

ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

УДК 556.166

Л.О. Горбачова, В.В. Бібік

ЧАСОВА ОДНОРІДНІСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНОГО СТОКУ В БАСЕЙНІ РІЧКИ БОРЖАВА

Виконано аналіз оцінки часової однорідності рядів спостережень середньорічного та максимального стоку в басейні річки Боржава за гідролого-генетичними та статистичними методами. Встановлено періоди високої та низької водності річок.

Ключові слова: середньорічний стік, максимальний стік, лінійний тренд, стаціонарність, однорідність, статистичні критерії.

Вступ

Оцінка однорідності рядів спостережень є початковим, але не менш важливим етапом наукового дослідження. Зрозуміло, що цьому питанню присвячено велику кількість наукових публікацій, в яких застосовуються різні методи. У сучасній гідрології найбільше застосування отримали саме статистичні (параметричні та непараметричні) методи, незважаючи на те, що більшість статистичних критеріїв, за якими виконується оцінка однорідності залежить від законів розподілу, які зазвичай не притаманні гідрологічним рядам. Багато дослідників використовують рекомендовані нормативними документами [1, 2] статистичні критерії Фішера та Стьюдента, які, незважаючи на виконане узагальнення, мають все ж таки обмежений діапазон застосування [3] і зовсім не враховують циклічні коливання стоку [4, 5]. При цьому, в більшості досліджень не виконується фізичного (генетичного) аналізу однорідності, що є порушенням вимог нормативних документів. У багатьох публікаціях наводяться результати, які вказують на порушення стаціонарності і однорідності характеристик водного стоку річок України [6-10]. Прийняття таких результатів за достовірні виключає застосування апарата математичної статистики під час розрахунків характеристик стоку, значно ускладнює гідрологічне прогнозування та вимагає розробки нових методів обробки гідрологічної інформації. Зауважимо, що більшість дослідників ні нових методів, ні практичних рекомендацій, як правило, не наводять, а виявлена

неоднорідність пояснюється винятково впливом кліматичних змін. Отже, питання достовірності оцінки як часової, так і просторово-часової однорідності гідрологічних рядів спостережень сьогодні не можна вважати вирішеним. За таких умов актуальним завданням є розробка методичних засад оцінки однорідності рядів спостережень, які надади б можливість отримувати більш достовірні оцінки.

Метою роботи є аналіз оцінки часової однорідності рядів спостережень за стоком води річок басейну р. Боржава за найбільш вживаними статистичними критеріями (Стьюдента, Фішера, статистичною значимістю лінійних трендів) та гідролого-генетичними методами (сумарні, різницево-інтегральні криві, сумісні хронологічні графіки).

Виклад основного матеріалу досліджень

Басейн річки Боржава розташований на південно-західних схилах Українських Карпат та на Закарпатській низовині. Довжина річки становить 106 км, площа водозбору – 1450 км², загальне падіння – 1386 м, середній похил – 13 м/км.



Рис. 1 Басейн річки Боржава

Абсолютна висота водозбору змінюється в межах від 120 м до 1600 м. Клімат басейну є помірно-континентальним. Середньорічні температури повітря влітку коливаються від $+16,4^{\circ}$ до $+20,2^{\circ}$ °С, а взимку – від $-2,7^{\circ}$ до $-5,0^{\circ}$ °С. Середньорічна кількість опадів змінюється в межах 687-1204 мм. У басейні формуються переважно інтенсивні, інколи катастрофічні зливи, які викликають паводки на річках і завдають значних матеріально-технічних збитків, а подекуди й загибель людей. Наявність значних опадів у зимово-весняний період не дозволяє впевнено виділити тривалість весняної повені. З огляду на це, паводки змішаного походження і повинь розглядаються як паводки холодного періоду року.

У межах басейну гідрологічні спостереження проводяться на трьох постах: р. Боржава – смт Довге, р. Іршава – смт Іршава та р. Боржава – с. Шаланки (рис. 1). Дані спостережень цих постів і було використано для дослідження. Оскільки спостереження за стоком води на постах р. Іршава – смт Іршава та р. Боржава – с. Шаланки припинено відповідно в 1987 і 1997 роках, було проведено відновлення та подовження рядів середньорічних, максимальних витрат води з використанням методу парної регресії за даними річок аналогів згідно з положеннями СНіП 2.01.14-83 [1] та за допомогою програми HydroStatCal (Державний гідрологічний інститут, Росія). Відомості про відновлення та подовження на прикладі середньорічних витрат води наведено в табл. 1. Відновлення максимального стоку води для пункту спостережень р. Іршава – смт Іршава не було виконано за відсутністю аналога.

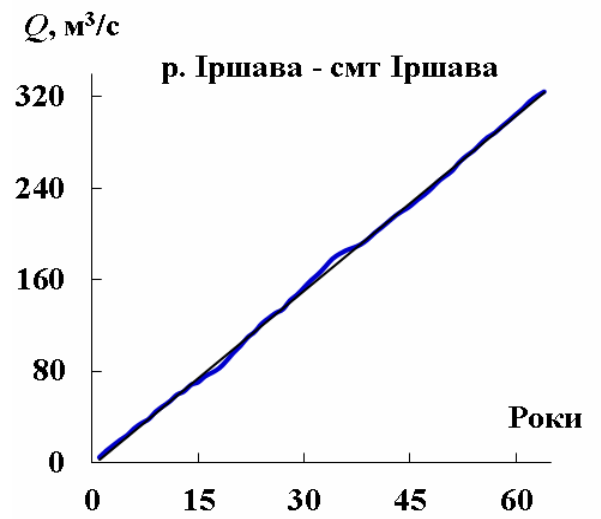
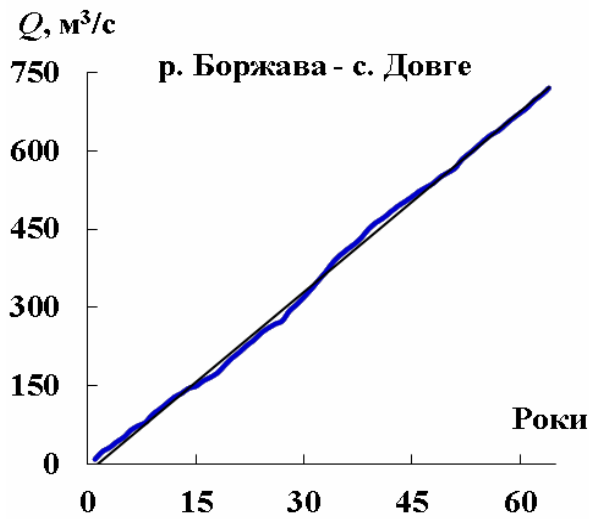
Для оцінки однорідності рядів спостережень середньорічного та максимального стоку було побудовано сумарні інтегральні криві (рис. 2). На відповідних графіках видно, що переломних моментів на сумарних інтегральних кривих немає, що свідчить про однорідність рядів спостережень, тобто відсутність кардинальних змін у водному режимі р. Боржава.

Кількісну оцінку внутрішньорядної однорідності рядів спостережень виконано за узагальненими критеріями Фішера F (для дисперсій) та Стьюдента t (для середніх величин) для 5-% рівня значимості. Згідно з нормативним документом [1] та методичними рекомендаціями [2] оцінку часової однорідності методом парного порівняння виконано з урахуванням внутрішньорядної кореляції. Результати розрахунків автокореляційних зв'язків для середньорічних та максимальних витрат води в басейні р. Боржава наведено в табл. 2.

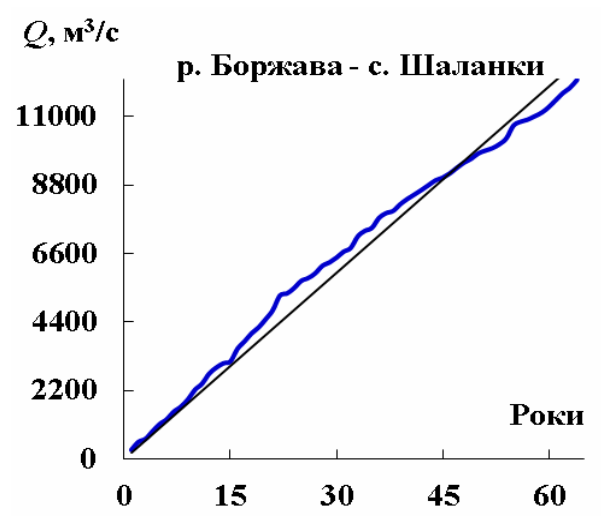
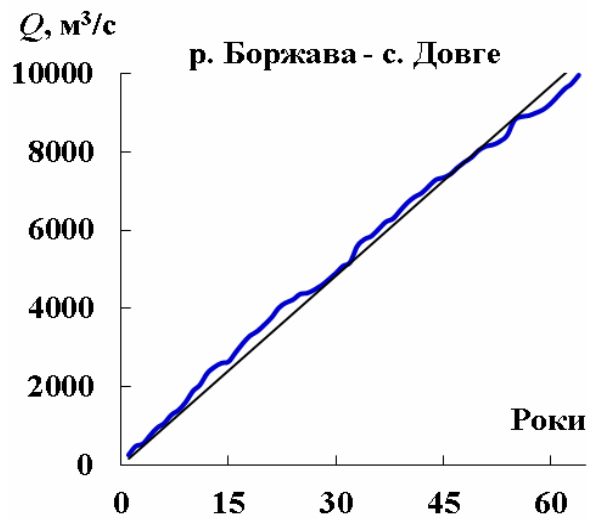
Таблиця 1

Відомості про відновлення та подовження середньорічних витрат води в басейні р. Боржава

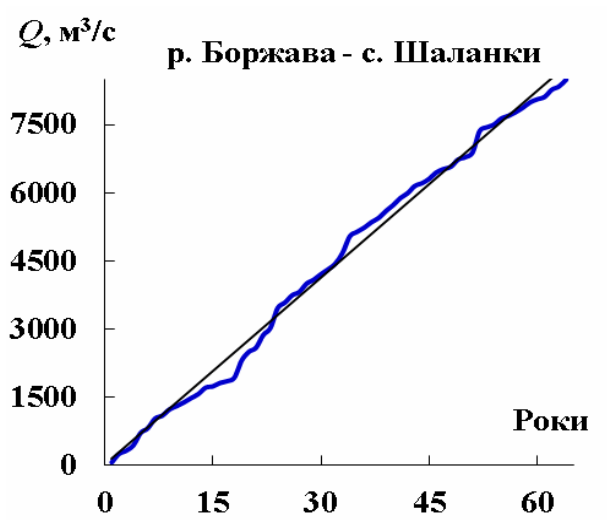
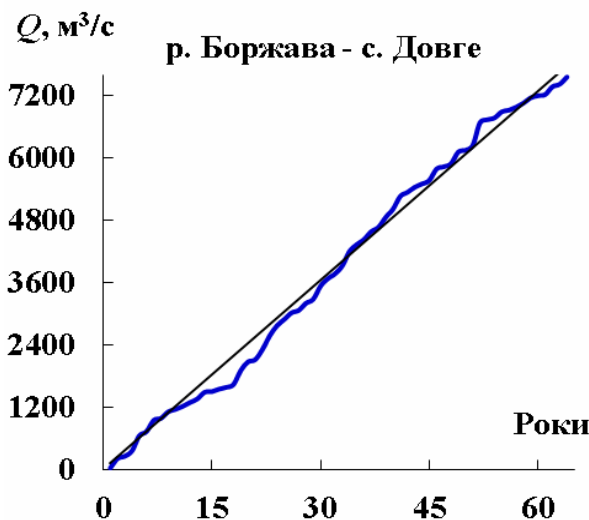
Річка	Річка-аналог	Умови			Роки, які було відновлено
		$n \geq 10$	$R \geq 0,7$	$k/\delta_k \geq 2$	
р. Боржава – с. Шаланки	р. Латориця – с. Підполоззя	36	0,90	2,34	1947-1951
	р. Латориця – м. Мукачеве	36	0,90	2,99	
	р. Тиса – м. Рахів	36	0,90	2,68	
	р. Стара – с. Зняцеве	36	0,91	18,3	1952-1954
	р. Іршава – смт Іршава	27	0,97	3,76	1955-1957
	р. Уж – м. Ужгород	36	0,97	3,12	
	р. Латориця – м. Мукачеве	36	0,97	3,45	
	р. Б. Черемош – с. Яблуниця	36	0,97	2,22	1958-1960
	р. Іршава – смт Іршава	27	0,97	3,24	
	р. Латориця – м. Чоп	36	0,97	7,97	
	р. Латориця – м. Мукачеве	36	0,93	2,89	1998-2009
	р. Тур'я – с. Сімер	36	0,93	4,08	
	р. Тиса – м. Рахів	36	0,93	2,07	
р. Іршава – смт Іршава	р. Уж – м. Ужгород	33	0,72	7,75	1947-1951
	р. Стара – с. Зняцеве	33	0,79	9,63	1952-1954
	р. Тур'я – с. Сімер	30	0,81	10,2	1988-2009



середньорічні витрати води



максимальні витрати води холодного періоду року



максимальні витрати води теплого періоду року

Рис. 2. Сумарні інтегральні криві середньорічних та максимальних витрат води в басейні р. Боржава

Таблиця 2

Внутрішньорядні кореляційні зв'язки середньорічних та максимальних витрат води в басейні р. Боржава

№	Річка - пост	$r(l)$
середньорічні витрати води		
1	р. Боржава – с. Довге	0,1
2	р. Боржава – с. Шаланки	0,1
3	р. Іршава – смт Іршава	0,1
максимальні витрати води холодного періоду року		
1	р. Боржава – с. Довге	0,1
2	р. Боржава – с. Шаланки	0,0
максимальні витрати води теплого періоду року		
1	р. Боржава – с. Довге	0,0
2	р. Боржава – с. Шаланки	0,0

Таблиця 3

Результати перевірки на часову однорідність середньорічних та максимальних витрат води в басейні р. Боржава за критеріями Стьюдента (t) та Фішера (F)

Річка-пост	t	$t_{кр}$	F	$F_{кр}$	Результат перевірки	
					Стьюдент	Фішер
середньорічні витрати води						
р. Боржава – с. Довге	0,60	2,19	1,57	2,15	однорідні	однорідні
р. Боржава – с. Шаланки	1,56	2,19	1,43	2,15	однорідні	однорідні
р. Іршава – смт Іршава	1,19	2,19	1,38	2,15	однорідні	однорідні
максимальні витрати води холодного періоду року						
р. Боржава – с. Довге	0,65	2,19	1,48	2,15	однорідні	однорідні
р. Боржава – с. Шаланки	1,99	2,00	1,31	2,14	однорідні	однорідні
максимальні витрати води теплого періоду року						
р. Боржава – с. Довге	1,28	2,14	0,03	2,00	однорідні	однорідні
р. Боржава – с. Шаланки	0,53	2,00	1,07	2,14	однорідні	однорідні

Виконаний аналіз часової однорідності рядів середньорічних та максимальних витрат води в басейні р. Боржава за критеріями Стьюдента та Фішера показав, що всі ряди спостережень є однорідними (табл. 3). Оцінку стаціонарності багаторічних коливань характеристик водного стоку

виконано шляхом розгляду статистичної значимості лінійних трендів згідно з [11].

Таблиця 4

Оцінка значимості лінійних трендів водного стоку в басейні р. Боржава

Річка – пост	Рівняння тренду	R^2	R	σ_R	$2\sigma_R$	$3\sigma_R$	Рез-тат
середньорічні витрати води							
р. Боржава – с. Довге	$y = 0,001x - 1,79$	0,008	0,09	0,126	0,252	0,378	"0"
р. Боржава – с. Шаланки	$y = 0,004x - 6,34$	0,056	0,24	0,120	0,240	0,360	"0"
р. Іршава – смт Іршава	$y = 0,0004x - 1,79$	0,001	0,028	0,127	0,254	0,381	"0"
максимальні витрати води холодного періоду року							
р. Боржава – с. Довге	$y = -0,005x + 11,3$	0,039	0,198	0,121	0,242	0,363	"0"
р. Боржава – с. Шаланки	$y = -0,007x + 14,5$	0,075	0,275	0,116	0,233	0,349	"А"
максимальні витрати води теплого періоду року							
р. Боржава – с. Довге	$y = -0,001x + 3,86$	0,001	0,037	0,126	0,252	0,377	"0"
р. Боржава – с. Шаланки	$y = -0,003x + 6,98$	0,007	0,083	0,125	0,250	0,375	"0"

“А” – тренд значущий, тобто ряд неоднорідний; “0” – тренд незначущий, тобто ряд однорідний

Аналіз багаторічної динаміки середньорічних та максимальних витрат води в басейні р. Боржава показав, що тільки один ряд спостережень має статистично значимий тренд на 5 %-му рівні значимості (табл. 4).

Однак, зазначимо, що динаміка коливань максимальних витрат води холодного періоду на двох постах має синхронні коливання та майже однакову тенденцію (рис. 3). Аналіз різницевих інтегральних кривих середньорічних витрат води показав, що для всіх трьох пунктів у басейні річки Боржава початок багатоводної фази припадає на середину 60-х років ХХ ст., а починаючи з кінця 70-х (для пунктів р. Боржава – с. Шаланки і р. Іршава – смт Іршава) та першої половини 80-х років (для пункту р. Боржава – с. Довге) ХХ ст. в цьому басейні розпочалась маловодна фаза (рис. 3), тривалість якої закінчилась у 1993 та 1997 роках з настанням початку другої багатоводної фази. Відмінність у строках

переходу до маловодної та багатоводної фаз для пункту р. Боржава – с. Довге можна пояснити більш вираженою вертикальною зональністю для цієї частини водозбору.

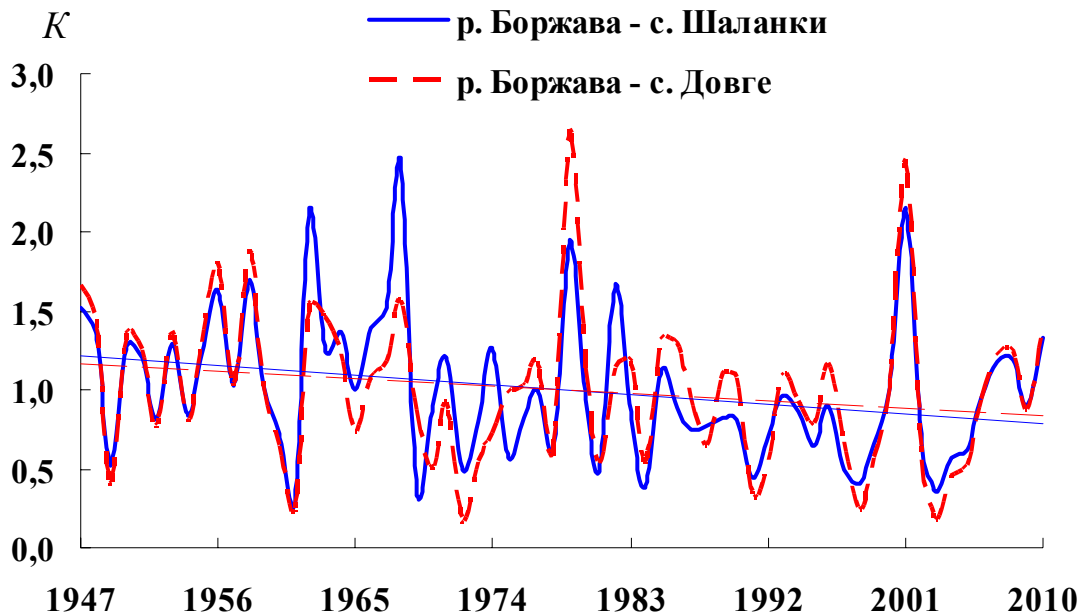


Рис. 3 Динаміка максимальних витрат води холодного періоду року в басейні р. Боржава

Для максимальних витрат води холодного періоду року спостереження розпочалися в багатоводну фазу, яка тривала до 1968 р. Після того розпочалась маловодна фаза, що триває і до сьогодні. Для максимальних витрат води теплого періоду року з 1964 р. до 1980 р. (р. Боржава – с. Шаланки) та 1985 р. (р. Боржава – с. Довге) тривала багатоводна фаза, після – маловодна (рис. 3). Отже, в останні 20 років у басейні р. Боржава для максимальних витрат води спостерігається маловодна фаза, що й обумовлює його зниження.

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Ряди спостережень за середньорічним та максимальним стоком води в басейні р. Боржава є однорідними, оскільки виконаний аналіз сумарних, різницево-інтегральних кривих та сумісних хронологічних графіків не виявив будь-яких суттєвих змін тенденцій у формуванні характеристик водного стоку.

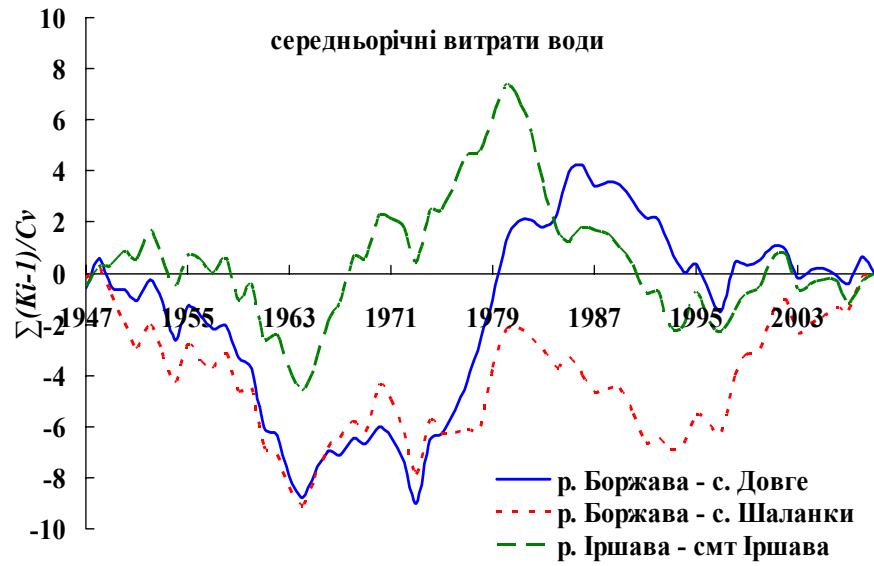


Рис. 4. Різницево-інтегральні криві водного стоку в басейні р. Боржава

2. Оцінка часової однорідності гідрологічних рядів спостережень за статистичними методами не завжди дозволяє отримати достовірні результати. Це пов'язано з особливостями гідрологічних рядів (асиметричність, мають закони розподілу, які відрізняються від нормального, циклічність), які майже не враховуються цими методами. Саме тому такі результати обов'язково необхідно підтверджувати аналізом однорідності за гідролого-генетичними методами, що повинно враховуватися в ході розробки нових нормативних документів.

3. Починаючи з кінця 90-х років ХХ століття для середньорічного стоку води розпочалася багатоводна фаза. Ряди середньорічних витрат води є репрезентативними для визначення розрахункових статистичних характеристик, оскільки мають один повний замкнутий цикл водності: багатоводну та маловодну фази.

4. За останні 20 років у басейні р. Боржава для максимальних витрат води спостерігається маловодна фаза, що й обумовлює їхнє зниження. Ряди максимальних витрат води як холодного, так і теплого періоду року не є репрезентативними для визначення розрахункових статистичних характеристик, оскільки мають не завершені цикли водності.

5. Отримані результати дозволять надалі визначити розрахункові характеристики середньорічних та максимальних витрат води, виконати аналіз умов формування паводків різної ймовірності.

* *

1. Определение расчетных гидрологических характеристик СНИП 2.01.14-83. – М.: Гос. комитет СССР по делам строительства. – 1983. – 97 с.
2. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат. – 1984. – 447 с.
3. *Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В.* Оценка точности гидрологических расчётов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – С. 276.
4. *Андреев В.Г.* Циклические колебания годового стока и их учёт при гидрологических расчётах. – Тр. ГГИ. – 1959. – Вып. 68. – С. 3-49
5. *Горбачова Л.О., Бауза Т.О.* Динаміка середньорічного стоку води гірських річок (на прикладі Закарпатської воднобалансової станції) // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2011. – Вип. 260. – С. 175-185.
6. *Василенко Є.В.* Характеристики весняного водопілля правобережних приток р. Прип'ять в сучасних кліматичних умовах: Автореф. дис... канд. геогр. наук.: 11.00.07 / К. – 2012. – 20 с.

7. Галік О.І., Яковшишина М.С. Однорідність рядів спостережень річного стоку у зв'язку із змінами клімату на прикладі річок Поліської області надмірної водності // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія: Матеріали п'ятої Всеукр. наук. конф. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, – 2011.– С. 26-27.
8. Холоденко В.С. Застосування непараметричних статистичних критеріїв оцінки однорідності рядів середньорічних витрат води, максимальних та мінімальних швидкостей течії води для річок Прип'ятського Полісся України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т. 2 (27). – С. 80-88.
9. Вишневецький В.І. Зміни клімату та річкового стоку на території України та Білорусі // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2001. – Вип. 249. – С. 89-105.
10. Гребінь В.В. Сучасні зміни стоку річок Прип'ятського Полісся // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2004. – Т. 6. – С. 74-84.
11. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчётных значений по неоднородным данным. – ГУ «ГГИ». – 2010. – С. 39-40.

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут, м. Київ*

Горбачёва Л.А., Бибик В.В.

Временная однородность характеристик водного стока в бассейне р. Боржава

Выполнен анализ оценки временной однородности рядов наблюдений среднегодового и максимального стока в бассейне реки Боржава на основе гидролого-генетических и статистических методов. Определены периоды высокой и низкой водности рек.

Ключевые слова: среднегодовой сток, максимальный сток, линейный тренд, стационарность, однородность, статистические критерии.

Gorbachova L., Bibik V.

Temporary homogeneity of the characteristics of the water flow in the Borzhava river basin

The analysis of temporal homogeneity estimation of observation series of the mean annual and maximum flow series in the Borzhava river basin on the basis of hydrological-genetic and statistical methods has been carried out. The periods of high and low flows have been determined.

Keywords: mean annual flow, maximum flow, linear trend, stationarity, homogeneity, statistical criterions.