1993 та 2001–2003 рр.

Окрім графічного відображення коливань витрат води для двох порівнюваних об'єктів, можна використати також метод кореляції Пірсона, який показує тісноту взаємозв'язків між двома змінними. Саме використання цього простого математичного методу для порівняння ряду витрат води на сусідніх гідрологічних постах часто використовують для відновлення пропусків у рядах

гідрологічних змінних, коли дані були втрачені чи є явно помилковими. Розрахунок коефіцієнта кореляції виконано в програмі Excel. Результати представлено в таблиці 6 та на рис. 9.

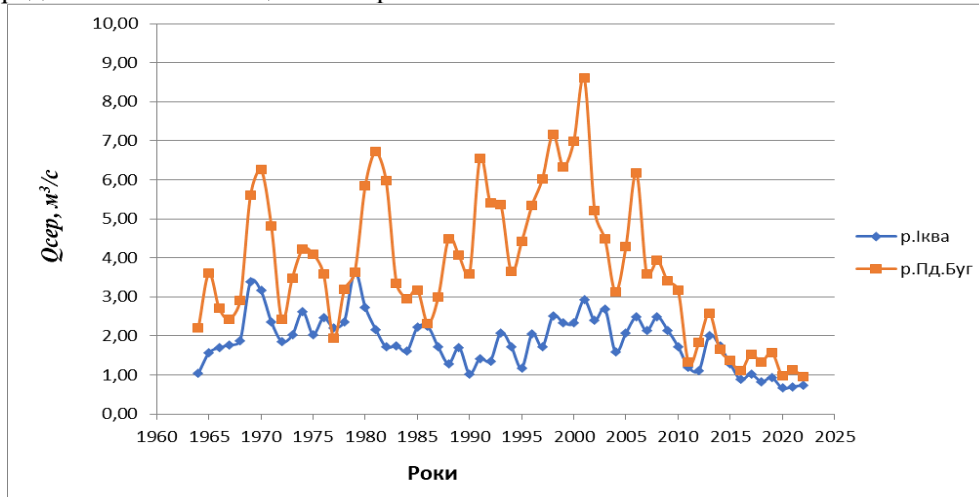


Рис. 8. Хронологічні графіки ходу витрат на посту р. Південний Буг – с. Пирогівці та р. Іква – смт Стара Синява

Fig. 8. Chronological graphs of the course of expenses at the checkpoints of the Southern Bug River – v. Pyrohivtsi and the Ikva River – v. Stara Synyava

Таблиця 6. Результати розрахунків кореляції середньорічних витрат води на річках Південний Буг та Іква за даними гідрологічних постів спостережень протягом 1964 – 2022 р.р.

Table 6. Results of calculations of correlation of average annual water discharges on the Southern Bug and Ikva rivers according to data from hydrological observation posts during 1964 – 2022

Періоди (роки)	Коефіцієнт кореляції ®	Загальний коефіцієнт кореляції
1964-1979	0,68024	0,60852
1980-1999	0,28862	
2000-2022	0,88169	

Провівши порівняльний аналіз графіків циклічних змін усереднених витрат води для річок Південний Буг та Іква, можна виокремити три періоди в часовому проміжку 1964 – 2022 р.р. за співставленими рядами даних, коли коливання стоку на обох річках показують різні ступені зв'язку. Як бачимо з таблиці 6, період після 2000 р. ілюструє найбільшу тісноту зв'язку між витратами на річках Південний Буг та Іква. Це простежуємо як на графіках циклічних змін, так і на рис. 9.

Достатньо синхронним та тісно пов'язаним був також період з відкриття поста на р. Південний Буг 1964 р. і до 1979 р. (коефіцієнт кореляції 0,68). Період 1980 – 1999 р.р. взагалі не показує достатньо тісних зв'язків у коливаннях витрат води на досліджуваних річках, що простежуємо і на графіках циклічності

коливань стоку. Загалом, можна сказати, що зв'язок між змінними існує упродовж усього співставного періоду. Однак цього може бути не достатньо, припустимо, для відновлення даних на посту в с. Пирогівці до 1964 р.

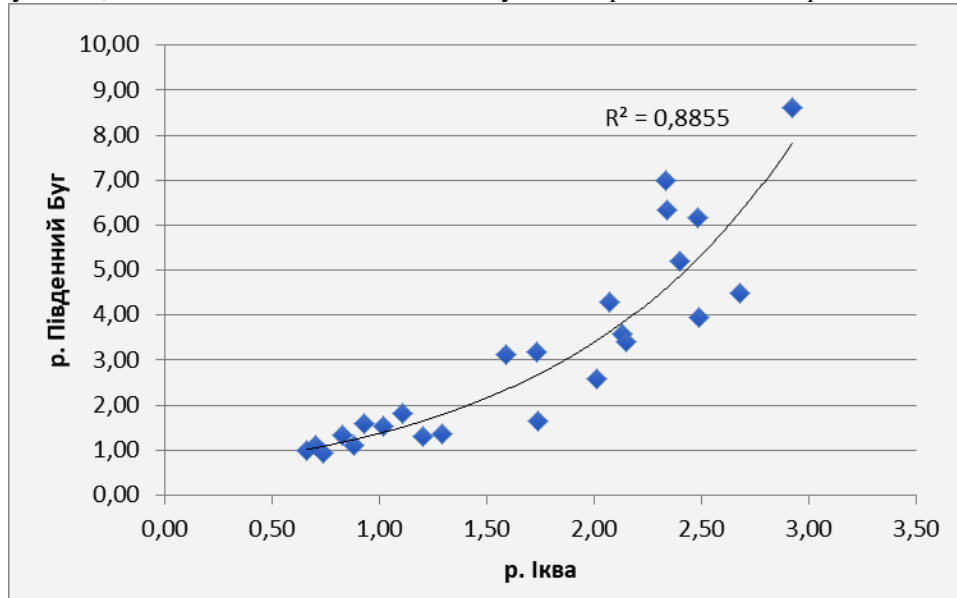


Рис. 9. Графік тісноти взаємозв'язку між середньорічними витратами води на р. Ікві – р. Південний Буг (2000 – 2022)

Fig. 9. Graph of the closeness of the relationship between the average annual water flows on the Ikva River and the Southern Bug River for the period (2000 – 2022)

Обговорення. Порівняльний аналіз коливання водності на обох досліджуваних пунктах спостережень показав деякі спільні та відмінні риси. Однак і надалі дискусійними залишаються причини зменшення параметрів максимального стоку в період з 1980 р., які простежуються на обох річках.

Висновки. Гідрологічний режим річок верхів'я басейну Південного Бугу вивчено недостатньо, оскільки наукові публікації зосереджені здебільшого на дослідженнях Середнього та Нижнього Побужжя. Цікавим є той факт, що на початку ХХ ст. у межах досліджуваної території відкрито 9 постів, з них 5 власне на головній річці Південний Буг та 4 – на трьох її притоках.

Якщо б ці пункти спостережень працювали і надалі, можна було б об'єктивніше та продуктивніше проаналізувати гідрологічний режим та виявити характерні особливості гідрологічного режиму у верхів'ях Південно-Бузького басейну. Маючи дані тільки з двох пунктів моніторингу, нам вдалося все ж таки здійснити первинну оцінку гідрологічного режиму за показниками середнього, максимального та мінімального стоку, визначити циклічні зміни коливань витрат води головної ріки та навіть розрахувати коефіцієнти кореляції середньорічного стоку за даними обох гідрологічних постів у суміжний період, тобто за 1964 – 2022 рр.

За результатами аналізу можна стверджувати, що на гідрологічний режим р. Південний Буг, як і на р. Ікві, суттєво впливає регулювання стоку ставками та малими водосховищами. Цікавою особливістю є також те, що для р. Південний

Буг, як і для р. Ікви, характерна асинхронність ліній тренду за графіками суміщення середньорічних рівнів та витрат, тобто за багаторічний період спостережень для обох рік, зростання рівнів $H_{сер}$, супроводжується зменшенням стоку $Q_{сер}$. Аналогічними є також тенденції максимальних витрат, амплітуда яких після 1980 р. різко спадає, тобто за останні майже 40 років катастрофічних паводків на обох річках не зафіксовано.

Літня межень за багаторічний період показала тенденцію до зростання рівнів на фоні більш-менш стабільних витрат, а зимова межень також характеризується зростаючою лінією тренду для рівнів і відносною стабільністю – для витрат. Однією з особливостей мінімального стоку р. Південний Буг є синхронна циклічність у коливаннях витрат як літньої, так і зимової межені. Період, який тривав упродовж 1991 – 2005 рр. як для відкритого русла, так і для закритого, характеризується найбільшими величинами витрат, порівняно з попередніми роками та сучасним періодом до 2022 р. Тобто протягом 1991 – 2005 рр. на р. Південний Буг і літня і зимова межень не відзначались тривалістю й чіткою вираженістю, а мінімальний стік був підвищеним, на відміну від сучасного періоду, коли простежуються чіткі тенденції до зростання тривалості маловодних фаз протягом року.

Водночас аналіз графіків циклічних змін усереднених витрат води для обох річок не є збалансованими і співпадають тільки за піками багатоводних фаз. Тривалість та амплітуди циклів взагалі не збігаються, а маловодні фази майже не синхронізуються. На основі саме цих графіків вдалося визначити оптимальні періоди для розрахунку коефіцієнта кореляції між середньорічними витратами на річках Іква та Південний Буг. Це дало підставу припустити, що починаючи з 2000 року коливання стоку на обох річках стали майже синхронними, коефіцієнт кореляції становить 0,88.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості поліпшення управління та провадження водогосподарської діяльності у межах басейнової системи верхів'я Південного Бугу. Зменшення витрат води, а також зростання маловодних фаз є індикаторами погіршення гідрологічної ситуації та зменшення водності, що має вплинути на водну політику регіону, зміну землекористування та зростання контролю за використанням водних ресурсів.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

- Вишневецький В. І., Косовиць О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ : Ніка-Центр, 2003. 324 с.
- Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ : Ніка-Центр, 2010. 316 с.
- Гідрологічний щорічник. Том 2. Басейн Чорного та Азовського морів (без Кавказу). Вип. 0,1. ЦГО, 1946 – 1950, 1952 – 2022 р.р.
- Гопченко Є. Д., Швебс Г. І., Ігошин М. І. Каталог річок і водойм України : навч. посіб. Одеса : Астропринт, 2003. 390 с.
- Докус А. О. Районування басейну Південного Бугу за умовами формування весняного водопілля річок // Рельєф, клімат та поверхневі води як об'єкти природничо-географічних досліджень (до 70-річчя кафедр землезнавства та геоморфології,

- 118 ISSN 2519–2620. Проблеми геоморфології і палеогеографії...2025. Вип. 1 (18), 102–119
метеорології та кліматології, гідрології та гідроекології): матеріали Міжнародної науково-практичної конференції : 2 - 4 жовтня. Київ, 2019. С. 42–44.
- Дорошкевич С. П. Природа Середнього Побужжя у плейстоцені за даними вивчення викопних ґрунтів. Київ : Наукова думка, 2018. 175 с.
- Екологічний атлас басейну річки Південний Буг. Вінниця : Wetlands International, 2009. 19 с.
- Жовнір В. В., Гребінь В. В. Оцінка багаторічних коливань температури води та повітря басейну річки Південний Буг як прояв кліматичних змін. V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія / Ecology – 2015), 23–26 вересня. Вінниця, 2015. С. 68–69.
- Ковальчук І. П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. Львів : Інститут українознавства, 1997. 440 с.
- Костенюк Л. В., Заблотовська Н. В. Гідрологічний режим ріки Ікви (басейн Південного Бугу). // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат та прилеглих територій. Львів, 2024. С. 43–64.
- Мартинів О. І. Особливості водного режиму малих річок басейну Південного Бугу // Матеріали студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету. Одеса : ОДЕКУ, 2022. С. 242–243.
- Національний атлас України. Київ : Картографія, 2007. 440 с.
- Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). Київ : Ніка-Центр, 2001. 274 с.
- Ободовський О. Г. Регіональний гідролого-екологічний аналіз руслових процесів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора геогр. наук : спец. 11.00.07 “Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія”. Київ, 2002. 31 с.
- Овчарук В. А. Максимальний стік весняного водопілля рівнинних річок України : монографія. Одеса : Гельветика, 2020. 300 с.
- План управління річковим басейном Південного Бугу: аналіз стану та першочергові заходи / Афанасьєв С., Бедзь Н., Боднарчук Т., Васильєв С., Вікторов М., Власова Т., Войтюк І., Гавриков Ю., Гайдук К., Дмитришина В., Коноваленко О., Коржик О., Крижанівський Є., Летицька О., Лисюк О., Манівчук В., Марушевська О., Мокін В., Мудра К., Осадча Н., Скоблей М., Сташук В., Чунарьов О., Ярошевич О. : за ред. С. Афанасьєва, А. Петерс, В. Сташука та О. Ярошевича. Київ : НВП «Інтерсервіс», 2014. 188 с.
- Хільчевський В. К., Чунарьов О. В., Ромась М. І. Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу. Київ : Ніка-Центр, 2009. 184 с.
- Шакірзанова Ж. Р., Докус А. О. Довгострокове прогнозування характеристик весняного водопілля в басейні р. Південний Буг : монографія. Одеса : Бондаренко М. О., 2021. 244 с.
- Шакірзанова Ж. Р., Докус А. О. Районування басейну річки Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок. // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. Одеса, 2021. С. 8–18.

REFERENCES

- Vishnevsky, V., Kosovits, O., 2003. *Hydrological characteristics of rivers of Ukraine*. Kyiv: Nika-Center, 324. (In Ukrainian).
- Hrebin, V., 2010. *Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape and hydrological analysis)*. Kyiv: Nika-Center. 316. (In Ukrainian).
- Hydrological yearbook. Volume 2. Basin of the Black and Azov Seas (without the Caucasus). Vol. 0.1. TsGO, 1946 - 1950, 1952 - 2022 (In Ukrainian).
- Hopchenko, E., Shwebs, G., Igoshyn, M., 2003. *Catalog of rivers and reservoirs of Ukraine: academic. argument. manual* Odesa: Astroprint, 390. (In Ukrainian)

- Dokus, A., 2019. Zoning of the Southern Bug basin according to the conditions of spring waterlogging of rivers. In *Materials of the International scientific and practical conference "Relief, climate and surface waters as objects of natural and geographical research (to the 70th anniversary of the departments of earth science and geomorphology, meteorology and climatology, hydrology and hydroecology)"*. October 2-4. Kyiv, 42-44. (In Ukrainian).
- Doroshkevych S., 2018. *Nature of the Middle Buzhye in the Pleistocene according to the data of the study of fossil soils*. Kyiv: Naukova Dumka, 175. (In Ukrainian).
- Ecological Atlas of the Southern Bug River Basin. Vinnytsia: Wetlands International, 2009. 19. (In Ukrainian).
- Zhovnir, V. V. Hrebin V. V. 2015. *Assessment of long-term fluctuations in water and air temperature in the Southern Bug River basin as a manifestation of climate change*. V All-Ukrainian Congress of Ecologists with International Participation (Ecology - 2015), September 23-26. Vinnytsia. 68-69. (In Ukrainian).
- Kovalchuk, I. P., 1997. Regional ecological and geomorphological analysis. Lviv: Institute of Ukrainian Studies. 440. (In Ukrainian).
- Kosteniuk L.V., Zablotovska N.V. 2024. *Hydrological regime of the Ikva River (Southern Bug basin). Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories*. Lviv. 43–64. (In Ukrainian).
- Martynov, O. I., 2022. Peculiarities of the water regime of small rivers of the Southern Bug basin. In *Materials of the student scientific conference of the Odessa State Environmental University*. Odesa: ODEKU, 242-243. (In Ukrainian).
- National atlas of Ukraine. Kyiv: DNVP "Cartography", 2007. 440. (In Ukrainian)
- Obodovsky, O. G., 2001. Hydrological and ecological assessment of channel processes (on the example of rivers of Ukraine). Kyiv: Nika Center, 274. (In Ukrainian).
- Obodovsky, O. G., Regional hydrological and ecological analysis of channel processes. (Doctor of Sciences' thesis). Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv. (In Ukrainian)
- Ovcharuk, V. A. (2020). *The maximum runoff of spring irrigation of lowland rivers of Ukraine: Monograph*. Odesa: Helvetica Publishing House, 300. (In Ukrainian).
- Management plan for the Southern Bug river basin: analysis of the state and priority measures. 2014. Afanasyev S., Bedz N., Bodnarchuk T., Vasiliev S., Viktorov M., Vlasova T., Voytiuk I., Gavrykov Y., Hayduk K., Dmytryshina V., Konovalenko O., Korzyk O., Kryzhanivskiy E., Letytska O., Lysyuk O., Manivchuk V., Marushevskaya O., Mokin V., Mudra K., Osadcha N., Skoblei M., Stashuk V. , Chunar'yov O., Yarosevich O. Ed. S. Afanasyeva, A. Peters, V. Stashuk and O. Yarosevicha. Kyiv: Publishing House "NVP "Interservice", 188. (In Ukrainian).
- Khilchevskii, B. K., Chunar'yov, O. B, Pomaz, M. I. 2009. *Water resources and quality of river waters of the Southern Bug basin*. Kyiv: Hika-Center, 184. (In Ukrainian).
- Shakirzanova, Zh. R., Dokus, A. O. 2021. *Long-term forecasting of the characteristics of spring irrigation in the basin of the Pivdenny Bug River: monograph*. Odesa: M.O. Bondarenko, 244. (In Ukrainian).
- Shakirzanova, Zh. R., Dokus, A. O. 2021. Zoning of the Pivdenny Bug river basin according to the conditions of the formation of spring waterlogging of rivers. In *Man and environment. Problems of neoecology*. Odesa, 8-18. (In Ukrainian).