

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.1.2>
УДК 556.162+556.166

Лук'янець О.І., Ободовський О.Г., Москаленко С.О.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

СЕРЕДНІЙ РІЧНИЙ СТІК ВОДИ РІЧОК УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ У БАГАТОВОДНІ ТА МАЛОВОДНІ ФАЗИ ВОДНОСТІ

В статті проведено оцінювання середнього річного стоку води річок Українських Карпат у багатоводні та маловодні фази водності на основі стохастичного аналізу та виявлення характерних закономірностей у чергуванні таких періодів в межах річкових басейнів Тиси, Дністра, Пруту та Сірету. Дослідження проведено з використанням методичної бази, що ґрунтується на статистичних засобах узагальнення, систематизації даних, способах оцінки часових випадкових сукупностей, прийомах аналізу багаторічної мінливості часових рядів стокових характеристик та виявленні їх структури. Знання співвідношень річного стоку води у багатоводні та маловодні фази водності в тих чи інших річкових басейнах надає неоціненну підтримку при плануванні та раціональному використанні водних ресурсів, сприяє підвищенню ефективності експлуатації водогосподарських споруд. Інтерес у сучасний період до вивчення багаторічних циклічних коливань річкового стоку води та кількісних розрахунків його фаз водності особливо зростає у зв'язку з використанням їх в довгострокових прогнозах стоку.

Ключові слова: річки Українських Карпат, середній річний стік води; просторова синхронність; циклічність; цикл та фази водності.

Вступ. З південного сходу на північний захід Українські Карпати простягаються майже на 300 км за довжиною і 100-150 км за шириною. Гірський рельєф зумовлює значний вплив на клімат цього регіону, який тут є помірно-континентальний з надмірним і достатнім зволоженням, м'якою зимою з відлигами, нестійкою тривалою весною, нежарким літом і теплою осінню. У гірських районах Українських Карпат у середньому за рік випадає 1100-1800 мм атмосферних опадів, у передгір'ях – 800-1100 мм, у низовинах – 650-800 мм [4, 7, 8].

Головний Карпатський вододіл розділяє басейни річок різних напрямків. На північ і північний схід течуть річки Дністер і його основні притоки – Стрий, Свіча, Тисмениця, Бистриця, Лімниця та притоки Дунаю – річки Прут та Сірет із Черемошем. На південь і південний захід – також притока Дунаю, річка Тиса, в яку впадають з гірської частини її основні притоки – Тересва, Тересля, Ріка, Боржава, Латориця, Уж.

Розподіл середнього річного стоку води річок Українських Карпат переважно повторює розподіл опадів – із 150 мм шару стоку води у пониззях зростає до 350-600 мм у передгір'ях і досягає 800-950 мм з басейнів малих річок у горах. Тут сформувалася найбільш густа річкова мережа в Україні – 1,2-1,7 км/км² [4, 7, 12].

Мета дослідження - оцінювання середнього річного стоку води річок Українських Карпат у багатоводні та маловодні фази водності. Важливість та актуальність аналізу часової мінливості середнього річного стоку річок Українських Карпат (басейн Тиси, Дністра, Пруту та Сірету) обумовлюється тим, що річки цієї території є найбільш багатоводними в Україні у співвідношенні до водозбірної площі.

Передумови дослідження. Коливання гідрологічних характеристик у часі та їх основні риси, які можна описати за допомогою циклів та фаз водності, у значній мірі обумовлені ймовірнісною природою формування та змін стоку води. Тобто, причина стохастичної природи коливань річкового стоку полягає в тому, що цей процес залежить від багатьох факторів, сполучення на взаємообумовленість яких має випадковий характер. Для виконання поставленої мети представлено дослідження, її автори використали деякі попередні власні напрацювання [1, 3-6 9-14]., результати яких коротко представляємо як передумови актуального дослідження.

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2023. № 1 (67)

1) Для встановлення закономірностей у мінливості середнього річного стоку річок Українських Карпат досліджувалися тривалі часові ряди на основних річках : р. Тиса – с. Вилोक (площа басейну $F=9140 \text{ км}^2$, період спостережень 1935-2015 рр.) і р. Тиса – м. Вашарошнамень (Угорщина) ($F=29057 \text{ км}^2$, 1883-2015 рр.); р. Дністер – м. Заліщики ($F=72100 \text{ км}^2$, 1882-2015 рр.); р. Прут – м. Чернівці ($F=27540 \text{ км}^2$, 1895-2015 рр.). На р. Тиси взято два гідрометричних створи для відновлення рядів річних витрат води гідрологічного поста Вилोक за період з 1883 по 1934 рр.

2) Перевірку статистичної однорідності середніх річних витрат води у басейнах основних річок Українських Карпат та її кількісну оцінку виконано за узагальненими стандартними параметричними критеріями: Стьюдента (статистика t) і Фішера (статистика F). Однорідність досліджуваних рядів за цими критеріями при рівні значимості $2\alpha=5\%$ не спростовуються. Лише для р. Прут – м. Чернівці гіпотеза спростовується за статистикою F . З непараметричних критеріїв застосовано критерій Уилкоксона (статистика U), в результаті – гіпотези про однорідність рядів для всіх досліджуваних басейнів не спростовуються.

3) В якості показника подібності внутрішньої структури досліджуваних рядів та для виявлення просторової синхронності мінливості водності на річках Українських Карпат визначено коефіцієнти кореляції $r Q(t)$ між часовими рядами середнього річного стоку води річок сусідніх басейнів. Такі зв'язки виявилися статистично значимими:

р. Тиса (Вилोक) \leftrightarrow р. Прут (Чернівці) – $r Q(t) = 0,57 \pm 0,06$;

р. Тиса (Вилок) \leftrightarrow р. Дністер (Заліщики) – $r Q(t) = 0,70 \pm 0,04$;

р. Прут (Чернівці) \leftrightarrow р. Дністер (Заліщики) – $r Q(t) = 0,71 \pm 0,05$.

4) Крім того, для виявлення синхронної мінливості стоку води та наявності в вихідних часових послідовностях випадкових коливань, які виражаються у вигляді хвиль, побудовані різницеві інтегральні криві середніх річних витрат води основних річок Українських Карпат, за якими помітна часова мінливість та синхронність в структурі стокових рядів.

5) Перевірку статистичної достовірності існування фаз підвищеної та пониженої водності, їх тривалості, і, відповідно, виявлення порушення умови стаціонарності виконано за допомогою критеріїв серій та найбільшої довжини серій.

Аналіз рядів за цими критеріями показав, що найбільшу довжину для всіх досліджуваних басейнів – р. Тиса (с. Вилок), р. Дністер (с. Заліщики), р. Прут (м. Чернівці), мають серії, що складаються з елементів понижених значень і теоретично доведено, що угруповання маловодних років можуть скласти для досліджуваних річок Українських Карпат 10 ± 2 років.

6) Для виявлення структури циклічних коливань, тобто для формалізації мінливості річного водного стоку річок Українських Карпат у вигляді циклів та їх багатоводних та маловодних фаз, для оцінювання їх кількісних показників застосовано автокореляційний аналіз. Встановлено, що у басейнах річок Тиси, Пруту та Дністра переважають цикли з тривалістю 3, 7 і 29 років. Перші з них пов'язані з дощовими паводками в Карпатах, які утворюють внутрішні флуктуації в основному циклі (або фазах водності). Циклічність у 29 років – це повторюваність в цьому циклі багатоводних та маловодних фаз. Отже, враховуючи основну повторюваність циклу (29 років), визначену тривалість маловодної фази (10 ± 2 років), визначено, що багатоводна фаза складає 17 ± 2 років.

7) Знаючи за емпіричними даними часові межі маловодій в досліджуваних басейнах – 1956-1964 рр., 1983-1992 рр., проведено аналіз найдовших рядів середнього річного стоку води річкових систем р. Тиса – с. Вилок, р. Дністер – м. Заліщики, р. Прут – м. Чернівці, виділено періоди багатоводних та маловодних фаз та розраховано середні за періоди фаз водності витрати води. Враховуючи те, що існує просторова синхронність стоку води у зазначених басейнах для достовірної оцінки коливань стоку для всіх басейнів періоди фаз приймалися однаковими в часових межах та хронології.

В таблиці 1 подано періоди багатоводних та маловодних фаз, середні за періоди фаз водності витрати води, що розраховані за емпіричними даними, та прогнозні оцінки водного стоку до 2050 р. з вказівкою стандартних відхилень у фазі водності.

Аналіз табл. 1 показав, що внутрішні циклічні коливання водності в басейнах основних річкових систем мають ідентичну структуру.

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2023. № 1 (67)**

Таблиця 1. Середній річний стік води у фази водності за даними спостережень та прогнозні оцінки стоку основних річок Українських Карпат на період до 2050 р.

Річкова система (річка – гідрологічний пост)	Період (роки)											
	1883-1898	1899-1911	1912-1927	1928-1939	1940-1955	1956-1964	1965-1981	1982-1992	1993-2009	2010-2021	2022-2037÷38	2038-2048÷49
	Фаза водності – ↑ - багатоводна, ↓ - маловодна											
	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
	Середні витрати води у фази водності, $Q_{сер}$, (м ³ /с)											
	Емпіричні дані										Прогнозні оцінки ± стандартні відхилення	
р. Тиса – Вилок	214	197	230	182	225	190	219	180	215	169	220±6	183±8
р. Прут – м. Чернівці			93	56	73	54	83	62	69	48	80±9	55±6
р. Дністер – м. Заліщики	248	212	283	206	233	169	262	195	250	168	256±17	190±17

Результати дослідження. Використовуючи встановлені часові межі (періоди років) багатоводних та маловодних фаз для основних річкових систем Українських Карпат (басейнів р. Тиса – с. Вилок, р. Прут – м. Чернівці та р. Дністер - м. Заліщики), визначено для річок, що знаходяться в межах кожної великої річкової системи і на яких ведуться спостереження за водним стоком, середні витрати води у фази водності.

Як показали розрахунки, для всіх річок чітко виділяється циклічна мінливість, яка є подібною до досліджуваних основних річкових систем і яка добре прослідковується на рис. 1-3, де показано співвідношення середніх багаторічних витрат води річок окремо для басейнів Тиси, Пруту та Сирету, Дністра та їх значень в періоди багатоводних та маловодних фаз водності. Якісна характеристика зв'язків оцінюється як дуже висока.

Ймовірні відхилення (похибки) визначення середніх витрат води у багатоводні та маловодні фази водності узагальнено та подано у відсотках, для визначення їх в стокових характеристиках розраховуються за пропорцією від значень середніх витрат води у відповідну фазу водності.

Таблиця 2. Ймовірне відхилення розрахункових величин середнього стоку води багатоводних та маловодних фаз

Ймовірне відхилення величин стоку води, %	Річки басейну		
	Тиси	Пруту та Сирету	Дністра
багатоводна фаза	±3	±11	±7
маловодна фаза	±4	±7	±8

Запропоновані рівняння регресії щодо оцінки середніх річних витрат води в періоди багатоводних та маловодних фаз від середніх багаторічних їх значень (рис. 1-3) були перевірені за даними спостережень на гідрологічних постах за стоком води за попередні роки для річок басейнів Тиси (табл. 3), Пруту та Сирету (табл. 4) і Дністра (табл. 5) з визначенням показника ймовірності неперевищення ймовірних відхилень p у багатоводні та маловодні фази, який визначається за формулою: $p = n/N \cdot 100$, де n – кількість розрахункових оцінок, які не вийшли за межі ймовірних відхилень, N – загальна кількість проведених оцінок. Забезпеченість розрахункових оцінок водності у фази водності за рівняннями регресії за порівнянням їх з емпіричними даними для річок басейну Тиси для маловодної фази водності склала 79 %, для багатоводної – 89.5 %, для річок басейну Пруту та Сирету для маловодної фази – 70 %, для багатоводної – 100 %, для річок Правобережжя Дністра для маловодної фази – 81.8 %, для багатоводної – 95.5 %. Отже, ймовірності неперевищення ймовірних відхилень розрахункових величин річного стоку води у фази водності від фактичних в середньому для річок Українських Карпат для маловодних періодів склала 77 %, для багатоводних – 95 % (табл. 3-5).

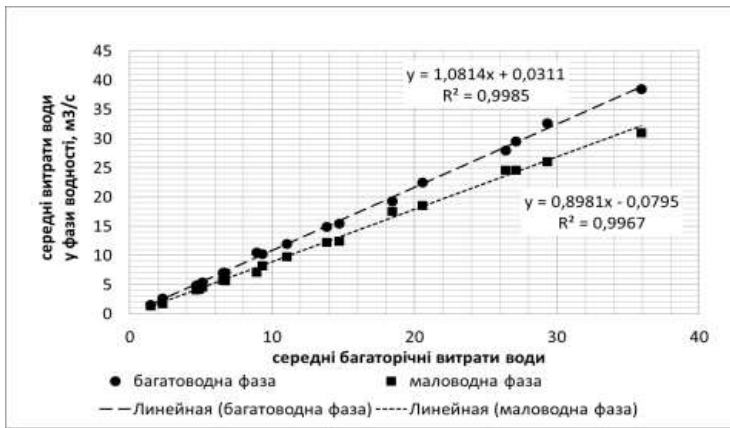


Рис. 1 Співвідношення середніх річних витрат води в періоди багатоводних та маловодних фаз від середніх багаторічних їх значень для річок у басейні Тиси

Таблиця 3. Перевірочні розрахунки водності багатоводних та маловодних періодів для річок басейну Тиси

Річка – гідрологічний пост	Середня витрата води (за емпіричними даними), м³/с			Прогнозні оцінки (за залежностями рис. 1)				Результати перевірки прогнозних оцінок *	
	багаторічна	маловодна фаза	багатоводна фаза	Маловодна фаза		Багатоводна фаза		маловодна фаза	багатоводна фаза
				середня витрата води, м³/с	ймовірна похибка, м³/с	середня витрата води, м³/с	ймовірна похибка, м³/с		
Тиса – Рахів	27,1	24,67	29,54	24,26	±0,97	29,34	±0,88	+	+
Біла Тиса – Луги	5,1	4,6	5,39	4,50	±0,18	5,55	±0,17	+	+
Чорна Тиса – Ясиня	4,83	4,2	5,08	4,26	±0,17	5,25	±0,16	+	+
Косівська – Кос.Поляна	4,63	4,18	4,85	4,08	±0,16	5,04	±0,15	+	+
Тересва Усть – Чорна	18,4	17,6	19,3	16,45	±0,66	19,93	±0,60	-	+
Ріка – Верхній Бистрий	13,8	12,3	14,9	12,31	±0,49	14,95	±0,45	+	+
Боржава Довге	11	9,8	12	9,80	±0,39	11,93	±0,36	+	+
Пилипець – Пилипець	1,45	1,39	1,55	1,22	±0,05	1,60	±0,05	-	+
Голятинка – Майдан	2,18	1,93	2,43	1,88	±0,08	2,39	±0,07	+	+
Латориця – Підполоззя	9,3	8,3	10,3	8,27	±0,33	10,09	±0,30	+	+
Латориця – Свалява	14,7	12,5	15,5	13,12	±0,52	15,93	±0,48	+	+
Латориця – Мукачеве	26,4	24,6	28	23,63	±0,95	28,58	±0,86	+	+
Віча – Неліпино	6,68	5,7	7,1	5,92	±0,24	7,25	±0,22	+	+
Латориця – Чоп	35,9	31	38,5	32,16	±1,29	38,85	±1,17	+	+
Стара – Зняцево	2,27	1,75	2,65	1,96	±0,08	2,49	±0,07	-	-
Уж – Жорнава	6,54	5,8	7,1	5,79	±0,23	7,10	±0,21	+	+
Уж – Зарічне	20,6	18,6	22,5	18,42	±0,74	22,31	±0,67	+	+
Уж – Ужгород	29,3	26,1	32,7	26,23	±1,05	31,72	±0,95	+	+
Тур'я – Сімер	8,88	7,2	10,56	7,90	±0,32	9,63	±0,29	-	-

Примітка: * + справдилися, - не справдилися

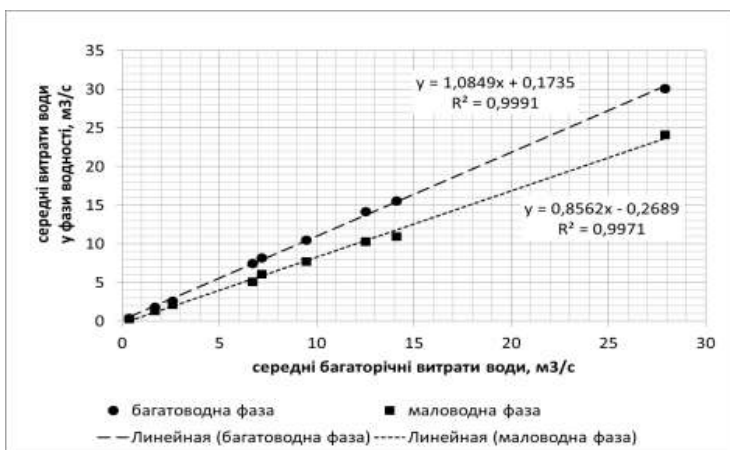


Рис. 2 Співвідношення середніх річних витрат води в періоди багатоводних та маловодних фаз від середніх багаторічних їх значень для річок у басейнах Пруту та Сірету

Таблиця 4 Перевірочні розрахунки водності багатоводних та маловодних періодів для річок басейну Пруту та Сірету

Річка – гідрологічний пост	Середня витрата води (за емпіричними даними), м ³ /с			Прогнозні оцінки (за залежностями рис. 2)				Результати перевірки прогнозних оцінок *	
				Маловодна фаза		Багатоводна фаза			
	багато-річна	мало-водна фаза	багато-водна фаза	середня витрата води, м ³ /с	ймовірна похибка, м ³ /с	середня витрата води, м ³ /с	ймовірна похибка, м ³ /с	мало-водна фаза	багато-водна фаза
Сірет – Сторожинець	6,7	5,1	7,5	5,47	±0,38	7,44	±0,82	+	+
Прут – Ворохта	1,99	1,54	2,45	1,43	±0,10	2,33	±0,26	+	+
Прут – Татарів	7,16	6,1	8,21	5,86	±0,41	7,94	±0,87	+	+
Прут – Яремче	12,5	10,3	14,2	10,43	±0,73	13,73	±1,51	+	+
Чорнява – Любківці	1,55	1,27	1,82	1,05	±0,07	1,85	±0,20	-	+
Черемош – Устерки	27,9	24,1	30,1	23,62	±1,65	30,44	±3,35	+	+
Біл.Черемош – Яблуниця	9,45	7,75	10,5	7,82	±0,55	10,43	±1,15	+	+
Чор.Черемош–Верховина	14,1	11	15,6	11,80	±0,83	15,47	±1,70	+	+
Ільця – Ільці	1,67	1,37	1,8	1,16	±0,08	1,99	±0,22	-	+
Путила – Путила	2,58	2,13	2,65	1,94	±0,14	2,97	±0,33	-	+

Примітка: * + справдилися, - не справдилися

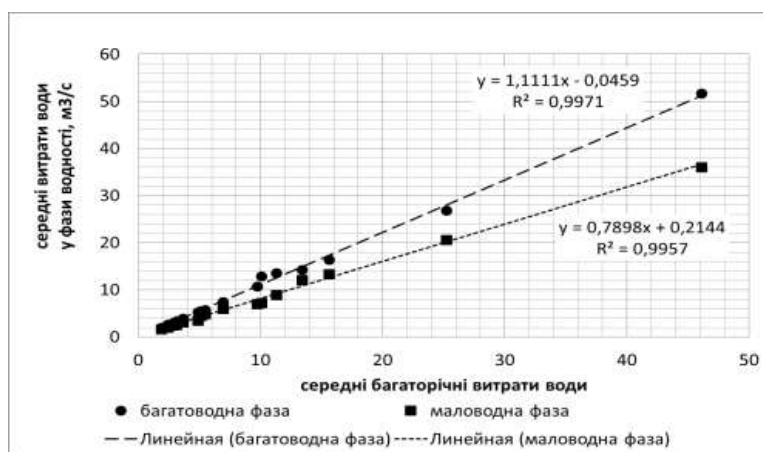


Рис. 3 Співвідношення середніх річних витрат води в періоди багатоводних та маловодних фаз від середніх багаторічних їх значень для річок правобережжя Дністра

Таблиця 5 Перевірочні розрахунки водності багатоводних та маловодних періодів для річок правобережжя Дністра

Річка – гідрологічний пост	Середня витрата води (за емпіричними даними), м ³ /с			Прогнозні оцінки (за залежностями рис. 3)				Результати перевірки прогнозних оцінок *	
				Маловодна фаза		Багатоводна фаза			
	багато-річна	мало-водна фаза	багато-водна фаза	середня витрата води, м ³ /с	ймовірна похибка, м ³ /с	середня витрата води, м ³ /с	ймовірна похибка, м ³ /с	мало-водна фаза	багато-водна фаза
Дністер – Стрілки	5,1	4,48	5,56	4,24	±0,34	5,62	±0,39	+	+
Дністер – Самбір	11,3	8,94	13,6	9,14	±0,73	12,51	±0,88	+	+
Дністер – Розділ	46,1	36,1	51,7	36,62	±2,93	51,18	±3,58	+	+
Стрий – Матків	2,84	2,4	3,05	2,46	±0,20	3,11	±0,22	+	+
Стрий – Завадівка	15,6	13,4	16,39	12,54	±1,00	17,29	±1,21	+	+
Славська – Славське	1,86	1,66	1,99	1,68	±0,13	2,02	±0,14	+	+
Орава – Святослав	3,65	3,12	3,96	3,10	±0,25	4,01	±0,28	+	+
Орава – Ясениця	20,9	20,63	21,24	16,75	±1,34	23,21	±1,63	-	+
Стрий – В. Синевидне	39,9	34,33	45,56	31,76	±2,54	44,34	±3,10	+	+
Опір – Сколе	13,4	12,1	14,3	10,80	±0,86	14,84	±1,04	-	+
Свіча – Мислівка	5,45	4,86	5,77	4,52	±0,36	6,01	±0,42	+	+
Свіча – Зарічне	25,2	20,6	26,8	20,12	±1,61	27,95	±1,96	+	+
Сукель – Тисів	3,11	2,57	3,26	2,67	±0,21	3,41	±0,24	+	+
Лужанка – Гошів	2,41	2,03	2,68	2,12	±0,17	2,63	±0,18	+	+

Річка – гідрологічний пост	Середня витрата води (за емпіричними даними), м ³ /с			Прогнозні оцінки (за залежностями рис. 3)				Результати перевірки прогнозних оцінок *	
				Маловодна фаза		Багатоводна фаза			
	багаторічна	маловодна фаза	багатоводна фаза	середня витрата води, м ³ /с	ймовірна похибка, м ³ /с	середня витрата води, м ³ /с	ймовірна похибка, м ³ /с	маловодна фаза	багатоводна фаза
Лімниця – Осмолода	6,91	5,96	7,46	5,67	±0,45	7,63	±0,53	+	+
Лімниця – Перевозець	23,01	20,75	25,43	18,45	±1,48	25,61	±1,79	-	+
Стрваж – Луки	9,7	7,01	10,7	7,88	±0,63	10,73	±0,75	+	+
Б.Надвірн. – Пасічна	10,9	9,87	12,1	8,89	±0,71	12,16	±0,85	+	+
Б.Надвірн. – Черніїв	10,71	9,6	11,81	8,67	±0,69	11,85	±0,83	+	+
Ворона – Тисьмениця	4,85	3,45	5,32	4,04	±0,32	5,34	±0,37	+	+
Б.-Солотв. – Гута	3,13	2,53	3,41	2,69	±0,21	3,43	±0,24	+	+
Б.-Солотв – Ів.-Франківськ	10,1	7,25	12,93	8,18	±0,65	11,17	±0,78	-	-

Примітка: * + справдилися, - не справдилися

Висока забезпеченість перевірок розрахункових оцінок водності багатоводних та маловодних періодів за рівняннями регресії у порівнянні їх з емпіричними для річок басейнів Тиси, Пруту та Сірета і правобережжя Дністра, а отже, значущість запропонованих рівнянь надало змогу узагальнити ймовірні середні витрати води у багатоводну та маловодну фази циклу для річок досліджуваних басейнів Українських Карпат від середніх багаторічних їх значень (табл. 6-8).

Таблиця 6. Узагальнені співвідношення середніх витрат води річок басейну Тиси в періоди багатоводних та маловодних фаз від середніх багаторічних їх значень

Витрати води, м ³ /с				Витрати води, м ³ /с			
середні за багаторічний період	середні у багатоводну фазу	середні у маловодну фазу	як різниця у фазах водності	середні за багаторічний період	середні у багатоводну фазу	середні у маловодну фазу	як різниця у фазах водності
0,5	0,57	0,37	0,20	22,0	23,82	19,68	4,14
1,0	1,11	0,82	0,29	24,0	25,98	21,47	4,51
2,0	2,19	1,72	0,48	26,0	28,15	23,27	4,88
3,0	3,28	2,61	0,66	28,0	30,31	25,07	5,24
4,0	4,36	3,51	0,84	30,0	32,47	26,86	5,61
5,0	5,44	4,41	1,03	32,0	34,64	28,66	5,98
6,0	6,52	5,31	1,21	34,0	36,80	30,46	6,34
7,0	7,60	6,21	1,39	36,0	38,96	32,25	6,71
8,0	8,68	7,11	1,58	38,0	41,12	34,05	7,08
9,0	9,76	8,00	1,76	40,0	43,29	35,84	7,44
10,0	10,85	8,90	1,94	42,0	45,45	37,64	7,81
12,0	13,01	10,70	2,31	44,0	47,61	39,44	8,18
14,0	15,17	12,49	2,68	46,0	49,78	41,23	8,54
16,0	17,33	14,29	3,04	48,0	51,94	43,03	8,91
18,0	19,50	16,09	3,41	50,0	54,10	44,83	9,28
20,0	21,66	17,88	3,78				

Таблиця 7. Узагальнені співвідношення середніх витрат води річок басейнів Пруту та Сірету в періоди багатоводних та маловодних фаз від середніх багаторічних їх значень

Витрати води, м ³ /с				Витрати води, м ³ /с			
середні за багаторічний період	середні у багатоводну фазу	середні у маловодну фазу	як різниця у фазах водності	середні за багаторічний період	середні у багатоводну фазу	середні у маловодну фазу	як різниця у фазах водності
0,5	0,72	0,16	0,56	22,0	21,87	18,57	5,47
1,0	1,26	0,59	0,67	24,0	24,04	20,28	5,93
2,0	2,34	1,44	0,90	26,0	26,21	21,99	6,39
3,0	3,43	2,30	1,13	28,0	28,38	23,70	6,85
4,0	4,51	3,16	1,36	30,0	30,55	25,42	7,30

Витрати води, м ³ /с				Витрати води, м ³ /с			
середні за багаторічний період	середні у багатоводну фазу	середні у маловодну фазу	як різниця у фазах водності	середні за багаторічний період	середні у багатоводну фазу	середні у маловодну фазу	як різниця у фазах водності
5,0	5,60	4,01	1,59	32,0	32,72	27,13	7,76
6,0	6,68	4,87	1,81	34,0	34,89	28,84	8,22
7,0	7,77	5,72	2,04	36,0	37,06	30,55	8,68
8,0	8,85	6,58	2,27	38,0	39,23	32,27	9,13
9,0	9,94	7,44	2,50	40,0	41,40	33,98	9,59
10,0	11,02	8,29	2,73	42,0	43,57	35,69	10,05
12,0	13,19	10,01	3,19	44,0	45,74	37,40	10,51
14,0	15,36	11,72	3,64	46,0	47,91	39,12	10,96
16,0	17,53	13,43	4,10	48,0	50,08	40,83	11,42
18,0	19,70	15,14	4,56	50,0	52,25	42,54	11,88
20,0	21,87	16,86	5,02				

Таблиця 8. Узагальнені співвідношення середніх витрат води річок правобережжя Дністра в періоди багатоводних та маловодних фаз від середніх багаторічних їх значень

Витрати води, м ³ /с				Витрати води, м ³ /с			
середні за багаторічний період	середні у багатоводну фазу	середні у маловодну фазу	як різниця у фазах водності	середні за багаторічний період	середні у багатоводну фазу	середні у маловодну фазу	як різниця у фазах водності
0,5	0,51	0,49	0,02	22,0	24,40	17,59	6,81
1,0	1,07	1,00	0,06	24,0	26,62	19,17	7,45
2,0	2,18	1,79	0,38	26,0	28,84	20,75	8,09
3,0	3,29	2,58	0,70	28,0	31,06	22,33	8,74
4,0	4,40	3,37	1,02	30,0	33,29	23,91	9,38
5,0	5,51	4,16	1,35	32,0	35,51	25,49	10,02
6,0	6,62	4,95	1,67	34,0	37,73	27,07	10,66
7,0	7,73	5,74	1,99	36,0	39,95	28,65	11,31
8,0	8,84	6,53	2,31	38,0	42,18	30,23	11,95
9,0	9,95	7,32	2,63	40,0	44,40	31,81	12,59
10,0	11,07	8,11	2,95	42,0	46,62	33,39	13,23
12,0	13,29	9,69	3,60	44,0	48,84	34,97	13,88
14,0	15,51	11,27	4,24	46,0	51,06	36,55	14,52
16,0	17,73	12,85	4,88	48,0	53,29	38,12	15,16
18,0	19,95	14,43	5,52	50,0	55,51	39,70	15,80
20,0	22,18	16,01	6,17				

Отримані результати (табл. 6-8) можна використати для прогнозних оцінок можливих значень середнього стоку, які можна очікувати в багатоводні та маловодні фази водності для будь-якої річки Українських Карпат, враховуючі в якій річковій системі вона знаходиться та знаючи середню багаторічну витрату води та часові межі та порядок фаз водності.

Висновки. У структурі часових послідовностей середнього річного стоку води річок Українських Карпат (річкових систем Тиси, Пруту та Сірету, правобережжя Дністра) чітко виділяється мінливість, яка є подібною для річок досліджуваних річкових систем і їм властиві спільні закономірності стохастичних зв'язків і циклічних коливань. Висока достовірність циклів із періодами 29 ± 2 років свідчить про стабільну повторюваність періодів високої та низької водності. Графіки співвідношень середніх річних витрат води в періоди багатоводних та маловодних фаз від середніх багаторічних їх значень для річок окремо річкових систем Тиси, Пруту та Сірету, правобережжя Дністра показали, що якісна характеристика таких зв'язків оцінюється як дуже висока. Перевірочні розрахункові оцінки стоку води у фази водності за рівняннями регресії у порівнянні їх з емпіричними даними для річок басейнів Тиси, Пруту та Сірета, правобережжя Дністра та їх висока забезпеченість (ймовірності неперевіщення ймовірних відхилень для маловодних періодів склала 77 %, для багатоводних – 95 %) надало змогу узагальнити ймовірно очікувані середні витрати води у багатоводну та маловодну фази циклу від середніх

багаторічних їх значень для річок досліджуваних басейнів Українських Карпат, які можна використати для прогнозних оцінок можливих значень стоку води в багатоводні та маловодні фази водності для будь-якої річки Українських Карпат.

Список літератури

1. Лук'янець О.І., Камінська Т.П. Закономірності та просторова синхронність багаторічних циклічних коливань водного стоку річок Українських Карпат. Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. Вип. 744–745: Географія. 2015. С. 18-24.
2. Лук'янець О.І., Сосєдко М.М. Багаторічні коливання водності в Карпатах // Матеріали міжнародної конференції "Стихійні явища в Карпатах". Рахів. 1999. С.195-199.
3. Лук'янець О.І., Ободовський О.Г., Гребінь В.В., Почаєвець О.О., Корнієнко В.О. Просторові закономірності зміни середнього річного стоку води річок України. Укр. геогр. журнал, 2021, N1, с. 06-14. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.01.006>.
4. Лук'янець О.І., Ободовський О.Г., Гребінь В.В., Москаленко С.О., Почаєвець О.О., Корнієнко В.О. Прогнозні оцінки водного стоку річок України на основі стохастичних закономірностей його багаторічних коливань. Укр. геогр. журн., 4(116). 2021, С. 8-19. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.04.008>.
5. Ободовський, О., Лук'янець, О., Москаленко, С. & Корнієнко, В. Узагальнення середнього річного стоку води річок відповідно до гідрографічного районування України. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Серія «Геологія. Географія. Екологія», 2019. №51 С. 158-170. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-51-11>.
6. Очеретнюк А.І., Лук'янець О.І. Багаторічна мінливість статистичних параметрів розподілу середнього річного стоку води річок України з найдовшими рядами спостережень. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2020. № 3(58). С. 39-48. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.3.4>.
7. Ромащенко М.І., Савчук Д.П. Водні стихії. Карпатські повені. Статистика, причини, регулювання. К.: Аграрна наука, 2002. 150-200 с.
8. Сусідко М.М., Лук'янець О.І. Можливості оцінювання річкового стоку в Карпатах на найближчі роки з урахуванням його багаторічних коливань. Наукові праці УкрНДГМІ. 1998. Вип.246. С.46-55.
9. Grebin V., Didovets I, Korniienko V., Korohoda N., Kryvets O., Kuprikov I., Lukianets O., Obodovskyi O., Onyschuk V., Pochaievets O., Snizhko S., Shevchenko O. River runoff in Ukraine under climate change conditions. Monograph, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. 180 p.
10. Luk'yanets O., Sossedko M. Die Abflussbewertung auf nächste Jahre in den Karpaten unter Berücksichtigung der mehrjährigen Abflussschwankungen // Sammelband der XIX. Konferenz der Donauländer. Osijek (Kroatien). 1998. S.393-401
11. Lukianets Olga and Obodovskyi Iurii Spatial, Temporal and Forecast Evaluation of Rivers' Streamflow of the Drainage Basin of the Upper Tisa under the Conditions of Climate Change. - Scientific Journal: ENVIRONMENTAL Research, Engineering and Management, No. 71(1). Kaunas, KTU. 2015. P. 36-46.
12. Lukianets Olga Stochastic regularities of long-term fluctuation of average annual runoff of rivers of Tisza river basin (within the Ukraine). Electronic Book with full papers from XXVII Conference of Danubian Countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management 26-28 September 2017, Golden Sands, Bulgaria. P. 280-290.
13. Moskalenko S. O., Malytska L. V. Spatial correlation function of the mean annual water runoff of the river of Ukraine. Conference Proceedings, Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2020, May 2020, Volume 2020, p.1– 5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo119>.
14. Obodovskyi Oleksandr, Lukianets Olga Patterns and Forecast of Long-term Cyclical Fluctuations of the Water Runoff of Ukrainian Carpathians Rivers. Scientific Journal of Environmental Research, Engineering and Management, Vol. 73, No.1. Kaunas University of Technology, 2017. P. 33-47.

References

1. Lukianets O.I., Kaminska T.P. Zakonomirnosti ta prostoroiva synkhronnist bahatorichnykh tsyklichnykh kolyvan vodnoho stoku richok Ukrainykykh Karpat [Regularities and spatial synchronicity of multi-year cyclical fluctuations of the water flow of the Ukrainian Carpathians]. Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu: zbirnyk naukovykh prats. Chernivtsi: Chernivetskyi nats. un-t. Vyp. 744–745: Heohrafiia. 2015. S. 18-24.
2. Lukianets O.I., Sosiedko M.M. Bahatorichni kolyvannia vodnosti v Karpatakh [Long-term fluctuations in water content in the Carpathians] // Materialy mizhnarodnoi konferentsii "Stykhiini yavyscha v Karpatakh". Rakhiv. 1999. S.195-199.
3. Lukianets O.I., Obodovskyi O.H., Hrebin V.V., Pochaievets O.O., Korniienko V.O. 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]. Ukr. heohr. zhurnal, 2021, N1, s. 06-14. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.01.006>.

4. *Lukianets O.I., Obodovskyi O.H., Hrebin V.V., Moskalenko S.O., Pochaievets O.O., Korniienko V.O.* Prohnozni otsinky vodnoho stoku richok Ukrainy na osnovi stokhastychnykh zakonomirnosti yoho bahatorichnykh kolyvan [Forecast of the water flow of the rivers of Ukraine based on stochastic regularities of its long-term fluctuations]. Ukr. heohr. zhurn., 4(116). 2021, S. 8-19. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.04.008>.

5. *Obodovskyi, O., Lukianets, O., Moskalenko, S. & Korniienko, V.* Uzahalnennia serednoho richnoho stoku vody richok vidpovidno do hidrografichnoho raionuvannia Ukrainy [Generalization of the average annual water runoff of the rivers according to the hydrographic zoning of Ukraine]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina, Seriya «Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia», 2019. №51 S. 158-170. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-51-11>.

6. *Ocheretniuk A.I., Lukianets O.I.* Bahatorichna minlyvist statystychnykh parametriv rozpodilu serednoho richnoho stoku vody richok Ukrainy z naidovshymy riadamy sposterezhen [Long-term variability of the statistical parameters of the distribution of the average annual water flow of the rivers of Ukraine with the longest series of observations]. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia, 2020. № 3(58). C. 39-48. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.3.4>.

7. *Romashchenko M.I., Savchuk D. P.* Vodni stykhii. Karpatski poveni. Statystyka, prychny, rehulivannia [Water disasters. Carpathian floods. Statistics, reasons, regulation]. K.: Ahrarna nauka, 2002. 150-200 s.

8. *Susidko M.M., Lukianets O.I.* Mozhlyvosti otsiniuvannia richkovoho stoku v Karpatakh na naiblyzhchi roky z urakhuvanniam yoho bahatorichnykh kolyvan // Naukovi pratsi UkrNDHMI. 1998. Vyp.246. S.46-55

9. *Grebin V., Didovets I, Korniienko V., Korohoda N., Kryvets O., Kuprikov I., Lukianets O., Obodovskyi O., Onyschuk V., Pochaievets O., Snizhko S., Shevchenko O.* River runoff in Ukraine under climate change conditions. Monograph, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. 180 p.

10. *Luk'yanets O., Sossedko M.* Die Abflussbewertung auf nächste Jahre in den Karpaten unter Berücksichtigung der mehrjährigen Abflussschwankungen // Sammelband der XIX. Konferenz der Donauländer. – Osijek (Kroatien). 1998. S.393-401

11. *Lukianets Olga and Obodovskyi Iurii* Spatial, Temporal and Forecast Evaluation of Rivers' Streamflow of the Drainage Basin of the Upper Tisa under the Conditions of Climate Change. - Scientific Journal: ENVIRONMENTAL Research, Engineering and Management, No. 71(1). Kaunas, KTU. 2015. P. 36-46.

12. *Lukianets Olga* Stochastic regularities of long-term fluctuation of average annual runoff of rivers of Tisza river basin (within the Ukraine). Electronic Book with full papers from XXVII Conference of Danubian Countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management 26-28 September 2017, Golden Sands, Bulgaria. P. 280-290.

13. *Moskalenko S. O., Malytska L. V.* Spatial correlation function of the mean annual water runoff of the river of Ukraine. Conference Proceedings, Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2020, May 2020, Volume 2020, p.1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo119>.

14. *Obodovskyi Oleksandr, Lukianets Olga* Patterns and Forecast of Long-term Cyclical Fluctuations of the Water Runoff of Ukrainian Carpathians Rivers. Scientific Journal of Environmental Research, Engineering and Management, Vol. 73, No.1. Kaunas University of Technology, 2017. P. 33-47.

Average annual water flow of the rivers of the Ukrainian Carpathians in the high-water and low-water phases of the water level

Lukianets O.I., Obodovskyi O.H., Moskalenko S.O.

The assessment of the average annual runoff of the rivers of the Ukrainian Carpathians in the high-water and low-water phases of water was carried out on the basis of a stochastic analysis and the identification of characteristic patterns of alternation of such periods within the boundaries of the Tisza, Dniester, Prut and Siret river systems. The study was carried out using a methodological base based on statistical means of generalization, data systematization, methods for estimating temporal random sequences, methods for analyzing the long-term variability of time series of water runoff characteristics and identifying their structure. As a result of the study, the variability in the structure of the time series of the average annual water discharge of the rivers of the Ukrainian Carpathians is clearly revealed. Such variability is similar for rivers within the studied river systems and is characterized by common patterns of stochastic relationships and cyclic fluctuations. The high reliability of cycles with periods of 29 ± 2 years indicates a stable recurrence of periods of high and low water content. The graphs of the relationships between the average annual water discharges during the periods of high and low water content and their average long-term values for the rivers of the Tisza, Prut and Siret river systems on the right bank of the Dniester showed that the qualitative characteristics of such relationships are assessed as very high. The estimates of water discharge in the water phase for the rivers of the Tisza, Prut, Siret and the right bank of the Dniester basins were checked using regression equations in comparison with empirical data and their high reliability (the probability of not exceeding probable deviations in dry periods was 77%, in high-water periods - 95%), which made it possible to generalize the

ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2023. № 1 (67)**