

водоснабження (стаціонарних запасов и возобновляемых ресурсов) наиболее распространенных типов водных объектов бассейну Среднего Днестра.

Ключевые слова: потенциал водоснабжения; стаціонарные запасы; возобновляемые ресурсы; норма стока; экологический сток.

The Middle Dniester Basin: Estimation of Present-Day Water-Supply Potential

Tsependa M.V., Tsependa M.M.

The results of the Middle Dniester basin water-supply estimation are dealt with. Calculations of average longstanding and average monthly runoff for 95% provision during vegetative period in the aspect of hydrological stations and regional river basins are presented, as well as map schemes for said runoff distribution are developed. The values of water-supply potential components (stable stock and recoverable resources) for the most widespread water objects within the basin of the Middle Dniester are estimated

Keywords: water-supply potential; stable stock; recoverable resources; runoff standard; ecological runoff.

Надійшла до редколегії 20.09.2012

УДК 556.5+556.162

Дутко В.О.

Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, м. Київ

ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ТА ТЕНДЕНЦІЙ У ЗМІНАХ СТОКУ ВОДИ НА РІЧКАХ БАСЕЙНІВ ЗАХІДНОГО БУГУ ТА СЯНУ (У МЕЖАХ УКРАЇНИ)

Ключові слова: річковий стік; багаторічні коливання; просторово-часова мінливість; статистична достовірність; критерії випадкових процесів

Вступ. Річковий стік води формується під сукупним впливом багатьох чинників та процесів і являється узагальненим показником їхньої комплексної дії. Стабільність або змінювання кількісних показників стоку води річок, зумовлено стабільністю або зміною чинників, які обумовлюють зволоження водозборів. Насамперед, це стосується кліматичних умов. Зміни клімату, які обумовлюються мінливістю атмосферних (синоптичних) процесів, значно впливають на умови формування та просторово-часову мінливість стоку річок, виникнення небезпечних гідрологічних процесів чи явищ.

Як показують дослідження [3], наприкінці ХХ – на початку ХХІ ст. у порівнянні з серединою минулого століття у помірних широтах Європи змінилися глобальні атмосферні процеси над Атлантикою, що зумовило зміни районів формування та траєкторій переміщення циклонів, їх швидкостей, вологовмісту та інтенсивності, а також повторюваності небезпечних та стихійних опадів. Особливо збільшилась кількість циклонів в

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т.2(27)

Україну, зумовлених південними та західними синоптичними процесами. Причому, кількість циклонів, центр яких проходив через захід України, в останнє десятиріччя ХХ ст. у порівнянні з 80-ми роками, зросла майже у третину [2].

Сукупності багаторічних коливань стоку води у достатній мірі відображають кліматичні процеси, які відбуваються у тих чи інших басейнах. Врахування регіональної мінливості стоку дозволяє отримати цілісну картину змін умов його формування, уточнити та підтвердити висновки досліджень регіональної, міжрічної, внутрішньорічної мінливості опадів, багаторічних коливань метеорологічних величин та явищ.

Важливе значення при цьому має перевірка статистичної значимості та достовірності висновків, які стосуються варіації стоку води та тенденцій у його змінах.

Матеріали та методи досліджень. Для вивчення мінливості стоку води річок басейнів Західного Бугу та Сяну використані послідовності значень середнього річного стоку за гідрологічні роки (з листопаду попереднього року по жовтень наступного), тривалістю 60 років, по п'яти гідрологічним постам. Основні характеристики проаналізованих рядів, у тому числі коефіцієнти варіації річного стоку C_V за багаторічний період, наведені в табл.1. Для з'ясування змін у внутрішньорічному розподілі стоку були використані дані за середньомісячними витратами води за той же період спостережень.

Таблиця 1. Основні характеристики рядів річного стоку води

Річка-пост	Площа водозбору, км ²	Період спостережень	Середній багаторічний стік, м ³ /с	Коефіцієнт варіації C_V
р. Вишня – с. Твіржа	562	1954-2005	3,36	0,47
р. Західний Буг – м. Кам'янка-Бузька	2350	1947-2005	15,21	0,37
р. Полтва – м. Буськ	1440	1946-2005	9,08	0,36
р. Рата – с. Волиця	1140	1955-2005	6,07	0,33
р. Рата – с. Межиріччя	1740	1956-2005	8,18	0,38

Колівання водності річок басейну Західного Бугу, перш за все, обумовлено природними факторами [4, 5, 6]. В цілому вплив регулювання на стік річок є незначним.

Статистичну оцінку змін стоку у часі, здійснено за допомогою аналізу часових рядів, які розглядалися як стохастичний процес. Для обґрунтування достовірності та тенденцій структурних коливань, було застосовано теорію випадкових процесів (функцій) [1, 7, 8]. Хронологічні послідовності середніх річних витрат води являють собою ситуацію, коли випадковий процес представлено лише єдиною реалізацією. На перший погляд, отримання будь-яких надійних статистичних висновків про процес, у цьому випадку, здається зовсім безнадійним. Дійсно, з позицій класичної математичної статистики, ситуація рівнозначна тій, коли випадкова величина представлена одним

спостереженням i , як слід, немає ніякої фактичної основи для вияву характеру її мінливості. Але існують такі випадкові процеси, для яких отримання статистичних висновків по єдиній реалізації є не тільки можливим, але може здійснюватися з задовільною точністю при достатній тривалості цієї реалізації, яка представляє собою послідовність x_1, \dots, x_n однаково розподілених n випадкових величин. В практичних дослідженнях, при аналізі випадкового процесу за його єдиною реалізацією, завжди припускається, що процес, який аналізується, – ергодичний. Ергодичність процесу означає, що будь-яка його реалізація відображає всі властивості цього процесу. Обмеженість рядів спостережень призводить до того, що статистична оцінка будь-якої характеристики процесу відображає не тільки властивості процесу, але й випадкові особливості конкретного ряду спостережень.

Коливання стоку річкових вод відрізняє квазіперіодичність, наявність внутрішньої зв'язності та трендів; першим етапом аналізу повинна бути перевірка статистичних гіпотез незалежності та однорідності [7]. Ця перевірка здійснювалася за допомогою непараметричних критеріїв, які не потребують знання закону розподілу ймовірностей процесу, та параметричних, які ґрунтуються на припущенні про нормальність цього розподілу.

Аналіз результатів дослідження. Порушення умови незалежності, у нашому випадку у багаторічних коливаннях річного стоку, проявляється у групуванні років підвищеної та пониженої водності. На циклічність багаторічних коливань річкового стоку, наявність тенденції до таких групувань вказують коефіцієнти автокореляції досліджуваних рядів між стоком суміжних років, тобто стоком води за роки, розділені інтервалом часу в один, два і три роки. Зв'язки стоку води за суміжні роки ($r_{(1)}$, $r_{(2)}$, $r_{(3)}$) характеризують наявність групувань років підвищеної та пониженої водності, або квазіперіодичність багаторічних змін стоку води (табл.2).

Таблиця 2. Дані статистичного аналізу циклічності та трендів середнього річного стоку води з басейнів річок Західного Бугу та Сяну(у межах України)

Водозбірний басейн (річка-пост)	Статистичні характеристики рядів									
	n	$r_{(1)}$	$r_{(2)}$	$r_{(3)}$	t_U	t_E	t_A	t_B	$r_{(l)}$	$r_{(m)}$
р. Вишня – с. Твіржа	51	0.54	0,19	0,04	-3.66	-4.12	3.93	12.0	0,05	0,28
р. Західний Буг – м. Кам'янка-Бузька	59	0.51	0.33	0.21	-2.80	-2.66	3.97	2.26	0,50	0,56
р. Полтва – м. Буськ	60	0.55	0.30	0.29	-2.38	-2.24	4.23	0.19	0,51	0,59
р. Рата – с. Волиця	50	0.50	0,18	0,06	-3.59	-1.81	3.61	2.10	0,23	0,28

Примітка: Позначки статистичних характеристик подані у тексті.

Ступінь їх вираження та перевірку статистичної достовірності існування групувань років підвищеної та пониженої водності відображає непараметричний критерій серій t_U і кількість таких серій u (див. табл. 2).

При відсутності квазіперіодичності вони підкорюються нормальному розподілу ймовірностей. При рівні значимості критерію 5% їх перевищення критичного числа 1,96 означає наявність статистично достовірної тенденції до групування років підвищеної та пониженої водності. Для всіх річок значення t_U від'ємні, тобто кількість серій менша, ніж повинна бути у незалежного ряду, що свідчить про статистичну достовірну тенденцію до утворення груп підвищених та понижених значень водності, а також наявності достатньо високої додатної кореляції між суміжними членами послідовностей.

Порушення умови незалежності можна з'ясувати також за непараметричним критерієм кількості екстремумів t_E – занадто мала кількість екстремумів показує на високу додатну, а занадто велика – на від'ємну кореляцію між суміжними членами послідовностей.

Гіпотеза однорідності за параметричними критеріями зводиться до двох гіпотез – рівності математичних очікувань $m_{(t)}$ та рівності дисперсій $D_{(t)}$. Перевірити ці гіпотези можна за допомогою стандартних статистичних критеріїв – Андерсона (t_A) та Бартлетта (t_B).

Для однорідного ряду незалежних коливань статистика параметричного критерію Андерсона t_A підкорюється нормальному розподілу ймовірностей і її абсолютне значення може перевищувати критичне значення 1,96 з ймовірністю 5 % [7]. Значення цієї статистики подано у табл.2 і, як бачимо, послідовності середньорічних витрат води для досліджуваних річок в замикальних створах можна вважати однорідними.

За статистичним критерієм Бартлетта (t_B) весь період спостережень розбивається на l відрізків по n_i спостережень у кожному ($\sum_1^n n_i = n$) і припускається, що у межах кожного l -того відрізка часу всі відповідні йому спостереження x_{i1}, \dots, x_{in} мають однакове математичне очікування m_i та дисперсію D_i . При цьому допускається відхилення m_i та D_i у межах відповідної середньоквадратичної похибки загальної оцінки цих показників. Статистики критерію Бартлетта подано у табл.2.

В багаторічних коливаннях гідрологічних характеристик особливу увагу приділяють проблемі доведення наявності або відсутності закономірних змін математичного сподівання $m_{(t)}$, або тренду. Ця проблема знаходиться у центрі уваги досліджень за антропогенними та природно-кліматичними змінами гідрологічного циклу. Оцінка $m_{(t)}$ по ряду x_1, \dots, x_n представляє стандартне завдання регресійного аналізу, коли в якості аргументу емпіричної залежності виступає час t . Використання параметричних методів спрощує не тільки оцінку тренду, але й перевірку його існування, тобто реального змінювання у часі (виявлення тренду). В багаторічних коливаннях гідрологічних характеристик функція $m_{(t)}$ може повільно зростати чи зменшуватися (монотонний тренд), може бути періодичною (циклічний

тренд), може залишатися постійною протягом певних періодів часу й різко змінитися при переході від одного відрізка часу до іншого (ступінчатий тренд).

Всі такі ситуації можуть бути описані шляхом лінійної та поліноміальної апроксимації тренду. Цей висновок уточнює аналіз мінливості параметричного критерію тренду, заснованого на статистиці Фішера. Даний критерій передбачає оцінку можливості описання тренду рівнянням узагальненого поліному, який встановлює зв'язок між членами ряду та номерами відповідних років. В якості такого рівняння можна використати багаточлени різних ступенів. Найбільш надійним є варіант, при якому багаторічні коливання стоку апроксимуються багаточленом третього ступеня [7]. Лінії трендів такого виду доводять не стаціонарність річного стоку (рис. 1).

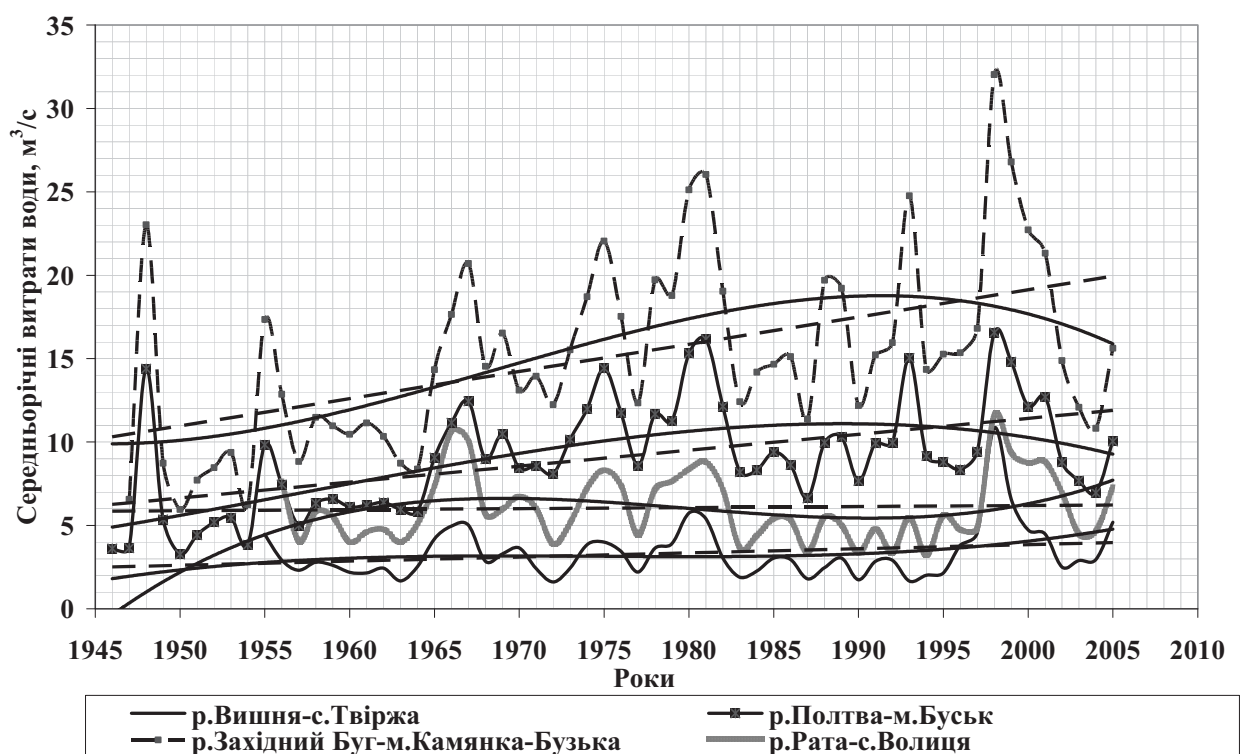


Рис. 1. Лінійна та поліноміальна апроксимація тренду середньорічного стоку води для річок басейнів Західного Бугу та Сяну (у межах України)

За даними проміжних результатів, що були зроблені при розрахунках критерію Бартлетта, побудовані графіки змінювання середньорічного стоку за розрахунковий період та його варіації (рис.2).

Багаторічні коливання стоку в басейні Західного Бугу мають достатньо складний характер. На його притоці в лівобережній частині (р. Рата – с. Волиця та р. Вишня – с. Твіржа), стік води має рівномірні коливання біля статистичної норми зі збільшенням варіації цих коливань (див. рис. 2). На самій річці Західний Буг (р. Західний Буг – м. Кам’янка-Бузька) та її притоці р. Полтва – м. Буськ, яка розташована у верхів’ї цієї річки, спостерігається чітка тенденція до збільшення річного стоку, який можна охарактеризувати як циклічний тренд. Коефіцієнт варіації середньорічного стоку для цих

басейнів у багаторічному розрізі найбільшим був у 40-60-х роках минулого століття, найменша варіація спостерігалася в 60-80-ті роки, на сучасному етапі – тенденція на збільшення до теперішнього часу.

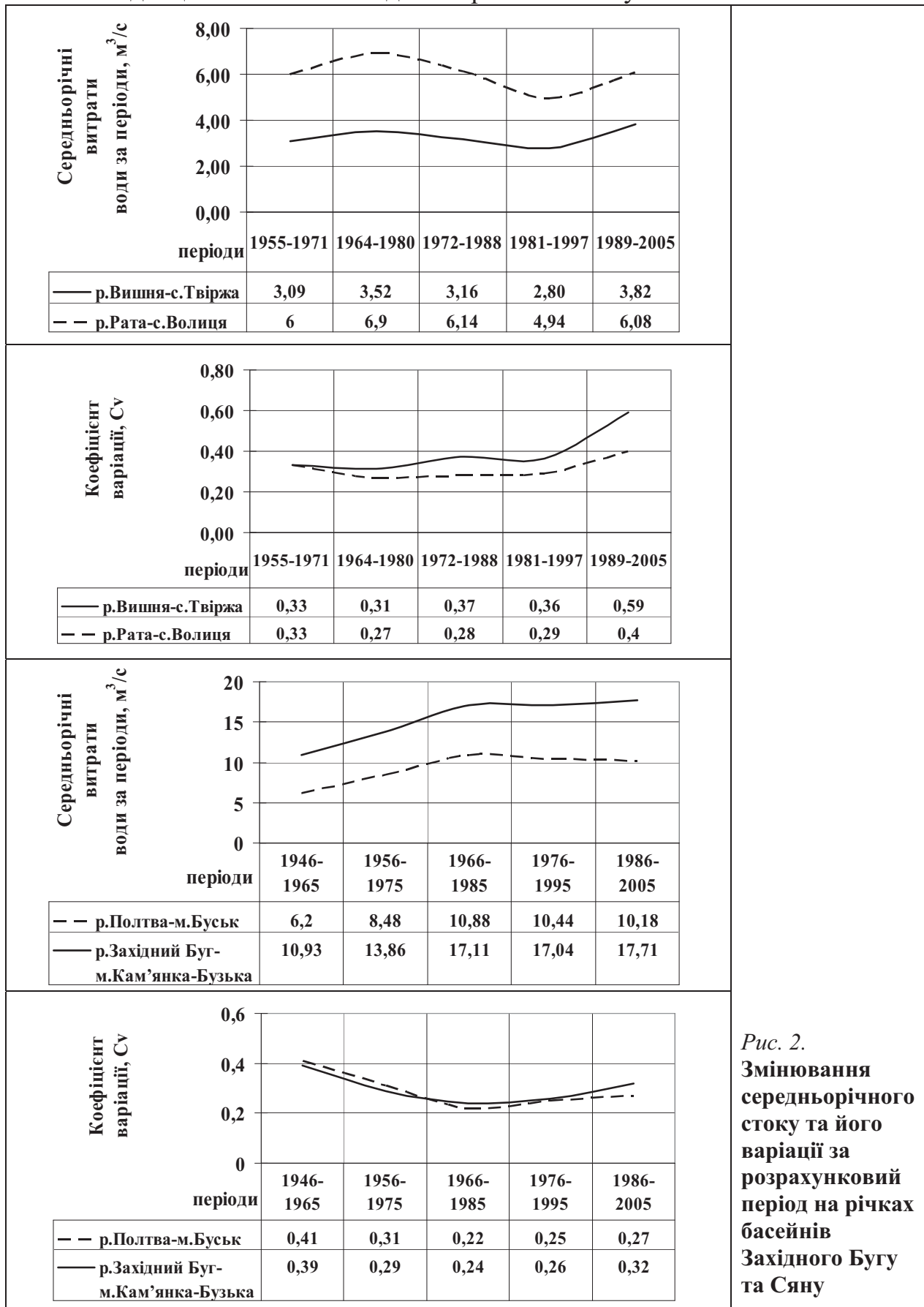


Рис. 2.
Змінювання середньорічного стоку та його варіації за розрахунковий період на річках басейнів Західного Бугу та Сяну

Для з'ясування, як змінився внутрішньорічний розподіл стоку за останні 60 років на досліджуваних річках, були обраховані норми середньомісячного стоку води за три 30-річчя з перекриттям періодів, та побудовані діаграми (рис. 3). Майже на всіх річках відбувся перерозподіл стоку води: під час весняного водопілля (травень-квітень) стік води зменшився на 20-25% у порівнянні з попередніми періодами, у інші місяці спостерігається деяке підвищення стоку.

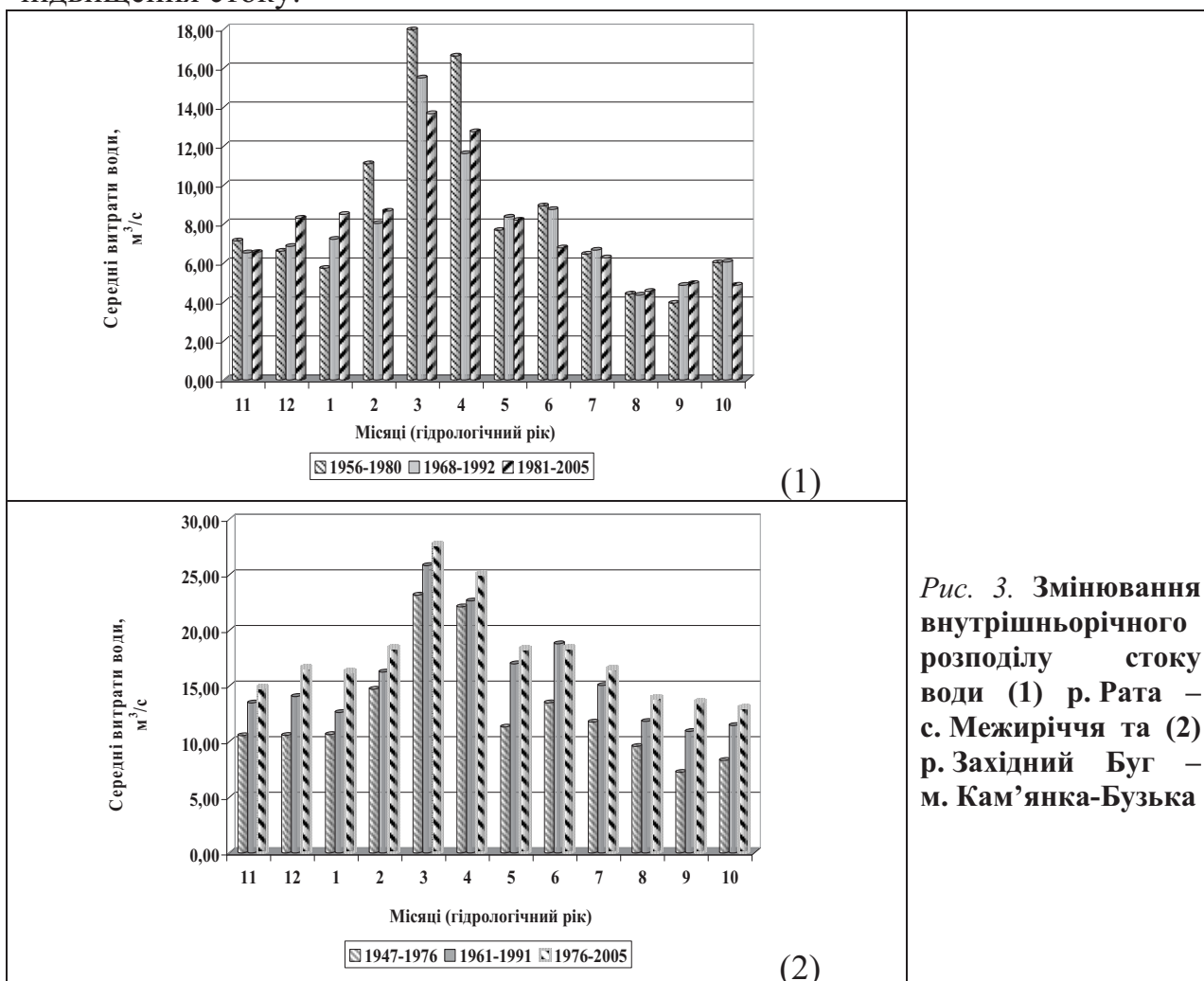


Рис. 3. Змінювання внутрішньорічного розподілу стоку води (1) р. Рата – с. Межиріччя та (2) р. Західний Буг – м. Кам'янка-Бузька

Для більш глибокого вивчення мінливості стоку води важливо враховувати варіації не лише річного стоку води, але й багаторічні коливання стоку за теплий період року, стоку за холодний період року, мінливість максимальних витрат води. Всі ці характеристики залежать від комплексу основних кліматичних факторів, наприклад, від річної кількості опадів, суми опадів за теплий період року і т.д.

На самій річці Західний Буг стік води збільшився протягом усього року (див. рис. 3).

Щодо мінливості максимальних витрат води, то для всіх досліджуваних річок максимальні витрати води під час весняної повені значно зменшилися у порівнянні з попередніми періодами (рис. 4). Для максимумів дощових паводків значних тенденцій у збільшенні чи зменшенні за багаторічний період не виявлено, хоча чітко простежується, за останні 20-25 років, зменшення їх варіації.

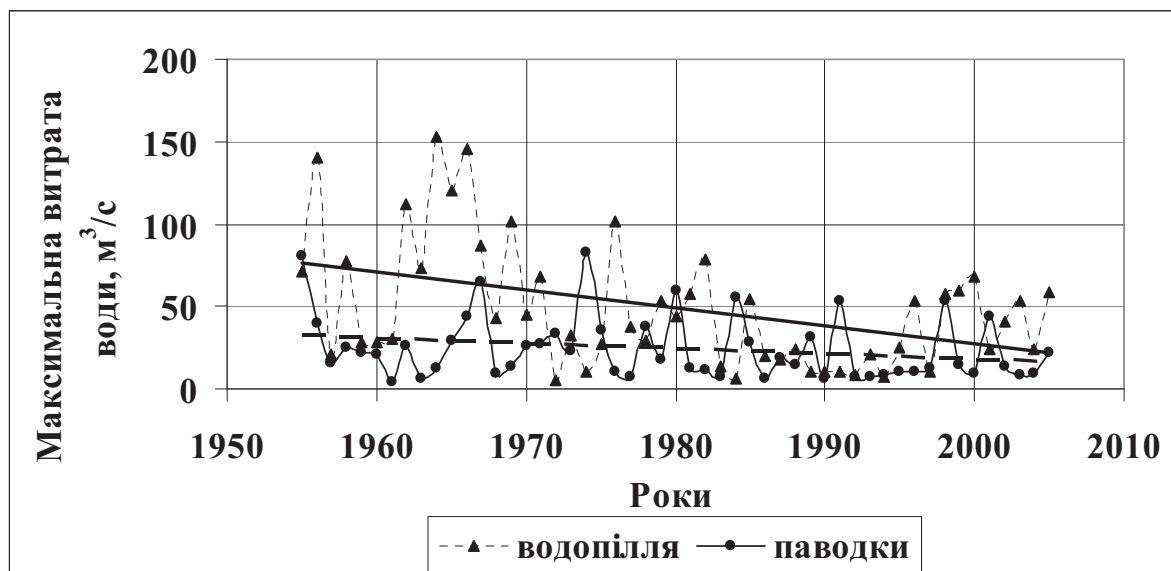


Рис. 4. Мінливість максимальних витрат води на р. Рата – с. Волиця

Висновки. Багаторічні коливання річного стоку річок басейнів Західного Бугу та Сяну можна вважати статистично однорідними. Вони мають чітко виражену квазіперіодичність, або наявність серій років підвищеної та пониженої водності. Вона описується моделлю стаціонарного процесу авторегресії першого порядку.

Список літератури

1. Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования / под ред. Н. И. Алексеевского. – М. : ГЕОС, 2007. – 585 с.
2. Балабух В. О. Траекторії циклонів, що зумовлюють небезпечну і стихійну кількість опадів в Україні у теплий період року / В. О. Балабух // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 252. – С. 37-49.
3. Балабух В. О. Інтенсивність синоптичних процесів, що зумовлюють стихійну кількість опадів у теплий період та її мінливість наприкінці ХХ – на початку ХХІ ст. / В. О. Балабух // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2008. – Вип. 50, ч. 1. – С. 135–135.
4. Вишневецький В. І. Річки і водойми України. Стан і використання / В. І. Вишневецький. – К. : Віпол, 2000. – 376 с.
5. Дутко В. О. Особливості паводкового режиму річок басейнів Західного Бугу та Правобережжя Прип'яті / В. О. Дутко, С. О. Москаленко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2008. – Т. 15. – С. 63–68.
6. Забокрицька М. Р. Гідроекологічний стан басейну Західного Бугу на території України / Забокрицька М. Р., Хільчевський В. К., Манченко А. П. – К. : Ніка-Центр, 2006. – 184 с.
7. Рождественский А. В. Статистические методы в гидрологии / А. В. Рождественский, А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометеоздат, 1974. – 424 с.
8. Христофоров А. В. Теория случайных процессов в гидрологии / Христофоров А. В. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. – 139 с.

Оцінка достовірності та тенденцій у змінах стоку води на річках басейнів Західного Бугу та Сяну (у межах України)

Дутко В. О.

Проведено оцінку тенденцій у змінах стоку води на річках басейнів Західного Бугу та Сяну (у межах України). Зроблена перевірка статистичних гіпотез незалежності та однорідності середньорічного стоку з використанням параметричних та непараметричних критеріїв. Проаналізовано змінювання внутрішньорічного розподілу стоку води, максимумів під час весняного водопілля та дощових паводків.

Ключові слова: річковий стік; багаторічні коливання; просторово-часова мінливість;

статистична достовірність; критерії випадкових процесів.

Оценка достоверности и тенденций в изменениях стока воды на реках бассейнов Западного Буга и Сяна (в пределах Украины)

Дутко В.О.

Проведена оцінка тенденцій в змінах стоку води на реках басейнів Западного Буга и Сяна (в пределах Украины). Осуществлена проверка статистических гипотез независимости и однородности среднегодового стока с использованием параметрических и непараметрических критериев. Проанализировано изменение внутригодового распределения стока воды, максимумов во время весеннего половодья и дождевых паводков.

Ключевые слова: речной сток; многолетние колебания; пространственно-временная изменчивость; статистическая достоверность; критерии случайных процессов.

Estimation of authenticity and tendencies of water flow changes on the rivers of Western Bug and San basins (within the territory of Ukraine)

Dutko V.O.

The estimation of trends in water flow changes on the rivers of Western Bug and San basins (within the limits of Ukraine) was done. Test of statistical hypotheses of independence and homogeneity of average annual runoff using parametric and nonparametric criterions was made. Changing of intrayearly water flow distribution, maximum during the spring floods and rain floods was analyzed.

Keywords: river flow; long-term fluctuations; spatial-time changeability; statistical authenticity; criterions of casual processes.

Надійшла до редколегії 27.08.2012

УДК 556.166

Тимуляк Л.М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА
КАТАСТРОФІЧНИХ ПАВОДКІВ ХХ – ПОЧАТКУ ХХІ СТ.
У ПЕРЕДКАРПАТТІ**

Ключові слова: опади; катастрофічний паводок; максимальні рівні та витрати води

Актуальність дослідження. Завдяки своєму розташуванню біля підніжжя гірської системи, Передкарпаття піддається впливу небезпечних процесів і явищ, що зароджуються в горах. До таких належать, передусім, атмосферні опади і пов'язані з ними паводки, селі. Особливо гостро в останні десятиліття постає у Передкарпатті проблема проходження паводків. Навіть не зважаючи на певне зменшення середньорічної кількості опадів [18], паводки у передгір'ї Карпат періодично продовжують завдавати руйнівних, а інколи й катастрофічних наслідків.

Загалом, із паводками пов'язана найбільша кількість надзвичайних

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т.2(27)