

СТАТИСТИЧНІ ПАРАМЕТРИ ЧАСОВИХ РЯДІВ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВОДИ І ШАРІВ СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНІ РІЧКИ ДНІСТЕР

На базі сучасної вихідної інформації з максимального стоку весняного водопілля проаналізовані тенденції у змінах стокових характеристик і розраховані основні статистичні параметри часових рядів максимальних витрат води і шарів стоку в басейні річки Дністер.

Ключові слова: максимальний стік весняного водопілля, однорідність, статистичні параметри.

Вступ. Дністер є найбільшою річкою Західної України та Молдови і відноситься до числа річок, які здавна широко використовуються в багатьох сферах господарської діяльності: водному транспорті, водопостачанні, гідроенергетиці, рибному промислі, рекреації. За умовами живлення річки басейну Дністра, відповідно до орографічних і кліматичних особливостей, поділяються на три типи: гірські річки, які характеризуються проходженням паводків протягом всього року; річки височин з високим весняним водопіллям і серією літніх дощових паводків; рівнинні степові річки, що характеризуються високою хвилею весняної повені і невеликим стоком в інші частини року, нерідко річки тут пересихають і перемерзають [2,5].

Отже надійний розрахунок характеристик максимального стоку є актуальною проблемою для регіонів басейну Дністра, які часто страждають від повеней різного походження, зокрема, і весняних водопіль.

Метою даного дослідження є статистичний аналіз сучасної вихідної інформації з максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Дністер.

Матеріали дослідження. Для характеристики максимального стоку весняного водопілля – шарів стоку та максимальних витрат води на річках басейну р. Дністер використані матеріали режимних видань за багаторічний період спостережень за гідрологічними характеристиками весняного водопілля (від їх початку і по 2010 р. включно).

Тривалість рядів спостережень за стоком води на досліджуваній території в цілому становить від 11 до 100 років. При цьому більшість постів (53,1%) мають ряди спостережень тривалістю від 41 до 80 років, 3 пости (3,1%) - більше 80 років; на 30 постах (30,6%) гідрологічні ряди також досить тривалі і становлять 21 - 40 років (табл.1). Ряди довжиною менше 20 років є лише на 13 постах, що становить 13,3% від загальної кількості. Найбільш тривалий ряд - тривалістю 100 років, існує на р. Дністер - м. Заліщики.

Таблиця 1- Розподіл водозборів за тривалістю спостережень і величиною їх площ

Площа водозбору, км ²	Кількість гідрологічних постів з періодом спостережень						
	≤20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	Всього	%
≤100	4	2	3			9	9,2
101 – 1000	7	15	23	16		61	62,2
1001 – 5000	1	9	5	2	1	18	18,4
5001 – 10000	1	1	1	1		4	4,1
10001 – 20000					1	1	1,0
20001 – 50000		2			1	3	3,1
>50000		1		1		2	2,0
Всього	13	30	32	20	3	98	100
%	13,3	30,6	32,7	20,4	3,1	100	

Аналізуючи діапазон площ водозборів річок, на яких ведуться спостереження, можна відзначити, що їх більша частина відноситься до категорії малих - 70 із 98 або 71.4%. На річках, які можна віднести до категорії середніх, функціонує 26 постів. Що стосується постів на великих річках, то на розглянутій території їх тільки два, що становить 2% від їх загальної кількості.

Методика дослідження. Стандартна статистична обробка часових рядів стокових характеристик опирається на методи моментів і найбільшої правдоподібності [9]. У першому випадку безпосередньо по наявних рядах розраховуються параметри статистичного розподілу: середнє арифметичне значення \bar{x} , коефіцієнти варіації C_v і асиметрії C_s , у другому - \bar{x} , C_v і співвідношення C_s / C_v . Метод найбільшої правдоподібності рекомендується для визначення параметрів, коли використовується крива трипараметричного гама-розподілу, а також заслуговує на перевагу при $C_v > 0,5$, а метод моментів - при $C_v \leq 0,5$ [6,7,9].

Враховуючи те, що у нашому розпорядженні у більшості випадків наявними є досить короткі часові ряди, поширене використання знайшли статистичні оцінки вибірових параметрів розподілу. Інша особливість використання статистичних методів полягає в тім, що дуже часто, навіть за коротких часових рядів, вони відзначаються неоднорідністю. Отже передумовою до статистичного аналізу часових рядів характеристик максимального стоку є перевірка їх на однорідність. Для цього можна скористатися критеріями однорідності середніх Ст'юдента та дисперсії Фішера, а також непараметричним критерієм Вілкоксона [6,7,8]. Оцінка однорідності гідрологічних характеристик передбачає використання як гідролого-генетичних, так і статистичних методів аналізу гідрометеорологічної інформації, які відображають по суті одне і теж гідрологічне явище і тому взаємно доповнюють один одного.

Результати дослідження. Визначення статистичних параметрів часових рядів проведене на основі 98 рядів спостережень за максимальними витратами і шарами стоку весняного водопілля в басейні річки Дністер.

Аналізуючи отримані результати за оцінкою однорідності, слід зазначити, що характеристики максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Дністер у більшості випадків однорідні у часі. Перевірка на однорідність проводилася для рядів, які мають спостереження тривалістю більше 20 років. Так, ряди максимальних витрат води весняного водопілля однорідні в 65 випадках з 85 за трьома критеріями, тобто 76.5% рядів є однорідними. Якщо розглядати кожен критерій окремо, то за критерієм Фішера однорідний 51 ряд, за критерієм Ст'юдента - 71, за критерієм Вілкоксона - 61 ряд максимальних витрат води. Подібна ситуація спостерігається і для рядів шарів стоку весняного водопілля - вони однорідні в 79 випадках з 84 за трьома критеріями (94%). За критерієм Фішера однорідні 76 рядів, за критерієм Ст'юдента - 77, за критерієм Вілкоксона - 74 ряди шарів стоку весняного водопілля.

Отже в цілому по території інформацію з максимального стоку весняного водопілля можна вважати однорідною, але для тих рядів, де виявлена неоднорідність, представляє інтерес дослідити наявність у них трендів, тобто направлених змін в бік зменшення або збільшення. Досить корисним є також аналіз циклічності у рядах максимальних шарів стоку і витрат води. З цією метою будуються хронологічні графіки зв'язку $Y_m = f(t)$ і $Q_m = f(t)$, за допомогою яких можна виявити характер і тенденції у багаторічних коливаннях шарів стоку і витрат води.

Такі графіки були побудовані для всіх досліджуваних рядів в басейні р. Дністер, приклади показані на рис.1-3, для них визначені рівняння лінійних трендів та оцінена їх значущість (табл.2-3). Територіальний розподіл постів, дані яких виявилися неоднорідними, добре ілюструє рис.4. Як видно з цього рисунка, практично всі пости розташовані на лівобережній частині басейну Дністра, яку також називають Середньо-Подільською.

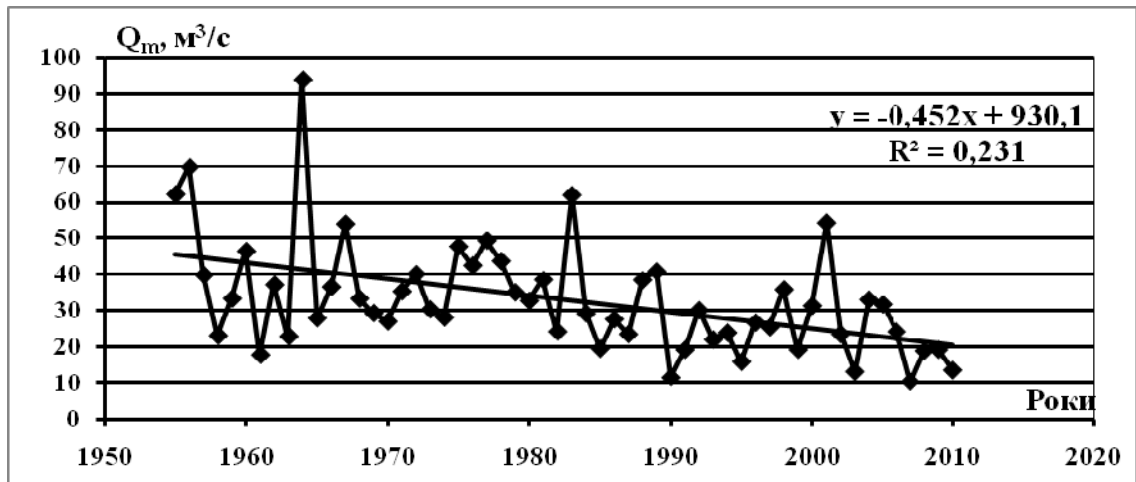


Рис.1 - Хронологічний хід максимальних витрат води весняного водопілля, р.Стрий – с. Матків (права притока р. Дністер).

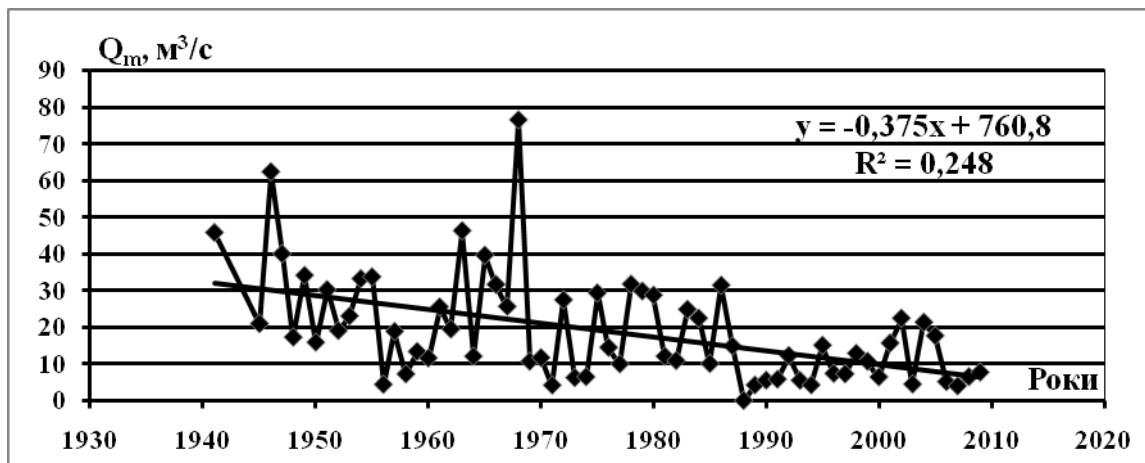


Рис.2 - Хронологічний хід максимальних витрат води весняного водопілля, р.Золота Липа - м. Бержани (ліва притока р. Дністер).

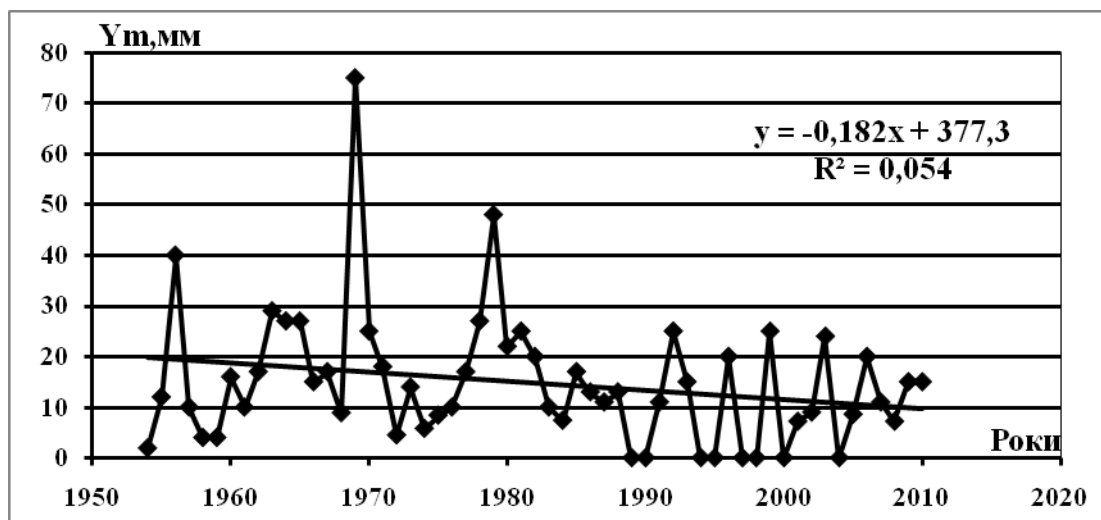


Рис.3 - Хронологічний хід максимальних шарів стоку весняного водопілля, р.Мукша - с. Мала Слобідка (ліва притока р. Дністер).

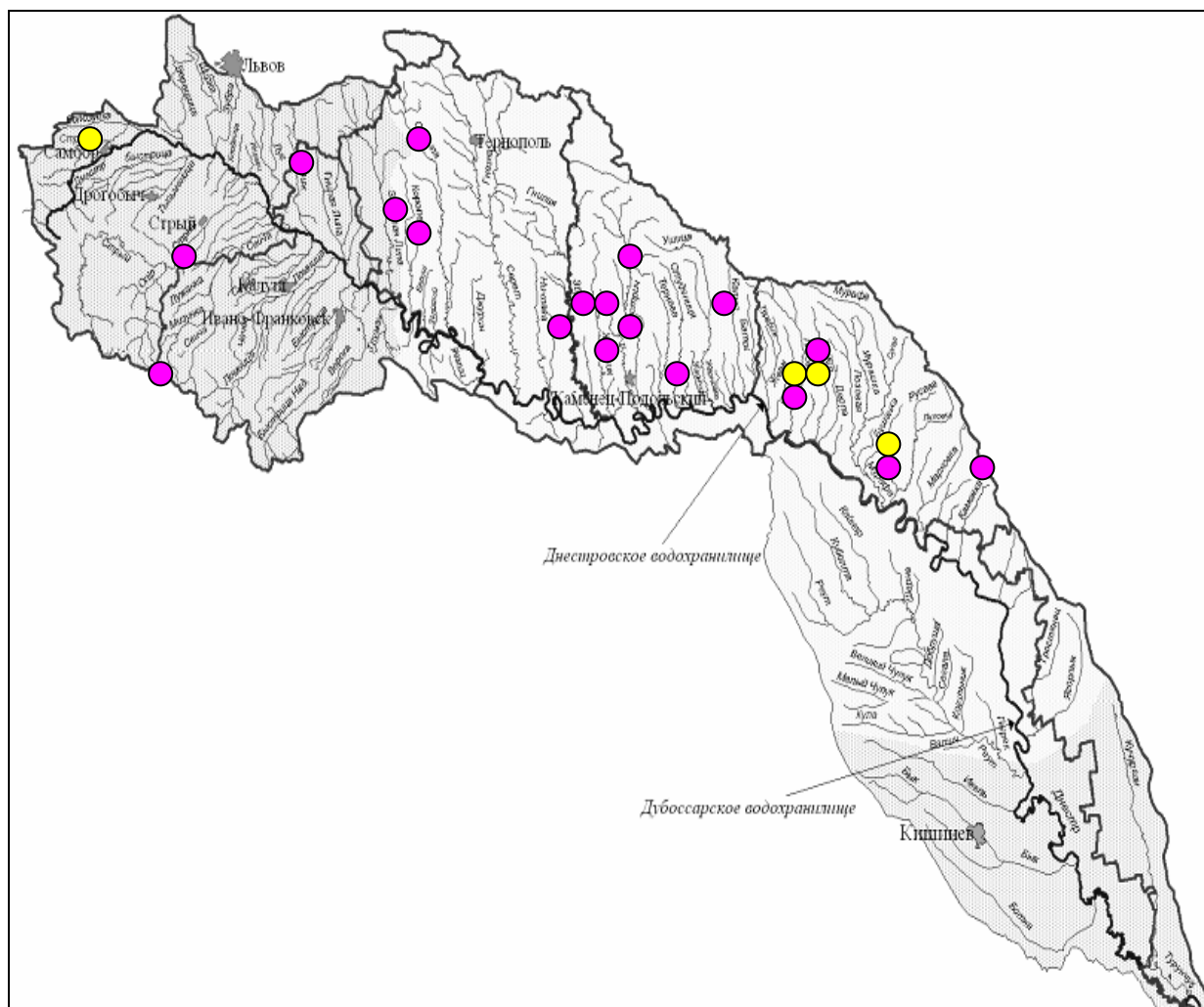


Рис.4 - Картошхема басейну р. Дністер: ● - пости, дані по яких неоднорідні по витратах води весняного водопілля; ● - пости, дані по яких неоднорідні по шарах стоку весняного водопілля .

Як відомо, коефіцієнт кореляції вважається значущим, якщо виконується умова $r > 2\sigma_r$, де $\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$ - середня квадратична похибка розрахунку коефіцієнта кореляції, n - число років спостережень [7,8].

З табл.2 видно, що всі часові ряди, які були досліджені, мають значущі від'ємні тренди. Такий же висновок можна зробити і для часових рядів шарів стоку, окрім одного пункту – р. Мукша – с. Мала Слобідка (табл.3).

Таблиця 2 – Оцінка значущості лінійних трендів в часових рядах максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Дністер

№ п/п	Річка	Пост	Рівняння за графіком	r	2σ _r	r/2σ _r	Значу - щість тренда
1	Стрий	Матків	$y = -0,452x + 930,1$	0,48	0,21	2,29	так
2	Славська	Славське	$y = -0,337x + 687,4$	0,45	0,21	2,14	так
3	Свіж	Букачівці	$y = -0,202x + 416,6$	0,35	0,24	1,46	так

Продовження табл.2

4	Золота Липа	Бережани	$y = -0,375x + 760,8$	0,50	0,18	2,78	так
5	Коропець	Підгайці	$y = -0,189x + 384,2$	0,43	0,20	2,15	так
6	Стрипа	Каплинці	$y = -0,561x + 1134$	0,39	0,21	1,81	так
7	Нічлава	Стрільківці	$y = -0,198x + 404,2$	0,29	0,24	1,21	так
8	Збруч	Волочинськ	$y = -0,490x + 995,5$	0,32	0,24	1,33	так
9	Жванчик	Кугаївці	$y = -0,172x + 348,6$	0,40	0,20	2,00	так
10	Жванчик	Ластівці	$y = -0,249x + 507,6$	0,26	0,24	1,08	так
11	Смотрич	Купин	$y = -0,828x + 1673$	0,41	0,20	2,05	так
12	Смотрич	Цибулівка	$y = -1,248x + 2518$	0,40	0,19	2,11	так
13	Мукша	Мала Слобідка	$y = -0,231x + 464,2$	0,45	0,21	2,14	так
14	Ушиця	Зіньків	$y = -0,994x + 2020$	0,26	0,22	1,18	так
15	Калюс	Нова Ушиця	$y = -0,445x + 898,2$	0,33	0,23	1,43	так
16	Лядова	Жеребилівка	$y = -0,553x + 1113$	0,46	0,23	2,00	так
17	Мурафа	Кудіївці	$y = -0,250x + 502,0$	0,51	0,22	2,32	так
18	Марківка	Підлісівська	$y = -0,644x + 1294$	0,29	0,24	1,21	так

Таблиця 3 – Оцінка значущості лінійних трендів в часових рядах шарів стоку весняного водопілля в басейні р. Дністер

№ п/п	Річка	Пост	Рівняння за графіком	r	2σ _r	r/2σ _r	Значущість тренда
1	Стрв'яз	Хирів	$y = -1,170x + 2415$	0,41	0,21	1,95	так
2	Мукша	Мала Слобідка	$y = -0,182x + 377,3$	0,22	0,25	0,88	ні
3	Калюс	Нова Ушиця	$y = -0,354x + 721,2$	0,33	0,23	1,43	так
4	Лядова	Жеребилівка	$y = -0,506x + 1023$	0,44	0,24	1,83	так
5	Мурафа	Кудіївці	$y = -1,450x + 2913$	0,51	0,25	2,04	так

Причинами наявності цих спадних трендів можуть бути кліматичні зміни, антропогенний вплив, а також циклічність у ході річкового стоку. Стосовно до кліматичних змін, що відбулися впродовж останніх десятиліть на території України, то як відзначається сучасними дослідниками - як кліматологами [4], так і гідрологами [1,2,3], їх вплив на складові водно-теплогового балансу зумовили певний перерозподіл внутрішньорічного розподілу стоку річок України (по фазах гідрологічного режиму). Так, в монографії В.В.Гребня [2] відзначається, що до кінця 80-х років минулого століття річки країни характеризувались переважно сніговим живленням (50% від об'єму річного стоку і більше), а на сучасному етапі воно скоротилось на 12 (а в багатоводні роки на 19) відсотків, при цьому снігове живлення не дає переважну частку річного стоку. Зменшення снігового та відповідне зростання частки підземного живлення у стоці річок сприяло вирівнюванню внутрішньорічного його розподілу, а роль найбільш багатоводної фази у внутрішньорічному розподілі стоку річок країни (за винятком її північного сходу) зараз належить літньо-осінній межені, частка якої в у річному об'ємі стоку в цілому по рівнинній території становить 44%, коливаючись від 38 до 50% по різних провінціях.

З іншого боку, як добре ілюструють різниці інтегральні криві правобережних приток (рис.5) та лівобережних приток (рис.6), починаючи з 1960-х років до 1980-83 рр., спостерігалася

багатоводна фаза, після чого по теперішній час на річках досліджуваної території має місце маловодна фаза тривалістю більше 30 років. Дещо відрізняється від інших різницева інтегральна крива на р. Славська – смт. Славське, але коливання стоку тут все ж синфазне з сусідніми річками.

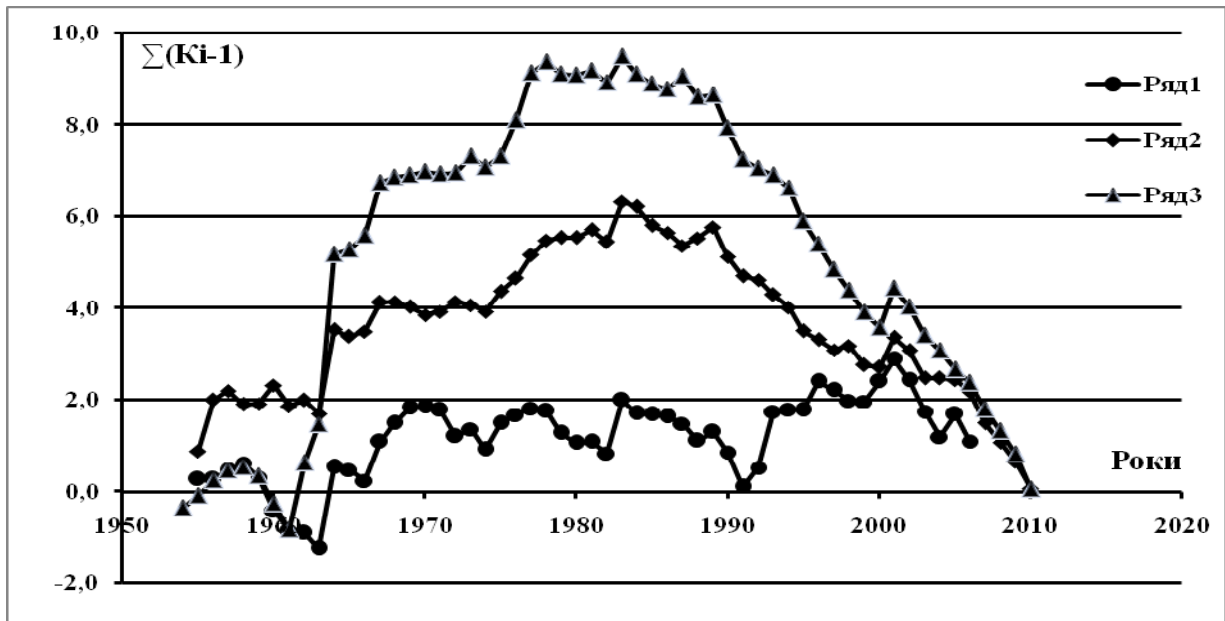


Рис.5- Різницеві інтегральні криві максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну Дністра: ряд 1- р. Голованка - м.Тухля; ряд 2- р.Стрий-с.Матків; ряд 3- р.Славська - смт. Славське

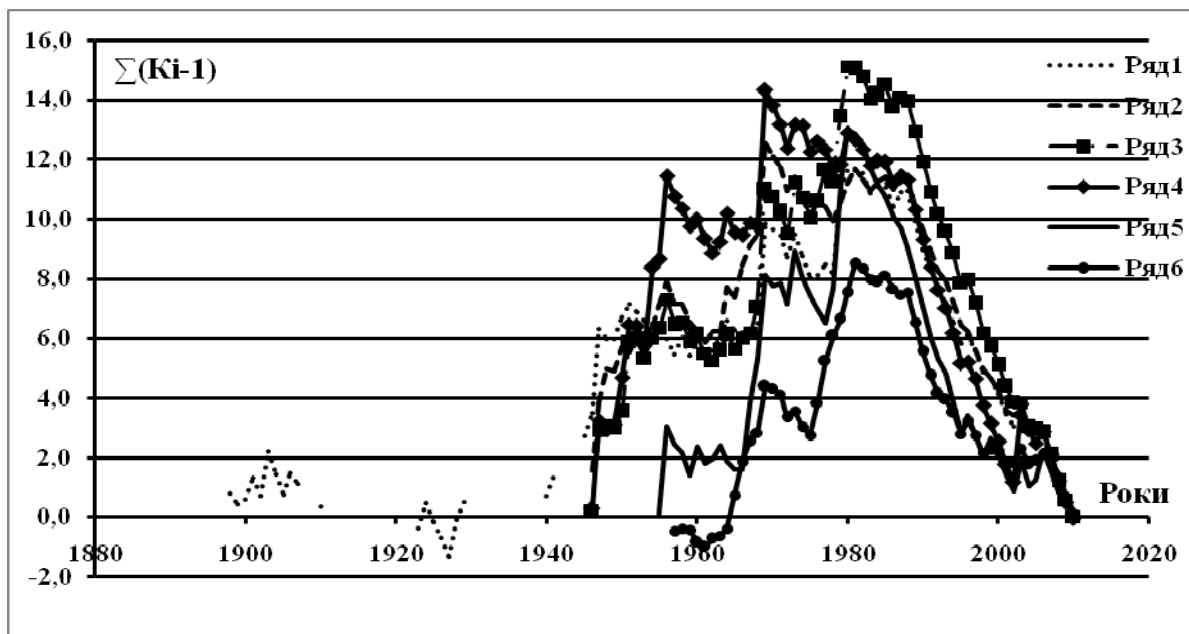


Рис.6 - Різницеві інтегральні криві максимальних витрат води весняного водопілля річок басейну Дністра: ряд 1- р. Серет - м. Чортків; ряд 2- р. Золота Липа-с. Бережани; ряд 3- р. Коропець - м. Підгайці; ряд 4 – р. Стрипа-х. Каплинці; ряд 5 – р. Нічлава - с. Стрільківці; ряд 6 – р. Свіж – смт. Букачівці

В цілому практично на всіх річках спостерігається повний цикл водності, що дозволяє використовувати статистичні методи для визначення розрахункових характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні Дністра.

Середні значення рядів \bar{Q}_m, \bar{Y}_m , коефіцієнти варіації C_v і асиметрії C_s розраховані за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності.

Найбільші значення середніх максимальних модулів стоку весняного водопілля відмічаються у правобережній (гірській) частині басейну і становлять $0,20-0,30 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ (рр. Стрий, Яблунька, Рибник, Опір та ін.), для лівобережних приток величини модулів значно менші і коливаються в межах $0,07 - 0,02 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ і лише на декількох постах досягають більших значень – від $0,11$ (р.Ушиця - с.Зіньків) до $0,23 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ (р.Батиг-с.Заміхів); закономірно найменші значення спостерігаються у нижній, більш посушливій, частині басейну – максимальні середні модулі становлять тут $0,03-0,01 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ (р.Реут, Куболта, Бик, Ікель та ін.). Що стосується самого Дністра, то тут модулі змінюються від $0,14 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ (р. Дністер – с.Стрілки, $F=384 \text{ км}^2$) до $0,01 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ (р. Дністер – с.Олонешти, $F=68900 \text{ км}^2$). Значення коефіцієнтів варіації й асиметрії також змінюються в доволі широкому діапазоні. Коефіцієнти варіації максимальних витрат C_v , розраховані за допомогою методів моментів, змінюються від $0,34$ (р. Дністер – с. Жванець) до $1,96$ (р. Марківка - с. Підлісівська), при середньому по території значенні $0,87$. Коефіцієнти асиметрії C_s коливаються в межах від $0,03$ (р.Дністер – с.Олонешти) до $5,24$ (р.Лужанка - с.Гошів), а співвідношення C_s / C_v можна осереднити на рівні $2,0$. Отримані за методом найбільшої правдоподібності величини C_v змінюються від $0,34$ (р. Дністер - с.Жванець) до $2,13$ (р.Балцата-с.Балцати) з середнім значенням $0,90$, а коефіцієнти асиметрії C_s коливаються від $0,05$ (р.Болухівка - с.Томашівці) до $8,95$ (р.Картоплянка-с.Картоплянка); співвідношення $C_s / C_v = 2,68$, що дозволяє осереднити його на рівні $2,5$. Як відзначалося вище, при $C_v > 0,5$ заслугове перевагу метод найбільшої правдоподібності, отже надалі в якості розрахункових будуть використані саме значення, отримані за цим методом і, відповідно, $C_s / C_v = 2,5$.

Значення середніх шарів стоку весняного водопілля в межах досліджуваної території також змінюються в доволі широкому діапазоні - від $5,43$ (р.Балцата-с.Балцати) до 241 мм (р. Стрий - с. Матків). Коефіцієнти варіації шарів стоку, розраховані за допомогою методів моментів змінюються від $0,30$ (р. Стрий - с.Ясениця) до $1,39$ (р.Ушиця - с.Зіньків) при середньому їх значенні $0,68$; коефіцієнти асиметрії C_s - від $0,07$ (р.Дністер - м.Могилів-Подільський) до $3,74$ (р.Стрипа - м.Бучач), а співвідношення C_s / C_v осереднено на рівні $1,5$. Величини коефіцієнтів варіації, отримані за методом найбільшої правдоподібності, практично співпадають з моментними оцінками і коливаються від $0,30$ (р.Стрий - с.Ясениця) до $1,51$ (р.Балцата-с.Балцати) при середньому значенні $0,70$, а співвідношення $C_s / C_v = 2,0$. Для шарів стоку, також як і для витрат води, в якості базових взяті значення, визначені за методом найбільшої правдоподібності.

Величини максимальних модулів і шарів стоку 1%-ї забезпеченості розраховані при $C_s / C_v = 2,5$ та $C_s / C_v = 2,0$, відповідно. Характеризуючи отримані параметри, слід відзначити, що також, як і у випадку середніх значень, найбільші величини модулів і шарів стоку відмічаються у правобережній гірській частині – до $2,01 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ (р. Дуба - с.Дуба) та 537 мм (р. Стрий - с.Матків). Мінімальні значення припадають на нижню, степову частину. Так, мінімальний модуль стоку $q_{1\%}$ ($0,05 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$) і шар стоку $Y_{1\%}$ ($27,4$ мм) відмічаються на р. Реут - м. Флорешти. В середній частині басейну Дністра значення модулів і шарів стоку 1%-ї забезпеченості коливаються в середньому в межах $0,10-0,50 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ та $60-250$ мм.

Висновки:

- в гідрологічному відношенні басейн р. Дністер добре вивчений, а наявність інформації по 98 гідрологічних постах дозволяє достатньо надійно розраховувати статистичні параметри рядів максимального стоку річок;
- сучасні зміни у внутрішньорічному розподілі річок країни зумовлюють зменшення максимальних витрат води весняного водопілля, але для гірських правобережних приток Дністра ці зміни практично відсутні;
- наявність повних циклів коливань водності на річках досліджуваної території дозволяє використовувати статистичні методи для визначення розрахункових параметрів максимального стоку весняного водопілля;
- для басейну річки Дністер розраховані значення максимальних витрат і шарів стоку 1%-ї ймовірності перевищення, які визначені за даними до 2010 року включно, і отже, характеризують сучасний стан максимального стоку весняного водопілля на досліджуваній території.

Перспективи подальших досліджень. Отримані результати будуть в подальшому використані при обґрунтуванні методики визначення максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Дністер.

Список літератури

1. Вишневецький В.І. Зміни клімату і річкового стоку на території України і Білорусі // Наук.праці УкрНДІГМІ. – 2001. – Вип.249. – С.89-105.
2. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
3. Гонченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакирзанова Ж.Р. Дослідження впливу сучасних змін клімату на характеристики максимального стоку весняного водопілля на річках Полісся //Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т.3(20). – С. 50-59.
4. Клімат України: у минулому... і майбутньому? : Монографія / [Кульбіда М.І., Барабаш М.Б., Єлістратова Л.О. та ін.]; за ред. М.І.Кульбіди, М.Б.Барабаш. – К. : Сталь, 2009. – 234 с
5. Паламарчук М.М., Загорчевна Н.Б. Водний фонд України: Довідковий посібник. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 392 с.
6. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. - Л.:Гидрометеоздат, 1974.- 423 с.
7. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – Санкт – Петербург, 2007 - 278с.
8. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – Санкт-Петербург, 2010. – 162 с.
9. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик (СНиП 2.01.14-83). - Л.: Гидрометеоздат, 1984. - 484с.

Статистические параметры временных рядов максимальных расходов воды и слоев стока весеннего половодья в бассейне реки Днестр

Овчарук В.А., Траскова А.В.

На базе современной исходной информации по максимальному стоку весеннего половодья проанализированы тенденции в изменениях стоковых характеристик и рассчитаны основные статистические параметры временных рядов максимальных расходов воды и слоев стока в бассейне реки Днестр.

Ключевые слова: максимальный сток весеннего половодья, однородность, статистические параметры.

Statistical parameters the time series maximum discharges and layers of spring high water flow in the basin of the river Dniester

Ovcharuk V.A., Traskova A.V.

On the basis of the modern source of information on the maximum spring flood runoff analyzed by trends in the changes of runoff characteristics and calculated the principal statistics of the time series of maximum water flow and layers of flow in the basin of the river Dniester.

Keywords: maximum spring flood runoff, uniformity, statistical parameters.